

# SỬ DỤNG MÀNG PHUN ÁP LỰC THAY THẾ MÀNG CHỐNG THẤM HDPE Ở HỒ THẢI QUẶNG ĐUÔI CÁC NHÀ MÁY TUYỂN KHOÁNG

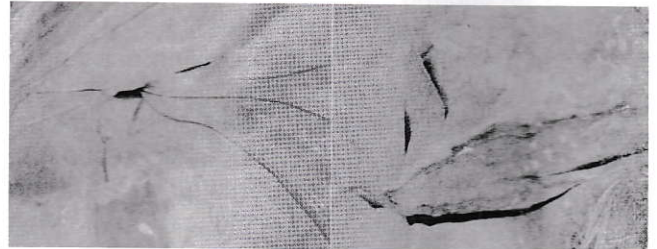
HOÀNG THỊ XUÂN, LÊ HỮU KHƯƠNG  
Viện Khoa học và Công nghệ Mô-Luyện kim  
HOÀNG VIỆT CƯỜNG  
Công ty TNHH Thiết bị Bảo Kim  
Email: hoangxuan.xd68@gmail.com

Quặng đuôi ở nhà máy tuyển có thể chứa một lượng lớn kim loại nặng, các chất hóa học độc hại, chất phóng xạ, đặc biệt, các loại quặng đuôi sunfua có nguy cơ hình thành dòng chảy axit. Nếu lớp chống thấm hoạt động không hiệu quả, nước thải có thể thấm qua nền, vách hồ và thân đập bên ngoài, gây ảnh hưởng nghiêm trọng tới môi trường. Một trong những loại vật liệu sử dụng phổ biến cho hồ thải quặng đuôi ở Việt Nam là màng chống thấm HDPE (high-density polyethylene). Tuy nhiên, loại màng chống thấm HDPE có tuổi thọ thấp và thường bị hư hỏng tại các vị trí mối hàn. Màng phun áp lực chống thấm (Polyurea) là một công nghệ mới có khả năng chống thấm tương tự và khắc phục hoàn toàn các nhược điểm của màng HDPE.

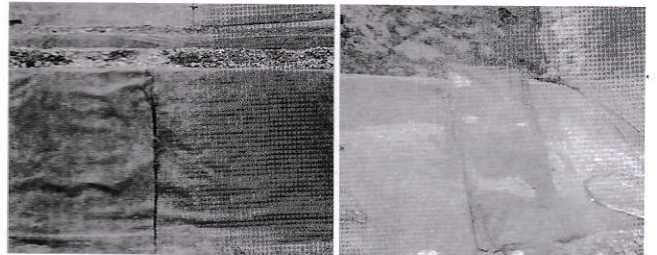
## 1. Tổng quan

Trong ngành công nghiệp khai thác mỏ, màng chống thấm HDPE được sử dụng làm lớp lót chống thấm cho hồ thải quặng đuôi, các hồ chứa nước tuần hoàn, hồ môi trường,... Với hệ số thấm nhỏ (khoảng  $10^{-14}$  cm/s), HDPE làm giảm tốc độ di chuyển của nước thải trong hồ chứa, từ đó ngăn ngừa dòng chảy ô nhiễm hoặc mang theo các chất độc ngấm vào nguồn nước ngầm và môi trường khu vực. HDPE được sản xuất ở dạng tấm và hàn nối tại công trường để tạo thành lớp màng chống thấm. Mặc dù là vật liệu phổ biến, dễ lắp đặt và được ứng dụng rộng rãi nhưng màng HDPE thường bị hư hỏng tại vị trí các mối hàn, khả năng chống tia UV kém, bảo trì và sửa chữa khó khăn. Mặt khác, quặng đuôi có thể tồn tại trong một thời gian rất dài, vì vậy, các lớp lót chống thấm không chỉ cần đảm bảo tuổi thọ tương đương mà còn phải cách ly lâu dài quặng đuôi với môi trường.

Thực tế hiện trường cho thấy: màng HDPE sử dụng cho hồ chứa nước thải của Nhà máy tuyển đa kim Núi Pháo có độ dày 2 mm được lắp đặt vào năm 2015, đến năm 2017 đã xuất hiện nứt tách bề mặt và bị hư hỏng tại các mối hàn (xem các hình H.1 và H.2). Hiện tại, mỏ đã dừng hoạt động của hồ để tái phủ bằng màng phun áp lực.



H.1. HDPE bị phá hoại do tác động của tia UV (Núi Pháo, 12/2018)



H.2. HDPE bị phá hoại tại các vị trí mối hàn (Núi Pháo, 12/2018)

Màng phun áp lực chống thấm (Polyurea) là lớp màng được tạo ra từ hỗn hợp hai thành phần vật liệu phun trên một bề mặt đã được chuẩn bị cẩn thận [2] (ở đây là bề mặt hồ thải). Công nghệ này không chỉ tạo ra lớp màng phun đàn hồi, có khả năng kháng hóa chất tốt và chống thấm tương tự HDPE mà còn

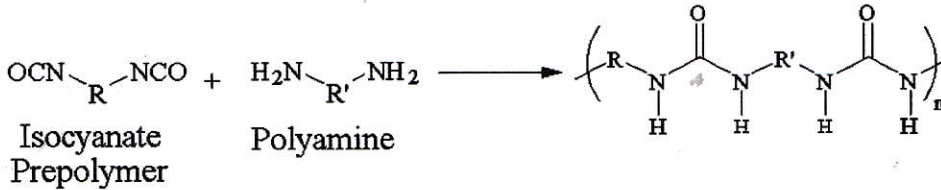


tạo ra màng phun liên mạch, không có mối hàn và khả năng chống tia UV tốt [1]. Màng được bảo hành trong 10 năm [5] (có thể lớn hơn theo chính sách của hãng sản xuất) và có thể bảo trì, sửa chữa dễ dàng ngay cả khi được đưa vào sử dụng trong một thời gian dài [2]. Hiện tại, công nghệ này đã được BASF - Công ty sản xuất hóa chất lớn nhất thế giới có trụ sở tại Đức - tiến hành thử nghiệm ở một số hồ chứa

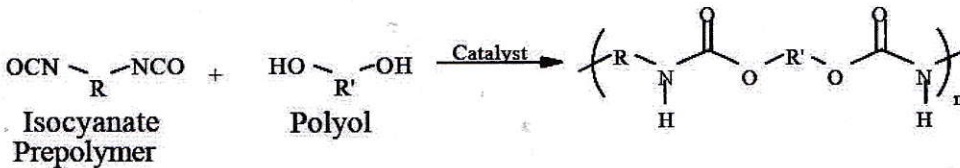
nước thải ở Trung Quốc, Nga và đang thử nghiệm tại Hồ đa kim Núi Pháo, Việt Nam.

**2. Khái niệm về màng phun áp lực chống thấm**

Các phản ứng Isocyanate khác nhau tạo ra các lớp phủ hóa chất với 3 phân đoạn: Polyurethane, Polyurea và lai Polyurethane/Polyurea [2] (xem hình H.3 và H.4).



H.3. Phản ứng hình thành Polyurea



H.4. Phản ứng hình thành Polyurethane

Lớp phủ Polyurethane là kết quả phản ứng giữa Isocyanate (thành phần A) và Polyol (thành phần B). Lớp phủ Polyurea tinh khiết là kết quả phản ứng giữa Isocyanate (thành phần A) và Polyamine (thành phần B). Lớp phủ lai Polyurethane/Polyurea là sự kết hợp của hai hệ thống Polyurea và Polyurethane. Sản phẩm phản ứng của Polyamine, Polyol/Isocyanate có cấu trúc kiểu chuỗi, bao gồm “n” phân tử được liên kết mạnh mẽ với nhau. Cấu trúc chuỗi của này cùng xương sống Polyether đã tạo nên các tính chất vượt trội của Polyurea. Màng phun áp lực chống thấm thường được sử dụng là lớp phủ Polyurea tinh khiết hoặc lớp phủ lai Polyurethane/Polyurea [2].

**3. Công nghệ phun màng áp lực**

Sau khi lựa chọn và tập kết vật liệu tại hiện trường, việc phun màng áp lực lên bề mặt sẽ trải qua ba giai đoạn công nghệ: chuẩn bị bề mặt, trộn các thành phần và phun. Chất lượng của màng phun luôn phụ thuộc vào bốn đối tượng: nhà sản xuất vật liệu; nhà sản xuất thiết bị; người giám sát; và người phun [2].

**3.1. Lựa chọn vật liệu phun**

Vật liệu phun, vật liệu sửa chữa và các vật liệu liên quan phải được cung cấp bởi một nhà sản xuất hoặc được nhà sản xuất đó đề xuất để đảm bảo tính tương thích giữa các hóa chất, liên kết hóa học, độ bám dính và không xảy ra phản ứng bất lợi giữa các loại vật liệu. Màng phun áp lực

phải đảm bảo được khả năng chống ăn mòn của các hóa chất trong nước thải hoặc nước lã từ quặng đuôi. Độ dày và mật độ của màng phun phải đảm bảo hệ số thấm <math>10^{-7}</math> cm/s. Các tính chất vật lý của vật liệu phun không được nhỏ hơn các giá trị trong Bảng 1 [4], [6].

Bảng 1. Các tính chất vật lý của vật liệu phun

№	Chỉ tiêu	Đơn vị	Tiêu chuẩn	Yêu cầu	Vật liệu thử nghiệm
1	Độ cứng Shore A	-	DIN 53505	80	>85
2	Độ cứng Shore D	-	DIN 53505	35	-
3	Độ bền kéo	N/mm <sup>2</sup>	DIN 53504	9	>14
4	Độ giãn dài	%	DIN 53504	175	>550
5	Độ bền xé	N/mm	DIN 53515	80	>70
6	Chống đâm thủng	psi	ASTM D 751	25	>80

**3.2. Lưu trữ và chuẩn bị vật liệu phun**

Vật liệu phun và các vật liệu liên quan phải được đựng trong các gói, thùng và hộp nguyên vẹn, còn mới, chưa mở nắp, được đánh dấu rõ ràng với các dấu hiệu nhận biết của nhà sản xuất. Hướng dẫn, hạn sử dụng phải được in và dán trên hộp của mỗi thành phần. Vật liệu phải được lưu trữ và vận chuyển trong các thùng chứa kín trong khu vực khô ráo, thông thoáng với nhiệt độ môi trường



từ 15÷32 °C. Khu vực này đồng thời cũng cần đảm bảo an toàn với người, động vật và tránh xa các tác nhân cháy nổ [1].

**3.3. Chuẩn bị bề mặt**

Việc chuẩn bị bề mặt là yêu cầu quan trọng nhất trong quá trình phun. Khi phun trực tiếp, bề mặt phun cần phải sạch sẽ, khô, không chứa dầu, mỡ, bụi và các chất có nguy cơ làm giảm độ bám dính. Để đảm bảo vật liệu phun gắn chặt vào bề mặt, các tác nhân ô nhiễm phải được làm sạch bằng cách sử dụng hóa chất thích hợp hoặc lăn vật liệu tăng cường bám dính [2]. Khi phun màng áp lực lên bề mặt hồ thái, nền hồ phải được đầm chặt, tạo phẳng, loại bỏ toàn bộ đất đá sắc cạnh để tránh nguy cơ chọc thủng lớp màng phun. Thường vải địa kỹ thuật sẽ được sử dụng để vừa cải tạo bề mặt phun, vừa gia tăng cường độ của màng phun áp lực [1].

Polyurea có thể sử dụng kết hợp với một trong ba loại vải địa kỹ thuật (VĐKT) là VĐKT dệt, không dệt và kéo sợi. VĐKT được chọn phải phù hợp với lớp phủ Polyurea được sử dụng và yêu cầu chống thấm của màng phun áp lực. Khi chọn VĐKT, phải xét đến các tính chất cơ học của VĐKT, độ bám dính của lớp phủ Polyurea, trọng lượng, màu sắc và độ dày. Chẳng hạn VĐKT không dệt thường kết hợp với lớp phủ Polyurea màu xám để tạo màng chống thấm cho hồ chứa nước thải công nghiệp. VĐKT dệt thường kết hợp với Polyurea cho các hạng mục chống thấm yêu cầu khả năng chịu lực cao [3]. Việc lựa chọn VĐKT cho màng phun áp lực theo trọng lượng nêu trong Bảng 2 và chuẩn bị

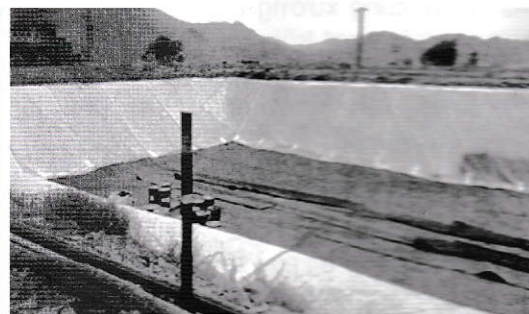
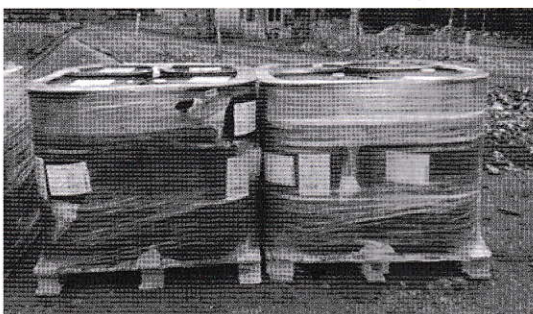
rải VĐKT tại hiện trường mô tả ở hình ảnh H.5.

Phần lớn VĐKT dệt có độ bền kéo và khả năng chống đâm thủng cao, nhưng bám dính với lớp phủ Polyurea kém. VĐKT không dệt có khả năng chống đâm thủng, chống xé và bám dính tốt. Tuy nhiên, loại vải này làm tăng chi phí do chúng hấp thụ nhiều vật liệu phun. VĐKT kéo sợi dễ bị bão hòa và bám dính kém. Khả năng kháng xé của VĐKT kéo sợi tốt, nhưng khi bị phá hoại xé, tốc độ lan truyền phá hoại của chúng sẽ cao hơn so với VĐKT dệt và không dệt [3].

*Bảng 2. Bảng lựa chọn VĐKT cho màng phun áp lực theo trọng lượng [4]*

No	Điều kiện sử dụng	Đơn vị	Yêu cầu	VĐKT thử nghiệm
1	Yêu cầu thông thường	g/m <sup>2</sup>	57-113	-
2	Yêu cầu chống thấm	g/m <sup>2</sup>	113-227	175
3	Yêu cầu quan trọng	g/m <sup>2</sup>	227-255	-

VĐKT phải được che chắn và bảo vệ cẩn thận, đảm bảo khô trước và trong khi phun. VĐKT được trải nhẹ nhàng, không gây nhăn nheo, không bị căng và không tạo ra các nếp gấp. Khoảng cách chồng mí giữa hai tấm VĐKT thông thường từ 15÷20 cm. Tấm VĐKT phải được đặt trực tiếp trên mặt đất và hạn chế các khoảng hở phía dưới để tránh hiện tượng tập trung ứng suất. VĐKT sau khi hoàn thiện phải đảm bảo không bị ướt, bẩn, không bị xé dịch khi phun [1].



*H.5. Hình ảnh tập kết vật liệu và rải VĐKT tại hiện trường*

**3.4. Trộn các thành phần**

Do tốc độ xử lý Polyurea cao và thời gian trộn ngắn, các sản phẩm được trộn ở áp suất cao. Khi phun tại hiện trường, tỷ lệ pha trộn thành phần hỗn hợp tốt nhất là 1:1. Áp suất phù hợp sẽ thay đổi trong khoảng từ 150÷250 bar. Độ nhớt của các sản phẩm ở nhiệt độ phun lý tưởng cần phải thấp hơn 100 mPa.s và độ nhớt của hai thành phần cần phải tương đương nhau. Trước khi phun, vật liệu phải

được gia nhiệt trong máy phun. Để ngăn chặn sự ngưng tụ, nhiệt độ môi trường trong quá trình phun có thể thấp, nhưng phải đảm bảo nhiệt độ cơ chất lớn hơn điểm sương 3 °C đối với Polyurea tinh khiết và ít nhất 5 °C đối với các công thức lai. Trước khi sử dụng, vật liệu phải được điều hòa đến nhiệt độ tiêu chuẩn theo yêu cầu của nhà sản xuất Polyurea. Các thành phần pha trộn sắc tố phải được khuấy trộn trước khi sử dụng theo hướng dẫn

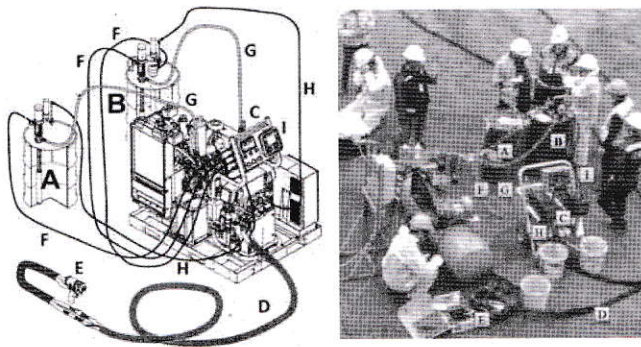


dẫn của nhà sản xuất [2].

**3.5. Thiết bị phun màng áp lực**

Thiết bị phun màng áp lực khá phức tạp do chúng phải tạo các thông số đầu ra như đã nêu ở trên. Ngoài ra, thiết bị này còn cung cấp các phương tiện để kiểm soát áp suất và nhiệt độ của các thành phần cụ thể trong khi phun. Các cảm biến được đặt trong các bộ phận chính của thiết bị giúp người vận hành có thể kiểm soát hoàn toàn các thông số của hỗn hợp phun.

Thiết bị phun Polyurea là một thiết bị có bộ phận gia nhiệt và hệ thống bơm khí nén. Máy phát điện và máy nén khí có thể lắp đặt riêng hoặc tích hợp vào thiết bị (xem hình ảnh H.6).



H.6. Sơ đồ thiết bị phun, thiết bị sử dụng ở mỏ Núi Pháo

Cấu tạo của một thiết bị phun màng áp lực thông thường [2]: A - Thùng chứa thành phần A (Iso); B - Thùng chứa thành phần B (Poly); C - Bộ nạp lò phản ứng (nơi đặt máy bơm cao áp có bộ phận gia nhiệt được sử dụng để cung cấp nguyên liệu A và B); D - Vòi nóng (ống lắp đặt thiết bị gia nhiệt được sử dụng để duy trì nhiệt độ thích hợp của các thành phần từ thiết bị tới súng phun); E - Súng phun (thiết bị trộn lẫn các thành phần A và B

và sau đó phun ngay lên bề mặt ở áp suất rất cao); F - Ống cung cấp không khí (ống cung cấp không khí từ máy nén khí cho máy bơm và máy khuấy); G - Ống cung cấp các thành phần A và B cho bộ cấp liệu phản ứng; H - Ống tuần hoàn (được sử dụng để di chuyển các thành phần A và B xung quanh thiết bị gia nhiệt); I - Mô đun điều khiển chính của thiết bị.

**3.6. Phun**

Quá trình phun phải tuân thủ đúng các yêu cầu đảm bảo an toàn liên quan đến các thiết bị điện, máy móc, vật liệu phun và an toàn lao động. Hỗn hợp được phun trên bề mặt được chuẩn bị cẩn thận.

Tiến hành phun 2 lớp, lớp thứ nhất được phun trực tiếp trên bề mặt và lớp thứ hai phun trực tiếp trên lớp thứ nhất theo phương vuông góc [2]. Khoảng 100 m<sup>2</sup> thì tiến hành kiểm tra độ dày màng phun bằng kim chia mm để đảm màng đạt độ dày và mật độ theo yêu cầu. Các công trình yêu cầu màng phun có độ dày lớn hơn, có thể phun thành nhiều lớp với quy trình như trên hoặc điều chỉnh tốc độ, lưu lượng phun thích hợp.

Bảng 3. Thông số của màng phun áp lực thử nghiệm

No	Thông số	Đơn vị	Màng phun áp lực
1	Áp lực phun	bar	172
2	Nhiệt độ phun cài đặt	°C	75
3	Độ dày màng phun	mm	2
4	Chiều rộng dải phun	cm	70
5	Chiều dài dải phun	cm	100
6	Khoảng cách vòi phun tới bề mặt	cm	50
7	Hướng phun (so với bề mặt)	-	Vuông góc
8	Bán kính đường phun	cm	10



H.7. Hình ảnh phun tại hiện trường, màng phun mẫu và màng phun hoàn thiện

Màng phun áp lực có thể sử dụng sau 2 giờ phun, nhưng tốt nhất là sau 72 giờ để phản ứng

xảy ra hoàn toàn và đạt được các yêu cầu thiết kế. Bề mặt của màng phun áp lực có khả năng bám



đính tốt ngay cả khi vật liệu được phun trong thời gian dài. Thực tế cho thấy màng phun cùng một dải phun và các vị trí nối tiếp giữa hai đợt phun có tính chất tương tự như màng phun liền mạch, không thấm nước và không có mối hàn [2]. Thông số của màng phun áp lực thử nghiệm nêu trong Bảng 3 và hình ảnh màng phun hoàn thiện ở hình H.7.

**4. So sánh màng phun áp lực thử nghiệm và màng HDPE**

Kết quả sử dụng màng phun áp lực thử nghiệm mẫu tại hiện trường của trung tâm BASF so sánh với màng HDPE có chiều dày 2 mm đang sử dụng trên thị trường hiện nay nêu trong Bảng 4 [1].

*Bảng 4. Bảng so sánh chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật giữa màng HDPE và màng phun áp lực thử nghiệm*

No	Chỉ tiêu kỹ thuật	Tiêu chuẩn	Đơn vị	HDPE	Màng phun áp lực
1	Hệ số thấm	-	cm/s	$10^{-12}$ $\pm 10^{-16}$	$\approx 0$
2	Chiều dày trung bình	ASTMD - 5199	mm	2,0	2,0
3	Mật độ	ASTMD - 1505	g/cc	0,94	1,05
4	Độ bền kéo	-	MPa	21,2	21,4
5	Độ dẫn dài	ISO 527-3	%	500	470
6	Kháng xuyên thủng	ISO 12236	J	4	7
7	Độ bền xé	BSISO34-1	N	195	120
8	Chống oxy hóa	Độ bền kéo ở 85°C trong 90 ngày	%	101,9	100,9
9	Bảo hành	-	năm	-	10
10	Giá thành	-	đồng/m <sup>2</sup>	210.000	750.000

Các kết quả Bảng 4 cho thấy màng phun áp lực thử nghiệm có thể thay thế màng HDPE.

**5. Đánh giá và kết luận**

Kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm tại mỏ Núi Pháo cho thấy công nghệ phun màng áp lực khá đơn giản, tốc độ thi công nhanh. Tuy nhiên, người thực hiện phải có tay nghề cao và được đào tạo bài bản. Chuẩn bị bề mặt phun cẩn thận và lựa chọn máy móc thiết bị phù hợp là những yêu cầu tiên quyết trong quá trình tạo màng áp lực. Với những đặc tính ưu việt (khả năng ứng dụng rộng rãi, tốc độ thi công nhanh, sửa chữa dễ dàng, tuổi thọ cao, kháng UV tốt, không có mối hàn) màng phun áp lực hoàn toàn có thể thay thế cho màng HDPE nhằm tăng hiệu suất bảo vệ môi trường, góp phần xây dựng ngành khai khoáng xanh, phát triển bền vững. □

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. G. Spagnoli, F. Clement, Bz. Dilnesa, FH. Cao, P. Feng (2019), A new waterproofing membrane for tailings ponds, PASTE 2019, Proceeding of the 22<sup>nd</sup> International Conference on Paste, Thickened and Filtered Tailings, Cape Town South Africa.
2. J. Szafran, A. Matusiak (2016), Polyurea Coating Systems: Definition, Research, Applications, Monograph from Scientific seminar, International Association for Shell and Spatial Structure, Olsztyn, Poland.
3. R.M. Loomis (2008), Polyurea Geomembranes: High Performance Seamless Liners, The First Pan American Geosynthetics Conference & Exhibition 2-5 March 2008, Cancun, Mexico.
4. General Specification: Polyurea Spray/ Geotextile Composite Panel Manufacture, RubberSource Inc, 1195 Franklin Blvd. Unit 11, Cambridge, ON, Canada N1R 7R7.
5. PDA EUROPE (2014), Code of good practice for the Application of Polyurea.
6. BASF - The Chemical Company, MasterSeal® 878 (formerly known as MasterSeal 678).

**Ngày nhận bài:** 12/02/2019

**Ngày gửi phản biện:** 15/05/2019

**Ngày nhận phản biện:** 25/08/2019

**Ngày chấp nhận đăng bài:** 10/10/2019

**Từ khóa:** công nghệ chống thấm, màng phun áp lực, hồ thải quặng đuôi; mỏ đa kim Núi Pháo

**Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo:** các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam

**SUMMARY**

The paper presents the technology of pressure-jet waterproofing and test results at the Núi Pháo multi-needle mine wastewater reservoir.



1. Cuộc hành trình ngàn dặm bắt đầu từ một bước chân nhỏ bé. *Lão Tử.*

2. Đáy sâu vực thẳm đã là điểm tựa vững chắc cho tôi xây dựng lại cuộc đời. *J.K. Rowling.*

**VTH sưu tầm**