

# NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ PHUN PHỦ ĐỒNG VÀ POLYME ĐỂ BẢO VỆ CHỐNG ĂN MÒN VÀ TRANG TRÍ CÁC CÔNG TRÌNH KIẾN TRÚC, TƯỢNG ĐÀI BẰNG BÊ TÔNG

**KS NGÔ VĂN DŨNG, TS HOÀNG VĂN CHÂU,  
KS ĐỖ QUANG CHIẾN, TS ĐÀO DUY TRUNG**

Phòng thí nghiệm trọng điểm công nghệ hàn và xử lý bề mặt  
Viện Nghiên cứu Cơ khí

Phun phủ là một trong những phương pháp xử lý bề mặt vật liệu được sử dụng trong hơn nửa thế kỷ nay. Công dụng chủ yếu của phun phủ là bảo vệ các kết cấu và các chi tiết làm việc trong các môi trường khác nhau, phục hồi các chi tiết máy bị mòn, ăn mòn và xâm thực. Sự phát triển mạnh mẽ về thiết bị, vật liệu, công nghệ phun trong vài chục năm gần đây đã đưa phun phủ thành một lĩnh vực khoa học công nghệ riêng, góp phần đáng kể vào tiến bộ khoa học của loài người, mang lại hiệu quả kinh tế to lớn trong lĩnh vực chế tạo và phục hồi. Bài báo này trình bày những kết quả nghiên cứu, ứng dụng công nghệ phun phủ đồng và phun thẩm thấu polyme bên ngoài lớp phủ đồng tạo lớp phủ bảo vệ chống ăn mòn và trang trí để phục hồi các công trình kiến trúc, tượng đài bằng bê tông tại Việt Nam.

***Từ khóa:* công nghệ phun phủ, phun phủ đồng, phun thẩm thấu polyme, chống ăn mòn, tượng đài bằng bê tông.**

## **Đặt vấn đề**

Ở nước ta hầu hết các công trình kiến trúc, tượng đài đều được xây dựng trên cơ sở vật liệu nền là bê tông. Do ảnh hưởng của điều kiện khí hậu và môi trường khí quyển nên bề mặt của bê tông thường xuất hiện hiện tượng hư hỏng như: ăn mòn, xâm thực làm mất tính thẩm mỹ và dẫn đến giảm tuổi thọ công trình. Với việc ứng dụng công nghệ phun phủ kim loại kết hợp với phun phủ nhiệt polyme tạo nên trên bề mặt chi tiết một lớp phủ trang trí và tăng khả năng chống ăn mòn rất lớn.

Để nâng cao tính thẩm mỹ, tuổi thọ và giảm chi phí nguyên vật liệu quý trong quá trình thi công và phục hồi những hư hỏng của chi tiết và kết cấu, nhiều giải pháp đã được đưa ra: cải thiện các tính chất của vật liệu, sản xuất vật liệu mới và hợp kim. Trong nhiều trường hợp, bề mặt vật liệu được phủ một lớp bảo vệ chống ăn mòn và trang trí.

Có nhiều phương pháp phủ trên mặt chi tiết và

kết cấu cùng với việc lựa chọn vật liệu phủ tùy theo mục đích sử dụng và điều kiện làm việc của chúng. Ngoài ra, sự cải thiện chất lượng bề mặt của vật liệu cũng cho phép thiết kế và chế tạo các máy móc, thiết bị năng suất hơn.

Trong bài viết này, chúng tôi tập trung giới thiệu phương pháp phun phủ nhiệt khí đồng (hoặc hợp kim đồng) trên nền bê tông để tạo lớp phủ trang trí cho các công trình tượng đài mỹ thuật và phương pháp phun nhiệt khí bằng vật liệu polyme lên trên lớp phủ đồng để làm tăng khả năng chống ăn mòn và chống sự xâm thực của môi trường khí quyển tác dụng lên lớp phủ.

## **Công nghệ phun phủ nhiệt khí trên nền bê tông**

***Nguyên lý và sự hình thành lớp phủ đồng trên nền bê tông***

Lớp phủ kim loại được hình thành trên bề mặt chi tiết là nhờ nguồn nhiệt từ ngọn lửa khí cháy hoặc nhờ hồ quang điện. Nguồn nhiệt đốt nóng các phần

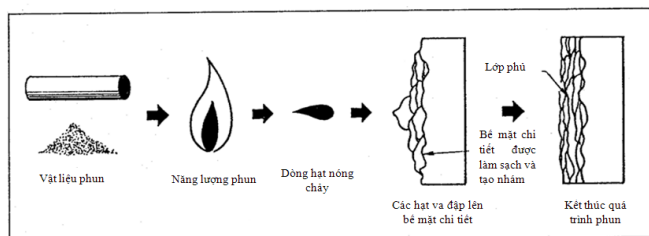
THE STUDY ON APPLICATION OF BRONZE AND POLYMER SPRAY COATING TECHNOLOGY TO PROTECT AND DECORATE CONCRETE MONUMENTS AND OTHER ARCHITECTURAL WORKS

Summary

**Spray Coating, one of materials surface treatment methods, has been used during more than a half of this century. The principal utilities of spray coating are to protect the structure and the machine parts working in different environments, to restore worn and corroded machine parts. The development of equipments, materials and spray technology in recent decades makes spray coating become a separate science and technology field, significantly contributing to the humankind's scientific progress, bringing great economic benefits in the fabrication and restoration sector. This article presents the results of research and application of bronze spray coating and polymer osmotic spraying technology for the external bronze coating layer, creating anti-corrosion protection layer and decorating to restore, concrete monuments and other architectural works in Vietnam.**

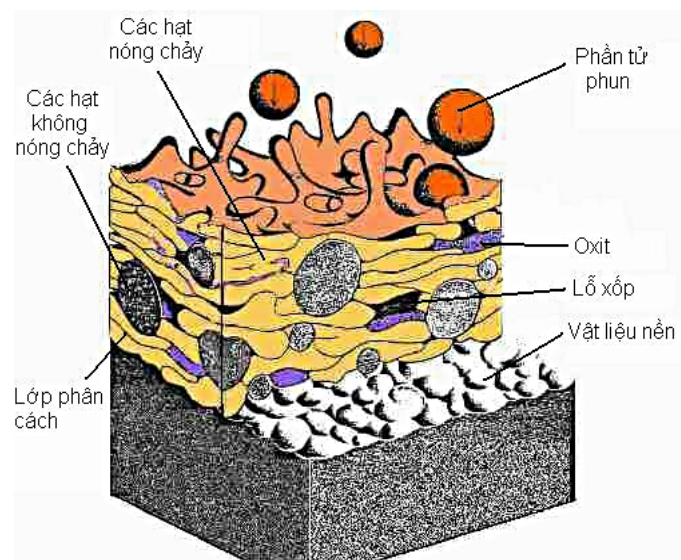
**Keywords: Spray coating technology, bronze spray coating, polymer osmotic spraying, anti-corrosion protection, concrete monuments.**

tử kim loại phun tới trạng thái nóng chảy hoặc gần nóng chảy, dưới áp lực của không khí hoặc hỗn hợp khí cháy, các phần tử kim loại chuyển động với tốc độ rất cao tới bề mặt vật phun tạo thành lớp phun.



Hình 1: sơ đồ nguyên lý công nghệ phun phủ nhiệt khí

Phun phủ nhiệt khí có thể tạo ra các lớp phủ dày (độ dày khoảng 20 μm đến một vài mm, tùy thuộc vào quy trình và vật liệu phun), phun trên một diện tích lớn với tốc độ bám dính cao hơn so với phương pháp phủ khác như điện, vật lý và hóa chất. Vật liệu dùng cho phun phủ nhiệt khí bao gồm kim loại, hợp kim, gốm sứ, nhựa và vật liệu tổng hợp... Chúng được cung cấp ở dạng bột hoặc dạng dây, nung nóng đến trạng thái nóng chảy hoặc trạng thái nóng chảy một phần và chuyển động có gia tốc nhờ áp lực khí nén về phía bề mặt chi tiết. Đốt cháy hoặc phóng điện hồ quang thường được sử dụng như là nguồn năng lượng cho phun nhiệt.



Hình 2: cấu trúc lớp phủ kim loại lên nền bê tông bằng phun phủ nhiệt khí

Cấu trúc lớp phun phủ kim loại trên bề mặt nền bê tông về bản chất đều có những đặc điểm tương đồng so với lớp phủ khí phun lên bề mặt khác (kim loại, hợp kim...) như: sự hình thành lớp phủ, tính chất, cơ tính... Nhưng có một số điểm khác biệt lớn, đó là liên kết bám dính giữa lớp kim loại phủ với lớp vật liệu nền:

- Đối với phun kim loại lên nền kim loại thì liên kết bám dính được hình thành khi hai kim loại tiếp xúc với nhau, các nguyên tử của kim loại này dưới ảnh hưởng của các yếu tố nhiệt động, khuếch tán vào mạng của kim loại kia tạo thành những vùng chuyển tiếp. Mỗi liên kết này phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ tiếp xúc và trạng thái bề mặt của kim loại cơ bản.

- Đối với phun kim loại lên nền bê tông: do vật liệu cơ bản là vật liệu phi kim loại nên liên kết bám dính giữa lớp phủ với chi tiết không có sự khuếch tán vật liệu nền với vật liệu phun mà chủ yếu phụ thuộc vào nhiệt độ phun và độ nhám bề mặt chuẩn bị của chi tiết.

Lớp phủ lên bề mặt cần phải có độ bám dính cao với bề mặt, độ xốp thấp. Khi thực hiện phun phủ, nhiệt dẫn xuống bề mặt càng ít càng tốt để tránh rộp tế vi và biến dạng bề mặt.

### Thiết bị phun phủ nhiệt khí

Sử dụng thiết bị phun dây bằng ngọn lửa oxy - khí cháy.



Hình 3: đầu phun dây bằng oxy - khí cháy

### Tính năng kỹ thuật của thiết bị:

Tiêu hao khí, m<sup>3</sup>/h

+ Axêtylen	≤ 1,3
+ Oxy	≤ 2,5
+ Khí nén	≤ 6,0

Áp suất khí, MPa

+ Axêtylen	0,13-0,15
+ Oxy	0.2-0.3
+ Khí nén	0,3-0,5

Năng suất phun, kg/h

≤ 23

### Vật liệu phun phủ

- + Dây phun đồng 99,8% Cu: φ 3mm
- + Dây phun hợp kim đồng: Cu - Zn (đồng thau), thành phần hóa học: %Cu (61-64); %Sn (0,7-1,5); %Pb (0,3); %Fe (0,3); %Zn (còn lại).

## Đặc điểm công nghệ phun phủ nhiệt khí polyme

### Nguyên lý công nghệ phun phủ nhiệt khí polyme

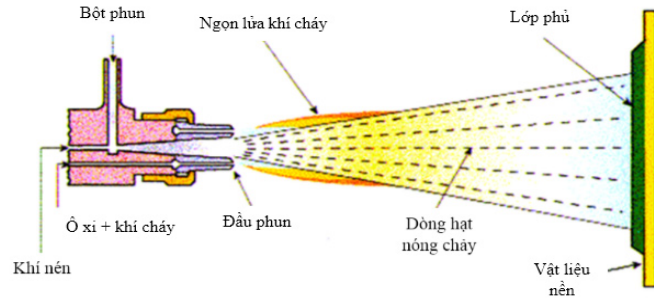
Trong quá trình hình thành lớp phủ kim loại tồn tại các lỗ xốp, chúng ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng và tuổi thọ của chi tiết. Nguyên nhân là do tác động của môi trường khí quyển chứa những tạp chất có tính axit, muối... chúng sẽ thẩm thấu vào những lỗ rỗng trên lớp phủ và làm tăng khả năng ăn mòn, dẫn đến giảm tuổi thọ. Chính vì vậy, việc áp dụng công nghệ phun phủ

thẩm thấu ngoài lớp phủ kim loại một lớp polyme sẽ có vai trò rất lớn trong việc giảm tối đa các lỗ xốp và chống được hiện tượng thẩm thấu của môi trường, bảo vệ và giữ được màu sắc cho lớp phủ một cách hiệu quả.

Vật liệu polyme được sử dụng để tạo lớp phủ bảo vệ cho các chi tiết, kết cấu làm việc trong môi trường mài mòn cao, chịu ăn mòn hóa học... Ngoài ra, lớp phủ polyme còn được ứng dụng để tăng độ bền cho lớp phủ kim loại, tránh sự ăn mòn do tác động của môi trường bằng phương pháp phun phủ nhiệt khí.

Bản chất của công nghệ phun thẩm thấu polyme lên nền lớp phủ (kim loại) là một trong những phương pháp công nghệ phun phủ nhiệt khí. Do vật liệu phun là polyme ở dạng bột nên được sử dụng trong các thiết bị phun bột ngọn lửa khí.

Bột phun polyme được đưa vào ngọn lửa của đầu phun và được đốt nóng, làm nóng chảy các hạt phun. Các phần tử nóng chảy sau đó được làm to thành các hạt rất nhỏ và đẩy với vận tốc rất nhanh đập lên bề mặt chi tiết phun dưới tác dụng của áp lực không khí nén.



Hình 4: sơ đồ nguyên lý công nghệ phun phủ nhiệt khí polyme

### Thiết bị phun phủ polyme

Hệ thống thiết bị phun bột bằng ngọn lửa khí cháy bao gồm các bộ phận chính sau đây: đầu phun bột ngọn lửa khí; hệ thống các bình chứa khí cháy và khí oxy; hệ thống cấp khí nén và các thiết bị điều chỉnh lưu lượng và áp lực khí...



Hình 5: đầu phun nhiệt khí polyme bột bằng ngọn lửa oxy - khí cháy

**Tính năng kỹ thuật của thiết bị:**

Tiêu hao khí, m <sup>3</sup> /h	
+ Axêtylen	≤ 0,9
+ Oxy	≤ 1,75
+ Khí nén	0,4-0,9
Áp suất khí, MPa	
+ Axêtylen	≤ 0,095
+ Oxy	≤ 0,15
+ Khí nén	≤ 0,25
Cấp hạt bột, μm	30-160
Năng suất phun, kg/h	≤ 9,6

**Vật liệu dùng trong phun phủ polyme**

Bảng 1: đặc tính một số loại vật liệu phun

Vật liệu phun polyme	Tính chất cơ lý				
	Cỡ hạt (μm)	Độ bền kéo (MPa)	Độ cứng, Shore D	Nhiệt độ nóng chảy (°C)	Khối lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> )
PVDF: Polyvinylidene fluoride	58-137	35-52	D70-80	160	1,78
ECTFE: Ethylenechlorotrifluoroethylene	17-112	31-48	D75	240	1,68
Teflon PFA: Fluoropolymer	15-42	25-30	D63-65	305	2,15
Teflon PTFE: Polytetrafluorethylen	55-263	21-35	D50-68	327	2,13

**Kết quả nghiên cứu và thực nghiệm**

Sử dụng thiết bị phun phủ nhiệt khí ôxy - khí cháy tiến hành phun thử nghiệm trên một số sản phẩm mẫu với chất liệu nền bằng bê tông. Kết quả cho thấy:

**Chế độ công nghệ phun và kết quả đạt được**

Bảng 2: thông số chế độ phun phủ đồng

Nhóm	Thông số	Giá trị	Thông tin
Vật liệu phun	Vật liệu cơ bản		+ Bê tông
	Vật liệu phun	φ 3 mm	+ Đồng + Hợp kim đồng
	Đường kính dây phun		φ = 3 mm
Chế độ phun	Tốc độ cấp dây	10÷15	m/phút
	Áp lực khí cháy Axêtylen	0,15÷0,23	MPa
	Áp lực khí Oxy	0,2÷0,3	MPa
	Áp lực khí nén	0,4÷0,6	MPa
	Khoảng cách phun	150÷250	mm
	Tốc độ phun	25÷30	m/phút

Bảng 3: thông số chế độ phun phủ polyme

Nhóm	Thông số	Giá trị	Thông tin
Vật liệu phun	Vật liệu phun		Bột teflon
	Cỡ bột	30-160	μm
Chế độ phun	Tốc độ cấp bột	9,6	kg/giờ
	Áp lực khí cháy Axêtylen	0,15÷0,23	MPa
	Áp lực khí Oxy	0,2÷0,3	MPa
	Áp lực khí nén	0,2÷0,4	MPa
	Khoảng cách phun	200÷350	mm
	Tốc độ phun	30÷40	m/phút

**Kết quả kiểm nghiệm thực tiễn**

- Đối với lớp phủ đồng trên nền bê tông:  
+ Độ bám dính được đo kiểm trên thiết bị đo POSITEST AT-M (Mỹ) tại Trung tâm Đo lường, kiểm định và tư vấn

kỹ thuật thiết bị (Viện Nghiên cứu Cơ khí), kết quả đo kiểm độ bám dính đạt: 2,5-3,0 MPa, phù hợp với tiêu chuẩn ASTM D-4541.

+ Chiều dày lớp phủ: 0,2-0,5 mm.  
- Đối với lớp phủ đồng có polyme bổ sung:  
+ Độ bám dính: 3,0-3,5 MPa, phù hợp với tiêu chuẩn ASTM D-4541.  
+ Chiều dày lớp phủ: 0,1-0,15 mm.  
- Độ bền ăn mòn của lớp phủ được kiểm tra, đánh giá trên 2 loại mẫu thử (mẫu lớp phủ đồng và mẫu lớp phủ đồng có polyme bổ sung) theo phương pháp phun mù muối [NaCl 0,05%, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,35%, pH 5,9-5,4] trong 120 giờ tại Viện Kỹ thuật Nhiệt đới (Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam), tiêu chuẩn đánh giá: ASTM G85-02 Annex A5.

+ Lớp phủ đồng trên nền bê tông đạt chiều dày tương ứng là 0,2-0,5 mm và độ bám dính 2,5-3,0 MPa.

+ Lớp phủ đồng có polyme bổ sung đạt chiều dày tương ứng là 0,1-0,15 mm và độ bám dính 3,0-3,5 MPa.

**Kết luận**

Qua quá trình nghiên cứu lý thuyết kết hợp với thực nghiệm phun phủ trên một số sản phẩm mẫu tại Phòng thí nghiệm trọng điểm công nghệ hàn và xử lý bề mặt (Viện Nghiên cứu Cơ khí), nhóm nghiên cứu đã thực hiện được một số nội dung chủ yếu sau đây:

- Nghiên cứu đặc điểm nguyên lý và sự hình thành lớp phủ kim loại khi phun phủ trên nền vật liệu bằng bê tông.
- Lựa chọn phương pháp, thiết bị phun phù hợp và thiết lập các thông số công nghệ phun phủ đồng và hợp kim đồng trên nền bê tông.
- Thiết lập quy trình công nghệ phun phủ với các thông số phun hợp lý.
- Nghiên cứu và thực nghiệm phun nhiệt khí polyme tạo lớp phủ thẩm thấu ngoài để bảo vệ cho lớp phủ đồng ■

**Tài liệu tham khảo**

1. Nguyễn Văn Thông (2006), Công nghệ phun phủ bảo vệ và phục hồi, Nxb Khoa học và Kỹ thuật.
2. Hoàng Tùng (2004), Công nghệ phun phủ và ứng dụng, Nxb Khoa học và Kỹ thuật.
3. Nguyễn Văn Thông (1998), Vật liệu và công nghệ phun, Nxb Khoa học và Kỹ thuật.
4. Miller R.A, Lowell C.R. Failure mechanism of thermal barrier coatings exposed to evaluated temperatures. Thin Solid Films 1982; 95:265-73.
5. Teixeira V. Mechanical integrity in PVD coatings due to the presence of residual stresses. Thin Solid Films 2001; 392:276-81.