

Chương 9 PHỤC HỒI BẰNG PHUN ĐẮP [1, 3, 14, 19, 20]

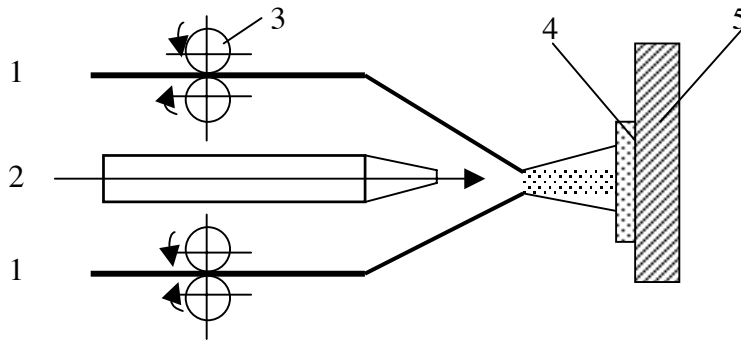
9.1 KHÁI NIỆM

Phun phủ kim loại còn gọi là kim loại hoá (metallization) hoặc là Schoop (theo tên một kỹ sư người Thụy Sĩ là U.M. Schoop 1910).

Nguyên lý chung khi phun Kim loại lỏng được phun vào bề mặt cần phục hồi. Để nung chảy kim loại có thể sử dụng hồ quang điện, hồ quang Plasma, ngọn lửa hàn khí, Khi phun kim loại lỏng được dòng khí nén thổi làm phân tán thành các lớp sương mù rất nhỏ, bắn lên bề mặt vật đã được làm sạch. Đầu phun kim loại gọi là pistole.

Nguyên lý chung tạo lực phun kim loại :

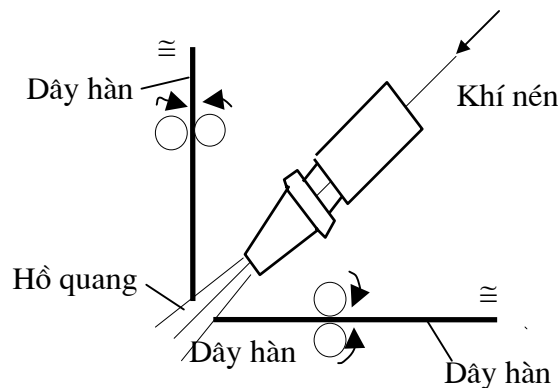
Dùng hơi ép có áp suất cao để thổi mạnh vào giọt kim loại lỏng làm phá vỡ lực cân bằng trên bề mặt (lớn hơn sức căng bề mặt của giọt kim loại lỏng) và biến thành các hạt nhỏ theo luồng hơi khí nén đập vào bề mặt vật cần phục hồi, dính kết hết lớp này đến lớp khác và tạo nên lớp kim loại đắp trên bề mặt.



Hình 9-1 Sơ đồ nguyên lý đầu phun kim loại bằng hồ quang điện

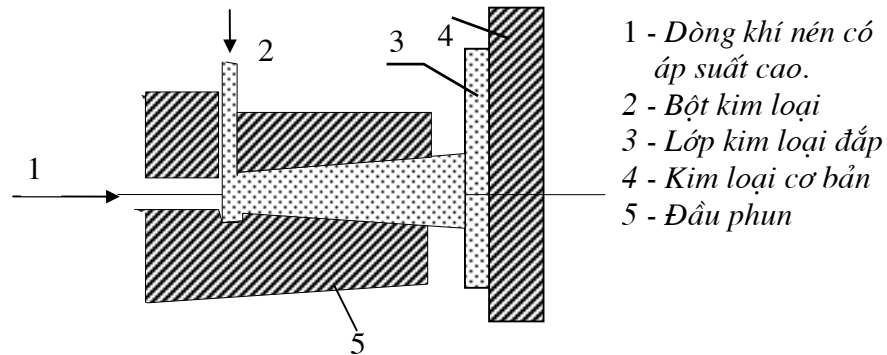
1- Dây hàn; 2 - Khí nén 3 - Con lăn cấp dây hàn;
4 - Lớp kim loại đắp 5 - Kim loại nền

Phục hồi bằng đầu phun hồ quang có 2 dây kim loại vuông góc.

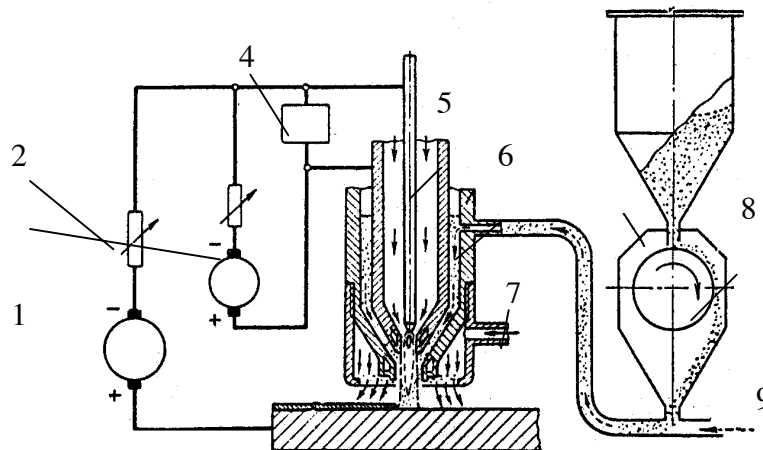


Hình 9-2 Sơ đồ nguyên lý đầu phun kim loại bằng 2 dây hàn bố trí vuông góc.

Phục hồi bằng phun đắp bột kim loại



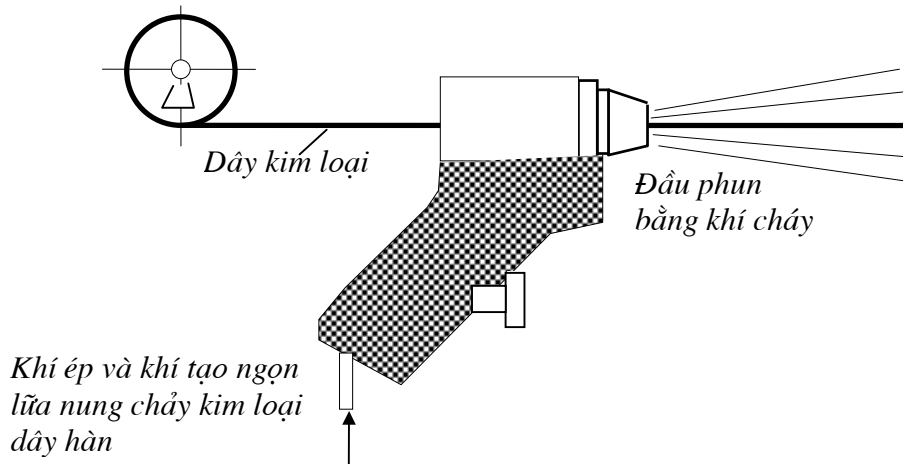
Hình 9 - 3 Sơ đồ phun đắp bằng bột kim loại



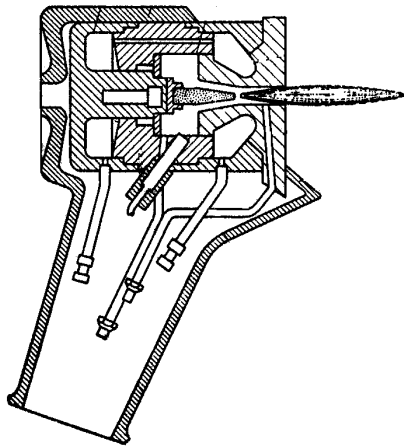
Hình 9-4 Sơ đồ nguyên lý phun đắp bằng hồ quang plasma [19, 20]

1- Nguồn điện trực tiếp; 2- Biến trở; 3- Nguồn điện gián tiếp
4- Oxilograph (máy dao động) 5- Khí nén 6- Mỏ phun;
7- Khí bảo vệ; 8- Nguồn cấp bột 9- Khí vận chuyển bột vào;

Phục hồi bằng đầu phun đắp khí nén với dây kim loại nóng chảy.



Hình 9 - 4 Sơ đồ phun đắp bằng đầu phun khí với dây kim loại nóng chảy



Hình 9 - 5 Hình dáng ngoài đầu phun đắp bằng ngọn lửa khí

9.2 ỨNG DỤNG : chống gỉ, phục hồi, trang trí và bảo vệ [14, 19]

1. Phục hồi các chi tiết máy mòn
2. Sửa chữa các khuyết tật của vật đúc
3. Sửa chữa các khuyết tật xuất hiện khi gia công cơ khí
4. Bảo vệ chống gỉ ở môi trường khí quyển
5. Bảo vệ chống gỉ ở nhiệt độ cao
6. Thay thế kim loại màu bằng kim loại phun

- 7. Trang trí 65 % bảo vệ chống gỉ
35 % phục hồi các chi tiết máy bị mòn
- Ứng dụng của kỹ thuật phun phủ nhôm và kẽm cho các công trình cầu thép, cần cầu lớn, bể chứa lớn, thiết bị cột truyền hình, cổng thép lớn, vỏ tàu, thiết bị tàu Biển báo đường thủy và những kết cấu thép lớn. [3]
- Phục hồi kích thước và phục hồi hình dáng hình học.
- Phục hồi các bề mặt bị mòn mà khó hàn đắp như cổ trục khuỷu cam, chi tiết không yêu cầu chịu mài mòn cao, các bề mặt lắp ghép cố định (lỗ lắp ổ lăn,...

9-3 ĐẶC ĐIỂM CỦA PHUN PHỦ VẬT LIỆU

Ưu điểm

1. Phun kim loại rất thích hợp cho việc phục hồi trục khuỷu, ổ bi, chốt,... và sửa chữa các khuyết tật của đúc
2. Phun phủ có thể phủ một lớp được các kim loại nguyên chất, các hợp kim hoặc phi kim lên các bề mặt vật liệu như kim loại, sứ, gỗ, vải, giấy,...
3. Bằng phun kim loại có thể tạo ra những lớp dẫn điện trên vật không dẫn điện; tạo các lớp chịu nhiệt,...
4. Kim loại lớp phun bằng hồ quang hoặc bằng ngọn lửa khí có thể cho tính chất không khác nhau. Ví dụ khi phun nhôm bằng hồ quang điện sẽ cho khả năng chống gỉ tốt hơn so với các phương pháp khác.
5. Khả năng ứng dụng của phun kim loại không bị hạn chế về kích thước của vật cần phủ. Vì thiết bị phun có thể di chuyển dễ dàng, có thể xách tay.
6. Lớp kim loại đắp có tính chịu mài mòn, độ bền, độ cứng cao (tùy theo vật liệu lớp kim loại đắp. Đặc biệt vật liệu phủ thường có khả năng chống mài mòn : Thép không gỉ, đồng thau, nhôm, hợp kim nhôm của Ni,...
7. Phun plasma được ứng dụng để phun vật liệu có nhiệt độ nóng chảy cao : W, Mo, Cr,...
8. Phục hồi các chi tiết máy bằng phun là biện pháp tích cực để sử dụng các chi tiết máy, máy móc thiết bị đã bị hỏng hoặc mất chính xác. Nguyên liệu dùng cho phục hồi rất nhỏ so với khối lượng toàn bộ chi tiết; chi phí cho phục hồi cũng rất nhỏ. Phục hồi được các trục, bề mặt cong, phẳng bị mài mòn. Không phá hoại tính nguyên vẹn của chi tiết.
9. Phun phục hồi có thể đảm bảo chất lượng cao, trong một số trường hợp đảm bảo tính chất vật liệu tốt hơn vật liệu nền.
10. Không phá hoại kết cấu kim tương của kim loại gốc vì nhiệt độ phun lên chi tiết không cao.
11. Chiều dày lớp phun đắp khá lớn, có thể phục hồi các bề mặt bị mòn nhiều.
12. Lớp kim loại phun dày và xốp nên có khả năng tích lũy dầu bôi trơn, giảm ma sát, tăng khả năng chịu mài mòn

13. Công nghệ phun đơn giản, dễ thao tác, năng suất cao so với mạ khoảng tùy theo mức độ mài mòn và độ phức tạp bề mặt cần phục hồi 9 - 60% so với mạ.
14. Có thể phun kim loại màu và hợp kim bác bit nên tiết kiệm được kim loại màu .
15. Khi phun có sử dụng khí nén. Thiết bị đơn giản.
16. Năng suất cao.
17. Chất lượng phun đáp phụ thuộc : chất lượng bề mặt kim loại, tốc độ phun, áp lực khí nén, lượng kim loại nóng chảy, kích thước kim loại bột,

...

Nhược điểm [1, 14]

- Mối liên kết giữa kim loại lớp phủ và kim loại nền còn thấp;
- Không khí nén dùng để phun kim loại yêu cầu không lẫn dầu mỡ và hơi ẩm. Vì hơi ẩm đi qua vùng hồ quang sẽ bị phân huỷ và ôxy hoá mạnh các hạt kim loại nên làm giảm chất lượng lớp phun. Hơi ẩm còn làm giảm nhiệt độ vùng hồ quang, làm giảm nhiệt độ của các hạt trong quá trình tạo sương mù. Do đó làm giảm mức độ biến dạng của chung khí va đập vào bề mặt. Dầu mỡ lẫn trong không khí ép sẽ tạo thành màng dầu ngăn cách giữa lớp phun với chi tiết, giữa các hạt phun với nhau làm giảm chất lượng độ bám chắc của lớp phun với kim loại nền. Tổn thất kim loại nhiều;
- Ảnh hưởng đến sức bền của chi tiết (giảm giới hạn mỏi của chi tiết)
- Bề mặt phun luôn luôn yêu cầu phải làm sạch và tạo nhấp nhô;
- Đòi hỏi tay nghề cao;
- Điều kiện làm việc nặng nhọc;
- Lớp kim loại phun có độ cứng nhỏ và giòn hơn kim loại dây
- Lớp kim loại phun có sức bền kéo nhỏ.
- Độ bám lên kim loại gốc rất yếu nên không dùng để phục hồi các chi tiết chịu lực kéo, va đập, ...

9.4 SỰ HÌNH THÀNH LỚP PHUN PHỦ

9.4.1 Theo thuyết của Pospisil -sehyl

- Lớp phun phủ được hình thành do các giọt kim loại lỏng bị phun bằng dòng khí nén với tốc độ trung bình 200 m/s. Các hạt này bị phá vỡ thành rất nhiều hạt nhỏ :
- Các hạt mà ôxyt của nó khi phun ở thể lỏng thì luôn tạo thành các hạt có dạng hình cầu (như thép,...).
- Các hạt kim loại mà ôxyt của nó khi phun ở thể rắn sẽ tạo thành những hạt có dạng không đồng đều, đa cạnh. Ví dụ như nhôm, kẽm,...
- Theo thuyết này các phân tử kim loại trong thời điểm va đập trên bề mặt là ở thể lỏng

9.4.2 Theo thuyết của Schoop

Khí nén cung cấp năng lượng khí nén cho các hạt kim loại. Khi va đập vào bề mặt vật phun có xảy ra sự thay đổi nhiệt. Khi ra khỏi miệng vòi phun chúng bị nguội dần và đông đặc rất nhanh do tác dụng của dòng khí nén. Trong thời điểm va đập chúng sẽ có sự biến dạng dẻo, do vậy chúng liên kết với nhau thành những lớp liên kết. Nhiệt độ của tia kim loại bị giảm xuống rất thấp (50-100°C) nên có thể phủ lên những vật liệu dễ cháy mà không xảy ra sự cháy.

9.4.3 Theo thuyết của Karg, Kasch, Reininger

Các tác giả này cho rằng các hạt kim loại bị nguội và đông đặc là do tác dụng của nguồn năng lượng động năng khí nén. Khi đi ra từ vòi phun các hạt đã ở trạng thái nguội nên không xảy ra sự biến dạng dẻo.

9.4.4 Theo thuyết của Schenk :

Nhiệt độ của các hạt phun phải ở trên nhiệt độ chảy lỏng để xảy ra sự hàn chặt với nhau. Điều này không phù hợp với thực tế vì như vậy lớp kim loại cơ sở cũng sẽ nóng chảy để gắn các phần tử lại với nhau.

Sự hình thành lớp phun Xảy ra theo các giai đoạn sau :

1. Đầu dây phun nóng chảy; Thời gian nóng chảy và phân tán các hạt kim loại xảy ra rất nhanh : 1/10.000 - 1/100.000 giây và sau mỗi giây có khoảng 7.000 giọt thép.
2. Các giọt kim loại được tách ra từ đầu dây;
3. Sự bay và va đập của các hạt kim loại lên bề mặt đã được chuẩn bị. Thời gian này khoảng 0,002 - 0,008 giây
4. Quá trình liên kết giữa các phần tử để tạo nên lớp phun.

Quá trình tạo thành lớp phủ khá phức tạp. Kết quả nghiên cứu cho thấy các phần tử kim loại trong thời điểm va đập lên bề mặt phun ở trạng thái lỏng và bị biến dạng rất lớn. Trong thời điểm va đập lớp ôxyt phải ở trạng thái lỏng nên sự biến dạng phụ thuộc vào dạng của các phần tử kim loại phun. Khả năng biến dạng chủ yếu phụ thuộc lớp vỏ bọc của các phần tử và các phần tử sau phụ thuộc vào sự biến dạng của các phần tử trước nó. Khi các phần tử sau va đập lên các phần tử trước thì các phần tử trước hãy còn ở trạng thái lỏng hoặc sệt nên giữa chúng dễ dàng xảy ra sự liên kết kim loại với nhau.

9.5 PHÂN LOẠI CÁC PHƯƠNG PHÁP PHUN :

1. Phun đắp bằng ngọn lửa khí (oxy và các loại khí cháy ($C_2H_2, \dots$))
2. Phun đắp bằng hồ quang điện
3. Phun đắp bằng dòng điện cao tần (đạt 50.000 Hz)
4. Phun đắp bằng hồ quang plasma
5. Phun đắp bằng sóng nổ.
6. Phun đắp bằng năng lượng của chùm tia laser

Phương pháp phun đắp bằng hồ quang điện :

Cho 2 dây hàn (một dây nối với điện cực âm và đầu kia nối với điện cực dương tiến sát vào nhau cho đến khi xuất hiện hồ quang. Nguồn nhiệt hồ

quang sẽ làm nóng chảy dây hàn. Dòng khí có áp suất lớn sẽ thổi mạnh giọt kim loại lỏng này làm chúng bay đi. Lúc đó hồ quang tắt, nhưng dây hàn tiếp tục tiến vào nhau cho đến khi ngắn mạch, cường độ dòng điện tăng lên đột ngột, trong khoảng khắc đó dây hàn nóng chảy, giọt kim loại lỏng lại bị thổi đi. Quá trình này cứ thế tiếp tục. Như vậy quá trình phun bằng hồ quang là quá trình hồ quang ngắn mạch liên tục.

- Thời gian chập mạch là : 0,005 - 0,02 giây
Thời gian tăng khi tốc độ dây hàn tăng.
- Thời gian hồ quang cháy : 0,003 - 0,005 giây
- Quá trình phun xảy ra không liên tục; Kích thước hạt kim loại trong các thời điểm khác nhau sẽ khác nhau so với thời điểm chập mạch.
- Khi phun phân tử oxy bị phân huỷ thành nguyên tử oxy, do vậy kim loại nóng chảy bị oxy hoá rất mạnh.
 - * Các bon có thể bị cháy mất 25 - 35 %
 - * Silic 25 - 45 %
 - * Mang gan 35 - 38 %

9.6 CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN PHUN ĐẮP

- Nâng cao tốc độ luồng khí nén cũng như kéo dài thời gian đốt cháy dây hàn sẽ tạo khả năng làm sương hoá các hạt kim loại phun ra.
- Kích thước các hạt kim loại phun ra thay đổi trong phạm vi rộng từ 0,002 - (0,2-0,4) mm.
- Tốc độ, khối lượng và độ lớn của hạt kim loại của lớp phun ảnh hưởng rất lớn đến kết cấu và tính chất.
- Do nhiệt độ không đều neencos 2 trạng thái hạt kim loại : lỏng và hơi.
- Tốc độ hạt kim loại lúc đầu khoảng 18 m/s sau đó tăng dần và có thể đạt 200 m/s, (theo Nguyễn Đức Hùng $V = 50 - 250$ m/s) sau đó lại giảm dần. Ở cự ly 250 mm vào khoảng 85 m/s
- Thời gian chuyển động của hạt từ đầu phun đến bề mặt chi tiết khoảng 0,003 giây.
- Do thời gian ngắn tốc độ di chuyển lớn nên hạt kim loại chưa kịp nguội nên khi va đập vào bề mặt nó làm biến dạng dẻo và bám chặt vào bề mặt gia công.
- Nhiệt độ thay đổi phụ thuộc vào khoảng cách từ đầu súng phun như sau :

<i>Khoảng cách L</i>	<i>mm</i>	50	100	200
<i>Nhiệt độ của hạt kim loại</i>	<i>°C</i>	100	980	900
- Cấu trúc bề mặt lớp phun đắp không đồng nhất. Thành phần hoá học của lớp kim loại phun đắp khác nhiều so với kim loại cơ bản vì một số nguyên tố bị cháy (Si = 25-45%, Mn = 35-38%, S 25-26 %).
- Mức độ oxy hoá hạt kim loại và lớp phun ảnh hưởng đến độ bền của lớp đắp.

- Lớp kim loại phun đắp có nhiều lỗ xốp nên mật độ lớp kim loại này nhỏ hơn kim loại cơ bản (lớp kim loại nền) trung bình $6,5 \text{ g/cm}^3$ so với kim loại nền là $7,7-7,8 \text{ g/cm}^3$. Mật độ tương đối của lớp kim loại phun đắp là 85 % và độ xốp 15 %.
- Trị số dẫn điện của lớp kim loại phun đắp nhỏ hơn thép từ 13 - 20 lần.

9.7 TÍNH CHẤT CƠ LÝ CỦA LỚP KIM LOẠI PHUN ĐẮP [1], [14]

9.7.1 Nhân tố ảnh hưởng đến độ cứng lớp kim loại phun đắp

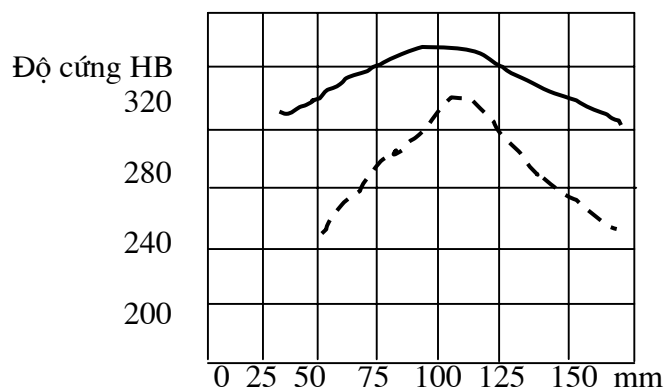
Là ảnh hưởng của cự ly phun và áp suất khí nén. Trong quá trình phun, các hạt kim loại bị không khí thổi nên nguội nhanh từ nhiệt độ trên nóng chảy xuống còn $100-150^\circ\text{C}$ vì thế một số hạt bị tôi, một số khác bị oxy hoá nên độ cứng cao.

Nếu thép có %C đến 0,4 % độ cứng đạt HB 150-258

Nếu thép có %C đến 0,8 % độ cứng đạt HB 400

Bảng 9-1

Phun bằng hồ quang điện		Phun bằng khí cháy		Phun bằng điện cao tần	
%C	HB	%C	HB	%C	HB
0,12-0,15	197-220	0,10	192	0,12-0,16	230
0,4	258	0,35	208	0,35	330
0,45	285-300	0,44	230	0,45	401-415
0,8	320	0,62	267	0,64-0,66	440-460



Hình 9-6 Ảnh hưởng của cự ly phun đến độ cứng lớp kim loại phun

Vật liệu thép 0,45 %C [1] (trang 66)

1- Độ cứng HB lớp kim loại bề mặt

2- Độ cứng HB lớp kim loại cách bề mặt 1,5 mm

9.7.2 Tính chất lớp phun phủ

a. Độ bền cơ học :

- Lớp kim loại phun đắp có độ bền chịu nén cao ($80-120 \text{ KG/mm}^2$)
- Trị số độ bền kéo phụ thuộc phương pháp phun và hàm lượng các bon trong dây phun xem bảng [1].

Bảng 9-2

Hàm lượng C	Độ bền kéo (KG/mm^2) ứng với phương pháp phun		
%	bằng hồ quang điện	Bằng ngọn lửa khí	Điện cao tần

0,15 -0,20	10-12	18-20	11-12
0,25	-	24	14-19
0,4-0,46	11-18	-	22-24
0,6-0,8	14-19	19	18-19

- Mặc dầu kim loại lớp phun có độ bền kéo không cao nhưng nó chỉ bị hư hỏng khi ứng suất đạt tới trị số biến dạng dẻo của kim loại gốc.
- Tính năng cơ học của lớp kim loại phun kém hơn gang vì giữa các hạt kim loại phun đắp có nhiều màng ôxy hoá và có tạp chất.

Phun bằng điện cao tần cho lớp phun có cơ tính cao :

Dây hàn bằng thép 45 Độ bền đạt 22,5 KG/mm². Tương đương độ bền của gang.
Độ cứng đạt 400-415 HB
Độ bền mỗi tăng thêm 9-13,5 %

Phun bằng hồ quang điện

Dây hàn bằng thép 45: Độ bền đạt 9,36 KG/mm². Tương đương độ bền của gang
Độ cứng đạt 250-260 HB

b. Độ bám : Tính chất cơ học chủ yếu là độ bám,

Độ bám là thông số quan trọng quyết định chất lượng lớp phun đắp. Nó phụ thuộc phương pháp phun đắp, nhiệt độ, tốc độ hạt, cự ly phun và chiều dày lớp phun. Sau khi chuẩn bị bề mặt xong phải tiến hành phun ngay. Thời gian kéo dài càng lâu thì bề mặt sẽ bị ôxy hoá làm cho khả năng dính bám càng giảm, lớp kim loại phun dễ bong. Chất lượng của mối liên kết chảy hàn và bám cơ học của lớp phun (độ bám) phụ thuộc vào chất lượng chuẩn bị bề mặt (phụ thuộc độ sạch bề mặt sản phẩm), vật liệu phun, vật liệu nền và chất lượng của các bước tiến hành phun. Chiều dày lớp phun phủ lớn hơn 3 mm cần bề mặt có độ nhám lớn (Nguyễn Đức Hùng, P.166).

c. Độ chịu mài mòn

Trong điều kiện ma sát khô độ chịu mài mòn của kim loại phun rất kém do nó xốp, giòn,... Trong điều kiện bôi trơn đầy đủ thì khả năng chịu mài mòn tăng vì các lỗ rỗng xốp chiếm 5-11 % tạo nên các hốc chứa dầu bôi trơn nên ma sát nhỏ (hệ số ma sát khoảng : $f = 0,01-0,04$. Nhờ có lớp xốp này mà cho phép chi tiết máy làm việc bình thường 100-190 giờ sau khi đường dầu bôi trơn hết.

Tính chất bảo vệ chống ăn mòn của lớp phun phủ nhôm hoặc kẽm (Nguyễn Đức Hùng, P.171) phụ thuộc vào chiều dày, độ bám, độ xốp và bản chất kim loại lớp phủ. Lớp phủ kẽm có độ bám tốt hơn song lớp nhôm có độ bền ăn mòn cao hơn nên người ta thường tổ hợp kẽm với nhôm

Để đảm bảo thời gian lớp bảo vệ là 15 năm thì chiều dày lớp phủ phải đạt giá trị nhất định theo bảng [5]

Bảng 9-3

Phương pháp	Lớp phủ	Chiều dày bảo vệ tối thiểu, μm			
		Nông thôn	Thành phố	Công nghiệp	Biển
	Zn	120	160	200+sơn	200

	Al ZnAl	120 -	160 40/200	200 40/250	16 40/200
	Al Zn ZnAl	200 120 -	300 160 40/200	300 200+sơn 40/250	250 200 40/200

Khả năng bền ăn mòn của lớp phủ Zn và Al được trình bày ở bảng 9.4 và thời hạn bảo vệ của các lớp phủ có chiều dày khác nhau được trình bày ở bảng 9-5 [5]

Bảng 9-4

Các tác nhân ảnh hưởng có trong khí quyển.									
Lớp phủ	SO ₂ 40 mg/m ²	Cl ⁻ trong không khí	PH	Độ cứng	Nhiệt độ	Cl ⁻ 50 mg/lít trong nước	Sunfat, 500 mg/lít trong nước	Kim loại nặng gây ăn mòn trong H ₂ O	Amooni ắc, axit humic
Zn	ăn mòn mạnh	ăn mòn	6,5-12	Không bền	<= 50°C	ăn mòn mạnh	Bền	Cu, Fe ³⁺ , kim loại quý	ăn mòn mạnh
Al	Bền	Bền	4-8,5	Bền	Bền	ăn mòn lỗ	Bền KL quý	Cu, Fe ³⁺ ,	Bền

Bảng 9-5 [5]

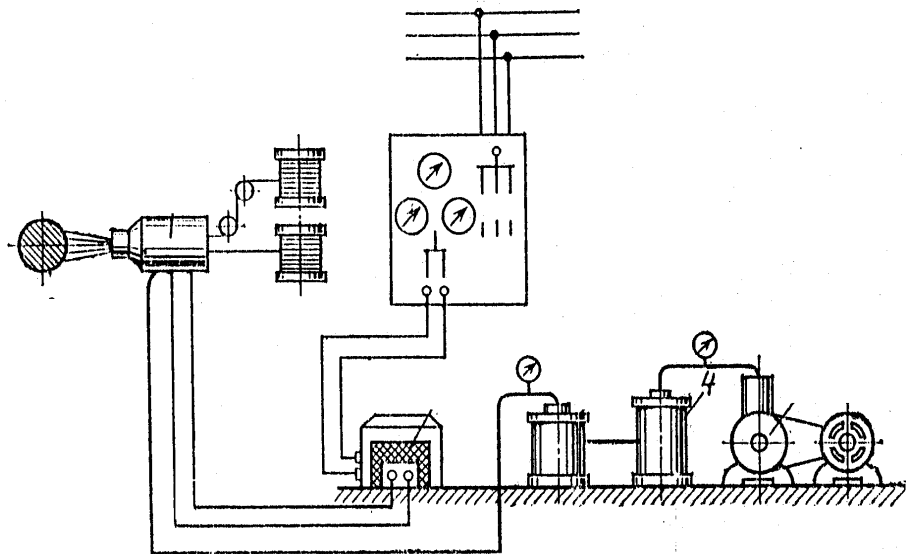
Lớp phủ	Chiều dày		Vùng khí hậu			
	µm	g/m ² .	Nông nghiệp	Biển	Công nghiệp	Nhiễm độc nặng
Zn	50	315	21	12,6	6	3,15
	100	630	42	25,2	12	6,3
	150	945	63	37,8	18	9,45

9.8 THIẾT BỊ PHUN

Nguồn điện, khí nén, đầu phun, các đồ gá kẹp chi tiết

Đầu phun :

- Đầu phun bột kim loại; Đầu phun dây kim loại
- Đầu phun bằng hồ quang,
- Đầu phun bằng dòng cao tần
- Đầu phun bằng hồ quang plasma;
- Đầu phun dùng ngọn lửa khí



Hình 9-7 Sơ đồ nguyên lý dây chuyền phun đắp bằng dây kim loại nóng chảy

9-9 CÔNG NGHỆ PHUN

9.9.1 Chuẩn bị bề mặt

Khi chiều dày lớp phun phủ $\leq 0,6$ mm thì độ nhấp nhô trên bề mặt chỉ cần dùng phương pháp phun cát hoặc phun hạt kim loại.

9.9.2 Chọn vật liệu phun đắp

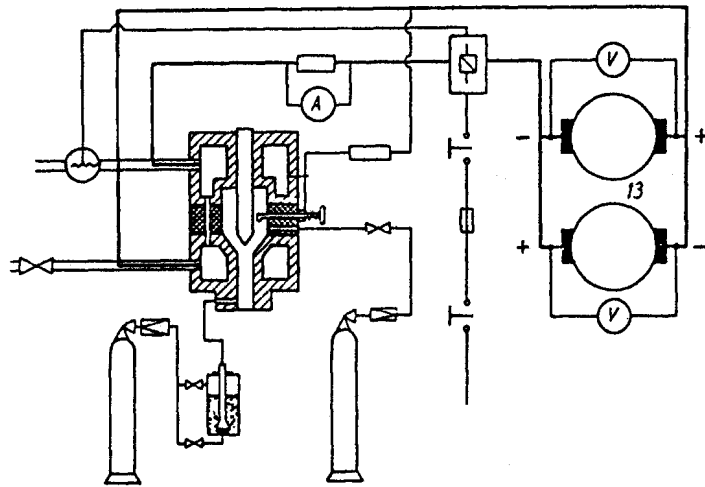
9.10 CHẾ ĐỘ PHUN ĐẮP ĐẶC TRƯNG :

- Làm sạch bề mặt cần phun đắp.
- Chọn phương pháp phun
- Chọn áp lực phun
- Chọn vận tốc dây (mm/s) , công suất phun (kg/ph)
- Chọn góc phun ($45 - 90^\circ$)
- Chọn vận tốc phun (6 - 20 m/ph).
- Chọn khoảng cách giữa đầu phun đến vật phun (50 - 300 mm) có thể đến 600, 700mm. Khoảng cách càng gần thì độ dính bám càng tốt hơn, tổn thất nhiệt càng ít . Tuy nhiên cũng phải chọn khoảng cách hợp lý để lớp đắp bám tốt .

Các đại lượng đặc trưng cho chế độ phun :

- Đường kính dây phun $D = 0,8 - 3$ mm
- Áp suất khí nén $P = 5 - 6$ at
- Tốc độ hạt KL $V = 100-200$ m/s có thể đạt $V = 250$ m/s.

- Dòng điện nung chảy: Thường 1 chiều, cũng có thể dùng xoay chiều. Dòng điện có cường độ I cao (khoảng 500A),
- Có thể sử dụng nguồn nhiệt của ngọn lửa khí $O_2 - C_2H_2$,
- Phun bằng hồ quang plasma hạt kim loại phun $\Phi = 15 - 20\mu m$.
- Lớp phun yêu cầu thường từ $1-2\mu m \div 10\mu m$.
- Nguồn nhiệt có thể là ngọn lửa khí hay hồ quang điện,...



Hình 9 - 8 Sơ đồ nguyên lý dây chuyền phun đắp bằng hồ quang plasma