Pgs, Pts. HOÀNG TÙNG

SỔ TAY ĐỊNH MỨC TIÊU HAO VẬT LIỆU VÀ NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRONG HÀN

NHÀ XUẤT BẢN
KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

PGS. PTS HOÀNG TÙNG

Sổ tay
ĐỊNH MỨC TIÊU HAO VẬT LIỆU
và
NĂNG LƯỢNG ĐIỆN TRONG HÀN

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI - 1999

Tác giả: PGS. PTS. Hoàng Tùng

Chịu trách nhiệm xuất bản: PGS. PTS. TÔ ĐĂNG HẢI

Biên tập và sửa chế bản: NGUYỄN DIỆU THÚY

Trình bày và chế bản: TRẦN VĂN CẨM

Vẽ bìa: HƯƠNG LAN

In 1.000 cuốn khổ 14,5 x 20,5. Tại Xí nghiệp in 19 - 8. Số 3 đường Nguyễn Phong Sắc - Nghĩa Tân - Cầu Giấy - Hà Nội.
Số xuất bản : 41 - 188 - 13 cấp ngày 20 tháng 2 năm 1999
In xong và nộp lưu chiểu tháng 7 năm 1999

LỜI NÓI ĐẦU

Định mức kỹ thuật tiêu hao nguyên vật liệu là xác định số lượng nhỏ nhất vật liệu cần thiết cho việc chế tạo một sản phẩm đạt được các điều kiện kỹ thuật. Đó là mục tiêu đi tới tiết kiệm nguyên vật liệu trong công nghiệp; đồng thời cũng là biện pháp tích cực thực hiện sự nghiệp Công nghiệp hóa - Hiện đại hóa đất nước.

Tính toán kỹ thuật định mức tiêu hao vật liệu HÀN được xây dựng trên cơ sở các bản vẽ thiết kế các chi tiết, các kết cấu hàn, qui trình công nghệ hàn và sổ tay về hàn và vật liệu hàn, đồng thời có kết hợp với kinh nghiệm thực tế, điều kiện sản xuất v.v... vì vậy trong các công thức tính toán có chứa các hệ số thực nghiệm.

Việc tính toán theo các công thức sẽ gây rất nhiều khó khăn cho công nhân, cán bộ kỹ thuật, cán bộ chỉ đạo sản xuất; kỹ sư ... vì vậy cuốn sách "Sổ tay định mức tiêu hao vật liệu và năng lượng điện trong HÀN" sẽ giúp đỡ và tạo điều kiện thuận lợi cho các bạn khi thực hiện thiết kế, lập qui trình công nghệ và định mức vật liệu cho các kết cấu hàn.

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn sự đóng góp ý kiến quí báu của các bạn đồng nghiệp trong Bộ môn Hàn - công nghệ kim loại, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội trong quá trình biên soạn. Chúng tôi cũng mong muốn được bạn đọc phê bình và đóng góp ý kiến xây dựng thêm để cuốn sách được tốt hơn trong lần xuất bản sau.

Các ý kiến xin gửi về Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 70 Trần Hưng Đạo - Hà Nội.

Tác giả

Chương I

KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ HÀN VÀ NGUỒN NHIỆT HÀN

I. THỰC CHẤT, ĐẶC ĐIỂM VÀ PHÂN LOẠI HÀN

1. Thực chất

Hàn là một phương pháp công nghệ nhằm đạt được mối liên kết bền, không tháo gỡ được bằng cách dùng một nguồn nhiệt nung nóng vật liệu chỗ liên kết đến trạng thái chảy hoặc dẻo, sau đó vật liệu đông đặc hoặc nhờ lực ép mối liên kết được hình thành, gọi là mối hàn.

Công nghệ hàn xuất hiện từ khi mối liên kết hàn đầu tiên vào năm 1981 do nhà bác học người Nga N.N. Bernardos đã sử dụng nguồn nhiệt hồ quang điện để thực hiện hàn. Sau hơn một thế kỷ, công nghệ hàn đã phát triển rất nhanh và đạt được nhiều thành quả về khoa học, công nghệ và hiệu quả kinh tế trong mọi ngành công nghiệp.

2. Đặc điểm

Công nghệ hàn phát triển nhanh và được ứng dụng rộng rãi nhờ các đặc điểm sau:

- Tiết kiệm vật liệu. Ví dụ, các kết cấu kim loại, nếu thực hiện bằng công nghệ hàn sẽ tiết kiệm từ 10 ÷ 25% khối lượng kim loại so với công nghệ nối ghép bằng bulông hoặc tán đinh rivê. So với công nghệ đúc sẽ tiết kiệm đến 50% khối lượng kết cấu. Với ưu điểm này, công nghệ hàn sẽ tiếp tục phát *triển theo hướng tiết kiệm các kim loại và vật liệu quí hiếm.*

- Hàn có thể tạo được các liên kết từ những vật liệu có tính chất khác nhau. Ví dụ, kim loại đen với kim loại màu; kim loại với vật liệu phi kim loại v.v...

- Tạo được các chi tiết máy, các kết cấu phức tạp mà các phương pháp công nghệ khác không làm được hoặc gặp nhiều khó khăn.

- Tạo được liên kết có độ bền và độ kín cao.

- Hàn là phương pháp công nghệ dễ thực hiện cơ giới hóa, tự động hóa để cho năng suất cao.

3 Phân loại các phương pháp hàn

Hiện nay công nghệ hàn đã có hàng trăm phương pháp khác nhau.

a) Căn cứ theo trạng thái hàn sau khi nung nóng người ta chia các phương pháp hàn làm hai nhóm:

- Hàn nóng chảy. Chỗ hàn và que hàn bổ sung được nung đến trạng thái nóng chảy. Ví dụ, hàn lade, hàn hồ quang plasma, hàn chùm tia điện tử, hàn hồ quang điện, hàn điện xỉ, hàn khí cháy, hàn nhiệt nhôm, hàn tự động và bán tự động dưới lớp thuốc, hàn MAG, MIG, TIG...

- Hàn áp lực. Chỗ liên kết được nung nóng đến trạng thái dẻo, sau đó phải dùng lực ép để tạo ra liên kết hàn bền vững. Ví dụ, hàn siêu âm, hàn nổ, hàn nguội, hàn điện tiếp xúc, hàn ma sát, hàn khuyếch tán, hàn cao tần, hàn rèn v.v...

b) Căn cứ theo nguồn nhiệt (dạng năng lượng sử dụng) để nung nóng khi hàn, hàn có các phương pháp sau [1]:

- Hàn cơ năng. Sử dụng với các kim loại hoặc hợp kim có tính dẻo cao, ở đây cơ năng sẽ làm biến dạng kim loại tại vùng hàn và tạo nên mối hàn. Ví dụ, phương pháp hàn nguội, hàn siêu âm... Tuy nhiên ở phương pháp hàn ma sát, người ta cũng dùng cơ năng để hàn; nhưng ở đây một phần cơ năng đã chuyển thành nhiệt năng để tham gia vào sự hình thành liên kết hàn bền vững.

- Hàn điện năng trên cơ sở biến điện năng thành nhiệt năng dưới tác dụng của hồ quang điện. Ở đây nhiệt năng được giải phóng do kết quả của sự chuyển động năng của các điện tử thành nhiệt năng. Ví dụ, hàn hồ quang điện, hàn tự động dưới lớp thuốc, hàn TIG, MIG, MAG...

- Hàn hóa năng đặc trưng bởi nhiệt năng sinh ra do quá trình xẩy ra các phản ứng ôxyt hóa mãnh liệt các chất khí hoặc các phản ứng ôxyt hóa kim loại. Ví dụ, phương pháp hàn khí cháy, hàn nhiệt nhôm v.v...

- Hàn cơ điện dựa trên nguyên lí chuyển động năng thành nhiệt năng để nung nóng chỗ hàn đến trạng thái hàn (trạng thái dẻo), sau đó dùng lực ép tác dụng lên kim loại đã được nung nóng. Ví dụ, hàn điện tiếp xúc điểm,

đường và giáp mối v.v...

- Hàn cơ hóa. Phương pháp này dựa trên nguyên lí chuyển hóa năng sang nhiệt năng để nung nóng chỗ hàn đến trạng thái hàn, sau đó dùng cơ năng (lực ép) để tạo nên mối hàn. Ví dụ ,phương pháp hàn khí áp lực.

- Các phương pháp hàn đặc biệt. Ví dụ, hàn chùm tia điện tử, hàn plasma, hàn siêu âm v.v...

II. NGUỒN NHIỆT HÀN

1. Yêu cầu chung của nguồn nhiệt

Nguồn nhiệt phải bảo đảm cung cấp đủ nhiệt để nung nóng vật liệu đến trạng thái hàn (chảy hoặc dẻo). Nhiệt nung nóng cần thiết phụ thuộc vào vật liệu chi tiết hàn, vật liệu bổ sung và phương pháp hàn.

Trong các phương pháp hàn áp lực, nhiệt độ hàn được xác định bằng mức độ dẻo và khả năng khuếch tán của vật liệu hàn. Còn đối với các phương pháp hàn nóng chảy thì mối hàn chỉ thực hiện hoàn hảo khi nhiệt độ nguồn nhiệt lớn hơn nhiệt độ nóng chảy của vật liệu hàn.

Yêu cầu của nguồn nhiệt được biểu thị bằng các thông số sau [2]:

- Hiệu suất của nguồn nhiệt (η).

$$\eta = \frac{Q_1}{Q} \qquad (1)$$

trong đó: Q_1 - nhiệt lượng hữu ích dùng cho quá trình hàn [kcal]

Q - nhiệt lượng toàn phần của nguồn nhiệt (ví dụ, của ngọn lửa hàn) [kcal].

- Hiệu suất nhiệt hiệu dụng (η_T)

$$\eta_T = \frac{Q_M}{Q_C} \qquad (2)$$

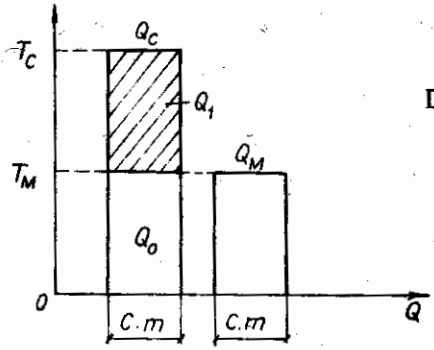
trong đó: Q_M- nhiệt lượng dùng làm nóng chảy (hoặc dẻo) vật liệu hàn [kcal]

Q_C- nhiệt lượng tiêu tốn toàn phần khi hàn [kcal]

Như vậy $Q > Q_C$ và $Q_M = Q_1$

Ví dụ biểu đồ nhiệt của ngọn lửa hàn được biểu thị trên hình 1.

Ta có: $$Q_C = Q_o + Q_1 = Q_o + Q_M \qquad (3)$$



Hình 1. Biểu đồ nhiệt của ngọn lửa

$$Q_C = C.\,m.\,T_C$$

$$Q_M = C.\,m.\,T_M$$

Do đó $$\eta_T = \frac{Q_M}{Q_C} = \frac{Q_C - Q_o}{Q_C} =$$

$$= 1 - \frac{Q_o}{Q_C} =$$

$$= 1 - \frac{C.\,m}{C.\,m} \cdot \frac{T_M}{T_C}$$

$$\eta_T = 1 - \frac{T_M}{T_C} \qquad (4)$$

trong đó: C - nhiệt dung [cal/g°C]

m - khối lượng [g]

T_M - nhiệt độ nung nóng cần thiết [°C]

T_C - nhiệt độ làm nóng chảy vật liệu [°C]

Từ đây có thể thấy nguồn nhiệt hàn sẽ được sử dụng hoàn thiện hơn nếu nhiệt độ nung nóng cần thiết T_M càng nhỏ và nhiệt độ làm nóng chảy vật liệu T_C càng lớn.

- Hiệu suất truyền nhiệt thực tế của nguồn nhiệt η_f.

$$\eta_f = \eta_T \cdot \eta_t = 1 - \frac{T_o}{T_C} \qquad (5)$$

trong đó: T_o- nhiệt độ nguồn nhiệt (ví dụ, nhiệt độ ngọn lửa) [°C]

T_C- nhiệt độ làm nóng chảy kim loại [°C]

Điều đó có nghĩa là: khi nhiệt độ nguồn nhiệt càng cao thì cường độ dẫn nhiệt vào vật hàn càng lớn, sự nung nóng càng hiệu quả.

2. Các loại nguồn nhiệt

Theo [3] nguồn nhiệt hàn để thực hiện cho một phương pháp công nghệ hàn cần có công suất đủ lớn để đảm bảo nung nóng cục bộ vật liệu hàn với nhiệt độ nóng chảy cao. Hiện nay đang sử dụng các nguồn nhiệt sau đây trong công nghệ hàn: nguồn nhiệt khí cháy; nguồn nhiệt hồ quang; nguồn nhiệt điện xỉ; nguồn nhiệt cảm ứng; nguồn nhiệt điện trở; nguồn nhiệt ma sát v.v...

Chương II

HÀN HỒ QUANG

Năm 1803 nhà vật lí người Nga V.V. Petrov đã tiên đoán về khả năng sử dụng dòng điện để làm chảy vật liệu. Ý tưởng này đã trở thành tiền đề cho sự ra đời và phát triển công nghệ hàn hồ quang.

Năm 1881 mối hàn hồ quang điện đầu tiên đã được nhà bác học Nga - N.N. Benardos thực hiện. Đến nay hồ quang điện đã được sử dụng trong rất nhiều phương pháp công nghệ hàn: hàn hồ quang tay; hàn hồ quang tự động dưới lớp thuốc; hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ v.v...

A. NGUỒN NHIỆT HỒ QUANG

1. Hồ quang

Hồ quang là hiện tượng phóng điện ổn định qua một khoảng môi trường khí đã được ion hóa giữa hai điện cực: cực âm (catod) và cực dương (anod).

Sự ion hóa các phần tử khí đạt được do sự tách các điện tử và để thực hiện điều đó cần sản ra một công gọi là công ion hóa được đo bằng electron - volt. Công này bằng thế năng ion hóa tính theo Volt.

Quá trình ion hóa chất khí của môi trường khí giữa hai điện cực có thể bao gồm các dạng sau:

- Ion hóa bằng va đập (bắn phá).
- Ion hóa do tác động của các lượng tử (quang học).
- Ion hóa khi nhiệt độ tăng (nhiệt năng).

a) Để thực hiện ion hóa bằng va đập, các điện tử phải chuyển động thỏa mãn điều kiện [3]:

$$\frac{m_e V^2}{2} \geq eu \qquad (6)$$

trong đó: m_e- khối lượng điện tử [g/cm^3]

eu - công ion hóa [J]

V - vận tốc điện tử [cm/s]

do đó $$V_{min} = \sqrt{\frac{2eu}{m_e}} \text{ [cm/s]} \quad (7)$$

Ví dụ: tốc độ điện tử sắt (Fe) nhỏ nhất để thực hiện công va đập là $1,66.10^8$ cm/s hoặc 5950.000 km/h.

b) Năng lượng của các tia sóng để đạt sự ion hóa phải thỏa mãn điều kiện [1]:

$$\mu\gamma \geq eu \quad (8)$$

trong đó: μ- hằng số Plank → $\mu = 6,62.10^{-27}$ [eV/s].

μ - tần số ánh sáng → $\gamma = \frac{C}{\lambda}$ [g/cm^3]

C - tốc độ ánh sáng $C = 3.10^{10}$ [cm/s]

λ - bước sóng ánh sáng [Å]

Chiều dài bước sóng ánh sáng để thực hiện ion hóa chất khí:

$$\lambda_{max} = \frac{\mu C}{eu} \quad (9)$$

Ví dụ, chiều dài bước sóng ánh sáng cần thiết để ion hóa các phân tử khí nitơ (N_2):

$$\lambda_{max} = \frac{6,62.10^{-27}.\ 3.10^{10}}{1,59.10^{-12}.\ 14,5} = 0,85.0^{-15} \text{ cm} = 850 \text{ Å}.$$

Bảng 1 cho chiều dài các bước sóng ánh sáng đủ để ion hóa các khí.

Bảng 1

Các nguyên tố	K	Na	Ca	Fe	O_2	Ar
λ (Å)	2870	2420	2030	1575	915	785

c) Điều kiện để thực hiện ion hóa chất khí bằng nhiệt năng phải đảm bảo điều kiện [3]:

$$\frac{3}{2}KT \geq eu \quad (10)$$

trong đó: K - hằng số Bozman → $K = 1,36.10^{-16}$ (eV/^{o}K)

T - nhiệt độ tuyệt đối [^{o}K]

Khi nhiệt độ tăng, số phân tử va đập vào nhau cũng tăng sẽ làm khả năng ion hóa tăng. Do vậy điều kiện nhiệt độ để có khả năng ion hóa là:

$$T \geq \frac{2eu}{3K} \rightarrow T_{min} = \frac{2eu}{3K} \qquad (11)$$

Nhưng nếu chỉ dùng năng lượng nhiệt để ion hóa hoàn toàn các phân tử khí thì phải nung nóng chúng tới nhiệt độ rất cao.

Ví dụ, đối với nitơ (N_2), để ion hóa hoàn toàn phải nung tới nhiệt độ 113000°K, điều này hoàn toàn không thực tế đối với các điều kiện kỹ thuật và công nghệ hiện nay.

Lý thuyết và thực tiễn đã cho thấy sự ion hóa các phần tử khí được đặc trưng bởi hệ số cân bằng hóa học, phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất:

$$K_p = \frac{C_i . C_e}{C_A} . \qquad (12)$$

trong đó: C_i - thành phần % ion trong thành phần khí

C_e - thành phần % điện tử trong thành phần khí

C_A - thành phần % các nguyên tử trung hòa trong thành phần khí.

Giả sử gọi x là mức độ ion hóa và n là số nguyên tử ban đầu. Ta có $n_i = xn$; $n_e = xn$ và $n_A = n - nx = n(1 - x)$

Khi đó:

$$C_i = \frac{n_i}{n_i + n_e + n_A} = \frac{x}{x + 1}$$

$$C_e = \frac{n_e}{n_i + n_e + n_A} = \frac{x}{x + 1}$$

$$C_A = \frac{n_A}{n_i + n_e + n_A} = \frac{1 - x}{1 + x}$$

do vậy

$$K_p = \frac{x^n}{1 + x^2} \rightarrow x = \sqrt{\frac{K_p}{1 + K_p}}$$

Theo [4] coi hồ quang như một plasma đẳng nhiệt và để xác định mức độ ion hóa ở t°, p cho trước, sẽ được đặc trưng bởi phương trình Saga:

$$\frac{x^2}{1 - x^2} . p = 2,4.10^{-4} . a^2 T^{5/2} . e^{\frac{eu}{KT}} \qquad (13)$$

trong đó: p - áp suất (mm Hg)

u - điện thế ion hóa (V)

T - nhiệt độ [°K]

Phương trình này chỉ đúng với giá trị x khá nhỏ.

Theo [5] ngoài 3 dạng tạo ra sự ion hóa, sự phóng điện còn do một số tác dụng phụ sau:

- Sự phóng điện dưới tác dụng của điện trường ngoài:

$$j = joe^{\frac{439\sqrt{E}}{T}} \qquad (14)$$

trong đó: E - cường độ điện trường (V/cm).

jo - dòng điện tử ban đầu được phóng ra khi không có tác dụng của điện trường ngoài (eV).

Do vậy khi nhiệt độ tăng sẽ làm giá trị trung bình của sự phóng điện dưới tác dụng của điện trường ngoài E bị ảnh hưởng đáng kể; đặc biệt khi cường độ điện trường lớn ($E = 10^6 \div 10^7$ V/cm).

- Sự phóng điện do kết quả của sự bắn phá catod.

Nhiều tác giả [6] cho rằng: quá trình này đóng vai trò chính trong sự hình thành hồ quang hàn. Do kết quả của sự phóng điện mạnh từ catod và sự ion hóa môi trường giữa hai điện cực, sẽ tạo ra một vệt sáng ổn định liên tục giữa các điện cực gọi là hồ quang điện.

Khi hồ quang cháy các vệt sáng trắng ngay sát các điện cực gọi là các vệt catod hay anôd và trên các cực nhìn rõ những vùng sáng tương ứng là vùng anôd và vùng catod (hình 2).

Kích thước vùng anôd và vùng catod rất nhỏ so với chiều dài cột hồ quang, mặt khác giữa các phần của hồ quang có sự giảm hiệu điện thế định tính.

Điện thế hồ quang được xác định:

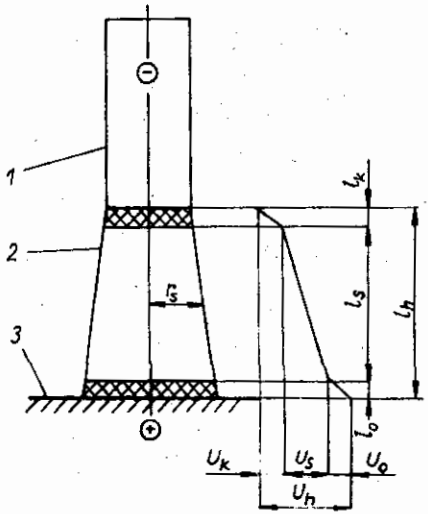
$$u_h = u_k + u_s + u_a \qquad (15)$$

hoặc

$$P_h = Iu_h = Iu_k + Iu_s + Iu_a \qquad (16)$$

$$= P_k + P_s + P_a \qquad (17)$$

trong đó: I - dòng điện chạy qua hồ quang.



Hình 2. Các phần của hồ quang điện.
1- điện cực; 2- hồ quang; 3- vật liệu cơ bản; u_k - điện thế rơi catôd; u_s- điện thế rơi trên cột hồ quang; u_a- điện thế rơi trên anôd; u_h- điện thế hồ quang; l_a-chiều dài phần anôd; l_k- chiều dài phần catod; l_s- chiều dài cột hồ quang; l_h- chiều dài hồ quang; r_s- bán kính cột hồ quang.

Nếu gọi f là tỷ số giữa dòng điện tử (I_e) và dòng điện (I): $f = \frac{I_e}{I}$, thì sự phân bố năng lượng trên các phần hồ quang như sau:

2. Sự phân bố năng lượng trong vệt catod

Chiều dài cột catod $l_k = 10^{-6} \div 10^{-7}$ (m)

Dòng ion bắn phá catod có năng lượng là:

$$P_1 = I(1 - f)u_k \qquad (18)$$

Sau khi bắn phá, các ion sẽ thu hoặc mất điện tử để thành các nguyên tử trung hòa và giải phóng một năng lượng bằng năng lượng ion hóa:

$$P_2 = I(1 - f)(u_i - \varphi) \qquad (19)$$

Dòng điện tử phóng từ catod ra có năng lượng:

$$P_3 = fIu_e \qquad (20)$$

Như vậy P_1, P_2 là năng lượng catod nhận và P_3 là năng lượng truyền ra. Gọi W_k là năng lượng làm nóng chảy catod, R_k là năng lượng bức xạ; u_e là điện thế phát xạ của các điện tử trên bề mặt catod, ta có phương trình cân bằng năng lượng:

$$P_1 + P_2 = P_3 + W_k + R_k \qquad (21)$$

hoặc $$I(1 - f).(u_k + u_i - u_e) = fIu_e + W_k + R_k \qquad (22)$$

3. Sự phân bố năng lượng trong cột hồ quang

Ta thấy cột hồ quang luôn có dạng hình trụ loe từ hướng catod đến anod. Sự dẫn điện trong cột hồ quang là do có mặt của các điện tử và các điện tích. Chúng tồn tại do kết quả của sự ion hóa.

Theo [7] nhiệt độ cột hồ quang:

$$t_c = 800.u_i - 273 \quad [^oC]$$

trong đó u_i- điện thế ion hóa của các phân tử (bảng 2).

Bảng 2. **Năng lượng ion hóa các phân tử**

Năng lượng phân li của các phân tử (eV)											
H_2	O_2	N_2	CO	C_2	F_2						
4.48	5.08	7.37	9.7	6.2	1.6						
Năng lượng ion hóa của các nguyên tố (eV)											
Cs	K	Na	Ca	Fe	H	O	N	Ar	F	Ne	He
3.9	4.3	5.1	6.08	7.8	13.5	13.6	14.5	15.7	18.6	21.5	24.5
Năng lượng phát hành (eV)											
Al	Ba	C	Cu	Fe	Ni	K	Na	W			
4.0	2.1	2.2	4.3	4.5	5.0	2.2	2.3	4.5			

Đường kính của cột hồ quang

$$r_s = \frac{I.E_s}{2\pi.\beta.\sigma.t_c^4} \quad [m] \qquad (23)$$

Ở đây:

I - dòng điện hàn [A]

E_s - điện thế gradien cột hồ quang [$V.m^{-1}$],

thường $E_c = 10 \div 40\ Vm^{-1}$

σ - hằng số Stefan - Bolzman ($\sigma = 5.67.10^{-8}\ W.mK^4$)

β- hệ số cháy của hồ quang ($\beta = 0.5 \div 0.7$)

Thực tế nhiệt độ của hồ quang không đồng đều, thường cao nhất ở giữa và giảm dần ra phía ngoài. Khi hàn hồ quang tay, nhiệt độ hồ quang thực tế

phân bố từ 4200 ÷ 5700°C. Khi hàn dưới lớp thuốc là 6200 ÷ 7600°C; trong môi trường khí bảo vệ TIG là từ 6200 ÷ 7800°C. Khi hàn MIG và MAG trong vùng plasma nhiệt độ đạt tới 12000 ÷ 15.000°C. Hàn MAG (CO_2) đạt 10.000°C.

Năng lượng trong cột hồ quang bao gồm:

- Năng lượng dòng điện tử $P_1 = fIu_k$ (24)

- Năng lượng cột hồ quang $P_2 = Iu_s$ (25)

Cột điện tử trước khi chuyển dịch vào anôd được gia tốc với năng lượng

$$P_3 = (1 - f)Iu_i \quad (26)$$

Ngoài ra còn tồn tại năng lượng nhiệt của cột hồ quang W_s và năng lượng do bức xạ R_s, do vậy:

$$P_1 + P_2 = P_3 + W_s + R_s \rightarrow I(fu_k + u_s) = (1 - f)Iu_i + w_s + R_s \quad (27)$$

4. Sự phân bố năng lượng trên anod

Vùng anôd có chiều dài $l_a = 10^{-5} \div 10^{-6}$ m, năng lượng nhiệt ở vùng này cao hơn vùng catod.

Năng lượng phân bố trên anôd:

$fIu_a + fIu_e$, thông thường $f = 1 \rightarrow I(u_a + u_e) = W_a + R_a$

trong đó: W_a - năng lượng làm nóng chảy anôd [W]

R_a - năng lượng bức xạ ở anôd [W]

Năng lượng trên vùng anôd:

$$P_a = (u_a + u_e)I \quad [J.s^{-1}; W] \quad (28)$$

Điện thế rơi trên anôd: $u_a = 4 \div 8V$ và nhiệt độ ở đây bao giờ cũng cao hơn ở vùng catod (500 ÷ 600°C).

Công suất nhiệt toàn phần hữu ích của hồ quang:

$$P = I(u_k + u_s + u_a)\eta.k \quad [J.s^{-1}; W] \quad (29)$$

Ở đây

η - hiệu suất của hồ quang (hiệu suất sử dụng nhiệt của hồ quang).

- Khi hàn hồ quang tay bằng que hàn $\eta = 0,75 \div 0,85$;
  Hàn tự động dưới lớp thuốc $\eta = 0,8 \div 0,95$

Hàn TIG $\eta = 0,5 \div 0,65$;

Hàn MIG; MAG $\eta = 0,8 \div 0,9$.

k - hệ số tính đến ảnh hưởng sai lệch các đường cong điện áp và dòng điện tới công suất hồ quang: dòng điện 1 chiều k = 1. dòng điện xoay chiều $k = 0,7 \div 0,9$.

Với bản chất của hồ quang và năng lượng nhiệt của nó sinh ra làm cho quá trình dịch chuyển kim loại từ que hàn vào vũng hàn rất phức tạp. Giọt kim loại phải chịu một hệ lực tác dụng (hình 3).

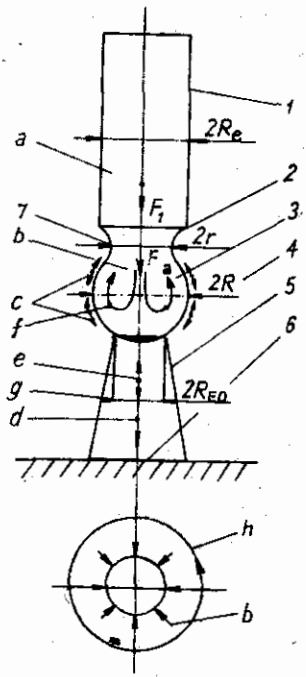
Áp lực hướng kính của từ trường hồ quang - (hiệu ứng pinch) [53]

$$pr = \frac{\mu I^2}{4\pi.R^2}\cdot\left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right) \text{ [Pa]} \qquad (30)$$

Ở đây:

r, R- kích thước của giọt kim loại (mm)

μ - độ căng của kim loại: kim loại lỏng $\mu = \mu_o = 4\pi.10^{-7}$ [N.m^{-1}].



Hình 3. Lực tác dụng vào giọt kim loại trong hồ quang hàn.
1- điện cực (que hàn); 2- giới hạn vùng chảy của giọt kim loại; 3- kim loại nóng chảy; 4- giới hạn bề mặt catod; 5- cột hồ quang; 6- bề mặt anôd; 7- tiết diện thắt:
a- lực tự trọng; b- lực tác dụng theo phương hướng kính của từ trường điện; c- sức căng bề mặt; d- hướng lực điện từ; e- lực phân tán của kim loại; f- độ nhớt của kim loại chảy; g- lực tác động của dòng plasma;

Lực hướng kính tác động vào nơi tiết diện nhỏ nhất của giọt kim loại, có tác dụng tách giọt kim loại ra khỏi điện cực và chuyển vào bể hàn. Trong khi đó lực dọc trục (lực Loren) tiếp tục tác động thúc đẩy để giọt kim loại dịch chuyển vào bể hàn theo giá trị:

$$P_{Lo} = \frac{\mu I^2}{4\pi}\left(\frac{3}{4} + \ln\frac{R_e}{R_{Eo}}\right) \text{ [N]}$$

Giá trị R, R_{Eo} xem trên hình 3.

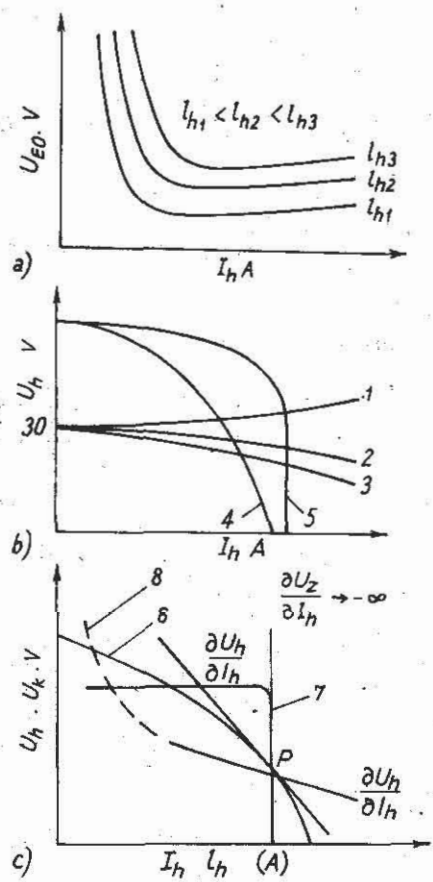
Các dạng dịch chuyển kim loại trong hồ quang với các phương pháp hàn khác nhau được thể hiện ở bảng 3.

Trong công nghệ hàn, chiều dài hồ quang được điều chỉnh bằng quan hệ giữa hiệu điện thế giữa hai cực và cường độ dòng điện hàn.

Mặt khác, người ta thiết lập các đường đặc tuyến tĩnh Vol - Amper tức là các đường cong biểu thị mối quan hệ giữa hiệu điện thế và cường độ dòng điện của hồ quang hàn (hình 4).

Khi tăng cường độ dòng điện hàn ở các giá trị nhỏ, chúng không làm thay đổi cột hồ quang, nhưng hiệu điện thế sẽ giảm.

Ngược lại, nếu tăng chiều dài cột hồ quang, khi dòng điện hàn không đổi sẽ làm tăng hiệu điện thế hồ quang.



Hình 4. Đặc tính tĩnh của hồ quang hàn và nguồn hàn.
a) Đặc tính tĩnh của hồ quang khi thay đổi chiều dài hồ quang.
b) Đặc tính động của nguồn hàn; 1, 2, 3- đặc tính động phăng thích hợp cho hàn MAG; MIG; 4, 5- đặc tính dốc dùng cho hàn tay.
c) Sự ổn định của hồ quang điện. 6- đặc tính động của nguồn hàn (khi hàn hồ quang tay với que hàn); 7- đặc tính dốc của nguồn (khi hàn TIG); 8- đặc tính tĩnh của hồ quang; P- điểm làm việc.

Bảng 3. **Các dạng dịch chuyển kim loại hàn bằng hồ quang điện**

Phương pháp dịch chuyển	Sơ đồ dịch chuyển	Đặc điểm
Giọt ngắt quãng		Chiều dài và mật độ dòng của hồ quang trung bình
Dịch chuyển liên tục		Chiều dài và mật độ dòng của hồ quang dài và cao
Quá trình bám dính		Mật độ dòng cao, hồ quang ngắn
Quá trình xung	1 2 3 4 5 a t_i t_p 3 2 1 4 5 I_s, A t_i t_z t, s	Mật độ dòng nhỏ không có ngắn mạch

Tổng số giọt, ngắn mạch (S^{-1})	Thông số hàn		Lĩnh vực ứng dụng
	U_h (V)	I (A)	
5 ÷ 40	24 ÷ 28	200 ÷ 300	- Hàn ở mọi vị trí và chiều dày tấm lớn - Hàn hồ quang tay với que hàn thép hợp kim thấp.
≥ 200	28 ÷ 40	200 ÷ 500	- Chiều dày lớn, hàn ở vị trí ngang. - Cho thép hợp kim cao. Hàn Al; Cu trong môi trường Ar
50 ÷ 200	14 ÷ 22	50 ÷ 200	Tấm hàn mỏng và hàn mọi vị trí khi hàn trong môi trường A_r, CO_2
50 ÷ 100	12 ÷ 20	20 ÷ 180	Tấm hàn mỏng, hàn ở mọi vị trí. Hàn thép hợp kim cao. Hàn Al trong môi trường A_r.

Sự phụ thuộc giữa điện thế hồ quang, dòng điện và chiều dài hồ quang có thể biểu thị bằng quan hệ:

$$U_h = a + bl_h + \frac{c + dl_h}{I} \quad [V] \qquad (32)$$

Với dòng hàn đủ lớn thì điện thế hồ quang được tính:

$$U_h = a + bl_h \quad [V] \qquad (33)$$

trong đó: U_h - điện thế hồ quang [V]

l - chiều dài hồ quang [mm]

I - dòng điện hàn [A]

a, b, c, d - các hệ số phụ thuộc vào vật liệu điện cực, môi trường bảo vệ, áp lực môi trường v.v...

B- CÁC PHƯƠNG PHÁP HÀN HỒ QUANG

Hồ quang được dùng trong công nghệ hàn tay, hàn tự động dưới lớp thuốc hàn, hàn trong môi trường khí bảo vệ, hàn plasma, hàn điện xỉ.

I. HÀN HỒI QUANG TAY VỚI QUE HÀN

Phương pháp công nghệ hàn này được sử dụng rộng rãi nhất hiện nay. Mặc dù đã có những phương pháp mới có năng suất, chất lượng cao; nhưng phương pháp hàn hồ quang tay vẫn không thể thiếu trong dạng sản xuất sửa chữa, sản xuất loạt nhỏ, đặc biệt ở những qui trình công nghệ hàn không thể tiến hành cơ khí hóa và tự động hóa.

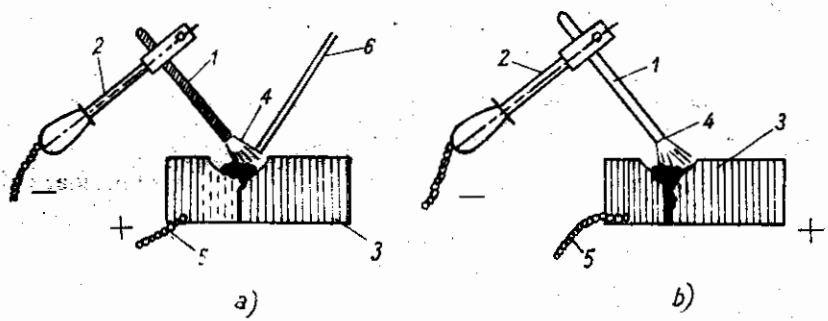
Các đặc trưng cơ bản của phương pháp hàn hồ quang tay:

- Vị trí hàn	:	Có thể hàn ở mọi vị trí không gian
- Loại vật liệu kết cấu hàn	:	thép cacbon, thép hợp kim thấp; thép hợp kim cao, niken, đồng, nhôm v.v...
- Chiều dầy tấm hàn	:	(2 ÷ 100) [mm]
- Dòng điện hàn	:	(50 ÷ 450) [A]
- Điện thế hồ quang	:	(15 ÷ 40) [V]
- Loại nguồn hàn	:	dòng xoay chiều và một chiều
- Đường kính que hàn	:	(2 ÷ 6) [mm]
- Đặc tính động của máy hàn	:	dốc liên tục.

Có hai phương pháp hàn điện hồ quang tay: phương pháp hàn bằng điện cực không chảy (than, grafit hoặc vônfram) và phương pháp hàn bằng điện cực kim loại chảy (que hàn).

Hình 5a là sơ đồ phương pháp hàn bằng điện cực không chảy. Điện cực thường dùng là điện cực than. Hàn được tiến hành bằng dòng điện một chiều, điện cực không chảy nối với âm cực còn vật hàn thì nối với dương cực của máy hàn.

Hình 5b cho sơ đồ phương pháp hàn bằng điện cực kim loại chảy. Phương pháp này rất phổ biến trong các ngành chế tạo máy, xây dựng cũng như trong các công việc tu bổ, sửa chữa.



Hình 5. Sơ đồ hàn điện hồ quang tay.
a) Hàn bằng điện cực không chảy; b) Hàn bằng điện cực kim loại chảy; 1. điện cực; 2. kìm hàn; 3. vật được hàn; 4. hồ quang điện; 5. dây dẫn; 6. que hàn.

Hồ quang điện khi hàn kim loại có thể là hồ quang trực tiếp hay gián tiếp. *Hồ quang trực tiếp* cháy giữa điện cực và vật hàn. *Hồ quang gián tiếp* cháy giữa hai điện cực than và để gần chi tiết được hàn, kim loại được đốt nóng dưới tác động gián tiếp của hồ quang.

1. Điện cực và que hàn để hàn hồ quang tay

Điện cực dùng để hàn hồ quang tay chia thành hai loại:

Điện cực không chảy gồm có điện cực than, điện cực grafit và điện cực vonfram. Điện cực than và điện cực grafit chỉ dùng khi hàn với dòng điện

một chiều. Điện cực vonfram dùng khi hàn với dòng điện một chiều hay dòng điện xoay chiều.

Điện cực để hàn hồ quang tay (hàn thép, gang, nhôm, v.v.) thường dùng là điện cực nóng chảy (gọi là que hàn). Trong quá trình hàn, que hàn làm nhiệm vụ gây hồ quang và bổ sung kim loại cho mối hàn.

Que hàn gồm có lõi kim loại, là những đoạn dây kim loại có chiều dài khoảng (250 ÷ 450) mm và đường kính khoảng (1 ÷ 12) mm.

Bọc ngoài lõi kim loại là lớp thuốc hàn. Đó là hỗn hợp các hóa chất, các khoáng chất, các ferô hợp kim và chất dính kết.

Thuốc bọc que hàn cần thỏa mãn các yêu cầu sau:

- Phải có tính ổn định và ion hóa tốt để đảm bảo cho hồ quang cháy ổn định trong quá trình hàn (thường dùng các nguyên tố của nhóm kim loại kiềm).

- Bảo vệ cho mối hàn không tác dụng với ôxy và nitơ của môi trường xung quanh.

- Có khả năng tạo xỉ, xỉ lỏng đều và phủ đều trên bề mặt kim loại mối hàn để bảo vệ mối hàn và giảm tốc độ nguội của mối hàn. Đồng thời xỉ phải dễ bong.

- Có khả năng khử ôxy trong quá trình hàn.

- Có khả năng hợp kim hóa mối hàn để nâng cao cơ tính của mối hàn.

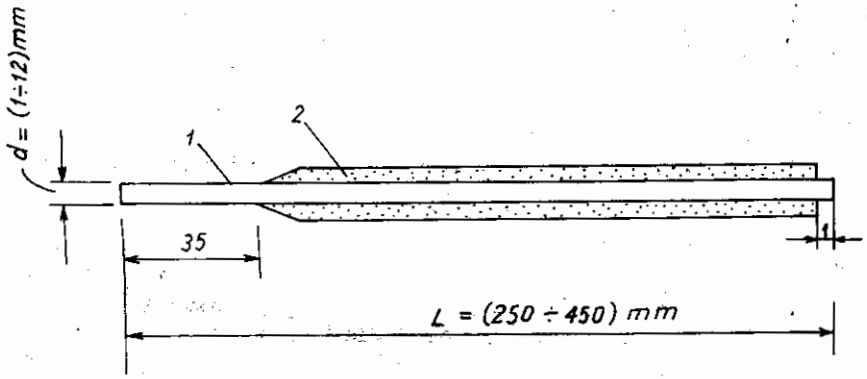
- Bảo đảm độ bám chắc của thuốc lên lõi que, nhưng không gây ra các khí độc hại khi hàn.

Que hàn điện thường dùng có hai loại: que hàn không thuốc bọc (que hàn trần) và que hàn có thuốc bọc (hình 6).

Lớp thuốc bọc que hàn điện có loại mỏng (khối lượng lớp thuốc bọc chiếm khoảng 1 ÷ 5% khối lượng lõi que). Lớp thuốc bọc loại này dùng để làm tăng tính ổn định của hồ quang. Thành phần của nó gồm có đá vôi, fenpat, bột tan... (80 ÷ 85% khối lượng) và thủy tinh lỏng (15 - 20% khối lượng). Lớp thuốc bọc loại này dùng để hàn các cấu trúc không quan trọng. Mối hàn bằng loại que hàn này có cơ tính kém.

Lớp thuốc bọc loại dày dùng để làm tăng tính ổn định của hồ quang và

tạo quanh hồ quang một lớp khí và xỉ bảo vệ kim loại khỏi bị ôxy hóa và khỏi bị tác dụng của khí nitơ. Trong trường hợp cần thiết người ta cho thêm vào lớp thuốc bọc những thành phần hợp kim (các pherô hợp kim), những thành phần này sẽ tham gia trong thành phần của mối hàn và nâng cao cơ tính của mối hàn. Thành phần của lớp bọc này gồm có các chất ion hóa (phấn), chất tạo xỉ (cao lanh), chất tạo khí (tinh bột), chất khử ôxy (nhôm, ferô mangan...), các chất hợp kim và chất dính.



Hình 6. Cấu tạo que hàn.
1. Lõi que, 2. Thuốc bọc.

Hiện nay ở nước ta sử dụng rất nhiều loại que hàn của các nước khác nhau.

Các bảng 4 ÷ 31 giới thiệu que hàn của một số nước.

Que hàn hồ quang tay có nhiều loại. Tùy theo loại vật liệu làm lõi que mà ta có que hàn thép, que hàn gang, que hàn đồng v.v.

Que hàn thép có thể chia làm ba nhóm chính:

+ Que hàn để hàn các loại thép cacbon thấp và thép hợp kim thấp. Nhóm này thường được dùng các loại lõi dây C_B - 08; C_B - 08A; C_B - 10A để chế tạo ra các que hàn loại Э34; Э42; Э-46; УОНИ-13/45 (của Nga) hoặc N45; N46 (của Việt Nam).

+ Que hàn để hàn các loại thép cacbon cao, thép hợp kim. Nhóm này

thường dùng các loại dây C_B - 08ГС; C_B - 18ХГСА... để chế tạo các loại que như: УОНИ-13/65; Э60; Э85F...

+ Que hàn để hàn các loại thép hợp kim cao, thép không gỉ. Loại này thường dùng các loại lõi thép hợp kim cao như: C_B-13X25Г; C_B-40X19H9... v.v.

Bảng 4 giới thiệu các đặc tính của các loại que hàn để hàn thép.

Căn cứ vào tính chất vật liệu hàn và yêu cầu kỹ thuật của mối hàn để lựa chọn que hàn thích hợp. Do vậy tính chất của kim loại mối hàn khi sử dụng các que hàn khác nhau để hàn hồ quang các kết cấu cũng khác nhau (bảng 5).

Bảng 4. **Tính chất cơ học của mối hàn khi hàn hồ quang bằng que hàn để hàn kết cấu thép**

Loại que hàn	Kim loại mối hàn		Góc uốn của mối hàn với que hàn < 3 mm) (độ)
	Độ dãn dài tương đối (%)	Độ dai va dập kGm/cm^2	
E38	14	3	60
E42	18	8	150
E46	18	8	150
E50	16	7	120
E42A	22	15	180
E46A	22	14	180
E50A	20	13	150
E55	20	12	150
E60	18	10	120

Bảng 5. **Các đặc tính của que hàn theo ГОСТ-9467-75 dùng hàn thép hợp kim thấp**

Loại que hàn	Mác que hàn	Mác dây hàn GOST-2246-70	Nguồn hàn và nối cực	Vị trí hàn	Hệ số đắp (g/Ah)	Chế độ nung nóng	
						Nhiệt độ (°C)	Thời gian (phút)
E42	AHO-5	C_B-08;C_B-08A	Dòng một chiều hoặc xoay chiều	Tất cả các vị trí	11	180-200	60
	AHO-6	"	"	"	8,5	180-200	60
	AHO-1	"	"	"	8,5	180-200	60
	OMA-2	"	"	"	10	100	60
E42A	YOHИ-13/45	"	Dòng một chiều và điện cực (+)	Tất cả các vị trí	8,5 9,5	350-370	60
	CM-11	"	"	"		300-350	60
E46	AHO-3	C_B-08; C_B-08A	Dòng một chiều và xoay chiều	"	8,5	190-200	40
	AHO-4	"	"	"	8,3	190-200	40
E50A	YOHИ-13/55	"	Dòng một chiều điện cực (+)	"	9	350	60
	AHO-11	"	"	"	10	350	30
	AHO-12	"	Dòng một chiều và xoay chiều	Một chiều và xoay chiều	12	350-400	60
E55	YOHИ-13/55Y	"	Dòng một chiều điện cực (+); dòng xoay chiều	Ngang, đứng	9,5	300-350	60
E60A	YOHИ-13/65	C_B-08;C_B-08A	"	Tất cả các vị trí	9	400	60
E85	YOHИ-13/85	"	Dòng một chiều, điện cực (+)	"	9,5	370	60
	YOHИ-13/85Y	"	Dòng một chiều và xoay chiều	-	10	300-350	60

Bảng 6. **Que hàn để hàn thép kết cấu hợp kim và thép hợp kim thấp.**

Loại que hàn	Ký hiệu	Loại que hàn	Ký hiệu
Э60А	УОНИ-13/55 (СВ08, СВ-08А)	Э-МХ	ЦЛ-14 (СВ-08; СВ-08А)
Э60А	ВПТИ-12/70 (СВ-10ГСМТ)	Э-МХ	ГЛ-14 (СВ-10ХМ)
Э70	48Н-1 (СВ-08ХН2М)	Э-ХМФ	ЦЛ-20А (СВ-08А)
Э70	ЛК3-70 (СВ-08; СВ-08А)	Э-ХМФ	ЦЛ-20Б (СВ-08ХМФА)
Э85	УОНИ-13/85 (СВ-08; СВ-08А)	Э-ХМФБ	ЦЛ-27А (СВ-08; СВ-08А)
Э85	УОНИ-13/85У(СВ-08; СВ-08А)	Э-ХМФБ	ЦЛ-27Б (СВ-08ХМФБ)
Э100	ВИ-10-6 (СВ-18ХМА)	Э-Х2МФБ	ЦЛ-26М (СВ-08А)
Э100	УОНИ-13/В (СВ-08)	Э-ХБМФ.	ЦЛ-17 (СВ-10Х5М)
Э85	ЦЛ-18 (СВ-18ХГСА)		
Э85	НИАТ-3М (СВ-08А)		
Э100	У-340/105 (СВ-08; СВ-08А)		
Э100	ЦЛ-19 (СВ-18ХМА)		
Э145	НИАТ-3 (СВ-18ХМА)		
Э145	НИАТ-5 (СВ-10Х16Н25М6)		

Bảng 7. **Que hàn để hàn thép chịu nhiệt**

Loại que hàn	Ký hiệu que hàn	Loại que hàn	Ký hiệu que hàn
Э-МХ	ЦЛ-14 (СВ-08; СВ-08А)	Э-ХМФБ	ЦЛ-27А (СВ-08; СВ-08А)
Э-МХ	ГЛ-14 (СВ-10ХМ)	Э-ХМФБ	ЦЛ-27Б (СВ-08ХМФБ)
Э-ХМФ	ЦЛ-20А (СВ-08А)	Э-Х2МФБ	ЦЛ-26М (СВ-08А)
Э-ХМФ	ЦЛ-20Б (СВ-08ХМФА)	Э-Х5МФ	ЦЛ-17 (СВ-10Х5М)

Bảng 8. **Que hàn để hàn thép bền nhiệt, thép không gỉ**

Loại que hàn	Ký hiệu que hàn	Loại que hàn	Ký hiệu que hàn
ЭА-1	ОЗЛ-14 (СВ-О2Х19Н9)	ЭА-2	ЦЛ-25 (СВ-06Х25Н12ТЮ)
ЭА-1а	ОЗЛ-8 (СВ-04Х19Н9)	ЭА-2	ЗИО-8 (СВ-07Х25Н13)
ЭА-1а	Л-39 (СВ-04Х19Н9)	ЭА-2Б	ЦЛ-9 (СВ-07Х25Н13)
ЭА-1Б	ЦЛ-11 (СВ-08Х19Н10Б)	ЭА-1Г6	ЦЛ-16 (СВ-08Х20Н9Г7Т)
ЭА-1Б	Л-38М (СВ-08Х19Н10Б)	ЭА-2	ОЗЛ-6 (СВ-07Х25Н13)
ЭА-1Б	ОЗЛ-7 (СВ-02Х19Н9)	ЭА-2	ЦЛ-25 (СВ-07Х25Н13)
ЭА-1Ба	ЗИО-3 (СВ-08Х19Н10Б)	ЭА-2	ОЗЛ-4 (СВ-10Х20Н15)
ЭА-1М2	ЭНТУ-3М (СВ-04Х19Н11М3)	ЭА-2С2	ОЗЛ-5 (СВ-10Х20Н15)
ЭА-1М2Ба	НЖ-13 (СВ-04Х19Н11М3)	ЭА-1Б	ЦТ-15-1 (СВ-08Х19Н10Б)
ЭФ-Х13	УОНИ-10Х13 (СВ-10Х13)	ЭА-1Ба	ЦТ-15 (СВ-08Х19Н10Б)
Э ФХ13	ЛМЗ-1 (СВ-10Х13)	ЭА-1В2Б	ЦТ-16-1 (СВ-08Х19Н10Б)
ЭФ-Х13	УОНИ/10Х17Т (СВ-10Х17Т)	ЭА-1В2Ба	ЦТ-16 (СВ-08Х19Н10Б)
ЭФ-Х17	ЦЛ-33 (СВ-04Х19Н9)	ЭА-1М2ФД	ЦТ-7 (СВ-08Х19Н12М3)
ЭАФ-1	ЭА-606/10 (СВ-05Х19Н9Ф8С2)	ЭФ-Х12ВМНФ	КТИ-10 (СВ-10Х11ВМФН)
ЭА-2	СЛ-25 (СВ-07Х15Н12Т)		

Bảng 9. **Que hàn để hàn đắp**

Loại que hàn	Ký hiệu que hàn	Loại que hàn	Ký hiệu que hàn
ЭН-15Г3-25	ОЗН-300 (СВ-08; СВ-08А)	ЭН-70Х11Н3-25	УОНИ-13/НЖ (2Х13ТУ-141-60)
ЭН-18Г4-35	ОЗН-350 (СВ-08; СВ-08А)	ЭН-70Х11-25	ОМГ-Н (СВ-0643А)
ЭН-20Г4-40	ОЗН-400 (СВ-08; СВ-08А)	ЭН-80В18Х4Ф-60	ОМГ (СВ-08)
ЭН-15Г3-25	У340/ (СВ-08; СВ-08А)	ЭН-80В18Х4Ф-60	ЦИ-1М (СВ-08)
ЭН-14Г2Х-30	К-2-55 (СВ-08; СВ-08А)	ЭН-У30Х25РС2Г-60	ИТ-10 (Р-18)
ЭН-80Х4СГ-55	ЭН-60М (СВ-08; СВ-08А)	ЭН-У30Х23Р2С2ТГ-55	Т-590 (СВ-08; СВ-08А)
ЭН-25Х12-40	13КН/ЛИВТ (СВ-08; СВ-08А)	ЭН-У10Г5Х7С-25	12АН/ЛИВТ (СВ-08; СВ-08А)

Bảng 10. **Que hàn để hàn gang và kim loại màu**

Ký hiệu kỹ thuật	Ký hiệu que hàn	Ký hiệu lõi que
ТУ 1034-62	МНЧ-1	НМЖМЦ
ТУ 1033-62	ОЗЧ-1	Dây đồng
ТУ-1035-62	ЦЧ-4	СВ-08; СВ-08А
ТУ-ЦНИИТМАШ	ЦЧ-3	СВ-08Н50
ТУ-1036-62	ОЗА-1	СВ-Al
ТУ-НИИХИММАШ	АФ-4аКр	СВ-AL
ТУ-1037-62	ОЗА-2	СВ-АК5
ТУ-1079-64	К-100	Dây đồng

Mặt khác có thể căn cứ vào tính chất của lớp thuốc bọc que hàn để lựa chọn que hàn theo kết quả mong muốn.

- Que hàn loại "rutin" là loại que hàn thường gặp cho phép tạo được những mối hàn đẹp ở mọi vị trí, xỉ được làm sạch dễ dàng.

- Que hàn loại "kiềm tính" là loại có thể hàn ở mọi vị trí, mối hàn ít bị nứt. Loại que hàn này thường dùng cho các kết cấu đòi hỏi có tính an toàn cao, cho các chi tiết hàn có chiều dày lớn, có độ cứng vững (cầu, bình chịu áp suất cao, v.v.). Tuy nhiên khi sử dụng loại này yêu cầu người thợ hàn phải có kinh nghiệm và có tay nghề cao vì hồ quang hàn rất ngắn.

- Que hàn loại "xenlulô" là loại que hàn mà vỏ bọc chứa nhiều thành phần hữu cơ để tạo ra khí bảo vệ. Loại que hàn này được dùng để hàn các ống dẫn trong ngành thủy lợi, dầu khí... Thành phần của thuốc bọc que hàn rất đa dạng.

Khoảng 100 loại nguyên liệu dạng bột được sử dụng làm thuốc bọc: bao gồm các ôxyt, cacbonat, silicat, hợp chất hữu cơ, florit và hợp kim sắt; hỗn hợp trộ dung chứa các chất này theo những thành phần xác định. Nguyên liệu dạng bột thường dùng nhất và các chức năng của chúng được liệt kê trong bảng 11. Các que hàn có thể được phân loại theo nguyên liệu được trộn trong hỗn hợp thuốc. Tên các thành phần chính trong hỗn hợp thuốc được sử dụng để nhận biết kiểu que hàn (loại trừ kiểu hydrô thấp), ví dụ, kiểu ilmenite, kiểu vôi titan, các kiểu xellulo cao và kiểu ôxyt titan cao. Bảng 12 là các ví dụ về các tỷ lệ hòa trộn nguyên liệu bột và các kiểu que hàn tiêu biểu dùng cho thép trung bình (que hàn Nhật Bản theo tiêu chuẩn JISZ 3211).

Tính công nghệ, tính hàn, hiệu suất của que hàn được đặc trưng bởi hỗn hợp thuốc bọc. Đối với các que hàn đặc biệt dùng cho thép độ bền kéo cao, thép hợp kim thấp, thép không gỉ, hàn đắp bề mặt, gang, hợp kim màu cần chú ý đến tính hàn, tức là để tránh các vết nứt hàn, đạt thành phần hóa học và các tính chất cơ học hơn là chú ý đến tính công nghệ (bảng 13, 14).

a) Que hàn kiểu ilmenite (D4301)

Kiểu que hàn này được chế tạo với 1/3 khối lượng chất phụ gia là quặng ilmenite (của Nhật). Kiểu điện cực này cho hồ quang mạnh, kết quả là độ

ngấu cao, xỉ lỏng, để hàn ở mọi tư thế. Kiểu que hàn này cũng cho mối hàn đẹp, chống nứt cao, tính công nghệ, tính hàn và hiệu suất tốt. Loại que hàn này có thể dùng để hàn với chiều dày mỏng, khi hàn ít tạo khói.

b) Kiểu vôi - titan (D4303)

Kiểu que hàn này có thuốc bọc chủ yếu chứa ôxyt titan (quặng nhẹ) và đá vôi. Loại này có tính công nghệ cao hơn loại ilmenite và có tính khử xỉ tốt trong các mối hàn rãnh hẹp so với các que hàn khác. Vết nứt phía dưới ít xảy ra khi hàn đứng hoặc hàn ngửa. Kim loại kết tinh có độ sít chặt cao, độ xuyên thấu tia X hơi thấp hơn so với kiểu ilmenite. Do đó cần đặc biệt chú ý khi hàn và phải kiểm tra bằng tia X.

c) Kiểu xelllulo cao (D4311)

Que hàn loại này có lớp bọc mỏng và chất phụ gia chứa 20 - 30% hợp chất hữu cơ. Các hợp chất hữu cơ bị cháy do nhiệt tăng trong quá trình hàn và tạo ra nhiều khí, khí này bảo vệ được mối hàn. Que hàn này còn được gọi là que hàn bảo vệ. Khi hàn bằng que này hàn dễ bị bắn tóe và mối hàn không đẹp, do đó ít được ưa chuộng và thường được thay thế bằng que hàn ilmenite. Nhưng loại que này tạo ít xỉ, hàn đứng hướng xuống hoặc dốc nghiêng bất kỳ đều có thể thực hiện tương đối dễ và dùng máy hàn với dòng một chiều (DC) để hàn các đường ống.

d) Kiểu ôxyt titan (D4313)

Kiểu que hàn này được bọc chất phụ gia chứa 30 -40% ôxyt titan, tạo hồ quang ổn định, ít bị bắn tóe, tính công nghệ tốt, độ ngấu mối hàn thấp, mối hàn có bề mặt đẹp, do đó thích hợp để hàn thép tấm mỏng. Tính dẻo kim loại hàn tương đối thấp, do đó không thích hợp để hàn các cấu trúc chịu lực cao và các tấm dày.

e) Kiểu bột sắt - ôxyt titan (D4324)

Kiểu que hàn này chứa khoảng 50% bột sắt trong hỗn hợp thuốc bọc của loại D4313. Do đó tính công nghệ và tính hàn của nó gần tương tự với kiểu D4313, nhưng có tốc độ mối hàn cao hơn, bề mặt mối hàn tốt, tuy vậy chỉ thích hợp cho vị trí hàn phẳng, hàn ngang.

Bảng 11. **Hỗn hợp trợ dụng hàn cơ bản và các đặc tính**

Chức năng / Thành phần thuốc	Độ ổn định hồ quang	Sự tạo xỉ	Phản ứng khử	Phản ứng ôxy hóa	Sự tạo khí	Bổ sung nguyên tố hợp kim	Lớp bọc dùng độ bền	Độ liên kết của lớp bọc
Xelluiose			o		●		o	
Đất sét	o							
Bột talc		●						
Ôxyt titan	●	●						
Ilmenite	●	●						
Ôxyt sắt	o	●		●				
Đá vôi	●	●		o	●			
Ferô mangan		●	●					
Điôxyt mangan	o	●		●				
Cát silic	o	●						
Silicat kali	●	o						●
Silicat natri	o	o						●

Ghi chú ● - Chức năng chính; o - Chức năng phụ

Bảng 12. **Một số tỷ lệ hỗn hợp chất phụ gia bọc que hàn cho thép trung bình**

Kiểu que hàn	Tỷ lệ hỗn hợp các thành phần phụ gia (%)							
D4301 (Ilmenite)	Ilmenite 35	Đá vôi 6	Fero mangan cacbon trung bình 15	MnO_2 5	Cát silic 10	Feldspar kali 16	Tinh bột 5	Talc 8
D4303 (vôi-titan)	Rutil 34	Đôlômite 32	Cát silic 10	Feldspar 10	Mica 6	Fero mangan 10	Tinh bột 4	
D4311 (Xellulo)	Xellulo 21	Oxyt titan 11	Amiant 11	Fro mangan cacbon trung bình 8	Talc 10			
D4313 (ôxyt titan cao)	Rutil 45	Fero mangan cacbon trung bình 13	Tinh bột 2	Talc 12	Xellulose 5	Feldspar 20	Đá vôi 4	
D4316 (hydro thấp)	Đá vôi 50	Fluorite 20	Fero silic 10	Fero mangan cacbon trung bình 2	Bột sắt 10	Mica 7		
D4327 (bột sắt và bột ôxyt sắt)	Xellulo 3	Talc 10	Fero mangan cacbon trung bình 16	Feldspar kali 10	Cát silic 20	Quặng sắt 30	Bột sắt 50	

Bảng 13. **Que hàn để hàn thép cacbon trung bình (JIS Z3211-86)**

Kiểu que hàn	Vỏ bọc	Vị trí hàn (1)	Dòng điện (2)	Tính chất cơ học của kim loại lắng			
				Độ bền kéo kG/mm² (N/mm²)	Giới hạn chảy kG/mm² (N/mm²)	Độ dãn dài (%)	Độ dai va đập kGm/cm²
D4301	Ilmenite	F.V.O.H	AC hay DC(±)	≥43 (420)	≥35 (340)	≥22	≥4.8 (47)
D4303	Vôi-titan	F.V.O.H	-	≥43 (420)	≥35 (340)	≥22	≥2.8 (27)
D4311	Xellulo	F.V.O.H	-	≥43 (420)	≥35 (340)	≥22	≥2.8 (27)
D4313	Ôxyt titan cao	F.V.O.H	AC hay DC(-)	≥43 (420)	≥35 (340)	≥17	-
D4316	Hydro thấp	F.V.O.H	AC hay DC (+)	≥43 (420)	≥35 (340)	≥25	≥4.8 (47)
D4324	Bột sắt + ôxyt titan	F.H	AC hay DC (±)	≥43 (420)	≥35 (340)	≥17	-
D4320	Bột sắt. hydrô thấp	F.H	AC hay DC(+)	>43 (420)	≥35 (340)	≥25	≥4.8 (47)
D4327	Bột sắt. bột ôxyt sắt	F.H	AC hay DC (+)	≥43 (420)	≥35 (340)	>25	≥2.8 (27)
D4340	Đặc biệt	F.V.O.H hay vị trí bất kỳ	AC hay DC (±)	>43 (420)	≥35 (340)	>22	≥2.8 (27)

Ghi chú: (1) ký hiệu cho vị trí hàn

F: hàn phẳng; V: hàn đứng; O: hàn trần; H: hàn ngang.

Vị trí hàn trong bảng được áp dụng cho que hàn đường kính nhỏ hơn 5 mm.

(2) Ý nghĩa ký hiệu dòng điện

Bảng 14. **Chất lượng que hàn để hàn thép trung bình (JIS Z3211-86)**

Kiểu điện cực	Hiệu quả (1)			Cơ tính				Thành phần hóa học %			Tính chất chung
	Tính công nghệ	Tính hàn	Hiệu suất	Giới hạn chảy (kG/mm^2)	Độ bền kéo (kg/mm^2)	Độ dãn dài (%)	Độ va dập (kGm/mm^2)	C	Mn	Si	
D4301	Δ	Δ	●	42	47	32	10	0,09	0,45	0,09	Chất lượng cân bằng tốt
D4303	●	o	o	42	46	33	11	0,08	0.35	0.11	Độ ổn định tia X hơi thấp hơn so với loại D4301
D4313	●	Δ	Δ	44	50	28	7	0,08	0.35	0.27	Đối với các tấm thép mỏng, hàn thẳng đứng kéo xuống có thể thực hiện được với một số kiểu que hàn
D4316	o	●	Δ	48	55	33	22	0,08	0,85	0,55	Đối với thép đặc biệt và các tấm thép dày, hàn một phía và hàn thẳng đứng kéo xuống có thể thực hiện được với một số kiểu que hàn.
D4327	●	o	●	43	49	32	9	0,08	0.70	0.35	Hàn ngang hiệu quả cao, có thể thực hiện kết hợp với khuôn dẫn hướng (dẫn hướng kiểu trọng lực, dẫn hướng tiếp xúc đàn hồi)

Ghi chú (1) Tính công nghệ: chất lượng hàn tính đến độ ổn định hồ quang, khử xỉ, biểu hiện mối hàn. v.v.

Tính hàn: dễ dàng trong quy trình hàn, vết nứt mối hàn, kiểm tra bằng X quang v..v.

Hiệu suất: tốc độ tăng trong khi hàn

● Tuyệt hảo o Tốt

Δ Rất tốt Δ Chấp nhận được

2. Một số tiêu chuẩn que hàn ở các nước

a) Tiêu chuẩn và ký hiệu que hàn theo ISO

Tính chất cơ học

Ký hiệu	Độ bền kéo (1) N/mm^2	Độ dãn dài L = 5d %
E43.0	430 ÷ 510	-
E43.1	430 ÷ 510	20
E43.2	430 ÷ 510	24
E43.3	430 ÷ 510	24
E43.4	430 ÷ 510	24
E43.5	430 ÷ 510	24
E51.0	510 ÷ 610	-
E51.1	510 ÷ 610	18
...		

1) Sai số trung bình ± 40N/mm^2

Đặc điểm thuốc bọc

A = axit (ôxyt sắt)
AR = axit (rutil)
B = badơ
C = xenlulô
O = ôxyt hóa
R = rutil vỏ bọc trung bình
RR = rutil vỏ bọc dày
S = các lớp vỏ bọc khác

Số liệu bắt buộc

Ví dụ: E 51 3 B 160 2 0 H

Que hàn

Loại que hàn chứa hydrô thấp

% kim loại thu hồi không nhỏ hơn 110%

Vị trí mối hàn

1. Tất cả các vị trí hàn.
2. Tất cả các vị trí hàn trừ vị trí đứng hàn trên xuống.
3. Mối hàn giáp mối phẳng; mối hàn góc phẳng; mối hàn ngang.
4. Mối hàn giáp mối phẳng, mối hàn góc phẳng.
5. Cũng như 3 và cho cả vị trí đứng hàn từ trên xuống.

Ký hiệu	Nối cực que hàn	Điện thế không tải nhỏ nhất (~)[V]
0*	+	
1	+ hoặc -	50
2	-	50
3	+	50
4	+ hoặc -	70
5	-	70
6	+	70
7	+, -	90
8	-	90
9	+	90

Số liệu không bắt buộc

* Ký hiệu cho các que hàn loại một chiều

b. Ký hiệu que hàn theo tiêu chuẩn Đức DIN 1913

Mã số	Loại vỏ bọc
Tt	Rutin
Es	Quặng ôxyt
O	Ôxyt
Kb	Cơ bản
Zb	Xenlulo
So	Đặc biệt

Phân loại que hàn		
Mã số	Chiều dày vỏ bọc	Phạm vi sử dụng
I II III V	d (mỏng)	Chỉ hàn thép kết cấu
VII VIIIa VIIIb X X XI XII XIII XIV	m (trung bình) S (dày)	Hàn các bình, các ống, các kết cấu thép, cabin xe.
		Hàn thép có độ hạt nhỏ cần có độ bền mối hàn tốt.

E	Kb	IX	S	4	4	5	2	6

Đặc tính ký hiệu	
mã	Lớp học
d	Mỏng $d_n \leq 1.2d_{ct}$
m	Trung bình $d_n = 1,2 \div 1,55d_{ct}$
S	Dày $d_n \geq 1,55d_{ct}$

Theo ISO/DR - 178

Đặc tính que hàn theo mã.
Que hàn với lớp vỏ Kb để hàn với dòng một chiều nối nghịch hoặc dòng xoay chiều khi $U_o \geq 70V$(6) ở mọi vị trí hàn (2) với tính chất cơ học của kim loại đắp cấp IX; (S) với $\sigma_b \geq 52$ (4), $\delta \geq 26$(4) và $a_K \geq 13$(5).

d_n - đường kính que hàn kể cả lớp vỏ

d_{ct} - đường kính lõi que hàn

c) Ký hiệu que hàn theo tiêu chuẩn Mỹ AWS/ASTM

Độ bền kéo trung bình của kim loại đắp.

Mã số	Vị trí mối hàn
1	Bất kỳ
2	Sấp. ngang

Que hàn hồ quang tay

E	70	1	4

Mã	Loại vỏ bọc que	Dòng điện hàn
1	Hệ xenlulo-kali	Xoay chiều hoặc một chiều
2	Hệ titan - natri	Xoay chiều hoặc một chiều nối thuận
3	Hệ titan - kali	Xoay chiều hoặc một chiều
4	Hệ bột titan -sắt	Xoay chiều hoặc một chiều
5	Hệ hydrô - natri thấp	Một chiều nối nghịch
6	Hệ hydrô - kali thấp	xoay chiều hoặc một chiều nối nghịch

Đặc tính que hàn theo mã.

Que hàn có thuốc bọc (E) để hàn dòng xoay chiều hoặc một chiều nối nghịch (6) ở vị trí không gian bất kỳ (1) có độ bền giới hạn của kim loại đắp 70.000 N/cm^2.

d) *Ký hiệu que hàn thép cacbon thấp theo tiêu chuẩn Nhật Bản (JIS.Z3211-86)*

D. ☐ ☐ ☐ ☐

Ví dụ: D 4 3 1 3

Que hàn

Loại thuốc bọc 1 hỗn hợp ilmente; ôxyt-titan cao 3: hỗn hợp ôxyt-titan cao

Vị trí hàn
- 0 - hàn ở mọi tư thế ở điều kiện Nhật Bản
- 1 - hàn ở mọi tư thế
- 2 - hàn sấp và hàn ngang
- 3 - hàn mọi tư thế và ở cả tư thế đặc biệt.

Chữ số biểu thị độ bền kéo tối thiểu của mối hàn (kG/mm^2)

e) Ký hiệu tiêu chuẩn que hàn Việt Nam. TCVN 3734-89

Ký hiệu que hàn	Cơ tính mối hàn		
	σ_B (N/mm^2)	a_k (MJ/m^2)	δ% L_5d(%)
N42	410	0,8	18
N46	450	0,8	18
N50	490	0,7	16
N42-6B	410	1,5	22
N46-6B	450	1,4	22

Nhóm thuốc bọc	
A	Axit
B	Basơ
T	Titan

Ví dụ: N 4 6 – 6 B

Que hàn để nối

Cách nối điện (6 - nối nghịch)

3. Một số loại que hàn của các nước để hàn thép cacbon và thép hợp kim thấp

a) Que hàn của hãng Kobe Steel (Nhật Bản) giới thiệu trong bảng 15

Bảng 15.

Mác que	Theo JIS	Thành phần hóa học của kim loại hàn [%]					Tính chất cơ học của kim loại hàn		
		C	Mn	Si	S	P	σ_T kG/mm^2	σ_b kG/mm^2	δ%
					Không lớn hơn				
B-17	D4301	0,08	0,47	0,08	0,012	0,018	43	47	28
B-14	D4301	0,07	0,40	0,12	0,015	0,019	40	46	30
B-10	D4301	0,09	0,40	0,10	0,014	0,021	42	47	28
TB-24	D4303	0,07	0,38	0,10	0,013	0,016	44	48	28
TB-32	D4303	0,07	0,37	0,13	0,013	0,016	45	49	27
TB-62	D4312	0,10	0,45	0,26	0,014	0,017	48	55	22
LB-26	D4316	0,06	0,88	0,43	0,011	0,015	47	55	33
B-25	D4320	0,06	0,29	0,10	0,017	0,019	41	47	29

b) Que hàn của hãng CEM-Pháp được giới thiệu trong bảng 16

Bảng 16.

Mác que hàn	Tiêu chuẩn AFNOR	Tính chất cơ học của kim loại hàn			
		σ_T kG/mm^2	σ_B kG/mm^2	δ%	a_K kGm/cm^2
1020	E343-R12	40-46	48-52	27-32	9-10
Perroquet	E343-R22	42-47	48-53	27-31	9-11
Hirondelle-10	E343-R22	42-48	47-53	26-31	9-11
Perroquet-BA	E343-R22	43-47	48-52	26-30	9-11
Kangourou	E243-R25	36-42	44-48	29-33	9-12
Perroquet-56	E432-R22	47-52	54-61	22-26	8-10
Mouette	E345-B29	43-47	48-54	28-33	14-17
Marsouin	E345-B26	42-48	48-55	28-34	15-18
Espadon	E534 B29	50-55	57-63	23-28	12-15
Espadon-46	E245 B26	36-44	45-53	28-32	15-19

c) Que hàn để hàn thép cacbon thấp và thép hợp kim thấp

hãng ESAB (Thụy Điển) được giới thiệu trong bảng 17 và 18

Bảng 17.

Loại que hàn (1)	Tiêu chuẩn AWS A5.1-78 (2)	Tiêu chuẩn DIN 1913-1976 (3)
Que hàn thuốc bọc hệ xenlulô		
OK 22.45	E6010	E43 43C4
OK 22.46	E7010-A1	
OK 22.47	E8010	
OK 22.65	E6011	E4343C4
Que hàn hệ thuốc rutin		
OK 43.32	E6013	E5121RR6
OK 46.00	E6013	E4332R (C)3
OK 46.16	E7014	E4332RR (C)3

Tiếp bảng 17.

1	2	3
Que hàn hệ thuốc bazơ		
OK 48.00	E7018	E5153B10
OK 48.04	E7018	E5153B10
OK 48.15	E7018	E5143B10
OK 48.68	E7018-1	E5153B10
OK 53.05	E7016-1	E5155B10
OK 53.35	E7048	E5153B9
OK 53.68	E7016-1	E5155B10
OK 55	E7018-1	E5155B10
Que hàn hệ thuốc axit		
OK 50.10	E6013	E4342A5
OK 50.40	E6013	E4342AR1

Bảng 18.

Ký hiệu que hàn	Theo tiêu chuẩn AFNOR	Thành phần hóa học %					Tính chất cơ học của kim loại hàn			
		C	Mn	Si	S	P	σ_T kG/mm^2	σ_b kG/mm^2	δ%	a_K kGm/cm^2
					không lớn hơn					
OK 43-32	E 433R 32	0.10	0.50	0,40	0.03	0,03	43-53	51-61	22-30	9-12
OK 46-12	E 333R 22	0.10	0.60	0,30	0.03	0.03	39-49	47-57	22-34	9-12
OK 46-32	E 432R 22	0,10	0,60	0,30	0.03	0,03	43-54	51-60	22-32	7-12
OK 48-00	E 345B 20	0.10	0,60	0,50	0.03	0,03	38-46	47-57	26-34	14-20
OK 48-10	E345 B20	0,10	0.60	0,50	0.03	0,03	38-46	47-57	26-34	15-21
OK 48-12	E145 B20	0.10	0.20	0.50	0,03	0,03	30-38	41-51	26	13
OK 48-36	E445 B26	0.10	0,65	0,70	0,03	0.03	43-53	51-61	28-34	14-20
OK-50-30	E333 A25	0.10	0.60	0.40	0,03	0,03	42-50	47-57	22-29	9-12

d) Que hàn hãng LINCOLN (Mỹ) được giới thiệu trong bảng 19.

Bảng 19.

Mác que hàn	Theo tiêu chuẩn AWS/ASTM	Tính chất cơ học của kim loại hàn			
		σ_T kG/mm^2	σ_b kG/mm^2	δ,%	a_K kGm/cm^2
FW-57	E6013	40-48	48-52	22-28	9-12
F-20	E6013	40-45	48-56	22-28	8-11
F-25	E6013	40-44	48-54	26-30	10-13
F-35	E6013	41-49	49-57	26-30	8-11
Nuweld-1	E7016	-	50-55	31-36	-
Sevenweld	E6012	-	47-52	22-27	-
Multiweld	E6013	-	47-54	25-29	-
Multiweld O.V	E6013	-	47-54	25-29	-
Arcweld	E6013	-	49-55	25-29	-
LH-481	E6015	40-48	48-56	26-32	15-19

e) Que hàn thép cacbon và thép hợp kim hãng ZAZ Tiệp Khắc được giới thiệu trong bảng 20.

Bảng 20.

Ký hiệu tiêu chuẩn		Kim loại hàn								
		Thành phần hóa học %					Tính chất cơ học			
CSN	TPC-ZAZ	C	Mn	si	S	P	σ_b kG/mm^2	σ_t kG/mm^2	δ,%	a_k kGm/cm^2
					Không lớn hơn					
E42-11	E-113	0.08	0.45	0,25	0,04	0,05	42-52	30-40	18-23	6-13
E42-16	E-117	0.08	0.55	0,25	0,04	0,05	42-50	30-42	22-28	6-13
E44-28	E-K106	0.10	0.80	0,10	0,04	0,05	44-50	30-40	22-26	8-11
E44-72	E-K103	0.10	0,60	0,15	0,04	0,05	44-51	30-42	22-28	8-13
E44-83	E-B121	0.08	0,7-0,8	0,45	0,045	0.045	44-52	32-42	22-32	13-18
E48-72	-	0.10	0.7	0,15	0,04	0.05	48-55	36-44	22-28	8-12
E44-33	-	0.08	0.7	0,40	0,03	0.04	44-52	32-42	22-32	13-18
E48-83	-	0.08	0.8-1.45	0,25-0,55	0.02	0,04	44-52	32-42	22-32	14-20
E52-33	E-B125	0.09	1.4	0.6	0,02	0.03	52-60	38-48	22-30	13-18
E62-33	-	0.10	1.8	0.6	0.03	0.03	62-72	45-55	18-24	13-18

g) Que hàn theo tiêu chuẩn Úc AS1553-1 để hàn thép cacbon thấp, AS1586 hàn thép hợp kim thấp, tiêu chuẩn Mỹ AWS : A5.1 hàn thép cacbon thấp; A5-hàn thép hợp kim thấp và tiêu chuẩn Anh BS639-1976 giới thiệu trong bảng 21.

Bảng 21.

Vật liệu	Que hàn	Hệ thuốc	Ký hiệu	Nối điện	Đặc tính
Thép mềm	JETWELD-1	Bột sắt	E4824, E7024 E5111RR	AC; DC±	Thích hợp để sản xuất các mối hàn phẳng ngang.
	FLEETWELD 37	Rutil	E4112; E6012 E4333R	AC;DC	Hàn mọi vị trí và thích hợp hàn mối hàn đứng đi xuống.
	FLEETWELD 5p	Xenlulo	E4110: E6010 E4343C	DC^+	Hàn mọi vị trí
Thép hợp kim thấp và thép độ bền cao	JETWELD LH-70	Hydrô thấp	E4818; E7018 E5154B	DC^+, AC	Hàn mọi vị trí và cho độ bền cao
	JETWELD LH-3800	Hydrô thấp	E4828; E7028 E5132B	AC; DC^+	Dễ sử dụng; cho tính chất cơ học cao, chỉ hàn đứng đi xuống
	SHIELD-Arc HYP	Xenlulo	E4810; E7010 E5122C	DC^+	Để hàn đứng đi xuống của các ống chịu áp lực cao; sử dụng dễ..
Thép không gỉ	Stainweld 308L-16		E308L-16	DC^+; AC	Để hàn loại thép không gỉ 18.8 và 20.2.
	stainweld 310-16		E310-16	DC^+; AC	Để hàn thép không gỉ 24-12 và 25-20
Gang	sottweed		ENi	$DC^{\pm}$;AC	Để hàn gang que hàn phải có nồng độ niken cao.
Đắp bề mặt	Mangjet		1210A4	$DC^{\pm}$; AC	Hợp kim hóa từ 11÷14% Mn để tạo lớp làm việc có độ cứng cao.
	JET.LH-BU90		1125A4	$DC^{\pm}$: AC	Que hàn với bột gang cao để tạo lớp làm việc có độ cứng cao.

h) Que hàn hồ quang tay của hãng SAF (Pháp)được giới thiệu trong bảng 22

Bảng 22.

Ký hiệu que hàn		Vật liệu cơ bản	Phạm vi ứng dụng
SAFER	G48N G47N GTI	Thép cacbon thấp	Hàn các kết cấu kim loại, tôn, đồ dùng gia đình, máy móc công nghiệp, nồi hơi.
SAFER	NF510 NF510A NF58	Thép cacbon thấp Thép cacbon trung bình và thép cacbon cao	Nồi hơi áp lực cao, ống và thiết bị chịu lực, công nghiệp dầu khí, chi tiết chịu lực.
SAFER	ND65 ND70 ND80	Thép có giới hạn đàn hồi cao	Máy móc cho công nghiệp xây dựng
SAFINOX SAFINOX	RCN 308L RCND 316L	Thép không gỉ	Nồi hơi bằng thép không gỉ, đồ dùng gia đình bằng thép không gỉ, công nghiệp dầu khí hóa học, thực phẩm, giấy và trang trí
SAFONTE	DOUCE Ni	Gang	Trong sửa chữa, phục hồi máy nông nghiệp, vật đúc, trong xây dựng.
SAFBRONZ SAFINEL	ALU BNCu7	Hợp kim đồng	Lò sưởi, hệ thống nước nóng, công nghiệp đường, xử lí nước, ống dẫn dưới biển, vòi nước.
SAFER	GF130S GF 160 NF 52 NF 52N	Thép cacbon thấp, trung bình và cao	Phục hồi các chi tiết trong ngành khai thác mỏ

i) Que hàn hệ rutil, axit, xenlulo và bazơ hãng SAF (Pháp) được giới thiệu ở bảng 2.3

Bảng 2.3.

Hệ que	Ký hiệu	Thành phần hóa học %			Độ bền cơ học			Tiêu chuẩn		
		C	Mn	Si	σ_T N/mm²	σ_b N/mm²	δ% 5d	NF (A81-309)	ISO (2560)	AWS (A5-1)
Rutil, axit	SAFERG48N	0,07	0,6	0,45	440	520	26	E43 2/2R12	E43,2R12	E6013
và xelluio	SAFER.G47N	0,08	0,6	0,5	480	540	28	E43 3/2RR22	E43.3RR22	E6013
	SAFER.H50	0,08	0,6	0,5	480	550	27	E512/2 RR22	E51.2RR22	E6013
	SAFER.L51	0,07	0,7	0,5	480	560	27	E512/2 R12	E512R52	E6013
	SAFER.CL60	0,12	0,6	0,2	410	480	26	E43 4/3 C50	E4333C4	E6010
Bazơ	SAFER.N48	0,07	0,8	0,6	460	550	28	E51 4/3B24H	E514B24	E7016
	SAFER.N49	0,05	1,1	0,6	410	510	26	E514/3B26H	E514B26H	E7016
	SAFER.NF51	0,07	1,0	0,7	470	550	28	E515/4B120	E515B120.26H	E7018
	SAFER.MD56	0,05	0,9	0,4	560	640	25			E8018G

j) Que hàn thép không gỉ hãng SAF (Pháp) giới thiệu trong bảng 24.

Bảng 24.

Tên	Ký hiệu	Tiêu chuẩn AWS	Đặc điểm
SAFINOX	BCN 308(α~7)	E308-15	Hệ bazơ, hàn các vị trí
SAFINOX	RCN 308L(α~8)	E308L16	Chẩy lỏng tốt trên các vị trí hàn
SUPERSAFINOX	20.10.3(α~16)	E308-Mo16	Mối hàn rất tốt, đẹp, hàn với dòng DC và AC
SAFINOX	RCN25.20(γ)	E310-16	Que hàn hệ rutil, bazơ và hàn ở mọi vị trí

k) Que hàn thép cacbon và thép hợp kim thấp TCVN 3223-89 được giới thiệu trong bảng 25.

Bảng 25.

Ký hiệu que hàn	Cơ tính mối hàn			Thành phần hóa học mối hàn [%]								
	σ_K (N/mm^2)	a_K (MJ/m^2)	δ L5d(%)	C	Si	Mn	P ≤			S≤		
							A	B	T	A	B	T
N42	410	0,8	18	0.12	0.25	0.38	0.05	0.045	0.04	0.045	0.04	0.035
N46	450	0.8	18	0.12	0.25	0.40	0.045	0.04	0.035	0.045	0.04	0.035
N50	490	0,7	16	0.12	0.25	0.40	0.045	0.04	0.035	0.045	0.04	0,035
N42-6B	410	1.5	22	0.12	0.30	0.50	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
N46-6B	450	1.4	22	0.12	0.30	0.60	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0,03
N50-6B	490	1.3	20	0.12	0.35	0.70	0.03	0,03	0.03	0.03	0.03	0.03
N55-6B	540	1,2	20	0.15	0.50	1,00	0.03	0.03	0,03	0.03	0.03	0.03
N60-6B	590	1,0	18	0.15	0.60	1.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03

Ghi chú: A: axit; B: bazơ; T: titan.

4. Các loại que hàn đặc biệt của các nước

a) Que hàn OK (Thụy Điển)

Que hàn OK (Thụy Điển) tương ứng với các tiêu chuẩn AWS; DIN; ISO giới thiệu trong bảng 26.

Bảng 26. **Que hàn thép cacbon (hãng ESAB)**

Loại que hàn OK (1)	AWS (2)	DIN (3)	ISO (4)
OK 43.32	E6013	E5121RR6	E512RR32
46.00	E6013	E4332R(C)3	E433R12
46.16	E7014	E4332RR(C)3	E433RR12
48.00	E7018	E5153B10	E515B120 20H
48.04	E7018	E5153B10	E515B120 26H
48.15	E7018	E5143B10	E514B120 26H
48.68	E7018-1	E5153B10	E516B120 26H
50.10	E6013	E4342A5	E434AR 24
50.40	E6013	E4342AR1	E434AR25
53.05	E7016-1	E5155B10	E515B10
53.35	(E7048)	E5153B9	E514B56H
53.68	E7016-1	E5155B10	E515B10
55.00	E7018-1	E5155B10	E515B10
Que cho thép không gỉ			
OK 61.30	E308L-16	E199nCR23	19-9NbR
61.33	E308L-16	E199nCR 26	
61.41	E308L-15	E199nCR 30+150	
61.81	E347-16	E199Nb26	
62.33	E316L-16		
63.30	E316L-16	E19123nCR23 110	19.12 3L.R
63.32		E19123MPR 26 170	19.12.3R.MP
63.35	E316-15	E19123B20+120	19.12.3B
63.41	E316L-16	E19123nCR 30+150	19.12.3L.R
64.30	E317L-16	(E19134NCR 23110)	19.13.4L.R
67.15	E310-15	E2520B20+110	25.20B
67.15		E188Mn6B20+110	
67.52		E188Mn6MPB36160	

Bảng 26 (tiếp)

1	2	3	4
67.62	(E309-16)	E2212MPR36160	23.12RMP
67.70	E309Mo-16	E22122nCR23 120	23.12R
67.75	E309-15	E2212B20+120	(23.12B)
68.81	E312-16		
68.82	E312-16		
Que hàn cho thép hợp kim thấp			
OK 73.08	E8018-G		
73.68	E8018-C1		
74.78	E9018-D1		
75.65	E10018-G		
75.75	E11018-M		
76.18	E8018-B2		
76.28	E9018-B3		
78.16	E9018-G		

Các loại que hàn của hãng ESAB (Thụy Điển) dùng cho:

1) Những mối hàn bền, trên những loại thép khó hàn.

2) Các liên kết kim loại từ những loại thép có thành phần hóa học khác nhau; các loại thép hợp kim thấp và thép hợp kim cao.

3) Các mối hàn vết nứt trong khuôn kim loại.

4) Các lớp phủ có độ cứng cao, có tính chống gỉ.

5) Những thép làm việc ở nhiệt độ thấp.

6) Các hợp kim niken; niken-đồng.

7) Đồng và hợp kim của đồng.

8) Hợp kim nhôm.

9) Cắt và vát mép các thép, các loại hợp kim không chứa sắt, vật đúc.

Các loại que hàn này xem trong bảng 27.

Bảng 27a. **Các loại que hàn hãng ESAB (Thuỵ Điển)**

Lĩnh vực sử dụng	Loại hợp kim que hàn	Độ cứng	Loại que hàn OK
Que hàn cho mối hàn bền trên các loại thép khó hàn và các loại kết cấu kim loại có thành phần khác nhau	19Cr 9Ni 6Mn	190HV	67.45
	19Cr 9Ni 6Mn	190HV	67.52
	29Cr 9Ni	240HV	68.81
	29Cr 9Ni	240HV	68.82
Que hàn để đắp và phủ trên thép:			
+ Không bị tôi	3.5Cr,0.1C	33HRC	83.28
	3.5Cr,0.01C	33HRC	83.29
+ Tự tôi trong không khí	6Cr. 0.6Mo: 0.4C	55HRC	83.50
	4Si.2Cr.0.7C	60HRC	83.65
	13Cr.0.1C	45HRC	84.42
	13Cr.0.25C	55HRC	84.52
	10.5Cr.0.7C	57HRC	84.58
	33Cr.4.5C	60HRC	84.78
	22Cr.3.5C.10Nb	60HRC	84.79
	1Cr.2.5W.0.6C	62HRC	85.38
+ Tự tôi (kháng ram)	33Cr.4.5C	60HRC	84.78
	22Cr 3.5C 10Nb	60HRC	84.79
Que hàn để hàn Khuôn đúc kim loại	Niken	170HV	92.18
	Niken-sắt	170HV	92.58
	Monel	150HV	92.78
Que hàn để hàn các kim loại không có sắt và để phủ các kim loại không có sắt bên thép	Monel-metal	150HV	92.35
	bronze. Zn	100HV	92.86
	Silicon bronze	150HV	94.25
	Al-Mn		96.10
	Silumin		96.20
Que hàn cắt và vát mép hàn	Cho chuẩn bị liên kết		21.03
	Cho việc cắt		23.50

Que hàn đặc biệt của hãng ESAB (Thụy Điển) để hàn thép cacbon và thép hợp kim thấp giới thiệu trong bảng 27b.

Bảng 27b. **Que hàn đặc biệt hàn thép cacbon (hãng ESAB)**

Mác que hàn	Theo tiêu chuẩn AFNOR	Thành phần hóa học [%]					Cơ tính của kim loại này				Phạm vi sử dụng
		C	Mn	Si	S	P	σ_t kG/mm^2	σ_b kG/mm^2	δ, %	a_K kG.m/cm^2	
					Không lớn hơn						
OK 22-40	E233 C16	0,09	0,35	0,1	-	-	35-44	45-54	24-28	-	Hàn các đường ống dẫn
OK 43-32	E433R32	≤0,1	0,5	0,4	0,03	0,03	43-53	51-61	22-30	50	Hàn thép tấm mỏng
OK 46-00	E332R12	≤0,1	0,6	0,3	0,03	0,03	39-49	47-57	22-28	60	Hàn các đường ống dẫn
OK 46-06	E445B15	≤0,1	0,6	0,3	0,03	0,03	38-47	47-57	22-26	64	Hàn với chiều sâu ngấu lớn
OK 53-35	E333R12	0,08	1,0	0,6	0,03	0,03	41-49	51-61	18	70	Hàn đường ống dẫn ở vị trí đứng, sấp
OK 46-44	E332R22	≤0,1	0,5	0,3	0,03	0,03	35-43	47-57	22-26	60	Hàn các đường ống dẫn

Que hàn để hàn thép độ bền cao của hãng ESAB (Thụy Điển) cho trong bảng 28.

Bảng 28.

Mác que hàn	Theo tiêu chuẩn AWS/ASTM	Thành phần hóa học kim loại hàn [%]									Cơ tính kim loại hàn			
		C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	S	P	σ_t kG/mm^2	σ_b kG/mm^2	δ,%	a_K kGm/cm^2
									Không lớn hơn					
OK 48-30	E-7018	0,06	1,0	0,5	-	-	-	-	0,03	0,03	47-56	55-65	26- 32	13-18
OK 73-35	E-8018-C3	0,05	1,0	0,3	-	0,75-1,0	-	-	0,03	0,03	46-55	55-65	26-32	13-19
OKSP-252	E-8015	0,06	1,0	0,3	-	1,3-1,6	0,3÷0,4	-	-	-	51	58- 68	24-30	12
OKSP-109	E-10018-C2	0,10	1,0	0,3	-	3,5	-	-	-	-	56-79	78-87	16-18	10-14
OK 74-45	E-8018-D1	0,04	1,0	0,3	-	-	0,4	-	0,03	0,03	46-55	55-65	26-32	13-19
OK 74-75	E-9018-D1	0,1	1,5	0,5	-	-	0,5	-	-	-	55	69	22	11
OK 75-65	E-10018-G	0,09	0,85	0,4	-	1,6	0,7	0,25	-	-	67-73	74- 82	15-20	8
OK 75-75	E-11018-G	0,05	1,5	0,35	0,3	1,8	0,45	-	-	-	73-77	78-82	19	11

Que hàn của hãng Hobart (Mỹ) cho trong bảng 29.

Bảng 29.

Mác que hàn	Tiêu chuẩn AWS/ASTM	C	Thành phần hóa học mối hàn %					Cơ tính của kim loại hàn			
			Mn	Si	Cr	Ni	Mo	σ_T kG/mm^2	σ_b kG/mm^2	δ,%	Thép hàn (theo ASTM)
LH-718-Mo	E-7018-Al	0,05	0,75	0,56		-	0,53	48	56	31	A155-63T. Gr 1Cr
LH-818-CM	E-8018-B2	0,05	0,68	0,6	1,24	-	0,49	56	67	24	A155-63T. Gr 1Cr
LH-818-N2	E-8018-C2	0,05	0,84	0,37	-	3,3	-	58	66	25	A203-61
LH-818-N3	E-8018-C3	0,05	1,06	0,35	-	1,04	-	52	59	30	A94-62T
LH-918-M	E-9018-B3	0,05	1,11	0,32	-	1,72	0,28	60	66	27	A148-60. Gr90-60
LH-1018	E.10018-D2	0,06	1,77	0,68	-	-	0,44	71	74	22	A148-60Gr. 105-85
LH-1118	E.10018-M	0,06	1,47	0,32	-	1,94	0,39	72	80	21	A148-60, Gr 120-95
LH-1218	E11018-M	0,05	1,9	0,25	6,85	2	0,5	84	92	20	A237-63T.GrF
LH-918-CM	E-12018-M	0,05	0,75	0,65	2,2	-	1,05	68	83	22	A237-63T- Gr.C.D
LH-4130	-	0,2	1,5	0,4	0,5	1,5	0,4	100	109	12	A148-60.Gr.150-126

Que hàn để hàn thép độ bền cao của hãng Kobe-steel (Nhật Bản) cho trong bảng 30

Bảng 30.

Mác que hàn	Tiêu chuẩn JIS	Thành phần hóa học kim loại hàn %							Cơ tính mối hàn		
		C	Mn	Si	Ni	Mo	S	P	σ_T kG/mm²	σ_B kG/mm²	δ, %
							Không lớn hơn				
LB-34	D5016	0,07	0,96	0,67	-	-	0,009	0,013	49	57	32
LB-52	D5016	0,07	1,01	0,5	-	-	0,009	0,016	48	56	33
LB-52-18	D5016	0,06	1,01	0,65	-	-	0,012	0,013	50	58	32
LB-52-28	D5026	0,06	0,95	0,75	-	-	0,012	0,017	50	59	31
LB-52R	D5016	0,07	1,02	0,76	-	-	0,012	0,014	47	56	35
LB-52U	D5016	0,06	0,87	0,75	-	-	0,013	0,016	49	59	34
LB-57	D5516	0,07	0,9	0,75	-	0,19	0,008	0,015	53	62	33
LB-76	D5516	0,06	1,28	0,63	-	-	0,009	0,016	53	60	32
LB-62	D6016	0,06	0,96	0,75	0,54	0,23	0,01	0,013	57	66	30

Que hàn đặc biệt của hãng Kobe-Steel (Nhật Bản) cho trong bảng 31.

Bảng 31.

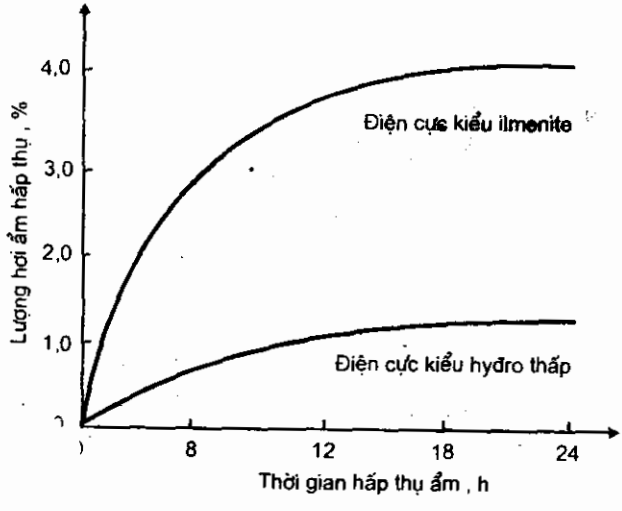
Mác que hàn	Tiêu chuẩn	Thành phần hóa học %					Tính chất cơ học kim loại hàn			
	JIS	C	Mn	Si	S	P	σ_T kG/mm^2	σ_b kG/mm^2	δ, %	Phạm vi sử dụng
					Không lớn hơn					
TB1-24	4303	0,06	0,35	0,12	0,012	0,014	43	48	27	-
HC-24	4311	0,07	0,35	0,14	0,017	0,015	42	47	26	Hàn đường ống dẫn
RB-26	4313	0,08	0,56	0,38	0,018	0,018	48	54	20	Hàn đứng, sấp
TB-25	4327	0,06	0,40	0,17	0,015	0,020	40	46	28	-
TB-1	4327	0,08	0,49	0,15	0,017	0,024	41	49	29	-
PB-5	4302P	0,07	0,64	0,17	0,015	0,017	42	48	27	Hàn chiều sâu ngấu lớn

5. Bảo quản que hàn

Do que hàn có xu hướng hấp thụ hơi ẩm, nên để đảm bảo chất lượng mối hàn que hàn cần được bảo quản thích hợp và có thể phải sấy lại trước khi sử dụng.

a) Sự hấp thụ ẩm của que hàn

Các kiểu que hàn có thành phần thuốc bọc bên ngoài khác nhau và cũng có các nhiệt độ sấy khác nhau trong quá trình sản xuất. Điện cực kiểu hydrô thấp được sấy ở 400-450°C và các kiểu không phải hydrô (kiểu ilmenite, kiểu vôi - titan...) được sấy ở nhiệt độ thấp hơn khoảng 150°C. Khi các que hàn này được bảo quản trong cùng môi trường, chúng có các đặc tính hấp thụ độ ẩm khác nhau, xem trên hình 7. Khi que hàn được lưu trữ ở nhiệt độ và độ ẩm cao, sự hấp thụ hơi ẩm tăng nhanh (hình 8).



Hình 7. Sự hấp thụ ẩm của que hàn ở môi trường 30°C, độ ẩm 80%

Nếu dùng que hàn bị ẩm, các khuyết tật hàn sẽ nhiều hơn, làm giảm mạnh chất lượng mối hàn. Do đó, giới hạn hấp thụ ẩm phải được thiết lập để đạt hiệu suất hàn cao. Giới hạn này được xác định theo các yếu tố sau:

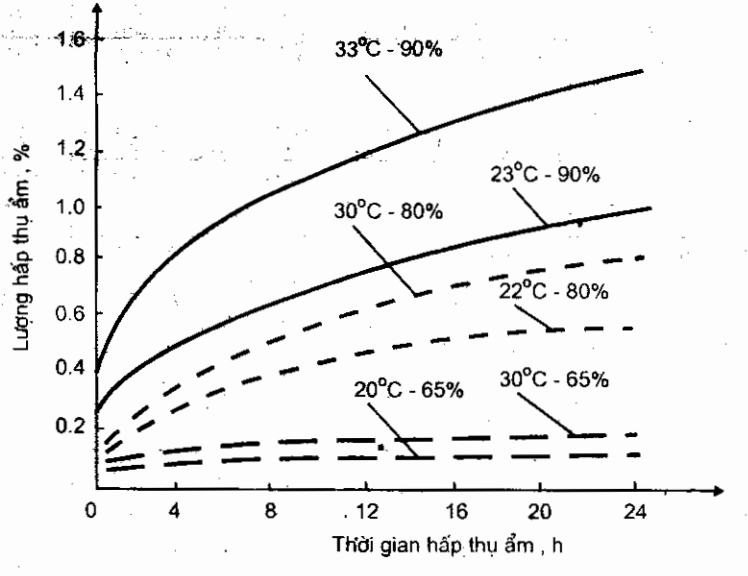
- 0,5% khi tính đến lượng hydro trong mối hàn dùng que hàn kiểu hydrô thấp để giới hạn lượng hydrô trong mối hàn (dưới 5ml/100g - có tính đến tính hàn).

- 2 ÷ 3% khi tính đến tính công nghệ, chống nứt, chống tạo bọt khí, cho các kiểu điện cực không phải loại hydrô thấp.

b) Sấy que hàn

Que hàn được lưu trữ trong thời gian dài sau khi sản xuất, khi que hàn được đưa ra dùng ở ngoài trời, đã hấp thụ lượng ẩm nào đó. Mức hấp thụ ẩm này tùy thuộc vào kiểu que hàn. Ngay cả nếu một lượng nhỏ độ ẩm được hấp thụ vào que hàn loại hydrô thấp, loại thường dùng để hàn thép dày hoặc thép hợp kim thấp, cũng có xu hướng gây nứt mối hàn. Do đó phải sấy trước khi sử dụng. Trong trường hợp các que hàn không phải hydrô thấp (loại trừ que hàn kiểu xenlulo), cũng phải sấy trước khi hàn.

Để sấy cần phải xác định cẩn thận nhiệt độ, thời gian và số chu kỳ sấy. Nhiệt độ sấy quá cao hoặc quá thấp có thể gây ra các vấn đề. Nhiệt độ sấy quá cao có thể làm giảm tác nhân tạo khí và chất khử ôxy hóa trong hỗn hợp thuốc bọc, đưa đến tạo ra các bọt khí trong mối hàn, làm giảm độ bền và độ dai va đập. Nếu nhiệt độ sấy quá thấp, sẽ không loại hết lượng ẩm đã bị hấp thụ.



Hình 8. Sự hấp thụ trong những điều kiện môi trường khác nhau.

Bảng 32 nêu ra các điều kiện sấy tối ưu tùy thuộc vào nhãn hiệu que hàn. Nói chung, sấy có thể được lặp lại ba lần theo công việc hàn.

Bảng 32. **Điều kiện sấy tối ưu cho que hàn**

Kiểu que hàn	Kiểu lớp bọc	Lượng ẩm hấp thụ (%)	Nhiệt độ (°C)	Thời gian (phút)
Thép trung bình	ilemenite	> 3	70-100	30-60
	xenlulo (1)	> 6	70-100	30-60
	vôi-titan	> 2	70-100	30-60
	oxyt titan cao	> 3	70-100	30-60
	hydro thấp	> 0.5 > 0.5	300-350 350-400	30-60 60
	bột sắt	> 2	70-100	30-60
	đặc biệt	> 1.5 > 3 > 5	200-250 70-100 70-100	30-60 30-60 30-60
Thép độ bền cao	ilemenite	> 3	70-100	30-60
	vôi-titan	> 1.5 > 2	200-250 70-100	30-60 30-60
	hydro thấp	> 0.5 -	300-350 350-400	30-60 60
Thép hợp kim thấp	ilemenite	> 2	70-100	30-60
	oxyt titan cao	> 3	70-100	30-60
	hydro thấp	> 0.5 > 0.5	300-350 325-375	30-60 60
(2) Thép không gỉ (3)	vôi-titan	> 1	300-350	30-60
	vôi	> 1	300-350	30-60
	vôi-titan	> 1	150-200	30-60

Bảng 32. (tiếp)

Kiểu que hàn	Kiểu lớp bọc	Lượng ẩm hấp thụ (%)	Nhiệt độ (°C)	Thời gian (phút)
Hàn đắp bề mặt	oxyt titan cao	> 3	70-100	30-60
	vôi-titan	> 1	150-200	30-60
	vôi	> 0.5	300-350	30-60
	graphit	> 1 > 1	150-200 150-200	30-60 30-60
Hàn gang đúc	vôi	> 2 > 0.5	70-100 300-350	30-60 30-60
	graphit	> 1.5	70-100	30-60
	vôi-titan	> 3	150-200	30-60
Hàn hợp kim Cu và hợp kim Ni	vôi và vôi đặc biệt	1	200-250	30-60

Ghi chú: (1)- ngoại trừ một số loại xenlulo cao.
(2)- thép không gỉ Cr
(3)- thép không gỉ Cr-Ni.

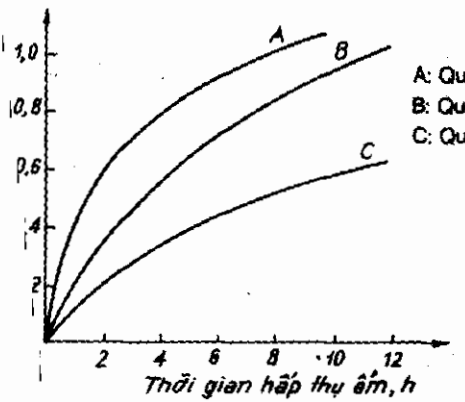
Que hàn sẽ không thay đổi đặc tính nếu sấy đến 5 lần liên tiếp, nhưng nếu sấy quá nhiều lần, sự liên kết của lớp bọc có thể bị hư hại và bị rã trong khi hàn. Do đó cần phải xác định được trước số lượng que hàn được sử dụng trong ngày và chỉ sấy lượng que hàn cần dùng. Số que hàn bị dư ra có thể dùng cho ngày hôm sau nhưng sấy lại.

Hơn nữa, lượng ẩm được hấp thụ còn phụ thuộc vào cách cất giữ que hàn trong kho (hình 9). Trong trường hợp hàn ở ngoài trời que hàn sẽ không hấp thụ độ ẩm quá nhiều, nếu được đặt trong hộp kín khi chuyển đến hiện trường.

Khi que hàn hấp thụ ẩm, các vấn đề sau đây có thể xảy ra ảnh hưởng tới tính công nghệ và tính hàn:

- Hồ quang trở nên mạnh hơn và không ổn định.
- Sự bắn tóe nhiều hơn và hạt kim loại văng ra lớn hơn.

- Độ ngấu mối hàn trở nên sâu hơn, có thể gây nứt ở đáy.
- Lớp xỉ phủ mặt không đều trong khi hàn, do đó mặt bị thô hơn.
- Khử lớp xỉ khó khăn hơn.
- Có thể xảy ra nứt.
- Có thể tạo nhiều bọt khí.
- Gây ra sự dòn hydrô do tăng lượng hydrô trong mối hàn.



A: Que hàn được sắp xếp không trật tự
B: Que hàn đặt nằm ngang trong hộp
C: Que hàn đặt đứng trong hộp

Tốc độ hấp thụ ẩm của que hàn ở môi trường ổn định 25°C, độ ẩm 90%

giữ que hàn

ue hàn hấp thụ ẩm, chất lượng ban đầu sẽ được phục hồi bằng cách
y nhiên, điều quan trọng là lưu giữ que hàn trong khu vực thích
dụng các que hàn cũ trước.

ý cần được thực hiện khi lưu giữ que hàn.

ữ que hàn trong khu vực thông gió tốt, để que hàn cách xa nền
à.

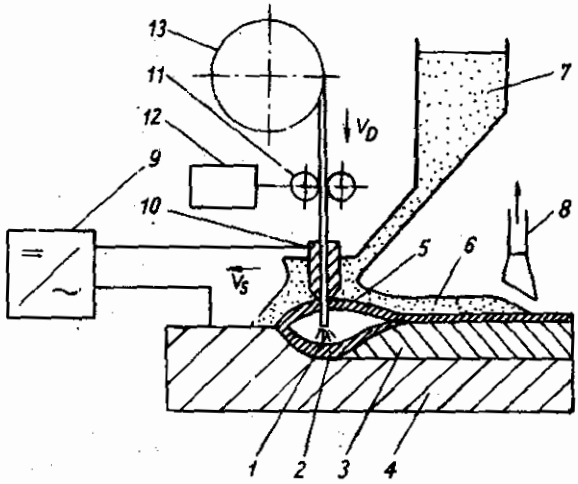
ngày tiếp nhận và sắp xếp trật tự sao cho que hàn cũ được dùng

- Ghi rõ kiểu loại, đường kính que hàn.

- Không xếp các que hàn chồng đống lên nhau.

II. HÀN HỒ QUANG TỰ ĐỘNG DƯỚI LỚP THUỐC HÀN

Phương pháp hàn này sử dụng hồ quang cháy giữa điện cực (dây hàn) và vật liệu cơ bản, được tạo nên dưới một lớp thuốc hàn chảy lỏng. Ở đây, bể hàn và toàn bộ cột hồ quang được bảo vệ khỏi sự tác động của môi trường không khí. Sơ đồ nguyên lí của phương pháp này được biểu thị trên hình 10.



Hình 10. Hàn tự động dưới lớp thuốc hàn.
1- hồ quang hàn; 2- bể hàn; 3- kim loại hàn; 4- vật liệu cơ sở; 5- xỉ; 6- thuốc hàn; 7- phễu thuốc; 8- phễu hút thuốc thừa; 9- nguồn hàn; 10- đầu mỏ hàn dẫn điện vào dây; 11- con lăn truyền dây; 12- động cơ kéo dây; 13- tang dây hàn.

Các đặc trưng của hàn hồ quang tự động dưới lớp thuốc:

- Vị trí hàn: hàn bằng (hàn sấp)

- Chiều dài đường hàn: 1000mm

- Vật liệu chi tiết hàn: tất cả các loại thép kết cấu, thép hợp kim cao; hợp kim của niken; đồng; nhôm...

- Chiều dày tấm hàn: (3 ÷ 100)mm và lớn hơn.

- Dòng hàn: (200 ÷ 2000)(A)

- Điện thế hồ quang: (20 ÷ 50)(V)

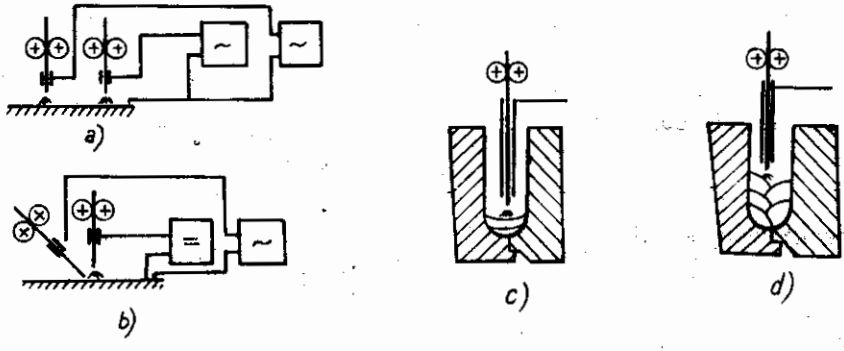
- Tốc độ hàn: (15 ÷ 200) ($m.h^{-1}$)

- Loại dòng hàn: một chiều và xoay chiều

- Đường kính dây hàn: (2 ÷ 8) mm

Hàn hồ quang tự động dưới lớp thuốc cho năng suất cao gấp (2 ÷ 5) lần so với hàn hồ quang tay; điều kiện lao động tốt; chất lượng hàn cao. Tuy nhiên chất lượng đó phụ thuộc vào sự lựa chọn chế độ hàn; độ chính xác của chi tiết chuẩn bị trước khi hàn và các yếu tố khác.

Hướng phát triển để nâng cao năng suất hàn và chất lượng hàn của hàn hồ quang tự động dưới lớp thuốc được biểu thị trên hình 11.



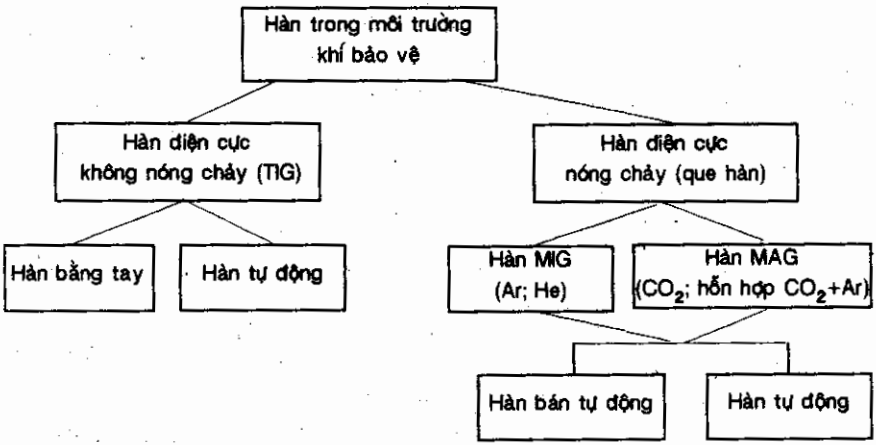
Hình 11. a) hàn nhiều đầu hàn;
b) hàn với dây phụ
c) hàn với mép hàn hẹp, hồ quang ở giữa mép hàn.
d) hàn với mép hàn hẹp hồ quang dao động.

III. HÀN HỒ QUANG TRONG MÔI TRƯỜNG KHÍ BẢO VỆ

Hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ là phương pháp thích ứng với mọi kết cấu hàn và cho năng suất và chất lượng hàn cao. Phương pháp công nghệ này có thể phân loại thành các phương pháp sau (hình 12):

Ở các phương pháp hàn này, bể hàn được bảo vệ khỏi sự tác dụng của môi trường bên ngoài (chủ yếu là ôxy và nitơ). Môi trường bảo vệ có thể là khí hoạt tính hoặc khí trơ. Môi trường khí trơ không có phản ứng hóa học với bể hàn. Môi trường khí hoạt tính có phản ứng hóa học với bể hàn; những

tác động xấu đó lại được khắc phục bằng thành phần hóa học thích hợp của vật liệu hàn (dây hàn).



Hình 12. Phân loại hàn trong môi trường bảo vệ.

Các khí bảo vệ thường dùng cho trong bảng 33.

Bảng 33. **Khí bảo vệ dùng cho hàn TIG, MIG, MAG**

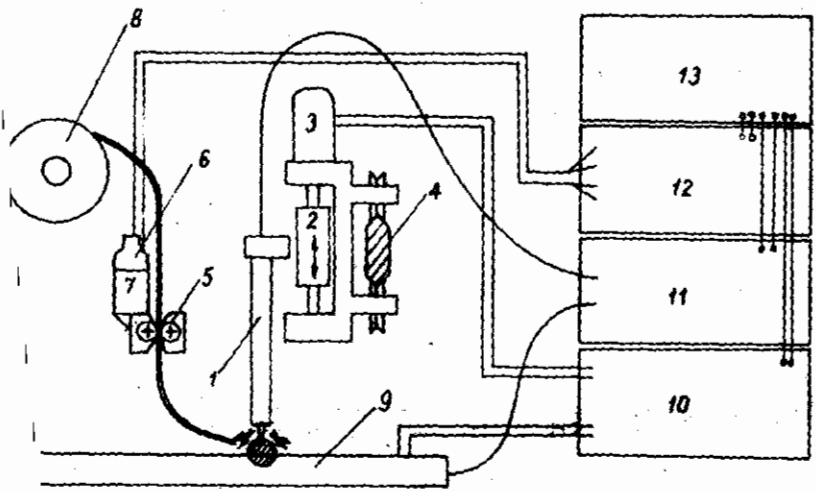
Loại khí và hỗn hợp khí	Phạm vi sử dụng
Ar CO_2 Ar + 0,5%O_2 Ar + 1,0%O_2 Ar + 3,0%O_2 Ar + 5,0%O_2 Ar + (15 ÷ 20)%CO_2	Hàm TIG; MIG, hàn kim loại màu, thép hợp kim cao MAG, hàn thép cacbon thấp. Hàn nhôm và hợp kim của nhôm. Hàn thép không gỉ; thép chịu nhiệt, đồng và thép hợp kim thấp, thép cacbon cao...
Ar + (5 ÷ 10)%H_2	Hàn thép hợp kim cao; cho hàn tự động.
Ar + 0,2N_2	Hàn hợp kim nhôm không chứa mangan.
Ar + (5 ÷ 7)%H_2	Hàn plazma, Cu, Ni thép hợp kim cao.

1. Hàn trong môi trường khí trơ với điện cực volfram (TIG)

Phương pháp hàn này ký hiệu là TIG (Tungsten Inert Gas). Phương pháp hàn TIG là phương pháp hàn vạn năng: có thể hàn bằng tay hoặc hàn tự động

cũng như hàn đắp. Công nghệ này phù hợp cho hàn nhôm và hợp kim nhôm, thép không gỉ, thép hợp kim cao, gang, đồng.

Hình 14 là sơ đồ hàn tự động TIG. Ở đây bể hàn được bảo vệ bởi môi trường argon, khí này được bao quanh điện cực volfram. HỒ quang được cháy giữa điện cực volfram và vật liệu cơ sở; chiều dài hồ quang được điều chỉnh qua điện thế hồ quang. Vật liệu bổ sung được cơ cấu cơ khí dịch chuyển vào vùng hồ quang.



Hình 14. Sơ đồ hàn tự động TIG.
ầu mỏ hàn TIG; 2- cơ cấu điều chỉnh chiều dài hồ quang (chuyển động bằng khí); 3- môtơ; 4- bàn dịch chuyển dọc; 5- vật liệu bổ sung; 6- môtơ đưa dây 7- đầu dẫn dây hàn; 8- tang cuốn dây; 9- vật liệu cơ sở; 10- bộ phận điều điện thế hồ quang; 11- bộ phận điều chỉnh dòng hàn; 12- bộ phận điều chỉnh tốc độ dây; 13- chương trình hàn.

n TIG được dùng nhiều để hàn các kết cấu nhà máy điện nguyên tử; y bay; thiết bị vũ trụ... Trong dạng sản xuất loạt nhỏ, trong lắp ráp dùng hàn TIG bằng tay; khi đó vật liệu bổ sung (que hàn hoặc các m loại) được đưa vào hồ quang bằng tay.

trưng của hàn TIG:

rí hàn: mọi vị trí hàn.

- Chiều dày tấm hàn: (0,5 ÷ 10) mm

- Loại vật liệu chi tiết hàn: tất cả các loại thép; thép hợp kim; gang; Ni; Cu; Al, Ti, Ag, Zr

- Dòng hàn: (10 ÷ 400) A

- Loại nguồn hàn: dòng xoay chiều dùng hàn nhôm và hợp kim nhôm. Dòng một chiều dùng hàn các vật liệu còn lại (điện cực nối âm cực)

- Đường kính dây: (1 ÷ 8) mm.

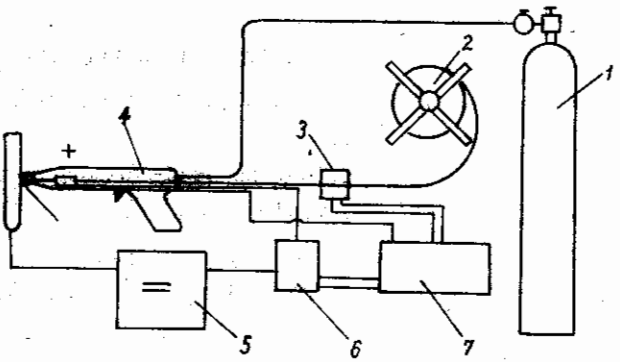
- Làm nguội mỏ hàn: dòng 150 A làm nguội bằng khí. Trên 150 A làm nguội bằng nước.

- Đặc tính của nguồn hàn: dốc giảm dần.

- Khí bảo vệ: khí Ar; He và hỗn hợp của chúng.

2. Hàn trong môi trường khí bảo vệ với điện cực nóng chảy (MIG; MAG)

Phương pháp công nghệ hàn này được gọi là MAG (Metal Activ Gas), khi sử dụng khí hoạt tính CO_2 hoặc hỗn hợp khí; gọi là MIG (Metal Inert Gas) khi sử dụng khí trơ (Ar; He). Các phương pháp này đều có hồ quang cháy giữa dây hàn và vật liệu chi tiết hàn (hình 14).



Hình 14. Hàn MIG.
1- chai khí bảo vệ; 2- tang cuốn dây; 3- hệ dẫn dây hàn; 4- đầu hàn (súng hàn); 5- nguồn hàn một chiều; 6- bộ phận điều chỉnh điện thế hồ quang; 7- bộ điều chỉnh dòng, khí bảo vệ, bộ điều chỉnh tốc độ dây.

Đặc tính của hàn MIG, MAG:

- Vị trí hàn: hàn mọi vị trí

- Chiều dày hàn: (0,8 ÷ 40) mm

- Loại vật liệu chi tiết: cho hàn MAG là thép cacbon, thép hợp kim thấp. Cho hàn MIG là thép hợp kim cao, Al, Ni, Cu.

- Dòng hàn: (100 ÷ 400) A/mm^2

- Loại dòng hàn: dòng một chiều (điện cực nối vào dương cực)

- Đường kính dây hàn: (0,8 ÷ 2,6) mm.

IV. HÀN HỒ QUANG PLAZMA

1. Nguồn nhiệt Plazma

Plazma là một khái niệm vật lí về một trạng thái đặc biệt của khí được đưa ra vào năm 1923. Trong trạng thái này, các khí sẽ trở nên dẫn điện do kết quả sự ion hóa của các nguyên tử khí. Do đó nó được biểu thị tương ứng với trạng thái thứ 4 của vật chất.

Để đưa đến trạng thái ion hóa của các khí, cần phải có một nguồn năng lượng thích hợp nhất đó là nhiệt của hồ quang điện.

Bởi vậy có thể coi plasma là một dạng hồ quang đặc biệt mà nhiệt độ của nó được nâng cao rất nhiều. Trong kỹ thuật người ta còn gọi nó là hồ quang khuếch đại (tăng cường). Với hồ quang plasma sẽ đáp ứng được các mục đích kỹ thuật, đặc biệt trong hàn, cắt kim loại.

Nhiệt độ của plasma phụ thuộc vào khí đưa vào vùng trạng thái plasma. Các khí này có các tính chất vật lý khác nhau, điện thế ion hóa khác nhau. Hiện nay người ta dùng các loại khí sau:

- Khí hydrô → plasma hydro → đạt được nhiệt độ 8000°K

- Khí nitơ → plasma nitơ → đạt được nhiệt độ 7500°K

- Khí argon → plasma argon → đạt được nhiệt độ 15.000^{o}K

- Khí hêli → plasma hêli → đạt được nhiệt độ 20.000^{o}K

Điện thế ion hóa của nguyên tử và phân tử các khí được cho trong bảng 34.

Bảng 34. **Điện thế ion hóa của các khí**

Khí	Điện thế ion hóa (eV)	
He	24,6	54,4
Ne	21,6	41,0
Ar	15,7	27,6
Xe	12,1	21,2
H	13,6	
N	14,5	29,6
O	13,6	35,1

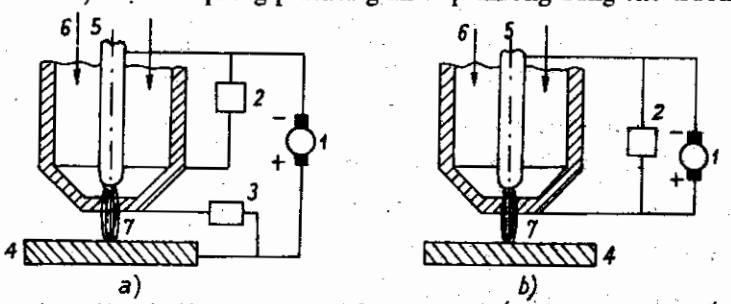
Mặt khác để phân ly một phân tử khí cũng cần phải có điện thế đủ lớn. Điện thế để phân ly phân tử H_2, O_2, N_2, Co, H_2O cho trong bảng 35.

Bảng 35. **Điện thế phân li các phân tử khí**

Phân tử khí	H_2	O_2	N_2	CO	H_2O
Điện thế phân li (ev)	4,46	5,11	9,76	9,60	5,00

Khi sự ion hóa thực hiện hoàn toàn sẽ đạt được nhiệt độ cao đến 100000°K, mặt khác khi xảy ra sự va chạm mạnh của các phân tử khí thì nhiệt độ có thể đạt đến 10.000.000°K lúc đó người ta gọi là phản ứng hạt nhân.

Hồ quang plasma có thể tạo nên bằng phương pháp trực tiếp hoặc gián tiếp (hình 15). Tạo hồ quang plasma gián tiếp thường dùng cho trường hợp

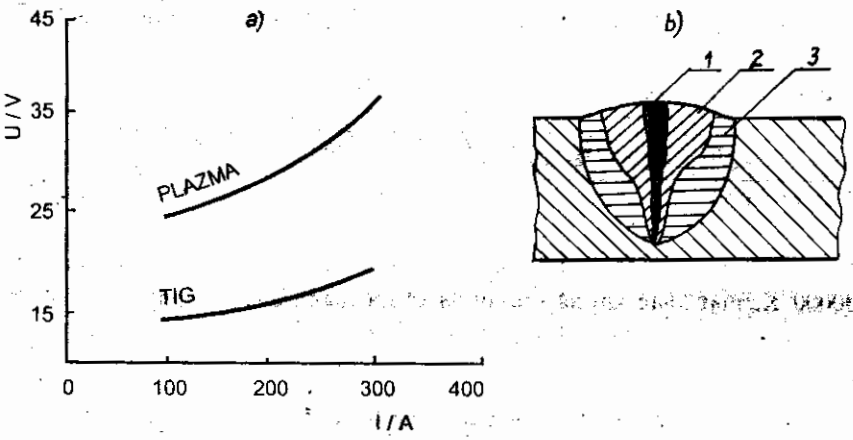


Hình 15. Nguyên lý tạo plasma a) Plasma trực tiếp, b) Plasma gián tiếp
1- nguồn hàn; 2- nguồn tần số cao; 3- biến trở hồ quang; 4- chi tiết hàn; 5- điện cực vôlfram; 6- khí plasma; 7- plasma.

vật liệu chi tiết hàn không dẫn điện hoặc cho các kết cấu hàn có chiều dày mỏng.

Khi hàn hồ quang plasma cần phải bảo đảm sự cháy ổn định của plasma, do vậy cần bảo đảm tốc độ, lưu lượng dòng khí plasma cũng phải ổn định, để bể hàn không xẩy ra bắn tóe.

Sự khác nhau của hàn plasma với hàn TIG là: trong hàn plasma người ta sử dụng mỏ hàn với điện cực (catôt) có đường kính lỗ rất nhỏ, vì vậy hồ quang plasma sẽ rất hẹp và tạo sự tập trung năng lượng nhiệt trên một diện tích bề mặt hàn tương đối nhỏ. Với sự tập trung cao nhiệt lượng và nhiệt độ của plasma cao bảo đảm cho sự chảy ngấu của vật liệu cơ bản và tạo hình dáng tiết diện hàn hẹp, vùng ảnh hưởng nhiệt nhỏ (hình 16a, b).



Hình 16. Quan hệ giữa điện thế và dòng điện.
a) Quan hệ phụ thuộc U và I của hồ quang TIG và plasma.
b) Vùng ảnh hưởng nhiệt và vũng hàn của các phương pháp hàn
1- hàn chùm tia điện tử; 2- hồ quang plasma, 3- TIG.

Bộ phận quan trọng của trang thiết bị hàn plasma là mỏ hàn (hình 17). Mỏ hàn này phải bảo đảm các nhiệm vụ sau:

- Dẫn điện cho điện cực (điện cực W, W-Th).
- Dẫn khí bảo vệ, khí plasma.
- Hình thành hồ quang plasma.
- Hướng hồ quang plasma tới vị trí hàn.

- Bảo đảm vị trí chính xác của các điện cực (đồng tâm với lỗ cực catôt).

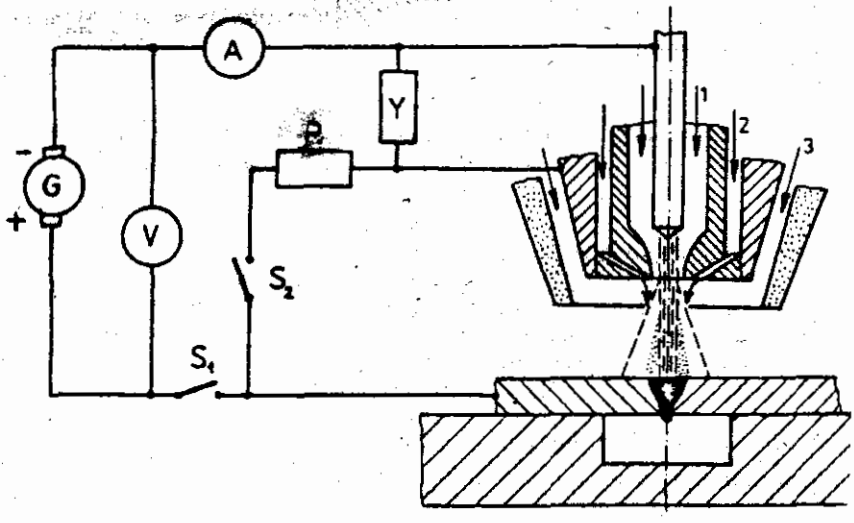
Mỏ hàn phải được làm mát bằng nước và cực catôt phải được cách điện khỏi các bộ phận của mỏ hàn.

Trong hàn plasma chỉ khoảng 10 ÷ 30% phần khí plasma tham gia tạo trạng thái plasma, khí còn lại vẫn tồn tại ổn định. Các khí hoặc hỗn hợp khí thường dùng cho hàn plasma là Ar; Ar + H_2 hoặc Ar + He. Sự tiêu hao các khí thường như sau: khí plasma từ 0,5 - 7 lít/phút; khí bảo vệ 2 ÷ 16 lít/phút và khí định hình plasma từ 3-12 lít/phút.

2. Đặc tính của dòng plasma

Hạt nhân của dòng plasma phát quang rõ nét với vật liệu cơ bản, chúng có kích thước nhỏ hơn so với kích thước lỗ mỏ hàn. Chiều dài của dòng plasma được xác định theo công suất của hồ quang, kích thước của mỏ phun và sự tiêu hao khí plasma.

Nhiệt độ của hồ quang plasma và của dòng plasma được phân bố khác



Hình 17. Nguyên lí mỏ hàn plasma
1- khí tạo plasma; 2- khí định hình plasma; 3- khí bảo vệ

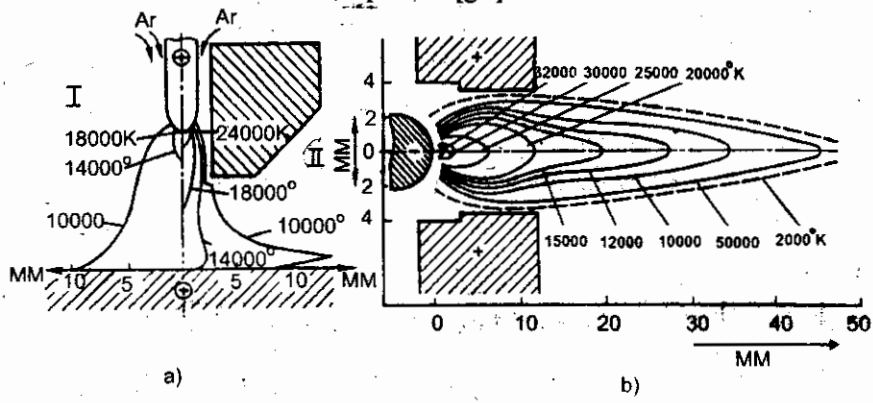
nhau theo đường kính và chiều dài (hình 18). Nhiệt độ cao nhất đạt được ở tâm của dòng plasma. Ở gần vị trí catôd nhiệt độ của khí đạt tới 24.000 ÷ 32.000°C.

Thực tế người ta thường xác định nhiệt độ trung bình tại tiết diện mỏ phun của dòng plasma và được xác định theo entalpi của khí tạo plasma (H):

$$H = \frac{q}{G} \tag{34}$$

ở đây: q- công suất hữu ích của dòng plasma tại tiết diện mỏ phun [cal/s];

G- tiêu hao khí tạo plasma [g/s].



Hình 18. Sự phân bố nhiệt độ của dòng plasma.
a) trong hồ quang plasma:
I- Sự phóng hồ quang không có dòng khí plasma trong hàn hồ quang argon với dòng hàn 200A, điện thế hồ quang 14,5V.
II- Sự phóng hồ quang trong khe của ngọn lửa plasma và dòng argon chạy qua giữa điện cực volfram (anôd) và tấm đồng (catôd) với đường kính rãnh 4,9mm; tiêu hao khí argon là 1,08 m^3/h; dòng hàn 200A, điện thế hồ quang 29V; b) dòng plasma.

Nhiệt độ trung bình thông thường của dòng plasma (T) và công suất của dòng plasma (q) tại mặt cắt của vòi phun có thể xác định theo công thức sau:

$$T = \frac{0{,}24EI}{\pi d_c \alpha_k}\left[1 - \exp\left(\frac{\pi d_c \alpha_k l}{C_p G}\right)\right] \tag{35}$$

$$q = C_p G T \tag{36}$$

ở đây: I- cường độ dòng điện [A]

E- gradien điện thế hồ quang [V/cm]

d_c- đường kính vòi phun [cm].

α_k- hệ số dẫn nhiệt [cal/cm^2.s^{o}C]

l- chiều dài hồ quang [cm]

C_p- nhiệt dung của khí [cal/g ^{o}C]

G- lượng tiêu hao khí [g/s]

V. HÀN ĐIỆN XỈ

1. Khái niệm

Công nghệ hàn điện xỉ là phát minh của các nhà khoa học thuộc Viện Hàn mang tên E.O. Paton ở thành phố Kiep của nước cộng hòa Ukraina (Liên xô cũ).

Hàn điện xỉ rất phù hợp với hàn nối các tấm vật liệu có chiều dày lớn (≥ 50mm). Với các tấm dày như vậy, đối với công nghệ hàn điện hồ quang tay, bán tự động, tự động đều phải vát mép mối hàn trước khi hàn dạng chữ U hoặc UU (ở hai phía) nhưng quá trình hàn vẫn gặp nhiều khó khăn và năng suất thấp. Với tấm hàn dày 200 mm khi phải vát mép chữ UU, khi hàn hồ quang tay phải hàn khoảng 110 lớp hàn và hàn tự động dưới lớp thuốc phải hàn 72 lớp; nhưng nếu hàn điện xỉ thì chỉ phải hàn một lớp và không cần phải vát mép hàn mà chỉ cần để 1 khoảng cách giữa hai tấm hàn từ 25 ÷ 35 mm.

Sơ đồ nguyên lý của hàn điện xỉ được biểu thị trên hình 19.

Bản chất của phương pháp hàn điện xỉ là dùng nguồn nhiệt của bể xỉ hàn nóng chảy để cung cấp nhiệt cho quá trình hàn.

Các dây hàn ở đây thường có dạng tấm; có thể dùng một hoặc nhiều dây hàn một lúc, tùy theo chiều dày cơ bản, tức là lượng kim loại cần cung cấp cho mối hàn.

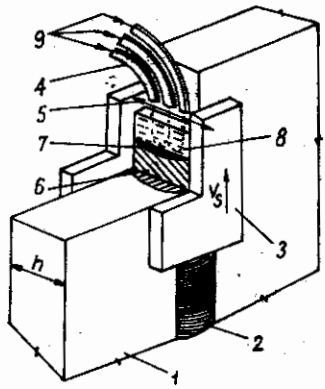
Bể xỉ hàn có nhiệm vụ bảo vệ mối hàn khỏi bị tác động của môi trường.

Trong quá trình hàn, tấm đồng lót (con trượt) sẽ chuyển động dần từ dưới lên trên tùy theo tốc độ đông đặc của kim loại hàn.

2. Nguyên lí sinh nhiệt và sự phân bố nhiệt

Khi dòng điện hàn chạy qua bể xỉ lỏng sẽ tạo ra một năng lượng nhiệt lớn: $Q = I^2rt$.

Nếu tốc độ nóng chảy của dây bằng tốc độ cung cấp dây hàn thì khoảng cách giữa đầu dây hàn và kim loại lỏng sẽ không đổi trong suốt quá trình hàn.



Hình 19. Nguyên lí hàn điện xỉ: 1- vật liệu chi tiết hàn; 2- mối hàn đã hình thành; 3- tấm đồng lót định hình; 4- đầu dẫn dây hàn tự động; 5- kẹp lót; 6- kim loại hàn kết tinh; 7- bể hàn kim loại lỏng; 8- bể xỉ lỏng; 9- dây hàn; v_S- tốc độ hàn.

Nhiệt cần thiết cho sự nóng chảy dây hàn và kim loại cơ bản xuất hiện khi dòng hàn chạy qua bể xỉ lỏng có tính dẫn điện nhỏ. Khi đó nguồn nhiệt lớn được tạo ra và nung nóng các thành phần (dây, xỉ) tới nhiệt độ 1800 ÷ 2000°C. Trong quá trình hình thành nhiệt này không xuất hiện hồ quang. Từ bể xỉ dòng hàn được chuyển từ dây hàn vào kim loại cơ bản. Với một chế độ hàn ổn định (điện thế hàn, cường độ dòng hàn) thì điện trở điện toàn phần của bể hàn sẽ định một lượng nhiệt xuất hiện trong một đơn vị thời gian.

Người ta có thể tính được nhiệt lượng cung cấp cho quá trình hàn phụ thuộc vào điện trở bể xỉ lỏng. Điện trở này phụ thuộc vào đường kính dây hàn, khoảng cách các dây hàn bị nhúng vào bể hàn và một số điều kiện công nghệ khác.

Điện trở này có thể tính theo biểu thức:

$$R = \frac{\rho_x}{2\pi L}\left(\ln\frac{4L}{d} - 1\right).\varepsilon.m \qquad (37)$$

trong đó: ρ_x- điện trở suất của xỉ ở nhiệt độ trung bình của bể hàn (Ωcm).

L- chiều dài điện cực trong bể xỉ (cm).

d- đường kính điện cực (mm)

ε- hệ số tính đến sự thay đổi của điện trở phụ thuộc vào a

* $\varepsilon = 1 - e^{-23(H_x - L)}$, trong đó $H_x = L + a$

a- khoảng cách từ đầu dây hàn và kim loại lỏng.

m- hệ số điều chỉnh phụ thuộc vào L.

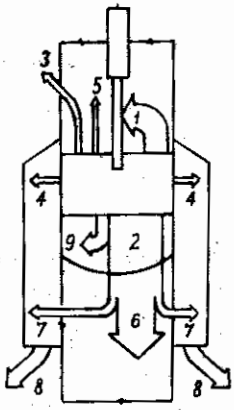
Công suất nhiệt của nguồn điện khi hàn điện xỉ, có nghĩa là lượng nhiệt xuất hiện trong công nghệ hàn này, có thể biểu thị bằng biểu thức:

$$P = UI \ [KJ.s^{-1}; W] \qquad (38)$$

ở đây : U- điện thế hàn [V].

I- cường độ dòng hàn [A].

Nguồn nhiệt xuất hiện trong bể xỉ hàn không chỉ cung cấp cho dây hàn và kim loại cơ bản mà còn truyền vào các thành phần khác (hình 20).



Hình 20. Sự phân bố nhiệt trong hàn điện xỉ. 1- nhiệt cần cho sự làm chảy kim loại dây hàn (23,6%); 2- nhiệt truyền vào chi tiết hàn (58,2%); 3- nhiệt qua xỉ đến nung nóng bề mặt chi tiết hàn (1,3%); 4- nhiệt mất mát từ bể xỉ vào đệm đồng (2,6%); 5- mất mát nhiệt vào môi trường (1,2%); 6- nhiệt cần để làm chảy vật liệu cơ sở (47,8%); 7- mất mát nhiệt từ bể hàn vào tấm đệm đồng (5,2%); 8- mất mát nhiệt tổng cộng trên đệm đồng (7,8%); 9- nhiệt cần tới sự nung nóng bể hàn (10,5%).

VI. VẬT LIỆU HÀN DÙNG CHO HÀN TỰ ĐỘNG VÀ BÁN TỰ ĐỘNG

1. Dây hàn

Trong hàn tự động (dưới lớp thuốc, trong môi trường khí bảo vệ, hàn điện xỉ) cũng như hàn bán tự động, dây hàn là phần kim loại bổ sung vào mối hàn đồng thời đóng vai trò điện cực để gây hồ quang và duy trì sự cháy hồ quang.

Theo tiêu chuẩn ГОСТ 2246-60 (Liên bang Nga), các dây hàn kéo nguội dùng để hàn có đường kính (0,3 - 12) mm. Chúng được quấn lại thành cuộn có đường kính trong (100-200) mm tương ứng với khối lượng (5-80) kg.

Các cuộn dây hàn được bảo quản, bao gói kỹ để chống gỉ và được tráng dầu mỡ.

Bảng 36 cho kích thước và khối lượng các cuộn dây hàn.

Bảng 36.

Đường kính dây (mm)	Đường kính trong cuộn dây (mm)	Khối lượng của cuộn dây (kg)		
		Thép cacbon	Thép hợp kim	Thép hợp kim cao
0,3-0,5	150-300	2	2	15
0,8	200-350	5	5	3
1 ÷ 1,2	200-400	15	15	10
1,4	300-600	25	15	10
1,6-2,0	300-600	30	20	15
2,5-3,0	400-600	-	-	-
4-10	500-750	40	30	20
12	500-800	-	-	-

a) Dây hàn để hàn trong môi trường khí bảo vệ

Khi hàn trong môi trường khí bảo vệ, sự hợp kim hóa kim loại mối hàn cũng như các tính chất yêu cầu của mối hàn thực hiện chỉ thông qua dây hàn. Do vậy những đặc tính của quá trình công nghệ hàn phụ thuộc rất nhiều vào tình trạng và chất lượng của dây. Khi hàn trong môi trường khí bảo vệ CO_2 thường sử dụng dây có đường kính 0,8 ÷ 2 mm.

Sự ổn định của quá trình hàn cũng như chất lượng của liên kết hàn phụ thuộc nhiều vào tình trạng bề mặt dây hàn. Ở những địa điểm lắp ráp xây dựng thường không thể nhận được dây hàn với bề mặt sạch hoàn toàn. Để đảm bảo các yêu cầu kinh tế, kỹ thuật cho công việc hàn, người ta chú ý nhiều đến phương pháp làm sạch dây. Một trong những cách để giải quyết là sử dụng dây có bọc lớp mạ đồng.

Dây được mạ đồng sẽ nâng cao chất lượng bề mặt và khả năng chống gỉ, đồng thời nâng cao tính ổn định quá trình hàn.

b) Dây để hàn dưới lớp thuốc hàn

Chất lượng của mối liên kết hàn dưới lớp thuốc được xác định bằng tổng hợp sự cân bằng của dây hàn và thuốc hàn. Các yếu tố dây và thuốc được lựa chọn trên cơ sở trạng thái ban đầu của thép hàn, các yêu cầu đối với mối hàn về cơ lý tính cũng như yêu cầu làm việc của nó.

Dây hàn dùng để hàn thép cacbon thấp và một số loại thép hợp kim thấp khi hàn dưới lớp thuốc là các loại CB-08; CB-08A hoặc dây mangan như CB-08G; CB-10G2... Thành phần cacbon trong các dây này không quá 0,12%. Nếu hàm lượng cacbon cao, dễ làm giảm tính dẻo và tăng khả năng gây nứt trong mối hàn.

Đường kính dây dùng hàn dưới lớp thuốc thường 1,6 ÷ 5 mm.

c) Dây hàn trần để hàn hồ quang hở

Phương pháp hàn hồ quang hở bằng dây hàn trần được dùng nhiều trong ngành xây dựng vào những năm gần đây.

Để thực hiện những phương pháp này, người ta phải sử dụng loại dây đặc biệt, trong dây này có chứa một số nguyên tố như Si, Ti, Al, Cr, Zr. Những nguyên tố này có ái lực mạnh với ôxy và nitơ trong không khí.

Các dây dùng cho phương pháp hàn này có đường kính 1; 1,2; 1,6; 2 và 2,5 mm và các mác dây là CB-20ГСТЮА (ЭП-245) và CB-15ГСТЮА (ЭП-439).

Bảng 37 và 38 giới thiệu các loại dây hàn của Nga.

Bảng 37. **Dây điện cực cho hàn tự động và bán tự động**

Ký hiệu dây	Thép hàn	Ký hiệu dây	Thép hàn
CB-08	MCT.1 - MCT.4; 10, 15; KCT-3; thép hợp kim thấp được hàn với thuốc hàn mangan cao OCЦ-45; AH-348A và ФЦ-9.	CB-04X19H9	X18H9; X18H10T
CB-08A	MCT-1 : MCT-4; 10; 15; KCT-3 và một số thép hợp kim thấp được hàn với thuốc hàn mangan cao. OCЦ-45; AH-348A và ФЦ-9.	CB-06X19H9T	X18H9; X18H10T
CB-10Г2	như trên và thuốc hàn A-H-51	CB-08X20H9CH	X18H9; X18H10T
CB-12ГС	MCT-1 ÷ MCT-4 với tốc độ hàn cao 100 m/h và hàn thép hợp kim thấp	CB-04X19H9C2	X18H9; X18H10T với thuốc hàn AH-20 và AH-26.
CB-18XMA	20XMA; 30XMA; 20XGCA; 25XГCA; 30XГCA và các thép có độ bền cao.		

Bảng 38. **Dây hàn dùng để hàn trong môi trường khí bảo vệ**

Ký hiệu dây	Ký hiệu dây
CB-08ГС	CB-06Х19Н9Т
CB-08Г2С	CB-08ГСМТ
CB-08Х3Г2СМ	CB-10ХГ2СМА
CB-18ХГС	CB-07Х19Н10Б
CB-18ХМА	

d) Một số dây hàn của một số nước khác (bảng 39 ÷ 45)

Bảng 39. **Dây hàn thép cacbon thấp và hợp kim thấp hãng ESAB (Thụy Điển)**

Loại dây OK	Loại hợp kim dây hàn	Tiêu chuẩn DIN 8557	Tiêu chuẩn AWS	Phương pháp công nghệ hàn
Autrod 12.10	Không có hợp kim	S1	A5.17:EL12	Hàn hồ quang dưới lớp thuốc
- 12.20	1% Mn	S2	A5.17:(EM12K)	-nt-
- 12.22	Mn-Si	S2Si	A5.17:EM12K	-nt-
- 12.24	Mn-Mo	S2Mo	A5.23:(EA1)	-nt-
- 12.32	1,5Mn	S3		-nt-
- 12.34	1,5Mn-Mo	S3Mo	A5.23:(EA2)	-nt-
- 12.40	2Mn	S4	A5.17:EH14	-nt-
- 12.51	Mn-Si	SG2	A5.18:ER70S-6	MAG-CO_2 hoặc 80% Ar + 20%CO_2
Tigrod 12.60	Mn-Si	SG1	A5.18:ER70S-6	TIG
Autrod 12.64	Mn-Si	SG3	A5.18:ER70S-6	MAG CO_2 hoặc -nt-
- 13.09	Mn-Mo-Si	SGMo		MAG 80%Ar + 20% CO_2
Tigrod 13.09	Mn-Mo-Si	SGMo		TIG
Autrod 13.12	Cr-Mo	SGCrMo1	(A5.28:ER80S-B2)	MAG 80% Ar + 20% CO_2
Tigrod 13.12	Cr-Mo	SGCrMo1	(A5.28:ER80S-B2)	TIG
Autrod 13.26	Cr-Ni			MAG CO_2 hoặc 80% Ar + 20% CO_2
Autrod 13.36	Cr-Ni			Hàn hồ quang dưới lớp thuốc

Ghi chú: MAG: (Metal Active Gas) hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ hoạt tính CO_2.

MIG: (Metal Inert Gas) hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ - khí trơ Ar, He.

TIG: (Tungsten Inert Gas) hàn hồ quang trong môi trường khí trơ điện cực volfram.

Bảng 40. **Dây hàn dùng hàn thép cacbon và thép hợp kim hãng ESAB**

Loại dây OK	Loại hợp kim	DIN 8557	AWS	Phương pháp công nghệ hàn
Tubrod 14.18	Thép cacbon thấp		A5.79:E70T-4	Phương pháp tự bảo vệ
- 15.00	1,5Mn	SGB1	A5.20-79:E70T-5	MAG 80% Ar + 20% CO_2
- 15.14	Thép cacbon thấp	SGR1	A5.20-79:E71T-1	MAG CO_2 hoặc 80% Ar + 20% CO_2
- 15.16	Mn-Ni	SGR1	A5.20-79:E70T-1	MAG CO_2
- 15.18	Mn-Ni	SGR	A5.20-79:E70T-1	MAG CO_2

Bảng 41. **Dây và lõi để hàn đồng và hợp kim của đồng hãng ESAB**

Loại OK	Loại hợp kim	DIN	AWS	Phương pháp hàn
Autrod 19.12	Đồng Ti	S-CuSn	ER Cu	MIG
Autrod 19.40	Đồng Al	S-CuAl	ER Cu Al-Al	MIG

Bảng 42. **Dây và lõi dùng để phủ, đắp (hãng ESAB)**

Loại OK	Loại hợp kim điện cực	Tiêu chuẩn DIN8559	Tiêu chuẩn AWS	Phương pháp công nghệ hàn
Tubrodur 14.70	3,8C; 30Cr	SG10-55		Hồ quang hở
- 14.71	18Cr; 8Ni; 6Mn	SG8-200		Hồ quang hở
- 14.91	Gang			Hồ quang hở
- 15.40	Hợp kim Mn-Cr	SG1-350		Hàn dưới lớp thuốc và MAG
- 15-42	Hợp kim Cr-Mo-Ni	SG1-400		-nt-
- 15-50	Hợp kimMn-Cr-Mo	SG6-500		-nt-
- 15-70	13Cr; Ferit 0,06C	UP5	A5.9-81:ER410	Hàn dưới lớp thuốc
- 15-73	13Cr; 0,3C Mactenxit	SG6-50	A5.9-81:ER420	Hàn hồ quang dưới lớp thuốc và MAG 80% Ar + 20% CO_2

Bảng 43. **Dây và lõi cho hàn thép không gỉ hãng ESAB**

Loại OK	Loại hợp kim dây hàn	Tiêu chuẩn DIN8556	Tiêu chuẩn AWS	Phương pháp công nghệ hàn
Autrod 16-10	20Cr.10Ni	UPx2CrNi199	A5.9-81ER308L	Hàn hồ quang dưới lớp thuốc
Tigrod 16.10	20Cr.10Ni	-	-	TIG
Autrod 16-11	19Cr.9Ni,Nb	SGx5GNiNb	A5.9-81ER347	Hàn hồ quang dưới lớp thuốc
Tigrod 16.11	19Cr.9Ni,Nb	-	-	TIG
Autrod 16-12	20Cr.10Ni	SgxCrNi199	A5.9-81ER308L	MIG argon
Autrod 16-30	18Cr 12Ni 2,7Mo	UPx2CrNiMo	A5.9-81ER318L	Hàn hồ quang dưới lớp thuốc
Tigrod 16-30	18Cr.12Ni, 1,7Mo	-	-	TIG
Autrod 16-31	19Cr.11Ni 2,7Mo, Nb	UPx5CrNiMo	A5.9-81ER318	Hàn hồ quang dưới lớp thuốc
Tigrod 16-31	19Cr.11Ni. 2,7Mo, Nb	-	-	TIG
Autrod 16-32	18Cr.12Ni 2,7Mo	SGx2CrNiMo	A5.9-81ER316L	MIG argon
Autrod 16-34	19Cr.14Ni 3,3Mo	SGx2CrNiMo	A5.9-81ER317L	MIG và hàn hồ quang dưới lớp thuốc
Tigrod 16-34	24Cr.13Ni	-	-	TIG
Autrod 16-52	24Cr.13Ni	SGx2Cr Ni24	A5.9-81ER309Si	MIG

Bảng 44. **Dây và lõi cho hàn nhôm và hợp kim nhôm hãng ESAB**

Loại OK	Loại hợp kim dây hàn	Tiêu chuẩn DIN	Tiêu chuẩn AWS	Phương pháp hàn
Autrod 18.01	99,5% Al	S-Al 99,5	ER1100	MIG
Tigrod 18.01	99,5% Al	S-Al 99,5	ER1100	TIG
Autrod 18.04	AlSi5	S-AlSi5	ER4043	MIG
Tigrod 18.04	AlSi5	S-AlSi5	ER4043	TIG
Autrod 18.13	AlMg5	S-AlMg3	ER5554	MIG
Autrod 18.15	AlMg5	S-AlMg5	ER5356	MIG
Tigrod 18.15		S-AlMg5	ER5356	TIG

Bảng 45. **Các loại dây hàn trong môi trường khí bảo vệ theo tiêu chuẩn AWS E7018-1**

Kim loại cơ sở	Dây hàn		Đường kính dây		Dòng hàn [A]
	Loại vật liệu	Loại dây hàn	inch	(mm)	
Nhôm và hợp kim nhôm	1100	ER1100 hoặc ER4043	0,030	0,8	50-175
	3003, 3004	ER1100 hoặc ER5356	3/64	1,2	90-250
	5052, 5454	ER5554 hoặc ER5356	1/16	1,6	160-350
	5083, 5086, 5455	ER5556 hoặc ER5356	3/32	2,4	225-400
	6061, 6063	ER4043 hoặc ER5356	1/8	3,2	350-475
Hợp kim manhê	AZ10A	ERAZ61A, ERAZ92A	0,04	1,0	150-300
	AZ31B; AZ61A		0,04	1,0	150-300
	AZ80A	ERAZ61A, ERAZ92A	3/64	1,2	160-320
	ZE10A	ERAZ61A	1/16	1,6	210-400
Đồng và hợp kim đồng	Silicon Bronze	ERCuSi-A			
	Hợp kim Cu-Ni	ERCuNi	0,045	1,2	200-400
	Đồng nhôm	ERCu Al-Al; A_2;A_3	1/16	1,6	250-450
	Đồng phốt pho	ERCu Sn-A	3/32	2,4	350-550
Niken và hợp kim niken	Hợp kim Monel 400	ERNiCu-7	0,03	0,8	
	Hợp kim inconel 600	ERNi Cr Fe-5	0,035	0,9	100-160
Thép không gỉ ôstenit	Loại 201	ER380	0,02	0,5	
	Loại 301, 302,304;	ER380	0,03	0,8	75-150
	308 Loại 304L	ER380L	0,035	0,9	100-160
	Loại 310	ER310	0,045	1,2	140-310
Thép	Thép cacbon có độ bền cao	ER80S-D2	0,035	0,9	60-280
			0,045	1,2	125-380

2. Dây hàn bột

Dây hàn bột được cấu tạo bởi một lớp vỏ kim loại bọc, trong nó là một hỗn hợp gồm bột kim loại và một số thành phần liên kết khác. Hỗn hợp trong dây vừa làm nhiệm vụ bổ sung kim loại, hợp kim hóa đồng thời còn có tác dụng bảo vệ cho kim loại nóng chảy khỏi bị tác dụng của môi trường, làm hồ quang cháy ổn định v.v...

Theo ГОСТ 9467-75 (Liên bang Nga), dây hàn bột chia tương ứng như các loại que E42; E42A; E46; E50A. Căn cứ théo tính chất công việc hàn, dây hàn bột được dùng dưới hai hình thức sau:

- Với chức năng tự bảo vệ (để dùng trong hàn hồ quang hở).

- Với chức năng được bảo vệ bằng môi trường bổ sung khác (hàn trong môi trường khí CO_2).

Theo thành phần của hỗn hợp bột trong dây, dây hàn bột được chia thành 4 nhóm: rutil - hữu cơ; rutil; cacbônat - fluori; rutil - fluori.

Hình 21 biểu thị các dạng kết cấu của dây hàn bột và bảng 46 biểu thị các đặc tính của chúng.

Theo mức độ cơ khí hóa quá trình hàn, dây hàn bột chia thành dây để hàn tự động; dây để hàn bán tự động và dây dùng cho cả hai loại hàn trên.

Theo vị trí của mối hàn: mối hàn đứng dùng dây СП-1; mối hàn ngang dùng dây ПП-АН5.

Dây hàn bột dùng để hàn các loại kết cấu khác nhau có thể chia thành hai nhóm:

+ Nhóm dây vạn năng.

+ Nhóm dây để hàn các trường hợp riêng biệt (hàn các kết cấu kim loại mỏng, các ống dẫn, vỏ tầu thủy v.v.)

Dây ПП-АНМ-1 dùng để hàn thép cacbon thấp dạng tấm có chiều dày δ = 1- 3 mm.

Dây ПВС-1; ПВС-1С; ПВС-3 để hàn đối đầu các ống dẫn.

Dây ЭПС-15/2 để hàn bán tự động thép cacbon thấp và thép hợp kim thấp; dây này cũng có thể dùng hàn các kết cấu cốt thép bê tông.

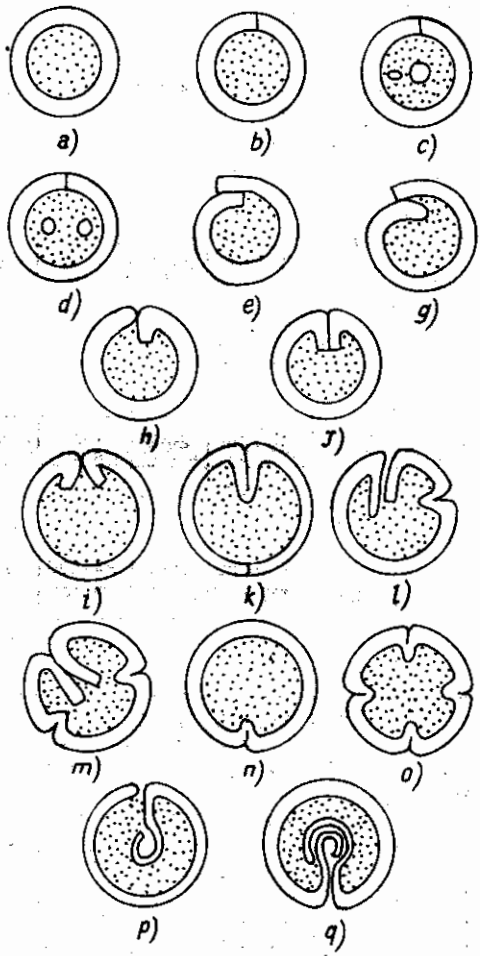
Dây ПП-АН3 (dây có kết cấu hai lớp) dùng để hàn tự động và bán tự động các kết cấu từ thép cacbon thấp và thép hợp kim thấp (thép 09Г2С; 14Г2С; 10Г2СД; 10ХСНД .v.v).

Dây hàn ПП-АН5 dùng riêng cho hàn tự động trong môi trường khí bảo vệ CO_2 khi hàn các mối hàn đứng có dùng các biện pháp tạo dáng mối hàn cưỡng bức.

Dây hàn ПП-АН10 dùng để hàn các kết cấu đòi hỏi chất lượng đặc biệt, làm việc trong các điều kiện tải trọng và nhiệt độ thấp.

Trong công nghệ phục hồi các bề mặt chi tiết máy mòn bằng hàn tự động và bán tự động thường dùng dây hàn đắp riêng. Theo tiêu chuẩn ГОСТ 2246-70 các dây có kí hiệu Hn.30; Hn.50; Hn-30X; Hn-2X14... được cho phép chế tạo có thành phần cacbon cao hơn so với dây hàn thường.

Ngoài dây hàn thép cũng có các loại màu như dây nhôm, dây đồng và dây hợp kim của nó.



Hình 21. Các dạng kết cấu dây hàn bột

Bảng 46. **Các đặc tính của dây hàn bột**

Loại dây hàn	Mác kim loại đắp	Đường kính (mm)	Chế độ hàn			Hệ số đắp (G/Ah)	Vị trí mối hàn	Tầm với (mm) CM
			Ih (A)	U (V)	Vh (m/h)			
ПП-АН1	Э42	2,8	200-350	24-28	tới 170	12,5	Sấp và nghiêng	15-25
ПП-АНМ1	1,8 2 2,2	1,8 2 2,2	140-150 160-180 200-210	18-20 20-22 23-25	-	14	Sấp và đứng	-
ПП-1ДСК	Э50	1,8 2,5	210-260 260-340	22-26 25-28	170-190 200-240	11,5	Tất cả các vị trí trừ mối hàn trần	
ПВС-1С	Э46	1,6	140-180	22-25		13,5	Sấp và nghiêng	-
ПВС-1П ПВС-3	Э50	2	150-200	24-27		13,5	Sấp và nghiêng	-
ПП-АН3	Э50А	2,8 3	290-500 360-560	23-30 24-32	142-435	15,5 16,5	Sấp	40-50
ПП-АН3С		3	400-450	24-27	-	-	Ngang	
ПП-АН7		2 2,3	130-300 150-320	19-25 20-26			Tất cả các vị trí trừ mối hàn trần	15-40
ЭПС-15/2 ЭПС-15/М		2,5 2,1	250-580 100-250	25-32 20-27	210-580 100-190	20	Sấp và nghiêng Ngang	40-60 10-15
ППЮДСК		2,35	240-400	22-32	188-435	18,5	Tất cả, trừ mối hàn trần	40-60
ПП-АН6		2,8	350-490	23-28	-	-	Sấp	15-45
ПП-3ПСК		2,5	240-400	23-29	152-337		Sấp và ngang	30-40
СП-1		1,35	80-200	18-24	88-582	22	Ngang và đứng	15-30
ПП-АН4	Э50А	2,25 2,5	230-370 300-650	25-29 25-38	210-337 265-382	18 18	Sấp và nghiêng	30-40
ПП-АН9		2,2 2,5	240-440 330-530	25-35 26-36	298-500 265-435		Sấp và nghiêng	-

Bảng 47. **Tính chất cơ học của kim loại hàn bằng dây hàn bột**

Mác dây	Tính chất cơ học		
	σ_B (kG/mm^2)	δ [%]	a_K (kGm/cm^2)
ПП-АН1	50	21	10
ПП-АНМ-1	42	18	8
ПВ-1	49	22	12
ПВС-3	53	21	12
ПП-АН3	56	28	20
ПП-АН7	52	28	18
ПП-АН11	56	26	19
ПП-АН9	54	29	17
ПП-АН8	53	28	16
ПП-АН10	54	28	16

3. Thuốc hàn

a) Yêu cầu chung

Thuốc hàn dùng để bọc que hàn tay hay dùng để hàn tự động và hàn bán tự động có các yêu cầu riêng song chúng có cùng một số đặc tính cơ bản sau:

- Có khả năng ion hóa mạnh để dễ gây hồ quang trong quá trình hàn.

- Bảo vệ kim loại lỏng mối hàn không tác dụng với ôxy và nitơ của không khí xung quanh để cơ tính mối hàn cao.

- Tạo xỉ tốt, xỉ nổi phủ đều trên bề mặt mối hàn để chống khí xâm nhập và giúp cho mối hàn nguội chậm, xỉ phải để tách khỏi mối hàn.

- Có tác dụng hợp kim hóa kim loại mối hàn để nâng cao cơ tính của mối hàn.

- Có chất dính kết tốt để đảm bảo độ bền sau khi bọc vào lõi que hay tạo hạt thuốc hàn tự động.

Đối với thuốc bọc que hàn có thêm yêu cầu: nhiệt độ chảy của hỗn hợp phải cao hơn nhiệt độ chảy của lõi que để khi hàn thuốc bọc tạo thành hình phễu, hướng kim loại nóng chảy đi vào vũng hàn.

Đối với thuốc hàn tự động và bán tự động còn phải yêu cầu có nhiệt độ chảy thấp hơn so với kim loại hàn, để giảm hao phí nhiệt và giảm hao phí dây hàn vì bị cháy và bắn tóe và để tăng hệ số đắp.

b) Phân loại

Theo công dụng thuốc hàn tự động và bán tự động có 3 loại:

- Thuốc để hàn thép cacbon thấp và thép hợp kim thấp.
- Thuốc để hàn thép hợp kim cao.
- Thuốc để hàn kim loại và hợp kim màu.

Còn có loại có tính chất chung vừa để hàn thép hợp kim cao vừa để hàn kim loại màu, ví dụ, thuốc hàn AH-20 của Liên bang Nga.

Hàn thép cacbon và thép hợp kim thấp thường dùng loại thuốc có hàm lượng Si và Mn cao như loại AH-348. Khi hàn thép hợp kim cao, người ta dùng thuốc hàn có tính chất trung tính. Nó là hợp chất các fluorua hay clorua canxi, natri, v.v.. như thuốc hàn АНФ-5; АНФ-6.

Theo tiêu chuẩn thuốc hàn của Liên bang Nga - ГОСТ 9087-69 thuốc hàn nóng chảy dùng cho hàn tự động và bán tự động có các mác sau: AH-348A; AH.348-AM; AH-8; AH-20CM; AH-20П; AH-26СП.

Ngoài các loại trên thép còn được hàn với các loại thuốc sản xuất theo các tiêu chuẩn của các cơ sở khác nhau (ví dụ, ở Nga có thuốc của viện PATON và Viện ЦНИИТМАШ v.v.)

Phạm vi sử dụng các loại thuốc để hàn thép được chỉ dẫn theo bảng 48.

Bảng 48. **Lĩnh vực sử dụng thuốc hàn thép cacbon và thép hợp kim thấp (Liên Bang Nga)**

Thuốc hàn	Thép hàn	Lĩnh vực sử dụng
AH-348A	Tất cả thép cacbon 16ГС; 14ХГС; 14Г2, 10Г2; 25ХГС; 10Г2АФ...	Hàn tự động các kết cấu
AH-348AM	7ГС; 15ГСТЮ; 15ХСНД; 10ХСНД; 12Г2СМФ.	Hàn bán tự động các kết cấu
ОСЦ-45 ОСЦ-45М	Tất cả thép cacbon 10ХСНД, 15ХСНД, 09Г2С; 14Г2; 18Г2; 16ГС; 10Г2СД; 17ГС.	Hàn tự động các kết cấu
АНК-30	10ХСН; 15СНД; 15ГС; 14ГС; 17ГС; 10Г2СД Tất cả thép cacbon thấp	Sử dụng cho những mối hàn được thực hiện với loại thuốc này.

c) Thuốc hàn, dây hàn của một số nước.

- Thuốc hàn, dây hàn của Thụy Điển

+ Thuốc hàn cho hàn hồ quang dưới lớp thuốc (hãng ESAB) cho trong bảng 49.

Bảng 49.

Thuốc OK	Loại	Tính chất	Khả năng hợp kim hóa	Chú thích
10.16	Thiêu kết	bazơ	Không	Tẩy rửa lớp phủ
10.40	Nấu chảy	axit	Hợp kim hóa Mn	
10.61	Thiêu kết	bazơ cao	Không	
10.62	Thiêu kết	bazơ cao	Không	
10.70	Thiêu kết	bazơ	Hợp kim hóa Mn	
10.71	Thiêu kết	bazơ	Không	
10.80	Thiếu kết	trung tính	Hợp kim hóa Mn	
10.81	Thiêu kết	axit	Hợp kim hóa Mn	
10.91	Thiêu kết	axit	Hợp kim hóa Cr	
10.92	Thiêu kết	trung tính	Hợp kim hóa Cr	
10.96	Thiêu kết	axit	Hợp kim hóa Cr	

+ Các chỉ tiêu kỹ thuật của mối hàn (dùng thuốc hàn và dây hàn của ESAB) xem trong bảng 50.

+ Thành phần hóa học và tính chất cơ học của kim loại hàn khi dùng dây hàn và thuốc hàn của hãng ESAB xem trong bảng 51.

+ Vật liệu bổ sung của ESAB (Thụy Điển) cho hàn MIG, hàn hồ quang dưới lớp thuốc để hàn thép không gỉ tương ứng với các tiêu chuẩn JIS; AFNOR; AISI, BS và DIN được giới thiệu trong bảng 52.

- Dây hàn và thuốc hàn hãng Loncoln (Mỹ) dùng cho hàn đắp dưới lớp thuốc và hàn tự động giới thiệu trong bảng 53 và 54.

Bảng 50. **Đặc trưng kỹ thuật mối hàn**

Loại thuốc hàn và công dụng	Dây hàn	Thành phần hóa học mối hàn %				Tính chất cơ học của kim loại hàn kG/mm²		Tiêu hao thuốc và dây hàn kg/kg
		C	Si	Mn	Mo	Độ bền uốn	Độ bền kéo	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
OK 10.40 (AWS: F6A2-EL12) DIN 32522:FMS198AC Thuốc nóng chảy hợp kim Mn dùng cho hàn hồ quang dưới lớp thuốc	OK Autrod 12-10 12-20	0,1 0,1	0,6 0,7	1,3 1,6		35 41	48 53	Điện thế hàn 30V : 1kg/1kg Điện thế hàn 40V : 2kg/1kg
OK 10.61 (AWS F6A4-EM12) DIN 32522:BFB165DC7 Thuốc thiêu kết tính bazơ cao (2,8) dùng cho hàn hồ quang dưới lớp thuốc cho thép có độ bền cao	OK Autrod 12-10 12-22 12-24	0,08 0,08 0,08	0,1 0,3 0,3	0,6 1,0 1,0	0,4	35 40 52	48 52 65	d = 4mm; I = 500A U = 24V → 0,7kg/1kg U = 36V → 1,4kg/1kg d = 6mm; I = 800A U = 30V → 0,7kg/1kg U = 38V → 1,3kg/1kg

(tiếp bảng 50)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
OK 10.62	OK Autrod							
(AWS: F6A4-EM12)	12.22	0,1	0,25	1,0		44	51	
(DIN 32522:BFB155AC8)	12.24	0,1	0,15	1,0	0,4	51	59	
Thuốc thiêu kết tính bazơ	12.32	0,1	0,25	1,5		47	55	
chất lượng cao (3,4) dùng	12.34	0,1	0,25	1,5	0,4	59	66	
cho hàn hồ quang dưới	12.40	0,1	0,15	1,9		57	66	
lớp thuốc để mối hàn có								
độ dai va đập cao								
OK 10.70								
(AWS: F7A4-EL12)								
(DIN 32522: BAB179AC8)	OK Autrod							
Thuốc thiêu kết có tính	12.10	0,07	0,4	1,6		44	52	U = 30V → 0,7 ÷ 0,75 kg/1kg
bazơ (1,7) và hợp kim								
hóa bằng Mn	12.30	0,07	0,5	2,0		51	60	U = 34V → 0,9 ÷ 0,95 kg/1kg
								U = 38V → 1,2 ÷ 1,3 kg/1kg
OK 10-91		(C)	(Cr)	(Ni)	(Mo)			
(DIN 32522: BCS571545AC)	OK Autrod							
Thuốc thiêu kết	16.10	ít	19	10	-			U = 30V → 0,7 kg/1kg
tính bazơ (1,0) dùng	16.30	ít	18	12	3			U = 35V → 1 kg/1kg
hàn thép crôm cao	15.73	0,3	13	-	-			U = 35V → 1,3 kg/1kg

Bảng 51. **Cơ tính và thành phần hóa học mối hàn**

Loại dây / Loại thuốc		Thành phần hóa học dây hàn %				Thành phần hóa học của kim loại hàn %				Tính chất cơ học của kim loại hàn kG/mm²	
		C	Si	Mn	Mo	C	Si	Mn	Mo	Độ bền uốn	Độ bền kéo
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
OK Autrod	12.10	0,1	≤0,02	0,5							
OK thuốc	10.40					0,1	0,6	1,3		35	48
	10.61					0,08	0,1	0,6		35	48
	10.70					0,07	0,4	1,6		44	52
	10.71					0,07	0,2	0,9		36	46
	10.80					0,1	0,5	1,4		42	54
	10.81					0,1	0,8	1,1		49	57
Autrod	12.20	0,1	0,1	1,0							
Thuốc	10.40					0,1	0,7	1,6		41	53
	10.50					0,13	0,1	1,0		30	45
	10.70					0,07	0,5	2,0		51	60
	10.71					0,07	0,3	1,3		40	50
	10.80					0,1	0,6	1,7		46	57
	10.81					0,1	0,9	1,4		53	62

(tiếp bảng 51)

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Autrod	10.22	0,1	0,25	1,0							
Thuốc	10.50					0,13	0,10	1,0		30	45
	10.61					0,08	0,3	1,0		40	52
	10.62					0,1	0,25	1,0		44	51
	10.71					0,08	0,4	1,3		46	55
Autrod	12.24	0,1	0,1	1,0							
Thuốc	10.50					0,1	0,2	1,0		35	50
	10.61					0,08	0,3	1,0		52	65
	10.62					0,1	0,15	1,0		51	59
	10.71					0,08	0,3	1,3		50	60
Autrod	12.32	0,12	0,2	1,6							
Thuốc	10.62					0,1	0,25	1,5		47	55
	10.71					0,08	0,4	1,6		49	57
Autrod	12.34	0,12	0,2	1,5	0,5						
Thuốc	10.62					0,1	0,25	1,5	0,4	59	66
	10.71					0,1	0,4	1,6	0,4	15	63

Bảng 52. **Vật liệu hàn để hàn MIG cho thép không gỉ**

*Thép theo JIS	Loại thép	Hàn MIG OK Autrod	Hàn hồ quang dưới lớp thuốc OK Thuốc + OK Autrod	Theo các tiêu chuẩn khác			
				AFNOR	AISI	BS1449	DIN
2301	13% Ferit-Mactenxit	16.32	10.91 hoặc 10.92+16.30	Z 6C13	410 S	(410 S 21)	1.4001
2302	13% Ferit-Mactenxit	16.32	10.91 - 10.92+16.30	Z12C13	410	410 S21	1.4006
2303	13% Ferit-Mactenxit	16.32	10.91 - 10.92+16.30	Z20C13	420	420S37	1.4021
2320	17% Cr Ferit	16.32	10.91 - 10.92+16.30	Z8C17	430	430S15	1.4016
2330	18Cr 8Ni Austenit	16.12	10.91 - 10.92+16.10	Z12CN18-09	302	302S25	1.4300
2332	19Cr 10Ni Austenit	16.12	10.91 - 10.92+16.10	Z6CN18-09			
2333	19Cr 10Ni Austenit	16.12	10.91 - 10.92+16.10	Z6CN18-09	304	304S15	1.4301
2337	18Cr 11Ni Austenit	16.11	10.91 - 10.92+16.11	Z6CNT18-11	321	321S12	1.4541
2338	18Cr 11Ni Austenit	16.11	10.91 - 10.92+16.11	Z6CNNb18-11	347	347S12	1.4550
2341	18Cr 11Ni1,7Mo Austenit	16.32	10.91 - 10.92+16.30				
2343	18Cr 12Ni2,8Mo Austenit	16.31	10.91 - 10.92+16.30	Z6CND17-12	316	316S16	1.4436
2344	18Cr 12Ni2,8Mo Austenit	16.31	10.91 - 10.92+16.30	Z8CNDT17-13	-	320S17	1.4573
2347	18Cr 12Ni2,3Mo	16.32	10.91 - 10.92+16.30	Z6CND17-11	316	316S16	1.4401
2352	19Cr 11Ni2,8MoELC	16.32	10.91 - 10.92+16.30	Z2CND17-13	316L	316S12	1.4435
2361	25Cr 20Ni						
2366	19Cr 13Ni3,5Mo	16.34	10.91 - 10.92+16.34		317		1.4311
2367	19Cr 13Ni3,5MoL	16.34	10.91 - 10.92+16.34		317L		1.4429

Bảng 53. **Dây và thuốc hàn dùng hàn đắp (Lincoln, Mỹ)**

Dây hàn	Thuốc	Độ cứng kim loại hàn [HRC]
Jet-LH BV-90	-	23-28
Lincore 30	801	29-32
Lincore 40	801	39-42
L-60	J535	34-46
L-60	A-100	30-32
L-60	A 965	52-54
L-60	H 550	32-60
Lincore 55	-	56-62
L-60	H 560	56-61

Bảng 54. **Dây và thuốc hàn tự động (Lincoln)**

Dây hàn	Thuốc hàn	Công dụng
L -50; L-60	760; 761; 780; 781; 790	Hàn thép cacbon thấp
L-61; L-70	860; 880; 882; 890	và thép hợp kim thấp
LC-72		
L-60; L-61		
L-70		
LAC Ni2	880; 882	
LAC M2	880	Hàn thép hợp kim
LAC B2	800	

4. Các loại vật liệu khác

a) *Khí bảo vệ.* Các khí trơ (hêli, argon, v.v.) không có khả năng thâm gia vào các phản ứng hóa học. Trong lĩnh vực hàn người ta chỉ sử dụng khí argon và hêli (bảng 55, 56).

- *Khí argon (Ar)* là một loại khí không màu, không mùi, nặng hơn không khí khoảng 25%. Argon lỏng không mầu, không mùi và sôi ở nhiệt độ -185,5°C dưới áp suất thường.

Argon được sản xuất ra ở dạng lỏng và dạng khí. Theo tiêu chuẩn ГОСТ

10157-73 có 3 loại, tùy theo thành phần tạp chất.

- *Hêli (He)* là chất cũng không có mầu, không mùi, có tỷ trọng riêng nhỏ hơn argon khoảng 10 lần.

- *Khí cacbonic (CO_2)* được sử dụng rộng rãi trong hàn để làm khí bảo vệ. Ở áp suất cao CO_2 chuyển sang dạng lỏng, còn khi được làm lạnh ở áp suất thường nó chuyển sang trạng thái rắn (nước đá khô).

Trọng lượng 1 lít CO_2 lỏng ở nhiệt độ $+20^oC$ là 0,77 kG còn ở nhiệt độ -11^oC hoặc thấp hơn, nó trở nên nặng hơn nước; vì vậy người ta mua bán khí CO_2 theo trọng lượng, không theo thể tích.

Khí CO_2 được nén ở áp suất cao, chia làm bốn dạng (theo ГОСТ 8050-64): CO_2 hàn loại 1 và 2; CO_2 thực phẩm và CO_2 kỹ thuật. Ba dạng đầu được dùng cho hàn; còn CO_2 kỹ thuật chỉ được dùng cho hàn sau khi nó đã được làm sạch tạp chất.

- *Nitơ (N).* Loại khí này ít được sử dụng để hàn như là một loại khí bảo vệ độc lập (dùng trong trường hợp hàn đồng).

Bảng 55. **Khí và tính chất vật lý của chúng**

Loại khí	Khối lượng riêng (kg/m^3)	Thể tích khí (m^3) trong bình 40l	Loại khí	Khối lượng riêng (kg/dm^3)	Thể tích khí (m^3) trong bình 40l
Argon	1,7833	6,0	Hydrô	0,090	6,0
Hêli	0,17847	6,0	Khí CO_2	1,97686	12,67
Nitơ	1,25	6,0			

Ghi chú: 1) Trong bình tiêu chuẩn 40l chứa 25kg khí CO_2 lỏng.
2) 1kg khí CO_2 lỏng ở môi trường 0^oC và áp suất 1 atm cho 506,8 lít khí.

Bảng 56. **Khí dùng để hàn và cắt kim loại**

Loại khí	Độ tinh khiết không nhỏ hơn (%)	Số lượng khí	Loại khí	Độ tinh khiết không nhỏ hơn (%)	Số lượng khí
Argon sạch			Khí nitơ		
Loại A	99,99	1 m^3	Sạch:	99,9	100 m^3
Loại B	99,96	1 m^3	Loại I	99,5	100 m^3
Loại C	99,90	1 m^3	Loại II	99,0	100 m^3
Argon kỹ thuật	84 ÷ 88	1 m^3	Khí CO_2:		
			+ Dùng để hàn		
Hêly			- Loại I	99,5	1 m^3
+ Độ sạch cao	99,985	1 m^3	- Loại II	99,0	1 m^3
+ Kỹ thuật	99,8	1 m^3			
			+ Dùng cho thực phẩm	98,5	1 m^3
Hydrô kỹ thuật					
Loại A	99,7	1000 m^3			
Loại B	98,0	1000 m^3			
Loại C	97,5	1000 m^3			

b) Điện cực không nóng chảy

Hiện nay người ta dùng một số loại điện cực không nóng chảy, chế tạo từ một số vật liệu khác nhau như than, graphit, vonfram, đồng để hàn.

- *Điện cực than dẫn điện kém*, có điện trở suất lớn gấp 4 lần điện trở suất của graphit. Đôi khi điện cực than được bọc đồng ở bên ngoài để tăng độ bền của nó khi tăng mật độ dòng điện.

- *Điện cực graphit* được chế tạo từ than có tăng thêm một lượng graphit (bằng cách giữ lâu ở nhiệt độ 2500°C). Đôi khi người ta cũng dùng những điện cực graphit thừa trong công nghiệp nấu thép. Trong trường hợp này, người ta xẻ thành các thanh có tiết diện ngang vuông hoặc chữ nhật và sau đó làm nhọn đầu.

Trong công nghệ hàn người ta hay dùng điện cực bằng vonfram hơn là điện cực than hoặc điện cực graphit.

Tuy nhiên điện cực than và điện cực graphit có những ưu điểm sau:

+ Hồ quang cháy ổn định ngay cả khi dòng điện nhỏ (3-5 A) và chiều dài

hồ quang lớn (tới 50 mm).

+ Điện cực mòn chậm, dễ thao tác, có thể hàn được những chiều dày nhỏ (1-3 *mm*) với tốc độ rất lớn (tới 50 - 70 m/h).

- *Điện cực vonfram* là loại điện cực được dùng rộng rãi trong số các điện cực không nóng chảy. Ưu điểm của loại điện cực này là dễ gây hồ quang và hồ quang cháy ổn định. Quá trình hàn bằng điện cực vonfram dễ tự động hóa. Nó được sử dụng để hàn cho nhiều loại thép khác nhau với chiều dày khác nhau và trong tất cả các vị trí không gian hàn khác nhau. Đồng thời nó luôn cho chất lượng kim loại hàn đạt chất lượng cao.

Đặc tính của một số điện cực vonfram cho ở bảng 57.

Bảng 57. **Đặc tính của một số loại điện cực vonfram**

Mác điện cực	Đường kính (mm)	Thành phần %				
		Vonfram	Ôxyt tori	Ôxyt lantan	Ôxyt itria	Tantan
VL-10	1-10	98,36-99	-	1-1,9	-	-
VL-20	2-10	97,86-98,5	-	1,5-2,0	-	-
VT-7	0,2-10	99-99,3	0,7-1,0	-	-	-
VT-10	0,2-10	98,4-99	1-1,5	-	-	-
VT-15	0,2-10	97,85-98,5	1,5-2	-	-	-
VT-2	1-10	-	-	-	1,6-2	0,01
VT-3	1-10	96,75-97,5	-	-	1,25-3,1	0,01

Chương III
HÀN KHÍ VÀ HÀN VẢY

I. NGUỒN NHIỆT NGỌN LỬA KHÍ CHÁY

Ngọn lửa khí cháy được dùng cho phương pháp công nghệ hàn nóng chảy thường được gọi là công nghệ hàn khí cháy (hàn hơi).

Hàn hơi là một trong những phương pháp hàn hóa năng, trong đó dùng nhiệt lượng phản ứng cháy của khí cháy trong ôxy để nung nóng chảy vật liệu hàn và vật liệu bổ sung để tạo nên mối hàn.

Phương pháp hàn hơi đã được áp dụng rộng rãi trong sản xuất từ đầu thế kỷ 20. Lúc đầu, khi phương pháp hàn hồ quang còn chưa hoàn hảo, hàn hơi là phương pháp hàn cơ bản dùng trong gia công kim loại và cho các mối hàn có độ bền cao.

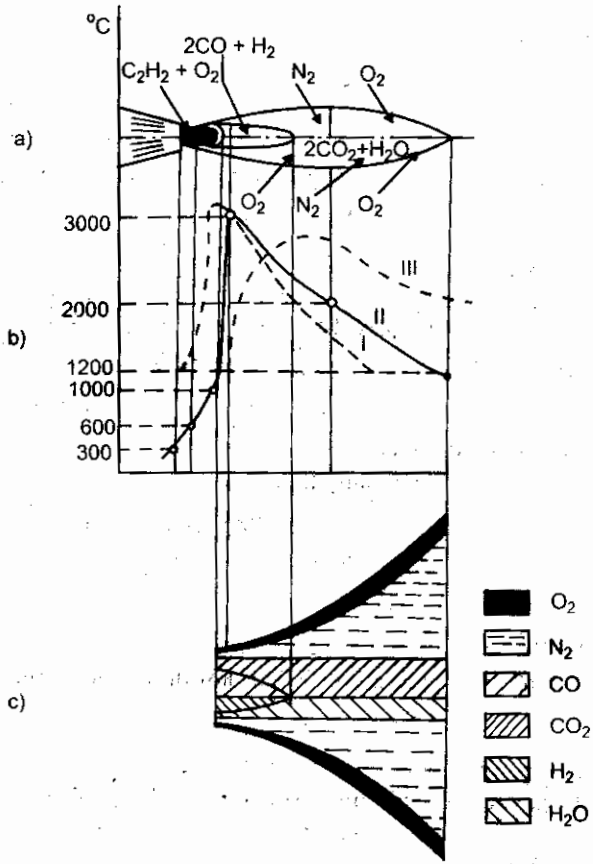
Hiện nay phương pháp hàn hơi được dùng rộng rãi để hàn các tấm, các kết cấu kim loại có thành mỏng và các kim loại và hợp kim màu.

Các khí dùng cho hàn hơi có 2 loại: khí ôxy dùng để giúp cho sự cháy tồn tại và các khí cháy như axêtylen (C_2H_2), hydrô (H_2), mêtan, khí xăng dầu v.v... Trong thực tế, khí đốt chủ yếu dùng để hàn là khí axêtylen, vì khí này khi cháy trong ôxy tỏa ra nhiệt lượng có ích cao nhất (11470 Cal/m^3) và đưa nhiệt độ ngọn lửa lên mức cao nhất (3150°C).

Ngọn lửa cháy của khí axêtylen và ôxy cho nhiệt độ cao nhất. Với tỷ lệ thích ứng $\beta = \frac{O_2}{C_2H_2}$ sẽ cho những ngọn lửa có những đặc điểm về năng lượng khác nhau.

1. Ngọn lửa trung hòa

Khi tỷ số $\beta = 1,0 \div 1,2$, ngọn lửa có tên là ngọn lửa trung hòa (hình 22). Ngọn lửa này được dùng nhiều trong hàn thép, đồng, bạc, kẽm.



Hình 22. Ngọn lửa trung hòa của hỗn hợp $C_2H_2 + O_2$
a) quá trình cháy;
b) sự phân bố nhiệt
I. ngọn lửa ôxyt hóa;
II. ngọn lửa trung hòa;
III. ngọn lửa cacbon hóa
c) thành phần hóa học của ngọn lửa.

Ngọn lửa chia thành 3 vùng: vùng hạt nhân, vùng giữa và vùng đuôi ngọn lửa.

- Vùng hạt nhân có chiều dài ngắn, xuất hiện ở đầu mỏ hàn, có màu sáng trắng, nhiệt độ ở đây không cao. Trong vùng này là hỗn hợp của khí C_2H_2 + O_2 và xuất hiện sự phân ly của khí C_2H_2.

- Vùng cháy không hoàn toàn (vũng giữa ngọn lửa), tại đây xẩy ra phản ứng cháy đầu tiên (pha thứ nhất):

$$C_2H_2 + O_2 \rightarrow 2CO + H_2 + 21 \ [MJ.\ m^{-3}]$$

Ở vùng này các sản phẩm hóa học bao gồm 61% CO; 22% H_2; 17% H. Quá trình cháy làm cho nhiệt độ vùng này tăng mạnh, đặc biệt ở điểm cách đầu nhân ngọn lửa khoảng 2 ÷ 3 mm cho nhiệt độ cao nhất (3150°C). Do sự cháy mạnh mà vùng này có màu xanh sáng. Ở điểm cuối của vùng này (cách đầu của hạt nhân ngọn lửa khoảng 10mm) đã có biểu hiện của khu vực cacbua hóa.

- Vùng cacbua hóa (vùng cháy hoàn toàn hoặc vùng đuôi ngọn lửa). Vùng này có mầu vàng lẫn mầu đỏ, và tại đây xảy ra pha thứ hai của sự cháy. Từ các sản phẩm của pha này đều được kết hợp với ôxy của môi trường không khí théo phản ứng:

$$C_2H_2 + H_2 + 1{,}5O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O + 27 \quad [MJm^{-3}].$$

Trong vùng này chứa đựng các sản phẩm gây ra sự ôxyt hóa bao gồm CO_2; H_2O; O_2 và có cả H_2.

2. Ngọn lửa ôxyt hóa:

Khi tỷ số $\beta = \dfrac{O_2}{C_2H_2} > 1{,}2$, ngọn lửa có tên là ngọn lửa thừa ôxy hay ngọn lửa ôxy hóa.

Đặc điểm của ngọn lửa này là hạt nhân của ngọn lửa ngắn hơn so với ngọn lửa trung hòa; mặt khác do trong ngọn lửa thừa ôxy có trong vùng xung quanh cụng hàn do vậy gây ra sự ôxy hóa các nguyên tố hợp kim của vùng hàn. Ngọn lửa này có màu xanh.

Ngọn lửa này thường dùng để hàn hợp kim đồng (đồng thau, đồng thanh) hoặc dùng để tôi bề mặt thép, ít dùng để hàn đồng đỏ hoặc các kim loại nhẹ.

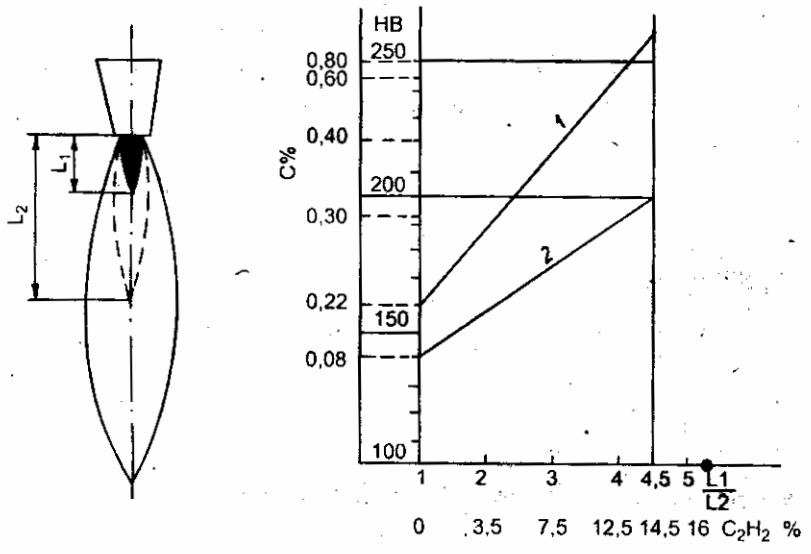
3. Ngọn lửa cacbon hóa

Ngọn lửa cacbon hóa (còn gọi là ngọn lửa thừa cacbon).

Ở đây tỷ số $\beta = \dfrac{O_2}{C_2H_2} < 1$. Ngọn lửa này có phần hạt nhân bị kéo dài hơn và có mầu đỏ sáng (tức là màu vàng trên nền đỏ). Thường dùng ngọn lửa này cho việc hàn vẩy các hợp kim nhôm và hàn gang.

Công suất nhiệt của ngọn lửa hàn khí được điều chỉnh bởi lưu lượng khí

đốt đưa vào hỗn hợp cháy trong một đơn vị thời gian, bằng cách dùng các van điều chỉnh trên mỏ hàn để thực hiện. Hình 22 và hình 23 biểu thị ngọn lửa hàn khí $C_2H_2 + O_2$ với sự phân bố nhiệt độ theo các vùng và kích thước hạt nhân ngọn lửa phụ thuộc vào lưu lượng khí C_2H_2 và đường kính lỗ mỏ hàn.



Hình 23. Kích thước của hạt nhân ngọn lửa với đường kính mỏ hàn và lưu lượng khí C_2H_2 khác nhau.
1- Thép 0,22 %C; 2- Thép 0,08%C.

Đối với ngọn lửa hyđrô và ôxy dùng cho công nghệ hàn cũng có quá trình diễn ra giống với ngọn lửa $C_2H_2 + O_2$; nhưng ngọn lửa $H_2 + O_2$ không có hạt nhân ngọn lửa và nhiệt độ của ngọn lửa này đạt được thấp hơn (2800°C).

Trong công nghệ hàn khí, khi ngọn lửa khí tiếp xúc với bề mặt vật hàn, chúng sẽ truyền nhiệt cho vật hàn theo một đường. Gọi là vệt nung nóng. Trong vệt này, cường độ cấp nhiệt trong các phần khác nhau của vệt sẽ khác nhau.

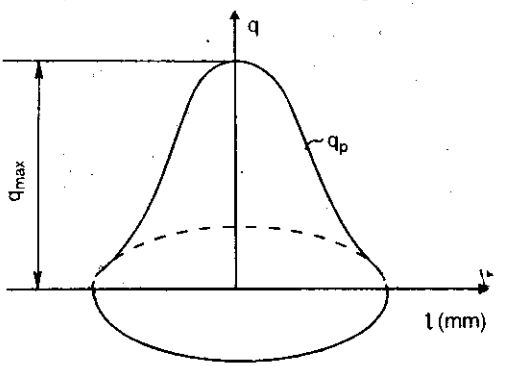
Hình 24 cho thấy cường độ cấp nhiệt thay đổi theo hướng chùm ngọn lửa.

Giả sử gọi:

q_{max} - dòng nhiệt cấp cực đại ở tâm vật nung;

K - hệ số tập trung nhiệt phụ thuộc vào kích thước và sự phân bố nhiệt cho ngọn lửa.

ρ - bán kính vật nung ở điểm xét.



Hình 24. Mô hình chùm nhiệt của ngọn lửa.

q_n- cường độ dòng cấp nhiệt.

Khi đó ta có

$$q_n = q_{max} \cdot e^{-k_p^2} \qquad (39)$$

Mặt khác sự cấp nhiệt này còn phụ thuộc vào lượng khí C_2H_2 tiêu hao (bảng 58)

Bảng 58. **Lượng nhiệt cung cấp phụ thuộc lượng tiêu hao khí C_2H_2.**

Vị trí điều chỉnh van mỏ hàn	Tiêu hao C_2H_2 [l/h]	Lượng cấp nhiệt hữu ích q_l		qmax (cal/cm^2.s)	K [1/cm^2]
		cal/s	KJ/s		
1	150	380	1,59	47	0,39
2	250	600	2,51	67	0,35
3	400	720	3,03	72	0,31
4	600	920	3,75	82	0,28
5	1000	1270	5,31	93	0,23
6	1700	1750	7,32	111	0,20
7	2600	2250	9,40	122	0,17

II. VẬT LIỆU HÀN KHÍ CHÁY

1. Ôxy. Ôxy được chứa trong chai có áp suất 150 kG/cm^2 hoặc được lấy từ hệ thống ống dẫn của trạm điều chế ôxy. Bản thân ôxy không cháy nhưng là chất không thể thiếu trong quá trình cháy. Nói chung khí ôxy ít nguy hiểm.

2. Cacbit canxi (đất đèn) là chất có màu tro dưới dạng cục rắn. Kích thước các cục cacbit canxi và ký hiệu qui ước của chúng cho trong bảng 59.

Bảng 59. **Ký hiệu và kích thước các cục cacbit canxi**

Kích thước các cục cacbit canxi (mm)	2-8	8-15	15-25	25-80
Ký hiệu qui ước	2/8	8/15	15/25	25/80

Khi phân loại rồi, cacbit canxi không được chứa hơn 2-5% số cục có kích thước khác loại. Cacbit canxi được chứa trong các thùng sắt kín. Cacbit canxi dùng để chế khí axêtylen.

3. Axêtylen là chất khí không màu và có mùi hôi đặc trưng, nó dễ cháy và dễ gây nổ. Nếu hít phải khí này trong một thời gian dài sẽ bị chóng mặt, buồn nôn và có thể bị nhiễm độc. Trong kỹ thuật hàn, khí axêtylen được điều chế từ cacbit canxi (bảng 60).

Bảng 60. **Điều chế khí axêtylen từ cacbit canxi**

Chỉ số	Kích thước cục (mm)								Kích thước hỗn hợp	
	25/80		15/25		8/15		2/8		Loại 2	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Thể tích axêtylen khô điều chế từ 1 kg cacbit canxi [lít]	285	265	275	255	265	245	255	235	275	255

Để một thể tích axêtylen cháy hoàn toàn, cần có 2,5 lần thể tích ôxy lớn hơn. Khi cháy trong hỗn hợp với ôxy sạch axêtylen cho ngọn lửa có nhiệt độ lên tới 3150°C.

4. Chất xốp và axêtôn. Để giữ được axêtylen trong bình chứa (chai đựng), người ta hòa tan axêtylen vào axêtôn và chất xốp để tạo điều kiện cho hỗn hợp hòa tan này có diện tích bề mặt tiếp xúc lớn.

Một thể tích axêtôn ở điều kiện tiêu chuẩn có thể hòa tan 23 lần thể tích axêtylen. Khi nhiệt độ môi trường tăng thì mức độ hòa tan axêtylen trong axêtôn giảm và ngược lại.

5. Các loại khí thay thế khí axêtylen. Đó là khí thiên nhiên, khí nén hỗn hợp prôpan - butan. Để 1 m^3 prôpan cháy, cần có 5 m^3 ôxy, với butan sẽ là 6,5 m^3 ôxy.

Prôpan - butan nặng hơn không khí. Nhiệt độ của ngọn lửa do hỗn hợp khí này cháy đạt 2500 - 2750°C.

Ngoài prôpan - butan, để cắt kim loại, người ta còn dùng khí thiên nhiên. Nhiệt độ ngọn lửa cháy của khí thiên nhiên đạt tới 2750°C - 2850°C.

Để cắt kim loại cũng có thể dùng dầu hỏa. Hơi của dầu hỏa dễ cháy nổ. Nhiệt độ ngọn lửa cháy đạt tới 2200 - 2400°C khi hơi của nó cháy trong ôxy.

6. Xăng. Xăng là chất dễ bốc hơi, trong không khí dễ bắt lửa. Hơi xăng nặng hơn không khí, do đó để gia công không nên dùng xăng nguyên chất. Nên dùng hỗn hợp 65-50% dầu hỏa và 35-50% xăng.

Bảng 61 và 62 cho các loại khí cháy dùng cho hàn và cắt.

Bảng 61. **Các loại khí cháy dùng để hàn và cắt [4]**

Loại khí	Nhiệt độ ngọn lửa với O_2 (°C)	Tỷ lệ hỗn hợp O_2 /khí cháy	Giới hạn gây nổ của hỗn hợp với	
			Không khí [%]	ôxy [%]
Axêtylen (C_2H_2)	2700 ÷ 3150	1,0 - 1,2	2,2 - 82	2,8 - 93
Hydrô (H_2)	2100 ÷ 2800	0,25 - 0,35	4,1 - 75	3,0 - 95
Hỗn hợp propan và butan (C_3H_3 + C_4H_{10})	2100 ÷ 2800	2,5 - 3	2,3 - 9,5	2,0 - 60
Mêtan (CH_4)	1700 ÷ 2500	1,0 - 1,4	4,5 - 15	4,5 - 60

Bảng 62. **Các loại khí thay thế khí axêtylen**

Khí thay thế	Khối lượng riêng (kg/m^3)	Hệ số thay thế khí axêtylen		Tỷ lệ tương ứng giữa ôxy và khí thay thế
		Khi hàn vẩy	Khi cắt ôxy	
Hydrô	0,0898	-	1,2	1 : 4
Propan kỹ thuật	1,867	-	0,6	1 : 3
Khí dầu mỏ	0,776- 1,357	-	-	1 : 3
Khí cốc	0,490	3,2	3,2	1 : 3
Khí thiên nhiên	-	-	-	1 : 3
Khí dầu hỏa	-	1,35	-	-
Axêtylen	1,091	-	-	1 : 2,5

III. HÀN VẨY

1. Khái niệm

Công nghệ hàn vẩy là một phương pháp hàn cổ điển đã được dùng ở thời kỳ 3200 năm trước công nguyên. Hiện nay hàn vẩy được sử dụng rộng rãi trong nhiều ngành công nghiệp và trong nhiều dạng kết cấu (hình 25).

Thực chất của hàn vảy là phương pháp nối các chi tiết kim loại hoặc hợp kim ở trạng thái rắn nhờ một kim loại trung gian gọi là vẩy hàn. Vảy hàn có nhiệt độ nóng chảy thấp hơn kim loại chi tiết hàn. Sự hình thành mối hàn ở đây chủ yếu dựa vào quá trình hòa tan và khuếch tán của vẩy hàn vào kim loại vật hàn ở mối nối. Vì thế trong quá trình hàn chỉ có vẩy hàn bị nóng chảy, do vậy có khả năng hòa tan vào mép hàn của chi tiết hàn và tiếp theo là quá trình khuếch tán khi mối hàn đông đặc.

Đặc trưng của hàn vẩy.

- Do không gây ra sự thay đổi thành phần hóa học của kim loại vật hàn, vùng ảnh hưởng nhiệt không tồn tại do vậy vật hàn không bị biến dạng.

- Có thể hàn được các loại kết cấu phức tạp mà các phương pháp hàn khác khó thực hiện được.

- Có khả năng hàn các loại vật liệu khác nhau.

- Năng suất hàn cao và không đòi hỏi công nhân bậc cao.

- Hiệu quả kinh tế cao.

2. Nhiệt độ hàn

Nhiệt độ hàn vẩy chọn theo loại vẩy hàn sử dụng. Đối với loại vẩy hàn mao dẫn người ta chọn nhiệt độ trên nhiệt độ chảy của vẩy khoảng (20 ÷ 100)^{o}C. Đối với loại vẩy bồi đắp thì nhiệt độ thấp nhất của vẩy hàn phải bằng nhiệt độ dính bám (thấm ướt).

Căn cứ vào nhiệt độ chảy của vảy, người ta chia vẩy hàn thành 2 loại:

- Vẩy hàn mềm là loại vẩy có nhiệt độ chảy thấp hơn 450°C.
- Vẩy hàn cứng là loại vẩy có nhiệt độ chảy cao hơn 450°C.

3. Sự thấm dính của vẩy hàn

Yếu tố quan trọng khi hàn vẩy là vẩy hàn phải có sức căng bề mặt ở bề mặt tiếp xúc giữa vật liệu rắn, vẩy hàn lỏng và môi trường khí bảo vệ (hoặc thuốc hàn).

Độ thấm dính bị ảnh hưởng bởi độ chảy lỏng; độ mao dẫn.

Độ lớn của sức căng bề mặt của kim loại lỏng phụ thuộc vào cấu trúc của giọt kim loại; nhiệt độ, thành phần thuốc hàn; môi trường và một số yếu tố về thành phần hóa học của vẩy hàn.

Độ thấm dính là khả năng của vẩy khi chảy dính bám vào bề mặt sạch của vật liệu cơ sở ở nhiệt độ làm việc. Khi đó hình dạng của giọt vẩy hàn chảy lỏng sẽ có năng lượng hệ thống giữa 3 pha (vật liệu cơ sở - vẩy hàn - thuốc hàn) là nhỏ nhất và lúc đó sẽ xẩy ra liên kết nguyên tử.

Hình 26 cho thấy ở vị trí tiếp xúc của giọt vẩy hàn có 3 thành phần lực:

- Lực F_1 là lực tương tác giữa các nguyên tử của lớp bề mặt của pha rắn và pha lỏng.
- Lực F_2 là lực tương tác giữa các nguyên tử trong pha lỏng
- Lực F_3 là lực tương tác giữa các nguyên tử của pha khí.

Trên cơ sở sự tương tác của các thành phần lực đó có thể xẩy ra 2 trường hợp:

- Sự thấm dính hoàn toàn: khi lực F_2 nhỏ hơn lực F_1.
- Không thấm dính, khi lực F_2 lớn hơn lực F_1 rất nhiều. Nếu gọi góc α là góc thấm dính thì ta có phương trình:

$$\sigma_{12} + \sigma_{23}\cos\alpha - \sigma_{13} = 0 \quad (40)$$

Do vậy góc thấm dính sẽ là:

$$\cos\alpha = \frac{\sigma_{13} - \sigma_{12}}{\sigma_{23}} = \frac{\sigma_H}{\sigma_{23}} \quad (41)$$

ở đây σ_H là ứng suất dính bám

Sự thấm dính sẽ xẩy ra khi $\sigma_{13} > \sigma_{12}$, $\cos\alpha > 0$, khi đó $0 < \alpha < 90^o$ (bảng 63).

Bảng 63. **Độ lớn của góc thấm dính α**

α^o	Mức độ thấm dính	Phạm vi sử dụng
0 đến 15°	Thấm dính hoàn toàn	Sử dụng đối với loại hàn mao dẫn
15 đến 75°	Thấm dính tốt	Hàn vẩy đắp
75 đến 90°	Thấm dính bình thường	Chỉ dùng cho hàn vẩy đắp
> 90°	Không thấm dính	Không dùng

Sự giảm ứng suất bề mặt σ_{23} và ứng suất σ_{12} và sự nâng cao ứng suất σ_{13} sẽ ảnh hưởng có lợi tới độ thấm dính. Với sự lựa chọn giá trị nhiệt độ, loại thuốc hàn và các thành phần hợp kim trong vẩy hàn sẽ có ảnh hưởng đến giá trị của các ứng suất trên.

Đối với các vật liệu có tính dẫn nhiệt cao như Cu, Al v.v..., nhiệt độ của bề mặt hàn vẩy trước khi có sự tiếp xúc với vẩy hàn nóng chảy phải bằng nhiệt độ kết tinh của vẩy hàn. Đối với các vật liệu có tính dẫn nhiệt kém, nhiệt độ thấp nhất của bề mặt hàn phải thấp hơn khoảng 25% so với nhiệt độ kết tinh của vẩy hàn.

Độ thấm dính của vẩy hàn và sự chảy loang ra của vẩy hàn có thể nâng cao hơn khi giảm bớt lượng các nguyên tố đưa vào vẩy là: Pd, Li, Ni, Si, Mn, Be, V, B, P.

4. Tính mao dẫn của vẩy hàn

Đó là khả năng của vẩy hàn chảy lỏng được điền đầy vào khe hở của mối nối ở nhiệt độ hàn bằng lực tác động mao dẫn.

Độ lớn của lực mao dẫn được xác định theo định luật thủy lực. Các kết quả thực tế đã cho thấy đối với loại vẩy hàn cứng sẽ đạt tính mao dẫn cao,

khi ứng suất dính bám $\sigma_H \geq 500$ MN.m^{-1}; đối với trường hợp hàn vẩy cứng trong môi trường ôxyt hóa thì $\sigma_H \geq 1000$ MN.m^{-1}. Mặt khác độ lớn của áp lực mao dẫn và mức độ mao dẫn cũng phụ thuộc vào dạng khe hở của mối nối.

5. Vảy hàn

Các yêu cầu cơ bản đối với vẩy hàn để bảo đảm các tính chất của mối hàn và công nghệ hàn gồm:

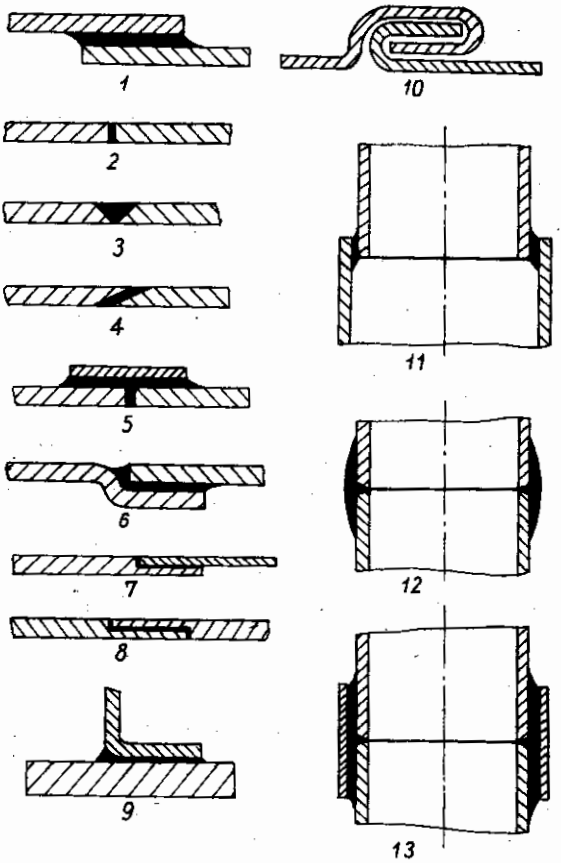
- Không hình thành các pha chuyển hóa cứng.

- Sự khác nhau về điện thế của vật liệu hàn và vẩy hàn phải nhỏ.

- Các kim loại nguyên chất phải có tính hàn tốt (độ thấm dính; độ chảy loang; độ mao dẫn) cho các tính chất cơ lý của mối hàn tốt.

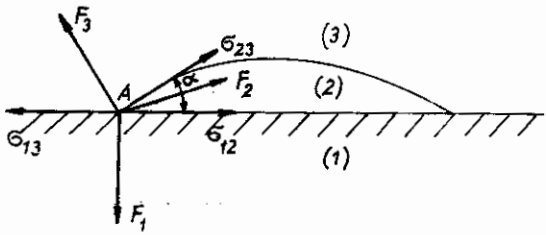
- Các loại vẩy hàn cùng tinh cho tính hàn vảy tốt và cho các tính chất cơ học của mối hàn tốt.

Các loại vẩy hàn mềm là các hợp kim chứa Sn; Pb; Cd; Bi



Hình 25. Các dạng liên kết hàn vảy
1- liên kết chồng; 2, 3 - liên kết giáp mối; 4 - liên kết giáp mối nghiêng; 5- liên kết giáp mối có đệm; 6, 7, 8- các dạng liên kết chồng đồng tâm; 9- liên kết chữ T; 10- liên kết ghép mí; 11, 12, 13- các liên kết ống.

và có nhiệt độ khi làm việc từ 190 ÷ 350°C. Các loại vẩy này thường dùng cho các mối nối có tính chất cơ học và chịu nhiệt nhỏ. Độ bền đạt được từ 20 ÷ 40 MPa. Các loại vẩy này thông thường có trên cơ sở Sn-Pb.



Hình 26. Sơ đồ biểu thị sự thấm dính
α- góc thấm; σ_{12}- ứng suất căng bề mặt giữa vật liệu cơ sở và giọt chất lỏng; σ_{13}- ứng suất bề mặt giữa vật liệu cơ sở và môi trường; σ_{23}- ứng suất bề mặt giữa giọt kim loại lỏng và môi trường.

Các loại vẩy hàn mềm đặc biệt để bảo đảm các yêu cầu đặc biệt. Loại này thường gồm nhiều thành phần hợp kim (ngoài thành phần Sn, Pb) như Cu, Zn hoặc các nguyên tố hợp kim như Ag; Sb; Bi... Để hàn hợp kim nhôm thường dùng loại vẩy hàn chứa phần lớn Zn, vì vẩy này sẽ tạo với nhôm liên kết khuếch tán và tạo ra dung dịch đặc. Khi hàn hợp kim nhôm với vẩy thiếc tinh khiết thì liên kết chỉ là liên kết dính bám.

Vẩy hàn cứng dùng cho các liên kết yêu cầu các tính chất cơ học và chịu nhiệt cao. Các loại vẩy này thích hợp cho các kim loại và hợp kim với nhiệt độ chảy trên 1000°C.

Theo thành phần hóa học và mục đích sử dụng, có thể chia vẩy hàn cứng trên cơ sở sau:

+ Cu - Zn dùng cho kim loại đen và kim loại màu có nhiệt độ chảy trên 1000°C. Ví dụ, các vẩy đồng, đồng thau có thể hàn với khe hở nhỏ hơn 0,02 mm. Vẩy hàn đồng thau (đồng vàng) có thể hàn cho mọi phương pháp hàn, trừ trường hợp hàn trong môi trường ôxyt hóa hoặc trong chân không.

+ Vẩy Ag dùng hàn kim loại đen và kim loại màu (vẩy này có Zn và Cd) thường làm việc ở nhiệt độ từ 630 ÷ 800°C.

+ Vẩy Ni dùng hàn các loại thép chịu nhiệt hoặc các thép hợp kim chịu nhiệt.

+ Vẩy Pd dùng hàn các chi tiết của tuabin khí, máy bay và trong lĩnh vực điện tử.

+ Khi hàn trong chân không (độ chân không $10^{-1} \div 10^{-4}$Pa) người ta dùng các loại vẩy trên cơ sở Ag; Cu, Au; Ge; Ni; Pt, Pd.

Bảng 64 ÷ 67 giới thiệu các loại vảy hàn của Liên bang Nga.

6. Thuốc hàn

Thuốc hàn có các yêu cầu cơ bản sau:

- Tạo điều kiện thấm dính tốt nhất giữa vẩy hàn với kim loại cơ sở.

- Làm chảy lỏng nhanh các ôxyt bề mặt và trong diện rộng trước khi hàn.

- Nhiệt độ phản ứng xẩy ra phải thấp hơn nhiệt độ chảy của vẩy khoảng 50 ÷ 150°C.

- Khoảng nhiệt độ chảy của thuốc phải thấp hơn nhiệt độ kết tinh 50°C và cao hơn nhiệt độ chảy lỏng 50°C.

- Dễ làm sạch sau khi hàn và không tạo các khí có hại.

Thuốc hàn cho vẩy hàn mềm thường dùng là $ZnCl_2$.

Thuốc hàn dùng cho hàn vẩy cứng gồm:

- Borăc ($Na_2B_4O_7 - 10H_2$))

- Acit boric (H_3BO_3)

Bảng 64. **Vẩy hàn đồng - kẽm**

Ký hiệu vẩy hàn	Khối lượng riêng (g/cm³)	Nhiệt độ chảy (°C)	Phạm vi sử dụng
ПМЦ-36	7,7	823	Hàn các chi tiết kim loại khi không yêu cầu có độ bền cao.
ПМЦ-42	8,1	849	Hàn vảy đồng thau với nồng độ 68% Cu và hàn đồng thanh
ПМЦ-47	8,2	960	Hàn vảy đồng thau Л62
ПМЦ-52	8,3	885	Hàn vảy đồng thanh Л68; thép Л80
Л62	8,4	905	Hàn vảy thép

Bảng 65. **Vẩy hàn thiếc - chì**

Ký hiệu vẩy hàn	Khối lượng riêng (g/cm^3)	Nhiệt độ chảy (^oC)	Phạm vi sử dụng
ПОС-90	7,6	220	Mạ và hàn vẩy những mối hàn phía trong của dụng cụ gia đình và thiết bị y tế.
ПОС-61	8,5	190	Mạ và hàn vẩy trong thiết bị điện tử, các dụng cụ gá lắp...
ПОС-40	9,3	238	Mạ và hàn vẩy các thiết bị điện các chi tiết máy.
ПОС-10	10,8	299	Mạ, hàn vẩy các bề mặt tiếp xúc của thiết bị điện, rơle, dụng cụ đo.
ПОС-61M	8,5	192	Mạ, hàn vẩy dây dẫn đồng, cáp trong công nghiệp...
ПОКС 50-18	8,8	145	Hàn vẩy các chi tiết máy, các bình ngưng tụ; hàn các chi tiết keranic.
ПОССу 61-05	8,5	189	Mạ và hàn vẩy các thiết bị điện, máy điện, điện tử.
ПОССу 50-05	8,9	216	Mạ và hàn vẩy các kết cấu trong ngành hàng không.
ПОССу 40-0,5	9,3	235	Mạ, hàn vẩy các máy điện, các đường ống và các chi tiết của máy lạnh.
ПОССу 35-05	9,5	245	Mạ và hàn vẩy các chi tiết trong lĩnh vực điện, hàn cáp...
ПОССу 30-05	9,7	255	Mạ và hàn vẩy các tấm kẽm.
ПОССу 95-5	7,3	240	Hàn vẩy dùng trong công nghiệp điện; hàn các đường ống làm việc ở nhiệt độ cao.
ПОССу 18-2	10,1	270	Hàn vẩy trong công nghiệp ôtô.
ПОССу 5-1	11,2	308	Mạ và hàn vẩy các chi tiết làm việc ở điều kiện nhiệt độ cao.

Bảng 66. **Vẩy bạc**

Ký hiệu vẩy hàn	Khối lượng riêng (g/cm^3)	Nhiệt độ (°C)		Ký hiệu vẩy hàn	Khối lượng riêng (g/cm^3)	Nhiệt độ (°C)	
		Bắt đầu chảy	Chảy hoàn toàn			Bắt đầu chảy	Chảy hoàn toàn
ПС$_p$.72	9,9	779	779	ПС$_p$ 40	8,4	595	605
ПС$_p$.50	9,3	779	850	ПС$_p$ 37,5	8,9	725	810
ПС$_p$.70	9,8	730	755	ПС$_p$ 65	-	-	-
ПС$_p$.62	9,7	660	700	ПС$_p$ 25	8,5	650	710
ПС$_p$.45	9,1	660	725	ПС$_p$ 15	8,3	635	810
ПС$_p$.25	8,7	745	725	ПС$_p$ 3	8,7	300	325
ПС$_p$.12M	8,5	780	825	ПС$_p$ 3	11,3	300	305
ПС$_p$.10	8,4	815	850	ПС$_p$ 2,5	11,0	295	305
ПС$_p$.71	9,8	750	795	ПС$_p$ 2	9,6	225	235
ПС$_p$.50	9,3	635	650	ПС$_p$ 1,5	10,4	265	270
ПС$_p$.44	8,9	650	800				

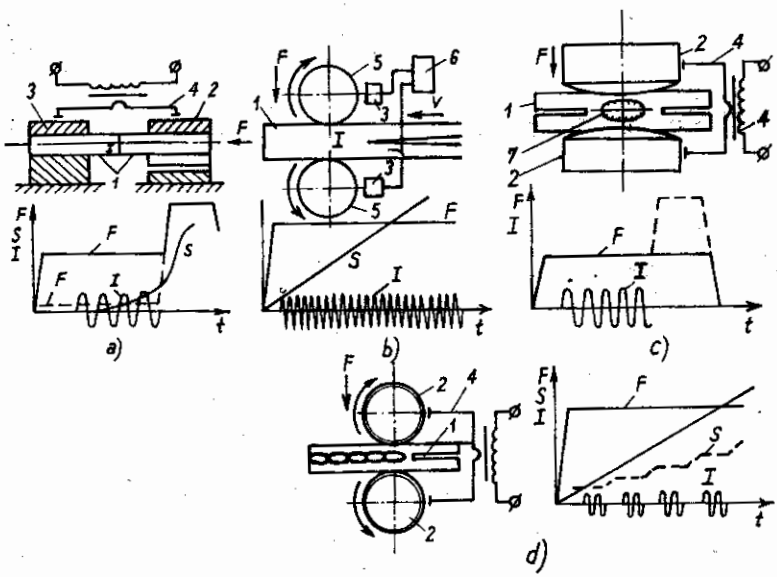
Bảng 67. **Vẩy nhôm để hàn vẩy nhôm và hợp kim nhôm**

Ký hiệu vẩy hàn	Khối lượng riêng (g/cm^3)	Nhiệt độ chảy (°C)	Ký hiệu vẩy hàn	Khối lượng riêng (g/cm^3)	Nhiệt độ chảy (°C)
П590А	2,89	590	34-1	3,33	525
П575А	3,08	575	ПА-124	-	550
П550А	3,41	550	В-62	3,80	500

Chương IV
HÀN ĐIỆN TIẾP XÚC

I. KHÁI NIỆM CHUNG

Hàn điện tiếp xúc là một phương pháp công nghệ tạo nên liên kết nối không thể tháo rời do kết quả nung nóng kim loại khi dòng điện chạy qua chỗ tiếp xúc nối và sự biến dạng dẻo của vùng được nung nóng dưới tác dụng của lực ép. Hàn điện tiếp xúc bao gồm một nhóm các phương pháp khác



Hình 27. a) Hàn giáp mối đối đầu; b) Hàn giáp mối ống (cao tần); c) Hàn điểm; d) Hàn đường.
1- Chi tiết hàn; 2, 3- cực hàn; 4- nguồn thứ cấp; 5- con lăn hàn; 6- nguồn cao tần; 7- mối hàn. F- lực ép; I- dòng điện hàn; S- sự dịch chuyển của chi tiết.

nhau nhưng đều có đặc điểm chung là: cho liên kết bền vững, khả năng cơ khí hóa, tự động hóa cao, có năng suất cao và là những phương pháp có điều kiện sản xuất tốt.

Hàn điện tiếp xúc được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp. Theo thống kê, hàn điện tiếp xúc chiếm 30% tổng số các kết cấu, chi tiết hàn.

Các phương pháp hàn điện tiếp xúc được biểu thị trên hình 27.

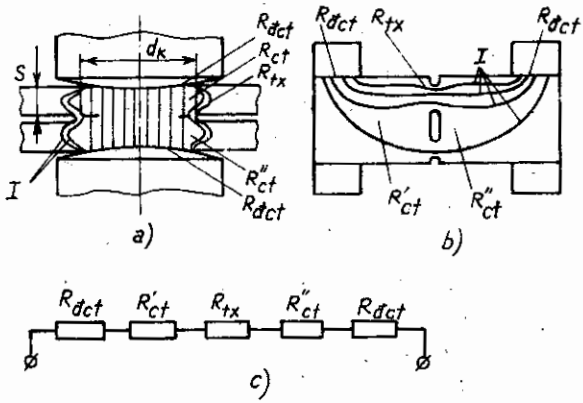
II. NGUỒN NHIỆT HÀN

Sự nung nóng chi tiết hàn trong hàn điện tiếp xúc được thực hiện bởi nguồn nhiệt do dòng điện chạy qua bề mặt tiếp xúc của chi tiết hàn trong một thời gian ngắn.

Lượng nhiệt sinh ra trên phần kim loại giữa 2 điện cực trong thời gian t_h được xác định theo định luật Jun-Lenxơ.

$$Q = \int_0^{t_h} I^2 R dt$$

Điện trở toàn phần được xác định theo sơ đồ hình 28.



Hình 28. Điện trở điện tiếp xúc khi hàn điểm (a) (a); hàn giáp mối (b); Sơ đồ lưới điện trở c)
I- dòng điện hàn; S- chiều dày tấm hàn; d_k- đường kính điện cực.

$$R = R_{tx} + 2R_{đct} + R'_{ct} + R''_{ct} \quad (43)$$

trong đó: R_{tx}- điện trở tiếp xúc của chi tiết với chi tiết.

$R_{đct}$- điện trở tiếp xúc giữa điện cực và chi tiết.

R'_{ct}; R''_{ct}- điện trở riêng của các chi tiết hàn.

Khi hàn các chi tiết dày bằng nhau (hoặc tiết diện bằng nhau) thì $R'_{ct} = R''_{ct} = R_{ct}$.

Điện trở R_{tx}, $R_{đct}$ phụ thuộc vào điện trở tiếp xúc giữa chúng và số lượng điểm tiếp xúc, chúng được xác định bằng trạng thái bề mặt tiếp xúc và giá trị lực ép. Ví dụ; điện trở R khi ép 2 tấm bằng thép cacbon thấp có chiều dày (3 + 3)mm với lực ép 200 kG khi hàn điểm và bề mặt hàn được làm sạch thì điện trở trên điểm ép là 100 μKΩ; Khi bề mặt được gia công bằng cắt gọt thì R = 1200 μKΩ; khi bề mặt bẩn có vảy ôxyt thì R = 80.000 μKΩ.

Giá trị Q cũng có thể tính gần đúng theo điều kiện trạng thái nhiệt của vật liệu.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (44)$$

Ở đây Q_1, Q_2, Q_3 lần lượt là lượng nhiệt cần thiết để làm kim loại chảy; nhiệt lượng nung nóng ở vùng ảnh hưởng nhiệt khi hàn và nhiệt nung nóng điện cực hàn.

Từ Q ta có thể xác định được dòng hàn theo công thức:

$$I = \sqrt{\frac{Q}{0{,}24\ k\ R_{ctc} t_h}} \quad [A] \quad (45)$$

Ở đây: R_{ctc} - điện trở của chi tiết ở giai đoạn cuối quá trình nung nóng.Ω.

k - hệ số kể đến sự thay đổi điện trở trong quá trình hàn.

t_h- thời gian hàn (s).

Chương V

ĐỊNH MỨC TIÊU HAO VẬT LIỆU HÀN HỒ QUANG

I. TÍNH TOÁN ĐỊNH MỨC TIÊU HAO VẬT LIỆU HÀN

(que hàn, dây hàn cho hàn hồ quang điện, hàn điện xỉ và hàn đắp).

Định mức tiêu hao H_E (kg) của que hàn và dây hàn cho chi tiết hàn được xác định theo chiều dài mối hàn l_h (m) và định mức tiêu hao đơn vị G_E (trên 1 mét mối hàn) được xác định bằng công thức:

$$H_E = G_e.l_h \qquad (46)$$

Trong đó định mức tiêu hao đơn vị được tính theo công thức sau: [3,12]

$$G_e = k_p.m_H \qquad (47)$$

$$m_H = \rho.F_H.10^{-3} \qquad (48a)$$

Ở đây: m_H - khối lượng kim loại nóng chảy tính toán (kg/m);

k_p- hệ số tổn thất;

ρ- khối lượng riêng của kim loại nóng chảy (g/cm^3);

F_H - diện tích tiết diện của kim loại nóng chảy của mối hàn (mm^2) (bảng 68).

Khi hàn que hàn có thiếc bọc mỏng thường dùng ρ = 7,5 g/cm^3; que hàn với lớp thuốc bọc dày ρ = 7,8 g/cm^3. Diện tích F_H có thể lấy bằng tổng các phần hình học chia nhỏ (bảng 68).

Với hàn hồ quang điện, kích thước của các mối hàn trên chi tiết hàn sẽ căn cứ vào các tiêu chuẩn hoặc theo các bản vẽ thiết kế, ví dụ, đối với hàn điện xỉ các bộ phận kết cấu cơ bản của liên kết hàn được lấy theo chỉ dẫn tiêu chuẩn.

Hệ số tiêu hao khi hàn bằng que hàn:

$$k_p = k_o k_y k_n \quad (48b)$$

Ở đây: k_o - hệ số mất mát tính toán của que hàn trên phần kẹp, phần chẩy phân tán (bảng 69).

k_n- hệ số khối lượng tính toán của thuốc bọc.

$$k_n = 1 + 0,9\,k \quad (49)$$

$$k = \frac{m_E - m_{cm}}{m.l_o} \quad (50)$$

trong đó: k - hệ số khối lượng thuốc bọc (bảng 83 ÷ 87)

m_E- khối lượng que hàn (g);

m_{cm}- khối lượng lõi que trên toàn bộ chiều dài (g);

l_o - chiều dài của phần kẹp (cm);

m - khối lượng 1cm dây hàn (g/cm) (bảng 70-71);

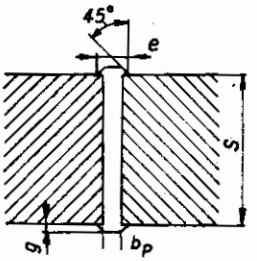
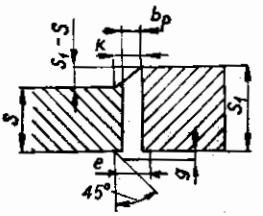
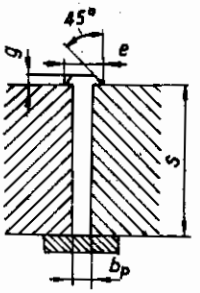
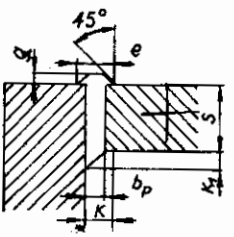
k_y - hệ số tổn thất tính toán của kim loại que hàn.

$$k_y = \frac{1}{1 - \psi} \quad (51)$$

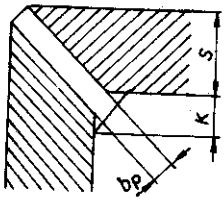
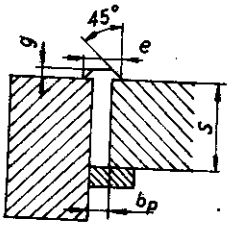
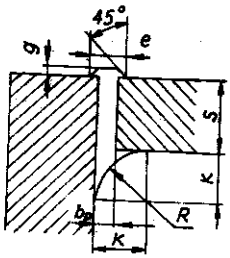
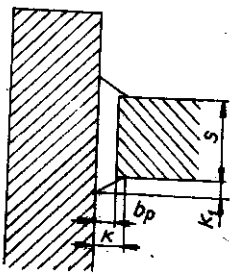
Ở đây: ψ - hệ số mất mát: đặc trưng sự mất mát kim loại que hàn do sự cháy, bắn tóe và ôxyt hóa. Giá trị của hệ số mất mát này được tính toán theo công thức (48b) cho các loại que hàn sản xuất theo ngành, cơ sở và được tham khảo trong các bảng (83 ÷ 87).

Hệ số tiêu hao k_p khi hàn dưới lớp thuốc hoặc hàn điện xỉ được tính toán theo mất mát vật liệu điện cực (dây, tấm); ở phần đầu máy và phần kẹp trên máy v.v... Khi tính cho hàn tự động và hàn điện xỉ hệ số k_p được lấy là 1,02 và cho hàn bán tự động là 1,03 [12] (bảng 72a - hệ số k_p cho hàn trong môi trường khí bảo vệ).

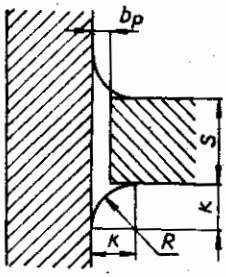
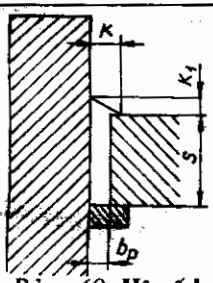
Bảng 68. **Diện tích tiết diện hàn F_4**

Tiết diện ngang mối hàn	Ký hiệu liên kết	Công thức
	Cl	$F_H = sb_p + 2eg - 2g^2$
	C2	$F_H = sb_p + eg - g^2 + \frac{1}{2}k(s_1 - s)$
	C3	$F_H = sb_p + eg - g^2$
	y1	$F_H = sb_p + eg - g^2 + \frac{1}{2}kk_1$

(tiếp bảng 68)

Tiết diện ngang mối hàn	Ký hiệu liên kết	Công thức
	Y2	$F_H = 1{,}4(sb_p - \frac{1}{2}b_p^2 + \frac{1}{2}k^2)$
	Y3	$F_H = sb_p + eg - g^2$
	Y4	$F_H = sb_p + eg - g^2 + 0{,}29k^2$
	T1	$F_H = sb_p + kk_1$

(tiếp bảng 68)

Tiết diện ngang mối hàn	Ký hiệu liên kết	Công thức
	T2	$F_H = sb_p + k^2 - 0{,}42k$
	T3	$F_H = sb_p + \frac{1}{2}kk_1$

Bảng 69. **Hệ số k_o cho que hàn có chiều dài chuẩn [8]**

Chiều dài (mm)		$k_o = \frac{l_E}{l_p}$	Chiều dài (mm)		$k_o = \frac{l_E}{l_p}$
Que hàn l_E	Phần chảy của que lc		Que hàn l_E	Phần chảy của que lc	
225	175	1,28	350	300	1,17
250	200	1,25	400	350	1,14
300	250	1,20	450	400	1,12

Ghi chú: Khi xác định k_o chiều dài thường lấy bằng 50 mm

Bảng 70. **Khối lượng 1 cm dây thép điện cực (g) [8]**

Đường kính dây (mm)	m	Đường kính dây (mm)	m
1,0	0,06	4,0	0,99
1,2	0,09	5,0	1,54
1,6	0,16	6,0	2,22
2,0	0,25	8,0	3,95
2,5	0,38	10,0	6,17
3,0	0,55	12,0	8,88

Bảng 71. **Khối lượng lõi thép [8]**

Chiều dài lõi (mm)	Đường kính lõi và sai lệch theo đường kính (mm)									
	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12
	-0,06				-0,08			-0,10		-0,12
225	3,55-3,3	5,56-5,25	8,67-8,27	12,47-11,97	-	-	-	-	-	-
250	3,94-3,65	6,17-5,82	9,64-9,2	13,85-13,3	-	-	-	-	-	-
300	-	7,3-6,88	11,52-11	16,62-15,87	29,6-28,4	-	-	-	-	-
350	-	-	13,47-12,83	19,4-18,6	34,5-33,1	54-52,4	77,6-75,5	138-134,5	216-211	310,3-302
400	-	-	-	-	39,43-37,9	61,7-59,9	88,8-86,5	158-154	246,2-240,3	354,4-347,8
410	-	-	-	-	44,4-42,6	69,3-67,2	99,8-97,2	177,5-173	277-270,2	399-391
450	-	-	-	-	-	69.4-67,3	100-97	177,5-173	278-273	400-390

Bảng 72a. **Hệ số k_p khi hàn trong môi trường khí bảo vệ**

Phương pháp hàn	k_p
Hàn điện cực không nóng chảy trong môi trường khí trơ với kim loại bổ sung:	
- bằng tay	1,1
- tự động	1,02
Hàn tự động và bán tự động điện cực nóng chảy trong môi trường khí trơ, trong hỗn hợp khí trơ và khí hoạt tính (75% Ar + 25% CO_2)	1,05
Hàn tự động và bán tự động trong môi trường khí cacbon; hàn tự động trong hỗn hợp (50% Ar + 50% CO_2)	1,15
Hàn thép không gỉ tấm mỏng với hỗn hợp khí (50% Ar + 50% CO_2) hàn thép tấm mỏng (δ > 30mm) trong khí CO_2	1,05

II. THUỐC HÀN ĐỂ HÀN HỒ QUANG, HÀN ĐIỆN XỈ VÀ HÀN ĐẮP

Định mức tiêu hao thuốc cho sản phẩm hàn H_{th} được xác định theo tiêu hao dây hàn trên sản phẩm H_E.

$$H_{th} = k_{th}.H_E \qquad (52)$$

Ở đây: k_{th}- hệ số phụ thuộc tỷ lệ khối lượng thuốc chảy và khối lượng dây hàn; chúng phụ thuộc vào loại mối hàn và phương pháp hàn (bảng 72b).

Giá trị k_{th} cho liên kết hàn điện hồ quang là 2,7 ÷ 3 và khi hàn điện xỉ là 0,05 ÷ 0,1.

Bảng 72b. **Hệ số k_{th} khi hàn dưới lớp thuốc và hàn điện xỉ [12]**

Phương pháp hàn	Mối hàn của liên kết giáp mối và góc		Mối hàn của liên kết có và không có vát mép
	Không vát mép	Có vát mép	
Tự động	1,3	1,2	1,1
Bán tự động	1,4	1,3	1,2

III. KHÍ BẢO VỆ ĐỂ HÀN HỒ QUANG TRONG MÔI TRƯỜNG KHÍ BẢO VỆ

Định mức tiêu hao khí bảo vệ cho sản phẩm H_g(l) được xác định theo công thức sau [3]:

$$H_g = Q_g l_h + Q_{ph} \quad (53)$$

Ở đây: Q_g- định mức tiêu hao trên 1m mối hàn (lít);

l_h- chiều dài mối hàn (m);

Q_{ph}- tiêu hao phụ của khí trong các nguyên công chuẩn bị, kết thúc như: điều chỉnh trước khi hàn, khí bảo vệ điện cực volfram khỏi sự ôxyt hóa khi hàn...

Định mức tiêu hao khí được xác định theo công thức:

$$Q_g = q_g t_o \quad (54)$$

trong đó: q_g- tiêu hao tối ưu khí bảo vệ (chỉ trên đồng hồ đo) (l/phút)

t_o- thời gian máy khi hàn cho một mét chiều dài (phút).

Thời gian cơ bản khi hàn điện cực nóng chảy có thể xác định theo công thức sau [11]:

$$t_o = \frac{m_H 60.10^3}{\alpha_đ . I_h} \quad (55)$$

Ở đây: m_H- khối lượng kim loại đắp (kg/m) của mối hàn (xem công thức 48a);

$\alpha_đ$- hệ số đắp (g/Ah) bảng 73;

I_h- dòng điện hàn (A).

Thời gian cơ bản khi hàn điện cực không nóng chảy có thể xác định theo công thức sau [3]:

$$t_o = \frac{60}{V_h} \quad (56)$$

Giá trị tối ưu của q_g; I_h; V_h được chọn theo chế độ hàn của qui trình công nghệ đã biết. Đối với giá trị t_o có thể tính toán theo định mức thời gian khi hàn trong môi trường khí bảo vệ.

Tiêu hao phụ của khí hàn Q_{ph} (l) cho các nguyên công chuẩn bị, kết thúc

v.v... không phụ thuộc vào tốc độ hàn.

$$Q_{ph} = t_n.q_g \quad (57)$$

Ở đây: t_n- thời gian cho các nguyên công chuẩn bị, kết thúc (phút). Khi hàn điện cực không nóng chảy $t_n \approx 0,2$ ph; khi hàn que hàn $t_n \approx 0,05$ phút.

Định mức tiêu hao khí bảo vệ được tính theo công thức (53). Cho mối hàn ngắn (nhỏ hơn 50mm) và cho các đường kính nhỏ hơn 20mm, cần phải tăng tiêu hao khí bảo vệ lên 20%.

Khi hàn các mối hàn phía ngược lại cũng bằng phương pháp hàn trong môi trường khí bảo vệ thì sự tiêu hao khí cũng được xác định theo công thức (54) với hệ số là 1,3 ÷ 1,5.

Bảng 73. **Hệ số đắp α_d (g/Ah) khi hàn trong môi trường CO_2 và nối nghịch [5]**

I_h (A)	Đường kính que hàn (mm)			I_h (A)	Đường kính que hàn (mm)		
	1,6	2,0	2,5		1,6	2,0	2,5
200	14,2	12,2	-	450	24,1	19,0	15,6
250	15,1	12,6	-	500	28,3	22,3	17,8
300	16,5	13,5	11,1	550	-	-	20,5
350	18,6	14,8	12,4	600	-	-	24,2
400	21,1	16,8	13,9				

Bảng 74a. **Định mức tiêu hao ôxy và axêtylen trên 1m mối hàn (l)**

Kim loại hàn	Ôxy tinh khiết 99%	axêtylen
Thép (mối hàn góc bên trong, vòng)	$14S^2$	$11,7.S^2$
Thép (mối hàn giáp mối)	$10S^2$	$8,3S^2$
Thép (mối hàn góc phía ngoài)	$7,6S^2$	$6,26S^2$
Đồng vàng	$10S^2$	$8,3S^2$
Nhôm	$3S^2$	$2,5S^2$

Ghi chú: S là chiều dày kim loại hàn (mm)

IV. VẬT LIỆU CHO HÀN VÀ CẮT BẰNG KHÍ

Các hệ số cho việc định mức tiêu hao ôxy phụ thuộc vào độ tinh khiết của ôxy (bảng 74b)

Bảng 74b. **Bảng định mức tiêu hao ôxy**

Ôxy tinh khiết	99,5%	99%	98,5%	98%
Hệ số sửa đổi	0,9	1,0	1,1	1,24

Chú thích: Để xác định mức tiêu hao khí thay thế khí axêtylen cần phải định mức tiêu hao khí theo axetylen và tính đến hệ số thay thế tương ứng cho loại khí thay thế đó (bảng 62).

Tiêu hao dây bổ sung có thể xác định theo khối lượng kim loại nóng chảy và bổ sung thêm phần tổn thất (do cháy, bắn tóc...) 7-15% khối lượng kim loại chảy:

$$H_{np} = kS^2 + (0,07 \div 0,15)kS^2 \qquad (58)$$

Ở đây: H_{np}- tiêu hao dây bổ sung (g/m);

k- hệ số phụ thuộc vào góc vát mép mối hàn. Khi góc là 45°; 40°; 35° k tương ứng là 10; 9; 8 và khi các tấm mỏng không vát mép k = 12. [12].

Định mức tiêu hao ôxy trên 1 m cắt khi cắt bằng khí bao gồm có định mức tiêu hao đơn vị cho việc cắt; nung nóng; cũng như các mất mát khác (như không sử dụng hết ôxy còn trong bình chứa ôxy 2,56%, điều chỉnh ngọn lửa; tổn thất qua các cửa van; nung nóng mỏ cắt, phân hủy 4,5%) (bảng 74a)

Công thức tổng quát tính toán định mức tiêu hao ôxy (l/h)có dạng:

$$H_k = 1,07(H_{pk} + H_{nk}) \qquad (59)$$

Ở đây: H_{pk} và H_{nk}- định mức tiêu hao ôxy tương ứng khi cắt và nung nóng (l/h), chúng được xác định theo công thức : [4]

$$H_{pk} = Q_{pk}.t_o = (2,7 + \frac{3,4}{S})bSV_{pe}t_o \qquad (60)$$

$$t_o = \frac{l_{pe}}{V_{pe}} \qquad (61)$$

Khi l_{pe} = 1m thì $H_{pk} = (2,7 + \frac{3,4}{S}).bS$ (62)

Ở đây: Q_{pk}- tiêu hao ôxy cắt [l/h];

t_o- thời gian cơ bản cần thiết để cắt 1m với tốc độ cắt đã chọn (h).

S- chiều dày kim loại cắt (mm);

b- chiều rộng cắt (mm);

l_{pe}- chiều dài cắt (m);

V_{pe}- tốc độ cắt (m/h).

Bảng 75a. **Chiều rộng cắt và thời gian giữ nhiệt phụ thuộc vào chiều dày kim loại [8]**

Thông số	Chiều dày kim loại (mm)					
	5-15	15-30	30-60	60-100	100-150	150-200
Chiều rộng cắt (mm)	2-2,5	2,3-3	3-3,5	3,5-4,5	4,5-5,5	5,5-6,5
Thời gian t_n (s)	5-10	10-15	15-25	25-35	35-45	45-60

Bảng 75b. **Công suất ngọn lửa ôxy-axêtylen**

Chiều dày tấm thép (mm)	3-25	25-50	50-100	100-200	200-300
Công suất ngọn lửa (l/h)	300-550	550-750	750-1000	1000-1200	1200-1300

$$H_{nk} = Q_{nk}t_n;\ Q_{nk} = 1,2Q_a;\ H_{nk} = 1,2Q_at_n \quad (63)$$

Ở đây: Q_{nk}- tiêu hao ôxy cho việc nung nóng (l/h);

Q_a- tiêu hao axêtylen (l/h) (công suất ngọn lửa);

t_n- thời gian nung nóng (h) (bảng 75a).

Giá trị công suất ngọn lửa ôxy - axêtylen cho nung nóng biểu thị trong bảng 75b.

V. VẬT LIỆU ĐỂ HÀN VẨY

Định mức tiêu hao (g) vẩy hàn cho sản phẩm được xác định theo công thức cho hàn vẩy:

$$H_n = V_n \rho k_n \quad (64)$$

Để hàn vẩy thiếc: $$H_n = V_n \rho k_n k_y \quad (65)$$

Ở đây: V_n- thể tích vẩy hàn cần thiết cho liên kết, điền đầy khe hở và tạo ra cạnh hàn (cm^3) (bảng 77);

ρ- khối lượng riêng vẩy hàn (g/cm^3);

k_n- hệ số tính đến mất mát công nghệ (như: cháy; bắn tóe; chảy; điền đầy các nhấp nhô...) bảng 76;

k_y- hệ số tính đến sự tăng tiêu hao vẩy hàn do sự phức tạp của kết cấu chi tiết hoặc hàn vẩy thiếc tinh khiết (bảng 79).

Khi tính toán định mức tiêu hao vẩy hàn cần có sự so sánh với các kết quả trong thực tế, trong phòng thí nghiệm. Định mức tiêu hao vẩy hàn cho chi tiết hàn được xác định theo kích thước danh nghĩa trên bản vẽ và theo các giá trị dung sai nhỏ nhất.

Khối lượng riêng vẩy hàn xác định theo con đường thực nghiệm hoặc theo công thức sau [4]:

$$\rho = \frac{100}{\frac{a}{\rho_a} + \frac{b}{\rho_b} + \frac{c}{\rho_c}} \quad (66)$$

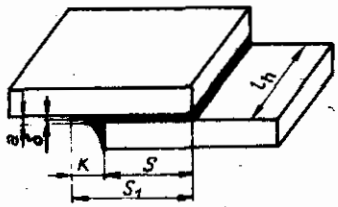
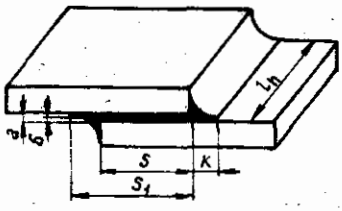
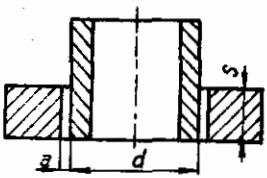
Ở đây: a, b, c là phần trăm các kim loại tương ứng trong vẩy hàn;

ρ_a, ρ_b, ρ_c- khối lượng riêng của các kim loại (bảng 64 ÷ 67)

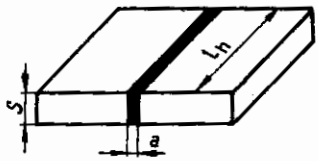
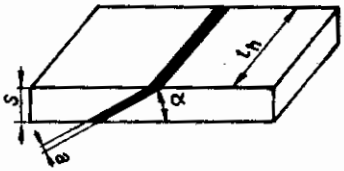
Bảng 76. **Hệ số k_n**

Hàn vẩy	k_n
- Vẩy hàn mềm	
+ Khi nhúng và dùng mỏ hàn trên bàn nguội	1,05
+ Khi hàn với mỏ hàn ở vị trí khó khăn	1,15
+ mạ thiếc nóng	1,05
- Vẩy hàn cứng	
+ Hợp kim đồng-kẽm	1,10
+ Hợp kim nhôm	1,05
+ Đồng	1,05

Bảng 77. **Công thức tính toán vẩy hàn cần thiết cho hàn vẩy [9]**

Kiểu liên kết (1)	Hàn vẩy (2)	Công thức tính toán (3)
	Một phía a) Không dính sơ bộ b) Có dính sơ bộ	 $V_n = (sa + 0{,}5k^2)l$ $V_n = (2s_1\delta + sa + 0{,}5k^2)l_h$
	Hai phía a) Không dính sơ bộ b) Có dính sơ bộ	 $V_n = (sa + k^2)l_h$ $V_n = (2s_1\delta + sa + k^2)l_h$
	Trong "các ổ" (các sản phẩm từ sắt)	$V_n = 0{,}5k^2l_h$
	Sau khi lắp (lớp liên kết)	$V_n = \pi das$

(tiếp bảng 77)

(1)	(2)	(3)
	Giáp mối không khe hở	$V_n = sal_h$
	Giáp mối có khe hở	$V_n = 0{,}78d^2a$
	Vát nghiêng	$V_n = 1{,}43sal_h$ với $\alpha = 45^o$

Chú thích: Kích thước tính bằng mm:

S- Chiều rộng của vầy hoặc chiều dày của chi tiết hàn vầy;

S_1- chiều rộng của bề mặt bám vầy;

a- khe hở giữa các chi tiết hàn vầy (bảng 78);

δ- chiều dày lớp phủ khi ép;

l_h- chiều dài mối hàn vầy,

k- cạnh hàn;

d- đường kính chi tiết.

Bảng 78. **Khe hở (mm) khi hàn vẩy cho các kim loại [10]**

Vẩy hàn	Đồng	Hợp kim đồng	Thép cacbon	Thép không gỉ	Nhôm và hợp kim nhôm	Nimonik	Titan
Đồng	-	-	0,00-0,05	0,025-0,075	-	-	-
Đồng - kẽm	0,075-0,37	0,075-0,37	0,05-0,25	0,075-0,375	-	0,075-0,375	-
Đồng - phốtpho	0,02-0,10	0,025-0,12	-	-	-	-	-
Bạc	0,05-0,37	0,050-0,37	0,025-0,15	0,075-0,375	0,125-0,25	0,075-0,375	-
Nhôm	-	-	-	-	-	-	0,05-0,25
Niken-crôm	-	-	0,050-0,125	0,075-0,25	-	0,075-0,25	-
Bạc-mangan	-	-	0,075-0,125	0,075-0,125	-	0,075-0,125	0,05-0,075
Bạc-mangan	-	-	0,025-0,125	0,025-0,125		0,013-0,05	-

Bảng 79. **Hệ số k_y**

Đặc tính bề mặt	k_y
Bề mặt không bị gấp (tấm dệm, các dải...)	1,0
Bề mặt bị uốn hoặc uốn vuông góc	1,2
Các bề mặt bị uốn với rãnh hẹp	1,4
Các bề mặt phức tạp với các rãnh sâu và hẹp	1,6

Định mức tiêu hao thuốc cho hàn vảy có thể xác định theo công thức sau:

- Cho hàn thiếc: $H_{th} = F_l.Q_{th}.k_n$ (67)

- Cho hàn vảy khác: $H_{th} = l_h.Q_{th}.k_n$ (68)

Ở đây: F_l- diện tích hàn thiếc (cm^2);

l_h- chiều dài mối hàn vẩy (m);

Q_{th}- tiêu hao thuốc cho một đơn vị diện tích bề mặt (khi mạ thiếc) hoặc trên 1 m mối hàn khi hàn vảy;

k_n- hệ số tính đến mất mát thuốc do sự bắn tóe; phân li, bốc hơi...

Sự tiêu hao thuốc đầy đủ phải được xác định bằng con đường thực nghiệm hoặc tính toán theo kích thước, tiết diện mối hàn trên bản vẽ sản phẩm.

Độ lớn của diện tích bề mặt thuốc tiếp xúc phụ thuộc vào công nghệ phủ

thuốc trên chi tiết, do vậy có thể tăng cao diện tích cho công việc hàn vẩy hoặc mạ thiếc. Hệ số mất mát theo thực tế là 1,1.

VI. ĐỊNH MỨC TIÊU HAO VẬT LIỆU CHO HÀN, CẮT VÀ HÀN VẨY

Độ lớn của diện tích tiết diện ngang của kim loại chảy của mối hàn F_H được tính toán có xét đến dung sai kích thước của các phần tử kết cấu của mối hàn. Trong các bảng 80 ÷ 82 cho các giá trị trung bình.

Khi hàn trong môi trường khí bảo vệ, sai lệch diện tích so với diện tích danh nghĩa F_H được tính toán bằng hệ số tăng cường k_y.

Xác định khối lượng kim loại nóng chảy m_H với khối lượng riêng cho thép là 7,8 g/cm^3 (bảng 80 ÷ 82; bảng 89 ÷ 92) cho nhôm là 2,7 g/cm^3 (bảng 93), với hợp kim titan là 4,5 g/cm^3 (bảng 95).

Đối với các kim loại có khối lượng riêng $\rho_1 \neq \rho$ của việc định mức tiêu hao thì phải kể đến hệ số tương ứng với $\frac{\rho_1}{\rho}$.

1. Que hàn để hàn tay

Định mức tiêu hao que hàn để hàn tay trong các vị trí trong bảng được xác định theo công thức 47; trong đó khối lượng kim loại chảy m_H xem bảng 80 ÷ 82 và hệ số tiêu hao que hàn của loại que hàn xem bảng 83 ÷ 87. Giá trị hệ số tiêu hao que hàn được định mức cho loại que hàn có chiều dài 450mm. Trong các trường hợp với các chiều dài khác, cần phải đưa vào hệ số tính toán (bảng 88). Định mức đơn vị cần phải tăng lên: khi hàn không liên tục phải tăng 15%; khi hàn ở vị trí đứng và ngang tăng 5%; khi hàn mối hàn trần tăng 10%.

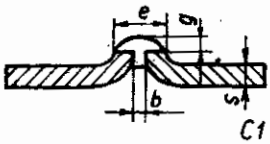
Định mức tiêu hao que hàn được tính theo bảng 80 ÷ 82 có thể dùng cho quá trình sản xuất các kết cấu hàn.

Một nhược điểm chính của hàn hồ quang tay với que hàn là sự mất mát đáng kể que hàn (do cháy, bắn tóe, bỏ đuôi que), nhiều khi chiếm đến 50%. Sự mất mát này phụ thuộc chủ yếu vào việc lựa chọn chế độ hàn, kết cấu, trình độ thợ hàn, tính chất công nghệ của que hàn.

Các điều kiện quan trọng chống hao phí que hàn là: sự tính toán nghiêm khắc về sự cấp phát và chi phí que hàn tương ứng với định mức tiêu hao đã định, các điều kiện kỹ thuật trong sản xuất, các công việc hàn (như kiểm tra

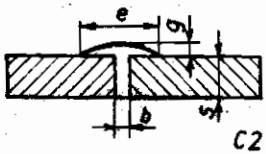
chế độ hàn, chuẩn bị và gá lắp trước khi hàn), nâng cao tính ổn định về chất lượng của các thợ hàn.

Bảng 80. **Mối hàn của liên kết giáp mối khi hàn tay**



$F_H = bs + 0{,}75eg$

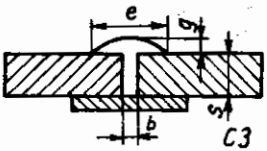
Kích thước (mm)				Giá trị tính toán	
s	b	e	g	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
1,0 1,5 2,0	$0^{+0,5}$	$2s^{+2}$	0,5	1,25 1,67 2,12	0,010 0,013 0,016
3,0	$0^{+1,5}$	$2s^{+3}$	1	5,62	0,044



$F_H = bs + 0{,}75eg$

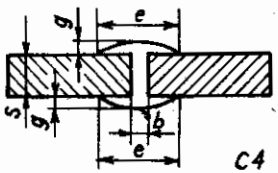
Kích thước (mm)				Giá trị tính toán	
s	b	e	g	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
1	$0^{+0,5}$	5^{+1}_{-2}	1±0,5	4,19	0,033
2	1±1	6^{+1}_{-2}	1,5±1	9,30	0,072
3		7^{+1}_{-2}		11,43	0,089
4	$2^{+1}_{-0,5}$		2±1	22,87	0,179
5		9^{+1}_{-2}		25,12	0,196
6				27,37	0,214

(tiếp bảng 80)



$F_H = bs + 0{,}75eg$

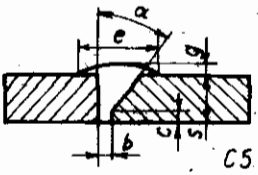
Kích thước (mm)				Giá trị tính toán	
s	b	e	g	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
1,0 1,5	$0^{+0,5}$	5^{+1}_{-2}	1±0,5	4,19 4,31	0,033 0,034
2,0 3,0	1±1	6^{+1}_{-2}	1,5±1	9,30 10,30	0,072 0,080
4,0 5,0 6,0	$2^{+1}_{-0,5}$	8^{+1}_{-2}	2±1	21,30 23,60 25,80	0,166 0,184 0,201



$F_H = bs + 1{,}5eg$

Kích thước (mm)				Giá trị tính toán	
s	b	e	g	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
2 3	2±1	7^{+1}_{-2}	1,5±1	20,87 22,87	0,163 0,179
4 5		8^{+1}_{-2}		27,10 29,10	0,211 0,227
6 7 8	$2^{+1,5}_{-1}$	9^{+1}_{-2}	2±1	41,25 43,50 45,75	0,322 0,339 0,357

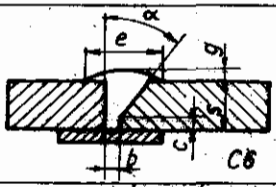
(tiếp bảng 80)



$$F_H = sb + \frac{(s - c)^2}{2} tg\alpha + 0,75eg$$

Kích thước (mm)				Giá trị tính toán	
s	c	e	g	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
4	1±1	12	$0,5^{+1}_{-0,5}$	17,5	0,136
6		16		32,6	0,254
8	2^{+1}_{-2}	18		55,6	0,434
10		22	$0,5^{+2}_{-0,5}$	90,1	0,703
12		24		121,2	0,945
14		28		161,3	1,258
16		30		201,1	1,569
18		34		250,0	1,950
20		36		301,7	2,346
22		40		361,5	2,820
24		42		423,8	3,300
26		44		491,7	3,840

*$\alpha = 50^o \pm 5^o$



$$F_H = sb + \frac{(s - c)^2}{2} tg\alpha + 0,75eg$$

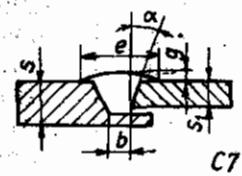
Kích thước (mm)					Giá trị tính toán	
s	c	b	e	g	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
4	1±1	3±1	14	$0,5^{+1}_{-0,5}$	21,7	0,169
6			16		44,5	0,347
8	2^{+1}_{-2}	4±1	20		76,7	0,598

*$\alpha = 50^o \pm 5^o$

(tiếp bảng 80)

Kích thước (mm)					Giá trị tính toán	
s	c	b	e	g	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
10	2^{+1}_{-2}	4±1	22	$0,5^{+2}_{-0,5}$	117,0	0,912
12			24		153,1	1,194
14			28		195,0	1,522
16		5^{+1}_{-2}	32		259,0	2,020
18			36		315,0	2,455
20			40		375,0	2,927
22			42		440,0	3,431
24			46		511,0	3,990
26			48		586,0	4,577

*$\alpha = 50^0 \pm 5^0$

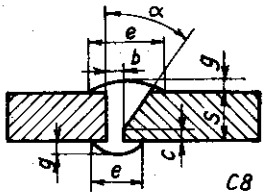


$$F_H = b(s - n) + \frac{(s - n)^2}{2} tg\alpha + 0,75eg$$

C7

Kích thước (mm)					Giá trị tính toán	
s	n	b	e	g	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
6	2^{+2}	3±1	16	$0,5^{+1}_{-0,5}$	23,3	0,181
8			18		40,0	0,312
10	3^{+2}	4±1	24	$0,5^{+2}_{-0,5}$	68,0	0,530
12			26		94,5	0,737
14			28		125,8	0,981
16		5±1	34		177,5	1,384
18			34		218,5	1,704
20			42		271,4	2,116
22			42		322,4	2,514
24			46		381,0	2,971
26			46		441,0	3,439
28			50		514,0	4,009
30			50		579,0	4,516
32			54	$0,5^{+3}_{-0,5}$	677,0	5,280
34			54		756,0	5,896

*$s_1 = s - n$; $\alpha = 50^0 \pm 5^0$

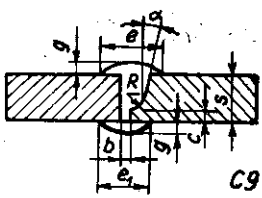


C8

$$F_H = sb + \frac{(s - c)^2}{2} tg\alpha + 0,75(e + e_1)g$$

Kích thước (mm)					Giá trị tính toán	
s	c = b	e	e_1	g	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
4	1 ± 1	12	8^{+1}_{-2}	$0,5^{+1}_{-0,5}$	20,3	0,158
6		16			34,1	0,265
8	2^{+1}_{-2}	18			51,6	0,402
10		22	10^{+1}_{-2}	$0,5^{+2}_{-0,5}$	94,0	0,733
12		24			119	0,928
14		28			157	1,224
16		30			195	1,521
18		34			239	1,864
20		36			286	2,230
22		40			340	2,652
24		42			397	3,096
26		44			458	3,572

*$\alpha = 50^0 \pm 5^0$



C9

$$F_H = 0,785R^2 + bc + \frac{1}{2}(s - R - c)^2 \times$$

$$\times tg\alpha + R(s - R - c) + 0,75(e + e_1)g$$

Kích thước (mm)				Giá trị tính toán	
s	e	e_1	g	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
15	18	10^{+1}_{-2}	$0,5^{+2}_{-0,5}$	117	0,912
16	18			126	0,982
18	19			147	1,146

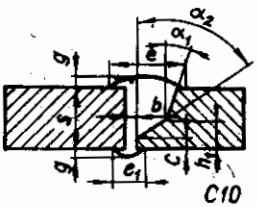
*$c = 2^{+1,5}_{-0,5}$; $b = 2 \pm 1$; $R = 7^{+1}$; $\alpha = 18^0 \pm 2^0$

(tiếp bảng 80)

Kích thước (mm)				Giá trị tính toán	
s	e - không lớn hơn	e_1	g	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
20	19	10^{+1}_{-2}	$0,5^{+1}_{-0,5}$	168	1,310
22	20			191	1,489
24	20			225	1,755
26	22	12^{+1}_{-2}	$0,5^{+2}_{-0,5}$	243	1,895
28	22			294	2,293
30	24			314	2,449
32	24			344	2,683
34	26			377	2,940
36	26			409	3,190
38	28			446	3,478
40	28			481	3,751
42	29			517	4,032
44	29			554	4,321
46	30			[illegible]	4,578
48	30			627	4,890
50	31			680	5,304
52	31			723	5,639
54	32			769	5,998
56	32			814	6,349
58	34			865	6,747
60	34			914	7,129

*$c = 2^{+1,5}_{-0,5}$; $b = 2 \pm 1$; $R = 7^{+1}$; $\alpha = 18^{\circ} + 2^{\circ}$.

(tiếp bảng 80)



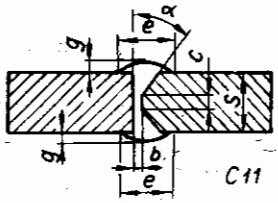
C10

$$F_H = sb + (s - h_1)(h_1 - c)tg\,\alpha_2 + \frac{1}{2}(s - h_1)^2 tg\,\alpha_1 + \frac{1}{2}(h_1 - c)^2 tg\,\alpha_2 + 0{,}75(e + e_1)g$$

Kích thước (mm)					Giá trị tính toán	
s	c = b	e	e_1	g	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
15		20			123	0,959
16		20			134	1,045
18		20			156	1,216
20		22			180	1,404
22	7±1	22	10^{+1}_{-2}	$0{,}5^{+1}_{-0{,}5}$	204	1,591
24		22			230	1,794
26		24			258	2,012
28		24			287	2,238
30		24			317	2,472
32		29			411	3,205
34		29			447	3,486
36		29			484	3,775
38		31			525	4,095
40		31			566	4,414
42		31			607	4,734
44		33			652	5,085
46	9±1	33	12^{+1}_{-2}	$0{,}5^{+1}_{-0{,}5}$	696	5,428
48		33			742	5,787
50		35			792	6,177
52		35			841	6,559
54		35			890	6,942
56		37			943	7,355
58		37			995	7,761
60		37			1048	8,174

* $c = 2^{+1,5}_{-0,5}$; $b = 2 \pm 1$; $\alpha_1 = 18^o + 2^o$; $\alpha_2 = 50^o \pm 5^o$.

(tiếp bảng 80)



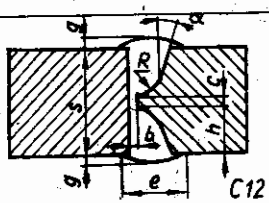
C11

$$F_H = sb + \frac{1}{4}(s - c)^2 tg\alpha + 1{,}5eg$$

Kích thước (mm)			Giá trị tính toán	
s	e	g	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
12	18	$0{,}5^{+2}_{-0{,}5}$	94	0,733
14	18		112	0,873
16	20		136	1,060
18	20		159	1,240
20	22		188	1,467
22	22		216	1,685
24	26		253	1,924
26	26		286	2,230
28	28		325	2,535
30	28		362	2,820
32	32	$0{,}5^{+3}_{-0{,}5}$	434	3,390
34	32		476	3,710
36	34		525	4,100
38	34		572	4,470
40	38		632	4,930
42	38		684	5,345
44	40		743	5,800
46	40		799	6,240
48	44		868	6,770
50	44		930	7,250
52	46		999	7,800
54	46		1064	8,300
56	48		1138	8,880
58	48		1242	9,685
60	50		1288	10,046

* $b = 2 \pm 1$; $c = 1 \pm 1$; $\alpha = 50^0 \pm 5^0$

(tiếp bảng 80)

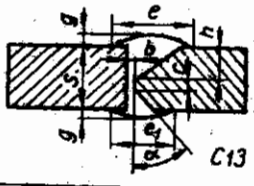


$$F_h = sb + \frac{1}{2}\pi R^2 + 2R\left(\frac{1-s}{2} - R\right) + \left(\frac{1-s}{2} - R\right)^2 tg\,\alpha + 1{,}5eg$$

Kích thước (mm)			Giá trị tính toán	
s	e	g	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
30	17	$0{,}5^{+2}_{-0{,}5}$	272	2,121
32	17		295	2,301
34	18		320	2,496
36	18		344	2,683
38	19		371	2,893
40	19		396	3,088
42	20		424	3,307
44	20		451	3,517
46	21		480	3,744
48	21		508	3,962
50	22		539	4,204
52	22		569	4,438
54	23		600	4,680
56	23		631	4,921
58	24		665	5,187
60	24		696	5,428
62	25	$0{,}5^{+3}_{-0{,}5}$	749	5,842
64	25		785	6,123
66	26		821	6,403
68	26		855	6,669
70	27		894	6,973
72	27		930	7,254
74	28		970	7,566
76	28		1008	7,862
78	29		1039	8,104
82	29		1091	8,509
84	30		1133	8,837
90	31		1298	10,124
94	31		1386	10,810
96	32		1434	11,185
100	32		1527	11,910

*$b = 2^{+1}_{-2}$; $c = 2^{+1,5}_{-0,5}$; $R = 7^{+1}$; $\alpha = 18^o + 2^o$.

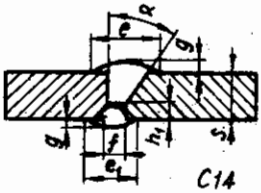
(tiếp bảng 80)



$$F_H = sb + \frac{1}{2}(s - h - c)^2 \, tg\alpha + \frac{1}{2}h^2 tg\alpha + 1{,}5(e + e_1)g$$

Kích thước (mm)					Giá trị tính toán	
s	h	e	e_1	g	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
12	8	22	14	$0{,}5^{+2}_{-0{,}5}$	124	0,967
14	9				141	1,099
16	10	24	16		173	1,349
18	11				195	1,521
20	13	28	18		238	1,856
22	14				265	2,067
24	16	32	20		315	2,457
26	17				346	2,698
28	18	36	22		392	3,057
30	19				428	3,338
32	20	40	24	$0{,}5^{+3}_{-0{,}5}$	526	4,102
34	22				579	4,516
36	23	44	26		637	4,968
38	25				697	5,436
40	26	48	27		759	5,920
42	28				827	6,450
44	29	50	28		887	6,918
46	30				943	7,355
48	31	54	30		1046	8,158
50	32				1107	8,634
52	34	58	32		1172	9,141
54	35				1236	9,640
56	36	62	34		1321	10,303
58	38				1412	11,013
60	40	64	36		1518	11,840

$b = 2^{+1}_{-2}$; $c = 1 \pm 1$; $\alpha = 50^\circ \pm 5^\circ$.

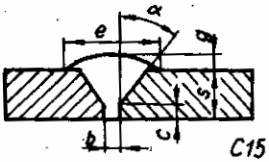


$$F_H = hb + \frac{1}{2}h^2 tg\alpha + \frac{1}{8}\pi f^2 + fh_1 - \frac{1}{2}f^2 + 0{,}75(e + e_1)g$$

Kích thước (mm)							Giá trị tính toán	
s	h	h_1	e	e_1	g		F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
8	6	4	18	13	$0{,}5^{+1}_{-0{,}5}$	6	67	0,522
10	7	5				8	82	0,639
12	8	6	20	15	$0{,}5^{+2}_{-0{,}5}$	10	132	1,029
14	10	7					136	1,060
16	11	7	24				184	1,435
18	13	8					226	1,762
20	14	9	28	18		12	273	2,129
22	15	10					304	2,371
24	16	10	32				327	2,550
26	18	11					383	2,987
28	19	11	36				410	3,198
30	21	12					472	3,681
32	22	12	40	20	$0{,}5^{+3}_{-0{,}5}$	14	541	4,129
34	24	13					612	4,773
36	25	13	44				649	5,062
38	27	14					728	5,678
40	28	15	46				774	6,037

*$b = 2^{+1}_{-2}$; $\alpha = 50^o \pm 2^o$.

(tiếp bảng 80)

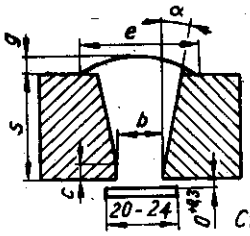


$$F_H = sb + (s - c)^2 tg\,\alpha + 0{,}75eg$$

Kích thước (mm)				Giá trị tính toán	
s	c = b	e	g	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
3	1 ± 1	10	$0{,}5^{+1{,}5}_{-0{,}5}$	12,5	0,097
4				16,1	1,125
6		* 14		29,2	0,227
8				43,5	0,339
10	2^{+1}_{-2}	20		55,8	0,435
12				89	0,694
14		24	$0{,}5^{+2}_{-0{,}5}$	123	0,959
16				153	1,193
18		30		194	1,513
20				232	1,809
22		34		279	2,176
24				326	2,542
26		38		374	2,917
28				435	3,393
30		44	$0{,}5^{+3}_{-0{,}5}$	516	4,024
32				579	4,516
34		48		652	5,085
36				731	5,701
38		54		806	6,286
40				886	6,910
42		58		975	7,605
44				1059	8,260
46		62		1160	9,048
48				1253	9,773
50		66		1361	10,615

* $\alpha = 27^o \pm 3^o$.

(tiếp bảng 80)

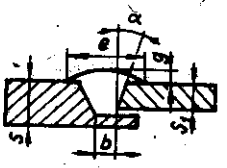


$$F_H = sb + (s - c)^2 tg\,\alpha + 0{,}75eg$$

Kích thước (mm)				Giá trị tính toán	
s	e	e_1	g	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
6	8±1	18	$0{,}5^{+2}_{-0{,}5}$	70	0,546
12				136	1,060
14		22		165	1,287
20				250	1,950
22	12±1	28		376	2,932
24				427	3,330
26		30		461	3,595
28				505	3,939
30		32	$0{,}5^{+3}_{-0{,}5}$	565	4,407
34				660	5,148
36		34		724	5,647
40				819	6,388
42		36		877	6,840
46				992	7,737
48		40		1055	8,229
52				1179	9,196
54		42		1247	9,726
58				1380	10,764
60		44	$0{,}5^{+4}_{-0{,}5}$	1469	11,458
64				1611	12,565
66		46		1689	13,174
70				1839	14,344
72		50		1925	15,015
76				2087	16,278
78		52		2172	16,941
82				2343	18,275
84		56		2441	19,039
88				2620	20,436
90		58		2715	21,177
94				2804	21,871
96		62		3009	23,470
100				3208	25,022

* $c = 1 \pm 1$; $\alpha = 10^0 \pm 2^0$.

(tiếp bảng 80)



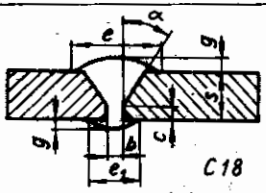
C17

$$F_H = b(s - n) + (s - n)^2 tg\alpha + 0{,}75eg$$

Kích thước (mm)					Giá trị tính toán	
s	n	b	e	g	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
6	2^{+2}	3±1	12	$0{,}5^{+2}_{-0{,}5}$	20,0	0,156
8			14		35,6	0,277
10	3^{+2}	4±1	18	$0{,}5^{+3}_{-0{,}5}$	59,5	0,464
12			20		83,3	0,649
14			24		113,5	0,885
16		6±1	30		173	1,349
18			34		212	1,653
20					258	2,012
22			38		306	2,386
24					359	2,800
26			44		414	3,229
28					478	3,728
30					541	4,219
32			48	$0{,}5^{+4}_{-0{,}5}$	631	4,921
34					701	5,467

$s_1 = s - n$; $\alpha = 27^0 \pm 3^0$.

(tiếp bảng 80)



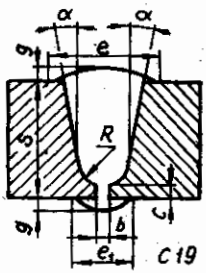
C18

$$F_H = sb + (s - c)^2 tg\alpha + 0{,}75(e + e_1)g$$

Kích thước (mm)					Giá trị tính toán	
s	c = b	e	e_1	g	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
3	1±1	10	8^{+1}_{-2}	$0{,}5^{+1,5}_{-0,5}$	18,1	0,141
4					21,7	0,169
6		14			34,8	0,271
8					49,1	0,382
10	2^{+1}_{-2}	20	10^{+1}_{-2}	$0{,}5^{+2}_{-0,5}$	89,5	0,698
12					101,7	0,793
14		24			132	1,029
16					162	1,263
18		30			203	1,583
20					241	1,879
22		34			288	2,246
24					335	2,613
26		38			389	3,034
28					444	3,463
30		44	12^{+1}_{-2}	$0{,}5^{+3}_{-0,5}$	532	4,149
32					595	4,641
34		48			667	5,202
36					739	5,764
38		54			820	6,396
40					901	7,027
42		58			990	7,722
44					1074	8,377
46		62			1175	9,165
48					1268	9,890
50		66			1377	10,740

$\alpha = 27^\circ \pm 3^\circ$.

(tiếp bảng 80)



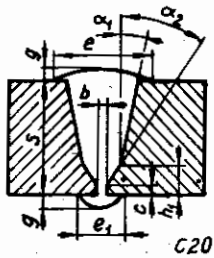
C19

$$F_H = 1{,}57R^2 + bc + 2R(s - R - c) + (s - R - c)^2 tg\alpha + 0{,}75(e + e_1)g$$

Kích thước (mm)				Giá trị tính toán	
s	e	e_1	g	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
15	26	10^{+1}_{-2}	$0{,}5^{+2}_{-0{,}5}$	188	1,466
16				204	1,591
18	28			238	1,856
20				272	2,121
22	30			309	2,410
24				346	2,698
26	32			386	3,010
28				426	3,322
30	34	12^{+1}_{-2}	$0{,}5^{+3}_{-0{,}5}$	488	3,806
34				576	4,492
36	36			625	4,875
40				722	5,631
42	38			776	6,052
46				882	6,879
48	40			940	7,332
52				1055	8,229
54	44			1122	8,751
58				1247	9,726
60	46	14^{+1}_{-2}	$0{,}5^{+4}_{-0{,}5}$	1339	10,444
64				1472	11,481
66	48			1547	12,066
70				1690	13,182
72	50			1768	13.790
76				1921	14,983
78	54			2006	15,646
82				2170	16,926
84	56			2257	17,604
88				2429	18,946
90	60			2522	19,671
94				2739	21,364
96	62			2803	21,863
100				2992	23,337

* $c = 2^{+1,5}_{-0,5}$; $b = 2^{+1}_{-2}$; $R \doteq 6^{+1}$; $\alpha = 10^o + 2^o$.

(tiếp bảng 80)

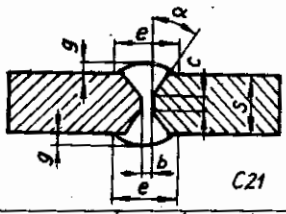


$$F_H = sb + 2(s - h_1)(h_1 - c)\text{tg}\,\alpha_2 + (s - h_1)^2\text{tg}\,\alpha_1 + (h_1 - c)^2\text{tg}\alpha_2 + 0{,}75(e + e_1)g$$

Kích thước (mm)					Giá trị tính toán	
s	h_1	e	e_1	g	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
15	8±1	22	10^{+1}_{-2}	$0{,}5^{+2}_{-0{,}5}$	116	0,904
18					147	1,146
20		24			168	1,310
24					222	1,731
26		26			251	1,957
30					312	2,433
32	12^{+1}_{-2}	32	12^{+1}_{-2}	$0{,}5^{+3}_{-0{,}5}$	422	3,291
36					501	3,907
38		34			545	4,251
42					635	4,953
44		36			683	5,327
48					781	6,091
50		40			837	6,528
54					944	7,363
56		44			1005	7,839
60					1121	8,743
62		46	14^{+1}_{-2}	$0{,}5^{+4}_{-0{,}5}$	1209	9,430
66					1335	10,413
68		48			1401	10,927
72					1538	11,996
74		50			1611	12,565
78					1755	13,689
80		52			1832	14,289
84					1989	15,514
86		54			2072	16,161
90					2235	17,433
92		56			2320	18,096
96					2494	19,453
98		60			2587	20,178
100					2677	20,880

* $c = 2^{+1}_{-2}$; $b = 2^{+1}_{-2}$; $\alpha_1 = 10^o + 2^o$; $\alpha_2 = 27^o \pm 3^o$.

(tiếp bảng 80)



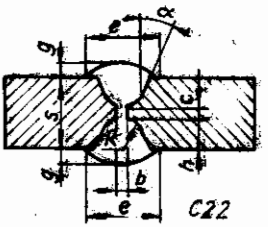
C21

$$F_H = sb + \frac{1}{2}(s - c)^2 tg\,\alpha + 1{,}5eg$$

Kích thước (mm)			Giá trị tính toán	
s	e	g	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
12	16	$0{,}5^{+2}_{-0{,}5}$	85	0,663
14			101	0,787
16	18		123	0,959
18			143	1,115
20	22		173	1,349
22			197	1,536
24	24		228	1,778
26			256	1,996
28	26		291	2,269
30			323	2,519
32	28	$0{,}5^{+3}_{-0{,}5}$	382	2,979
34			419	3,268
36	30		464	3,619
38			506	3,946
40	32		552	4,305
42			596	4,648
44	34		648	5,054
46			697	5,436
48	36		752	5,865
50			806	6,286
52	38		867	6,762
54			924	7,207
56	40		987	7,698
58			1049	8,182
60	42		1117	8,712

* $b = 2 \pm 1$; $c = 1 \pm 1$; $\alpha = 27^o \pm 3^o$.

(tiếp bảng 80)

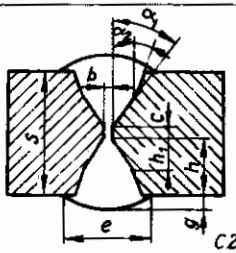


$$F_H = sb + \pi R^2 + 4R\left(\frac{s-c}{2} - R\right) + 2\left(\frac{s-c}{2} - R\right)^2 tg\alpha + 1{,}5eg$$

Kích thước (mm)			Giá trị tính toán	
s	e	g	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
30	24	$0{,}5^{+2}_{-0{,}5}$	424	3,307
32			459	3,580
34	25		496	3,868
36			533	4,157
38	26		562	4,383
40			610	4,758
42	27		650	5,070
44			689	5,374
46	28		732	5,709
48			773	6,029
50	29		816	6,364
52			859	6,700
54	30		904	7,051
56			948	7,394
58	31	$0{,}5^{+3}_{-0{,}5}$	995	7,761
60			1041	8,119
62	32		1114	8,689
64			1161	9,055
66	33		1211	9,445
68			1259	9,820
70	34		1312	10,013
72			1363	10,631
74	35		1417	11,052
76			1469	11,458
78	36		1523	11,879
82			1631	12,721
84	37		1738	13,556
88			1801	14,047
90	38		1862	14,523
94			1979	15,436
96	39		1941	15,139
100			2163	16,871

* $b = 2^{+1}_{-2}$; $c = 3 \pm 1$; $R = 6^{+1}$; $\alpha = 10^0 \pm 2^0$.

(tiếp bảng 80)

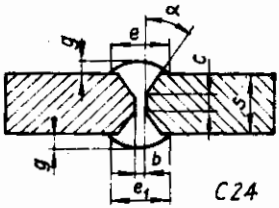


C23

$$F_H = sb + 2h_1^2 tg\alpha_1 + 2(h - h_1)^2 tg\,\alpha_2 + 4h_1(h - h_1)tg\,\alpha_2 + 1{,}5eg$$

Kích thước (mm)					Giá trị tính toán	
s	h	h_1	e	g	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
30	14	8±1	22	$0{,}5^{+2}_{-0{,}5}$	239	1,864
34	16				305	2,379
36	17		24		346	2,698
40	19				424	3,307
42	20		25		470	3,666
46	22				561	4,375
48	23		27		612	4,773
52	25				717	5,592
54	26		28		774	6,037
58	28				890	6,942
60	29	12±1	29	$0{,}5^{+3}_{-0{,}5}$	933	7,277
64	31				1060	8,268
66	32		31		1132	8,829
70	34				1172	9,141
72	35		33		1352	10,545
76	37				1504	11,731
78	38		34		1585	12,363
82	40				1752	13,665
84	41		36		1840	14,352
88	43				2019	15,748
90	44		37		2113	16,481
94	46				2304	17,971
96	47		39		2407	18,774
100	49				2608	20,342

$b = 2^{+1}_{-2}$; $c = 3 \pm 1$; $\alpha_1 = 10^0 \pm 2^0$; $\alpha_2 = 27^0 \pm 3^0$.

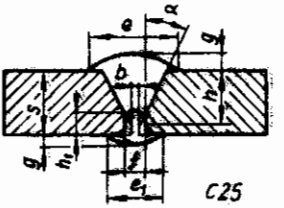


C24

$$F_H = sb + h^2 tg\alpha + (s - h - c)^2 tg\alpha + 0.75(e + e_1)g$$

Kích thước (mm)					Giá trị tính toán	
s	h	e	e_1	g	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
12	8	18	13	$0.5^{+2}_{-0,5}$	90	0,702
14	9				106	0,826
16	10	20	14		129	1,006
18	11				150	1,170
20	13	24	15		181	1,411
22	14				206	1,606
24	16	28	16		244	1,903
26	17				272	2,121
28	18	30	18		310	2,418
30	19				343	2,675
32	20	34	20	$0.5^{+3}_{-0,5}$	381	2,971
34	22				428	3,338
36	23	36	21		468	3,650
38	25				521	4,063
40	26	38	23		567	4,422
42	28				627	4,890
44	29	42	25		680	5,304
46	30				729	5,686
48	31	46	26		783	6,107
50	32				834	6,505
52	34	48	28		912	7,113
54	35				969	7,558
56	36	52	29		1032	8,049
58	38				1112	8,673
60	40	54	30		1198	9,344

* $b = 2 \pm 1$; $c = 1 \pm 1$; $\alpha = 27^0 \pm 3^0$.



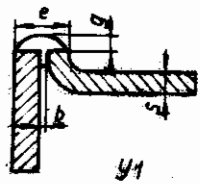
C25

$$F_H = hb + h^2 tg\,\alpha + \frac{1}{8}\pi f^2 + fh_1 - \frac{1}{2}f^2 + 0{,}75(e + e_1)g$$

Kích thước (mm)							Giá trị tính toán	
s	h	h_1	f	e	e_1	g	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
8	6	4	6	16	13	$0{,}5^{+1}_{-0{,}5}$	67	0.522
10	7	5	8				88	0.686
12	8	6	9	18*	15	$0{,}5^{+2}_{-0{,}5}$	128	0.998
14	10	7					157	1.224
16	11	7		22			173	1.349
18	13	8					211	1.645
20	14	9	12	24	18		259	2.020
22	15	10					288	2.245
24	16	10		28			309	2.410
26	18	11					360	2.808
28	19	11		32			385	3.003
30	21	12					442	3.447
32	22	12	14	34	20	$0{,}5^{+3}_{-0{,}5}$	504	3.931
34	24	13					569	4.438
36	25	13		38			601	4.687
38	27	14					672	5.241
40	28	14		40			719	5.608

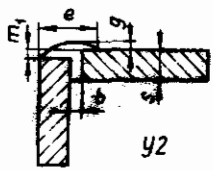
* b = 2 ± 1; $\alpha = 27^0 \pm 3^0$.

Bảng 81. **Mối hàn liên kết góc khi hàn tay**



$F_H = bs + 0.75eg$

Kích thước (mm)				Giá trị tính toán	
s	b	e	g	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
1	0^{+1}	$2s^{+2}$	0.5	1.25	0.009
2				2.87	0.022
3	0^{+2}	$2s^{+3}$	1.0	8.62	0.067
4				11.12	0.086

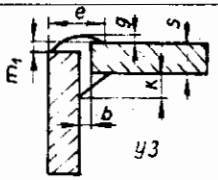


$$F_H = \frac{1}{2}(s_1 + b)m_1 + b(s - m_1) + 0.75eg$$

Kích thước (mm)				Giá trị tính toán	
$s = s_1$	b	e	g	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
1.0	$0^{+0,5}$	6 ± 3	$0.5^{+1}_{-0,5}$	3.71	0.028
1.5				3.96	0.030
2.0				8.15	0.063
3.0	0^{+2}	8 ± 4	$0.5^{+1,5}_{-0,5}$	9.75	0.076
4.0				11.50	0.089
5.0				13.50	0.105
6.0		10 ± 4	$0.5^{+2,5}_{-0,5}$	21.25	0.165

* $m_1 = \Theta \div 0,5$ s.

(tiếp bảng 81).

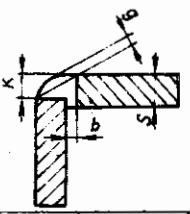


y3

$$F_H = \frac{1}{2}(s_1 + b)m_1 + b(s - m_1) + \frac{k^2}{2} + 1{,}05k$$

Kích thước (mm)				Giá trị tính toán	
$s = s_1$	b	e	g	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
2.0	0^{+1}	6±3	$0.5^{+1}_{-0,5}$	8,58	0,066
2,5				8.97	0,069
3.0	0^{+2}	8±4	$0.5^{+1,5}_{-0,5}$	11.40	0,088
4.5				14,12	0,110
5.0		10±4	$0.5^{+2,5}_{-0,5}$	15.15	0,118
6.0				17.40	0,135
7.0		12±4		19.90	0,155
8.0				22.65	0,177

* $m_1 = 0 \div 0{,}5\,s$; $k = 3$.



$$F_H = bs + \frac{k^2}{2} + 1{,}05k$$

Kích thước (mm)		Giá trị tính toán		Kích thước (mm)		Giá trị tính toán	
s	b	F_H (mm²)	m_H (kg/m)	s	b	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
2	0^{+1}	3.47	0,27	16	0^{+2}	96,60	0,753
4	0^{+2}	10,64	0,082	18		118,70	0,925
6		19,32	0,150	20		142,70	1,113
8		30,30	0,236	22		170,80	1,332
10		43,40	0,338	24		198,90	1,551
12		58,90	0,459	26		230,00	1,794
14		76,60	0,597	28		299,00	2,332

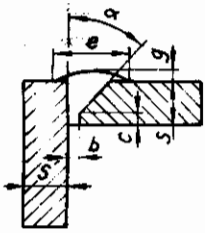
* $s_1 \geq 0{,}7s$; $m_1 = 0{,}5\,s \div s$; $k = 0{,}5\,s \div s$.

(tiếp bảng 81).

$$F_H = bs + \frac{k^2}{2} + \frac{k_1^2}{2} + 1{,}05(k + k_1)$$

Giá trị tính	Giá trị tính toán		Giá trị tính		
s	F_H (mm²)	m_H (kg/m)	s	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
2	11,9	0,092	18	126,3	0,985
4	18,3	0,142	20	150,4	1,173
6	27,0	0,210	22	178,5	1,322
8	37,9	0,295	24	206,5	1,610
10	51,1	0,398	26	237,6	1,853
12	66,6	0,519	28	271,0	2,113
14	84,3	0,657	30	306,8	2,393
16	104,2	0,812			

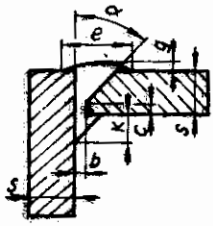
Kích thước (mm): $b = 0^{+2}$; $s_1 \geq 0{,}7\ s$; $k = 0{,}5s \div s$; $k_1 = 3$.



$$F_H = sb + \frac{1}{2}(s - c)^2 tg\alpha + 0{,}75eg$$

Kích thước (mm)				Giá trị tính	
s	b = c	e	g	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
4	1±1	12	$0{,}5^{+1}_{-0{,}5}$	19,3	0,150
6		16		39,0	0,304
8	2^{+1}_{-2}	18		62,5	0,487
10		22	$0{,}5^{+2}_{-0{,}5}$	104,6	0,815
12		24		145,5	1,134
14		28		197,0	1,536
16		30		252,0	1,965
18		34		319,0	2,488
20		36		392,0	3,057
22		40		471,0	3,673
24		42		560,0	4,368
26		44		655,0	5,109

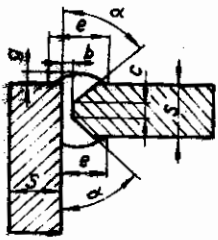
(tiếp bảng 81).



$$F_H = bs + \frac{1}{2}(s - c)^2 \operatorname{tg}\alpha + \frac{k^2}{2} + 1{,}05k + 0{,}75eg$$

Kích thước (mm)				Giá trị tính	
s	b = c	e	g	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
4	1±1	12	$0{,}5^{+1}_{-0{,}5}$	27	0,210
6		16		46	0,363
8	2^{+1}_{-2}	18		70	0,546
10		22	$0{,}5^{+2}_{-0{,}5}$	112	0,873
12		24		153	1,193
14		28		204	1,591
16		30		259	2,020
18		34		326	2,542
20		36		399	3,112
22		40		478	3,728
24		42		567	4,422
26		44		662	5,163

* $k = 3; \alpha = 50^0 \pm 5^0$.



$$F_H = sb + \frac{1}{4}(s - c)^2 \operatorname{tg}\alpha + 1{,}5eg$$

Kích thước (mm)			Giá trị tính	
s	e	g	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
12	18	$0{,}5^{+2}_{-0{,}5}$	88	0,686
14			105	0,819

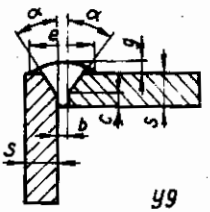
* $b = 2^{+1}_{-2}; c = 1 \pm 1; \alpha = 50^0 \pm 5^0$.

(tiếp bảng 81).

Kích thước (mm)			Giá trị tính	
s	e	g	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
16	20	$0,5^{+2}_{-0,5}$	128	0,998
18			150	1,170
20	22		178	1,388
22			205	1,599
24	26		242	1,887
26			274	2,137
28	28		311	2,425
30			347	2,706
32	32	$0,5^{+3}_{-0,5}$	418	3,260
34			459	3,580
36	34		507	3,954
38			553	4,313
40	38		612	4,773
42			663	5,171
44	42		721	5,623
46			776	6,052
48	44		844	6,583
50			905	7,059
52	46		973	7,589
54			1037	8,088
56	48		1110	8,658
58			1213	9,461
60	50		1258	9,812

* $b = 2^{+1}_{-2}$; $c = 1 \pm 1$; $\alpha = 50^o \pm 5^o$

(tiếp bảng 81).



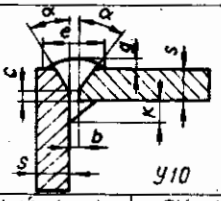
yg

$$F_H = sb + (s - c)^2 tg\alpha + 0.75eg$$

Kích thước (mm)		Giá trị tính	
s	e	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
12	22	94	0,733
14		121	0,943
16	28	157	1,224
18		192	1,497
20	32	234	1,825
22		277	2,160
24	36	328	2,558
26		379	2,956
28	42	439	3,424
30		498	3,884
32	46	522	4,071
34		629	4,906
36	52	710	5,538
38		786	6,130
40	56	867	6,762
42		951	7,417
44	60	1042	8,127
46		1135	8,853
48	64	1232	9,609
50		1335	10,413

* $b = c = 2^{+1}_{-2}$; $g = 0.5^{+2,0}_{-0,5}$; $\alpha = 27^o \pm 3^o$

(tiếp bảng 81).

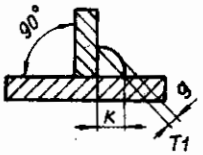


$$F_H = sb + (s - c)^2 tg\alpha + 0{,}75eg + \frac{k^2}{2} + 1{,}05k$$

Kích thước (mm)		Giá trị tính toán		Kích thước (mm)		Giá trị tính toán	
s	e	F_H (mm²)	m_H (kg/m)	s	e	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
12	22	101	0,787	32	46	529	4,126
14		128	0,998	34		636	4,960
16	28	164	1,279	36	52	717	5,592
18		199	1,552	38		793	6,185
20	32	241	1,879	40	56	874	6,817
22		284	2,215	42		958	7,472
24	36	335	2,613	44	60	1049	8,182
26		386	3,010	46		1142	8,907
28	42	446	3,478	48	64	1239	9,664
30		505	3,939	50		1342	10,467

* $b = c = 2^{+1}_{-2}$; $g = 0{,}5^{+2,0}_{-0,5}$; $\alpha = 27^0 \pm 3^0$; $k = 3$.

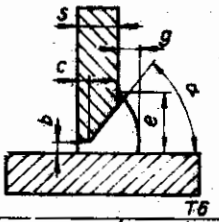
Bảng 82. **Liên kết chữ T khi hàn tay**



$$F_H = \frac{k^2}{2} + 1{,}05k$$

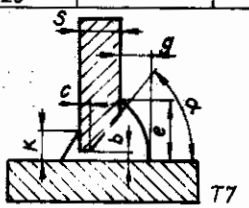
Kích thước (mm)			Giá trị tính	
s	k	b	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
2-2,5	3^{+2}	0^{+1}	12,2	0,095
3-4,5		0^{+2}		
5-6	4^{+2}_{-1}		14,7	0,114
7-9	5^{+2}_{-1};		20,9	0,163
10-15	6^{+2}_{-1};		27,9	0,217
16-21	7 ± 2	0^{+3}	31,8	0,248
22-30	8 ± 2		40,4	0,315

(tiếp bảng 82).



$$F_H = sb + \frac{1}{2}(s - c)^2 tg\,\alpha + 0{,}75eg$$

Kích thước (mm)				Giá trị tính	
s	b = c	e	g	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
4	1±1	10	3^{+1}_{-3}	27,6	0,215
6		14		51,0	0,397
8	2^{+1}_{-2}	16		76,5	0,596
10		20		114	0,889
12		22	4±3	192	1,497
14		26		249	1,942
16		28		308	2,402
18		32	5±3	407	3,174
20		34		485	3,783
22		38		575	4,485
24		40		671	5,233
26		42		771	6,018

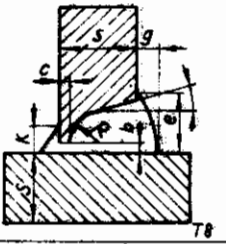


$$F_H = sb + \frac{1}{2}(s - c)^2 tg\,\alpha + 0{,}75eg + \frac{k^2}{2} + 1{,}05k$$

Kích thước (mm)				Giá trị tính	
s	b = c	e	g	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
4	1±1	10	3^{+1}_{-3}	35,0	0,273
6		14		58,6	0,457
8	2^{+1}_{-2}	16		84,0	0,655
10		20		122	0,951
12		22	4±3	199	1,552
14		26		256	1,996
16		28		315	2,457
18		32	5±3	414	3,229
20		34		492	3,837
22		38		582	4,539
24		40		678	5,286
26		42		778	6,068

* $\alpha = 50^\circ \pm 5^\circ$; k = 3.

(tiếp bảng 82).



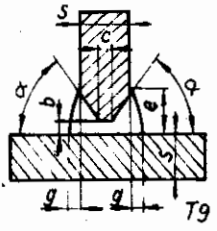
$$F_H = 0{,}785R^2 + bc + \frac{1}{2}(s - R - c)^2 tg\alpha +$$

$$+ R(s - R - c) + 0{,}75eg + \frac{k^2}{2} + 1{,}05k$$

Kích thước (mm)			Giá trị tính	
s	e	g	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
15	16	6 ± 3	170	1,326
16			180	1,404
18	17		204	1,591
20			225	1,755
22	18		257	2,004
24			277	2,160
26	20		311	2,425
28			347	2,706
30	22	8 ± 3	408	3,182
32			437	3,408
34	24		480	3,744
36			512	3,993
38	26		558	4,352
40			593	4,625
42	27	10 ± 3	676	5,272
44			714	5,569
46	28		760	5,928
48			800	6,240
50	29		849	6,622
52			893	6,965
54	30		945	7,371
56			980	7,644
58	31		1045	8,151
60			1094	8,533

* $c = 2^{+1}_{-2}$; $b = 2 \pm 1$; $R = 7^{+1}$; $k = 3$; $\alpha = 18^0 + 2^0$.

(tiếp bảng 82).

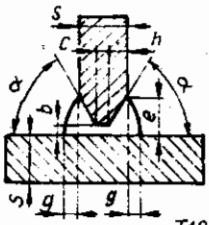


$$F_H = sb + \frac{1}{4}(s - c)^2 tg\alpha + 1{,}5eg$$

Kích thước (mm)			Giá trị tính	
s	e	g	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
12	16	3 ± 3	126	0,983
14			143	1,115
16	18		172	1,340
18			194	1,513
20	20	5 ± 3	287	2,235
22			314	2,450
24	24		373	2,910
26			405	3,160
28	26	6 ± 3	493	3,740
30			529	4,125
32	30		604	4,710
34			645	5,030
36	32	9 ± 3	849	6,625
38			895	6,972
40	36		997	7,780
42			1048	8,175
44	38		1128	8,800
46			1183	9,230
48	42	11 ± 3	1422	11,100
50			1483	11,570
52	44		1577	12,300
54			1641	12,800
56	46	13 ± 3	1880	14,670
58			1983	15,470
60			2063	16,100

* $c = 1 \pm 1$; $b = 2^{+2}_{-2}$; $\alpha = 50^0 + 5^0$.

(tiếp bảng 82).



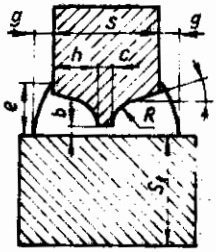
T10

$$F_H = sb + \frac{1}{2}h^2 tg\,\alpha + \frac{1}{2}(s - h - c)^2 tg\,\alpha + 1.5eg$$

Kích thước (mm)			Giá trị tính	
s	e	g	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
12	16	3 ± 3	115	0,897
16			138	1,076
18	20		169	1,318
22			201	1,568
24	22	5 ± 3	292	2,278
28			328	2,559
30	26		374	2,918
34			420	3,279
36	28	6 ± 3	495	3,860
40			548	4,270
42	30		586	4,570
46			648	5,060
48	34	9 ± 3	706	5,506
52			925	7,220
54	36		979	7,630
58			1054	8,225
60	40		1136	8,857
64			1228	9,580
66	42	11 ± 3	1410	10,998
70			1492	11,637
72	46		1588	12,386
76			1683	13,127
78	48		1749	13,642
82			1853	14,453
84	52	13 ± 3	2112	16,473
88			2223	17,339
90	54		2301	17,947
92			2341	18,259
96	58		2536	19,780
98			2581	20,131
100	60		2702	21,075

* $b = 2 \pm 1$; $\alpha = 50^0 \pm 5^0$.

(tiếp bảng 82).



$$F_H = sb + \frac{1}{2}\pi R^2 + 2R\left(\frac{s-c}{2} - R\right) + \left(\frac{s-c}{2} - R\right)^2 tg\alpha + 1{,}5eg$$

T11

Kích thước (mm)			Giá trị tính	
s	e	g	F_H (mm²)	m_H (kg/m)
30	15	6 ± 3	390	3,042
32			414	3,229
34	16		447	3,468
36			472	3,681
38	17		507	3,954
40			533	4,157
42	18		569	4,438
44			597	4,656
46	19		634	4,945
48			664	5,179
50	20	8 ± 3	763	5,951
52			793	6,185
54	21		836	6,520
56			868	6,770
58	22		913	7,121
60			945	7,371
62	23		990	7,722
64			1027	8,010
66	24		1146	8,938
68			1181	9,211
70	25	10 ± 3	1243	9,695
72			1270	9,906
74	26		1323	10,319
76			1362	10,623
78	27		1417	11,052
82			1461	11,395
84	28		1516	11,824
88			1638	12,776
90	29		1697	13,236
94			1787	13,938
96	30		1848	14,414
100			1943	15,155

* $b = 2 \pm 1$; $c = 2^{+1,5}_{-0,5}$; $\alpha = 18^0 + 2^0$; $R = 7^{+1}$.

Bảng 83. **Hệ số tiêu hao que hàn khi hàn thép kết cấu cacbon và thép hợp kim thấp**

Loại que hàn	Mác que hàn	Hệ số		
		Khối lượng phủ k	Ψ	Tiêu hao
Э34	АН-1	0,02-0,04	0,20-0,25	1,50
Э34	Me	0,02-0,04	0,20-0,25	1,50
Э42	ОММ-5	0,30-0,40	0,15-0,20	1,76
Э42	СМ-5	-	-	1,80
Э42	ЦМ-7	0,38-0,42	0,10	1,71
Э42	КПЭ-32р	-	-	1,60
Э42	УНЛ-1	-	-	1,80
Э42	ЦМ-7с	0,50-0,60	0,05-0,10	1,80
Э42	МЭZ-0,4	0,35-040	0,15-0,25	1,86
Э42	АНО-5	-	-	1,60
Э42	АНО-6	0,36	0,17	1,70
Э42	АНО-1	-	-	1,50
Э42	ОМА-2	-	-	1,50
Э42	ВСП-1	-	-	1,60
Э42	ЦМ-8	0,35-0,40	0,08	1,62
Э42А	УОНИ-13/45	0,30-0,40	0,15	1,73
Э42	ЦНИИСС-УКД	0,36-0,40	0,09	1,65
Э42	ВСЦ-2	-	-	1,80
Э42А	СМ-11	-	-	1,45
Э42А	УП-1/45	-	-	1,80
Э42А	УП-2/45	-	-	1,60
Э42А	ОЗС-2	-	-	1,60
Э46	АНО-3	-	-	1,60
Э46	АНО-4	-	-	1,70
Э46	МР-1	-	-	1,60
Э46	МР-3	-	-	1,70
Э46	ОЗС-4	-	-	1,70
Э46	ОЗС-6	-	-	1,60
Э46	РБУ-4	-	-	1,68
Э46	РБУ-5	-	-	1,50
Э46	ЗРС-2	-	-	1,60
Э46	ОЗС-3	-	-	1,60
Э46	ЗРС-1	-	-	1,60
Э46А	Э138/45Н	-	-	1,70
Э50	ВСЦ-3	-	-	1,40

(tiếp bảng 83).

Loại que hàn	Mác que hàn	Hệ số		
		Khối lượng phủ k	Ψ	Tiêu hao
Э50	ВСН-3	-	-	1,60
Э50А	УОНИ-13/55	0,30-0,40	0,13	1,70
Э50А	ДСК-50	-	-	1,40
Э50А	УП-1/55	-	-	1,60
Э50А	УП-2/55	-	-	1,60
Э50А	К-5А	-	-	1,70
Э50А	УП-2/55у	0,30-0,35	0,05-0,07	1,53
Э50А	У-340/55	0,35-0,45	0,18-0,2	1,88
Э50А	ЦУ-1	0,28-0,32	0,034	1,47
Э50А	ЦУ-1сх	0,28-0,32	0,02	1,46
Э50А	ЦУ-2сх	0,28-0,32	0,06	1,50
Э50	К-51	0,25-0,30	0,07	1,50
Э50	К-52	0,25-0,30	0,07	1,50
Э50А	Э-138/50Н	-	-	1,70
Э50А	АН-Х7	-	-	1,70
Э55	УОНИ-13/55у	0,30-0,40	0,02-0,08	1,530
Э60А	УОНИ-13/65	0,30-0,40	0,13	0,680
Э60А	У-340/65	0,35-0,45	0,13	1,75
Э70	ЛКЗ-70	-	-	1,50
Э70	К-70	0,25-0,30	0,15	1,64
Э85	УОНИ-13/85	0,30-0,40	0,10-0,12	1,65
Э85	УОНИ-13/85у	0,30-0,40	0,02-0,07	1,53
Э85	НИАТ-3М	0,38-0,47	0,01-0,02	1,78
Э85	ЦЛ-18	0,28-0,32	0,13	1,64
Э85	ЦЛ-18-Мо	0,28-0,32	0,11	1,58
Э100	У-340/105	0,30-0,40	0,05-0,15	1,62
Э100	ЦЛ-19	0,28-0,32	0,10	1,58

Bảng 84. **Hệ số tiêu hao que hàn khi hàn thép hợp kim cao với tính chất đặc biệt**

Loại que hàn	Mác que hàn	Hệ số		
		k	Ψ	Tiêu hao
ЭА-1а	ОЗЛ-8	0,33-0,37	0,03-0,07	1,53
ЭА-1Б	ОЗЛ-7	0,35-0,39	0,04-0,07	1,55
ЭА-1Б	ЦЛ-11	0,31-0,33	0,05-0,10	1,54
ТУ-ОС3	ЦТ-15	0,32-0,36	0,05-0,10	1,55
ТУ ОС3	Л-40М	0,30-0,32	0,05-0,1	1,53
ТУ ОС3	ЭНТУ-3Б	0,34-0,38	0,03-0,07	1,54
ТУ1078-64	НИАТ-1	0,18-0,32	0,05-0,10	1,46
ТУ ОС3	ЦТ-1	0,50-0,60	0,05-0,10	1,78
ТУ 151-60	НИС-13	0,32-0,36	0,03-0,07	1,52
ТУ 151-60	ОЗЛ-4	0,35-0,39	0,00-0,05	1.51
ЭА-2	ОЗЛ-6	0,35-0,39	0,03-0,07	1.55
ЭА-2	ОЗЛ-6р	0,35-0,39	0,10-0,15	1,69
ТУ ОС3	ОЗЛ-9-1	0,35-0,39	0,0-0,05	1,51
ТУ ОС3	ОЗЛ-9А	0,35-0,39	0,05-0,10	1,59
ЭА-2С2	ОЗЛ-5	0,35-0,39	0,03-0,07	1,55
ЭА-3М6	НИАТ-5	0,30-0,40	0,02-0,04	1,51
ТУ 1068-63	АЖ-13-18	0,29-0,31	0,02-0,05	1,47
ЭФ-Х13	УОНИ-13/НЖ	0,34-0,38	0,05-0,10	1,58
ЭА-2Б	ЦЛ-9	0,44-0,47	0,07	1,69
ЭА-1	ОЗЛ-14	-	-	1,60
А-1а	Л-39	-	-	1,60
ЭА-1Б	Л-38М	-	-	1,70
ЭА-1Ба	ЗИО-3	-	-	1,55
ЭА-1М2	ЭА-400/10у	-	-	1,80
ЭА-1М2	ЭНТУ-3М	-	-	1,65
ЭА-1М2	ЦЛ-4	-	-	1,50
ЭА-1М2Б	ЭА-902/14	-	-	1,80
ЭА-1М2Б	ЦЛ-28	-	-	1,60
ЭА-1М2Б	НЖ-13	-	-	1,75
ЭА-1М2Б	ЭА-400/13	-	-	1,80
ЭА-1Ф2	ЭА-606/11	-	-	1,80
ЭА-1Ф2	ГЛ-2	-	-	1,60
ЭФ-Х13	УОНИ-10Х13	-	-	1,60
ЭФ-Х17	УОНИ/10Х17Т	-	-	1,60
-	ОЗЛ-3	-	-	1,50
-	15М	-	-	1,60
-	ОЗЛ-11	-	-	1,60

Bảng 85. **Hệ số tiêu hao que hàn khi hàn thép hợp kim bền nhiệt**

Loại que hàn	Mác que hàn	Hệ số	
		Ψ	Tiêu hao
Э-ХМФ-Ф	ЦЛ-20А	0,02-0,05	1,49
Э-ХМФ-Ф	ЦЛ-20Б	0,02-0,05	1,49
ТУ 1112-65	ЦЛ-20М	0,02-0,05	1,49
Э-ХМФБ-Ф	ЦЛ-27А	0,02-0,05	1,49
Э-ХМФБ-Ф	ЦЛ-27Б	0,02-0,05	1,49
Э-Х2МФБ-Ф	ЦЛ-26М	0,02-0,05	1,49
Э-Х5МФ-Ф	ЦЛ-17	0,04-0,08	1,53
Э-МХ-Р	ЦЛ-14	-	1,60
Э-МХ-Ф	ГЛ-14	-	1,50
Э-ХМ-Ф	ЦЛ-30-63	-	1,60
Э-ХМФ-Ф	ЦЛ-20-63	-	1,60
Э-Х2МФБ-Ф	ЦЛ-26М-63	-	1,60
Э-Х5МФ-Ф	ЦЛ-17-63	-	1,60
ЭА-1Г6	СЛ-16	-	1,60
ЭФ-Х13	ЛМЗ-1	-	1,70

Chú thích: hệ số khối lượng thuốc bọc cho các mác que hàn k = 0,3 ÷ 0,35

Bảng 86. **Hệ số tiêu hao que hàn khi đắp bề mặt cho các tính chất đặc biệt**

Loại que hàn	Mác que hàn	Hệ số		
		k	Ψ	Tiêu hao
ЭН-60Х2СМ-50	ЭН-60М	0,48-0,58	0,0-0,10	1,73
ЭН-80В18Х4Ф-60	ОЗИ-1	1,10-1,25	-0,40	1,75
	ОЗИ-2	1,10-1,25	-0,40	1,45
ЭН-У30Х25ПС2Г-60	Т-590	1,65	-1,0÷-1,15	1,40
ЭН-У30Х23-РС2ТГ-55	Т-620	1,65	-1,0÷-1,5	1,3

Bảng 87. **Hệ số tiêu hao que hàn khi hnà hợp kim màu và gang**

Loại que hàn	Mác que hàn	Hệ số		
		k	Ψ	Tiêu hao
TY 1033-62	ОЗЧ-1	0,30-0,35	(0,0)÷(-0,05)	-
TY 1034-62	МНЧ-1	-	0,0-0,05	-
TY 1035-62	ЦЧ-4	0,58-0,62	0,0-0,05	1,76
TY ЦНИИТМАШ и ОСЗ	ЦЧ-3А	0,30-0,32	0,0-0,05	1,46
TY 1036-62	ОЗА-1	-	0,15-0,20	2,3
TY 1037-62	ОЗА-2	-	0,15-0,20	2,3
TY 1079-64		0,20	0,05-0,15	1,4

Bảng 88. **Hiệu số điều chỉnh cho định mức tiêu hao que hàn**

Chiều dài que hàn	Chiều dài que hàn sử dụng (mm)				
	450	400	350	300	250
450	1,0	1,02	1,04	1,07	1,12
350	0,96	0,98	1,0	1,03	1,07
250	0,89	0,91	0,93	0,96	1,0

2. Dây hàn và thuốc hàn để hàn tự động và bán tự động

Kích thước kết cấu của liên kết hàn, công thức tính toán diện tích tiết diện ngang của mối hàn, định mức tiêu hao dây và thuốc cho liên kết hàn cho trong các bảng 89 ÷ 92.

Định mức tiêu hao dây được tính theo công thức (47). Giá trị hệ số tiêu hao dây cho hàn tự động là 1,02, cho hàn bán tự động là 1,03.

Định mức tiêu hao thuốc tính theo công thức (52). Giá trị hệ số tiêu hao thuốc:

1) Đối với các mối hàn giáp mối, hàn góc không vát mép - khi hàn tự động là 1,3; hàn bán tự động là 1,4; khi có vát mép tương ứng là 1,2 và 1,3.

2) Cho các mối hàn của liên kếy chữ T có và không vát mép: đối với hàn tự động là 1,1; hàn bán tự động là 1,2.

3) Cho liên kết hàn đinh chốt trong giới hạn 2,7 ÷ 3.

Sự tiêu hao dây hàn có thể giảm bớt khi:

a) Dùng dây theo đúng tiêu chuẩn đã định cho các liên kết hàn.

b) Sử dụng các thiết bị hàn với bộ phận truyền dẫn dây trực tiếp.

c) Dùng các máy hàn có các cơ cấu bán tự động truyền dẫn dây để giảm bớt tầm với của dây hàn.

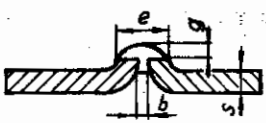
d) Hoàn thiện chế độ hàn để bảo đảm tổn thất là nhỏ nhất.

e) Hàn không có vát mép chi tiết hàn.

Thuốc hàn được di chuyển từ thùng thuốc đến vùng hàn bằng hình thức tự động hoặc bán tự động. Chúng bị chảy tạo xỉ do hồ quang nung nóng; một phần bám vào xỉ, phần khác vẫn giữ trạng thái ban đầu. Các phần thuốc không nóng chảy sẽ được thu lại bằng thiết bị chuyên dùng hoặc bằng tay để dùng lại.

Khi thu lại bằng tay, mất mát thuốc có thể đến 20%. Nếu sử dụng các thiết bị chuyên dùng để thu lại thuốc, có thể đạt đến 90% số thuốc thu lại là dùng được.

Bảng 89. **Mối hàn liên kết giáp mối**



$F_H = s + 0,75eg$

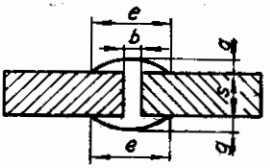
Kích thước (mm)				
s	1,5	2,0	2,5	3,0
e	$2,5^{+1}$	2,5+2	2,5+3	
g	0,5		1	

* $b = 0^{+1}$ mm

S (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		Hàn bán tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn			
			dây	thuốc	dây	thuốc
1,5	1,87	0,014	0,0142	0,0186	0,0144	0,0202
2,0	2,31	0,018	0,0183	0,0238	0,0185	0,0259
2,5	4,25	0,033	0,0336	0,0439	0,0340	0,0476
3,0	4,49	0,035	0,0357	0,0464	0,0361	0,0506

(tiếp bảng 89).

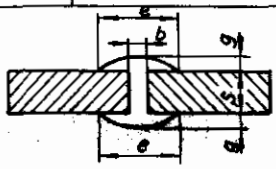
$F_H = sb + 1{,}5eg$										
Kích thước (mm)										
s	2	3	4	5	6	7	8	9	10-14	16-20
g	1,5 ± 1		2 ± 1			$2^{+1,5}_{-1,0}$			2,5±1,5	$25^{+2}_{-1,5}$
e	7±1,5	8±2	10±2	12±2	16±3				20±3	22±4
b	$0^{+0,3}$	$0^{+0,5}$	$0^{+0,8}$	0^{+1}						



s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		Hàn bán tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn			
			dây	thuốc	dây	thuốc
2	18,3	0,142	0,145	0,188	0,146	0,204
3	21,7	0,169	0,172	0,224	0,174	0,243
4	34,6	0,270	0,275	0,358	0,278	0,388
5	41,5	0,324	0,330	0,429	0,334	0,466
6	55,5	0,433	0,442	0,574	0,446	0,623
7	63,1	0,492	0,502	0,652	0,507	0,709
8	63,6	0,496	0,506	0,657	0,511	0,714
9	64,1	0,500	0,510	0,662	0,515	0,720
10	86,7	0,626	0,638	0,828	0,645	0,901
12	87,7	0,684	0,968	0,907	0,705	0,986
14	88,7	0,692	0,706	0,917	0,713	0,997
16	109,2	0,850	0,867	1,127	0,876	1,224
18	110,2	0,860	0,877	1,140	0,886	1,240
20	111,2	0,867	0,884	1,150	0,892	1,250

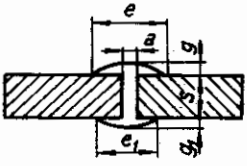
(tiếp bảng 89).

$F_H = sb + 1{,}5eg$												
Kích thước (mm)												
s	2	3	4-5	6	7-9	10	12-14	16-20	22	30	40	50
g	1,5 ± 1		2 ± 1,5				2,5 ± 1,5	$2{,}5^{+2{,}5}_{-1{,}5}$			3^{+3}_{-2}	
e	7±1,5	8±2	10±2	16±3		20±3		22±4		30±4	40±4	45±4
b	0^{+1}	1±1			2±2					6±1	8±1	8±2



s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao mối hàn (kg/m)			F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao mối hàn (kg/m)	
			dây	thuốc				dây	thuốc
2	19,07	0,148	0,151	0,196	12	105,7	0,824	0,840	1,093
3	24,0	0,187	0,191	0,248	14	109,7	0,855	0,872	1,134
4	38,5	0,300	0,306	0,398	16	133,2	1,040	1,060	1,376
5	39,5	0,308	0,314	0,408	18	137,2	1,080	1,102	1,430
6	60,75	0,474	0,483	0,628	20	141,2	1,102	1,124	1,460
7	68,75	0,536	0,547	0,710	22	155,0	1,210	1,234	1,603
8	70,75	0,552	0,563	0,732	30	332,0	2,590	2,640	3,430
9	72,75	0,567	0,579	0,752	40	544,5	4,250	4,340	5,630
10	86,7	0,677	0,691	0,897	50	755,0	5,880	6,000	7,790

$F_H = sb + 0{,}75eg$
$F_H = 0{,}75e_1g_1$ (cho hàn tay)



Kích thước (mm)				
s	2	3	4	5
b	0,5 ± 0,5	2 ± 1		
g	1,5 ± 1		2 ± 1	
e	7 ± 1,5	8 ± 2	10 ± 2	12 ± 2
e_1	8 ± 2			10 ± 2

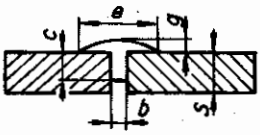
* g_1 = 1,5 ± 0,5 mm

$F_{H_1} = 9{,}7\ mm^2$; $m_{H1} = 0{,}075$ kg/m

(tiếp bảng 89).

s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		Hàn bán tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn			
			dây	thuốc	dây	thuốc
1	10,0	0,078	0,0796	0,103	0,0804	1,125
3	13,5	0,105	0,107	0,139	0,108	0,151
4	20,0	0,156	0,159	0,206	0,161	0,225
5	24,5	0,190	0,194	0,252	0,196	0,274

$$F_H = cb + 0{,}75eg$$

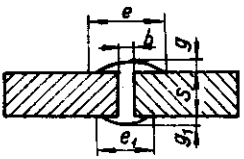


Kích thước (mm)				
s	2	3	4	5
b	0 + 0,3	0 + 0,5	0 + 0,8	0 + 1,0
g	1,5 + 1		2 ± 1	
e	7 ± 1,5	8 ± 2	10 ± 2	12 ± 2

* c = min 0,6s

s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		Hàn bán tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn			
			dây	thuốc	dây	thuốc
1	9,3	0,072	0,073	0,095	0,074	1,104
3	11,2	0,087	0,088	0,115	0,089	0,125
4	18,1	0,141	0,144	0,187	0,145	0,203
5	22,0	0,172	0,175	0,228	0,177	0,248

$$F_H = sb + 0{,}75(eg + e_1g_1)$$

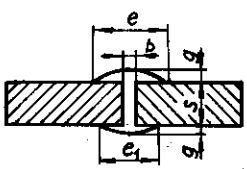


Kích thước (mm)							
s	2	3	4	5	6	7	8-10
b	0^{+1}	1±1		1,5±1		2±1,5	
e	10±2		14±2		18±3		22±4
g	1,5±1		2±1,5				
g_1	1±1		1,5±1			2±1	

* e_1 = 4 ± 2 mm

s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao mối hàn (kg/m)			F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao mối hàn (kg/m)	
			dây	thuốc				dây	thuốc
2	18,2	0,142	0,145	0,188	7	51,8	0,404	0,412	0,535
3	20,2	0,157	0,160	0,208	8	60,9	0,475	0,484	0,630
4	33,2	0,259	0,264	0,343	9	62,9	0,490	0,500	0,649
5	36,7	0,286	0,292	0,379	10	64,9	0,507	0,517	0,672
6	45,2	0,353	0,360	0,468					

$$F_H = sb + 0{,}75eg\ (eg + c_1g_1)$$



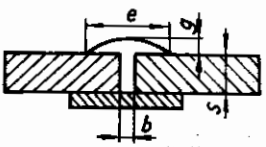
Kích thước (mm)					
s	4	5	6	7	8-10
b	$1^{+0,5}$	$1,5^{+0,5}$		2^{+1}	
e	14±2		18±3		22±4
g_1	1,5±1			2±1	

* e_1 = 4±2 mm; g = 2±1,5 mm

(tiếp bảng 89).

s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn	
			dây	thuốc
4	34,2	0,267	0,272	0,354
5	39,2	0,306	0,312	0,405
6	48,2	0,376	0,384	0,498
7	55,3	0,432	0,441	0,573
8	64,9	0,506	0,516	0,670
9	67,4	0,526	0,536	0,697
10	70,0	0,546	0,557	0,723

$$F_H = sb + 0,75eg$$

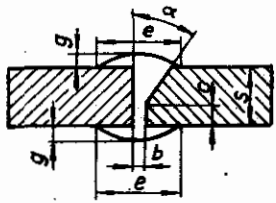


Kích thước (mm)								
s	2	3	4	5	6	7	8	9-10
b	1,5±1		2±1		3±1,5			4±1,5
g	1,5±1		2±1,5					
e	10±2		14±2		18±3		22±4	

s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		Hàn bán tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn			
			dây	thuốc	dây	thuốc
2	15,6	0,122	0,1245	0,161	0,1256	0,175
3	17,2	0,134	0,1368	0,177	0,1380	0,193
4	50,9	0,397	0,405	0,526	0,409	0,572
5	52,9	0,412	0,420	0,547	0,425	0,594
6	73,6	0,574	0,586	0,760	0,592	0,827
7	76,7	0,597	0,609	0,791	0,614	0,859
8	91,8	0,716	0,730	0,948	0,737	1,030
9	103,8	0,810	0,826	1,074	0,835	1,167
10	107,8	0,840	0,857	1,114	0,865	1,210

(tiếp bảng 89).

$$F_H = sb + \frac{(s-c)^2}{2} tg\alpha + 1{,}5eg$$

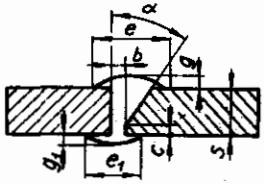


Kích thước (mm)				
s	14	16	18	20
c	6±1		7±1	
g	18±3		22±4	
e	2,5± 1,5		$2{,}5^{+2}_{-1{,}5}$	

* $b = 0^{+1}$ mm; $\alpha = 40^o \pm 5^o$

s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn	
			dây	thuốc
14	108,4	0,845	0,862	1,103
16	134,6	1,050	1,070	1,285
18	163,7	1,275	1,300	1,560
20	185,4	1,445	1,474	1,770

$$F_H = sb + \frac{(s-c)^2}{2} tg\alpha + 0{,}75(eg + e_1g_1)$$



Kích thước (mm)				
s	8-9	10	12-14	16-20
e	18±3	20±4	22±4	24±4
g	2± 1,5		2,5± 1,5	$2{,}5^{+2}_{-1{,}5}$

* $b = 2 \pm 1$ mm; $\alpha = 40^o \pm 5^o$; $e_1 = 4 \pm 2$ mm; $g_1 = 2 \pm 1{,}5$ mm

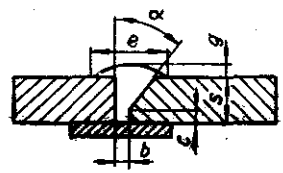
s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn	
			dây	thuốc
8	71,2	0,556	0,572	0,686
10	91,2	0,710	0,731	0,877
12	122,3	0,953	0,981	1,177
14	145,3	1,133	1,166	1,399
16	180,8	1,410	1,452	1,742
18	210,5	1,640	1,689	2,026
20	243,7	1,895	1,951	2,341

(tiếp bảng 89).

$$F_H = sb + \frac{(s - c)^2}{2} tg\alpha + 0,75eg$$

Kích thước (mm)										
s	8	9	10	12	14	16	18	20	22-24	26-30
b	2±1				3±1,5		4±1,5		5±1,5	
e	18±3		20±3	22±4		24±4			26±4	30±4
g	2±1,5			2,5±1,5		$2^{+2}_{-1,5}$			$2^{+2,5}_{-1,5}$	

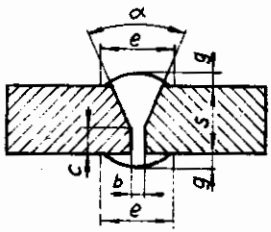
* $c = 1,5 \pm 1$; $\alpha = 30^0 \pm 5^0$



s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		Hàn bán tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn			
			dây	thuốc	dây	thuốc
8	57,1	0,445	0,453	0,543	0,458	0,595
9	63,3	0,494	0,503	0,603	0,508	0,660
10	75,5	0,588	0,599	0,718	0,605	0,786
12	103,2	0,805	0,821	0,985	0,829	1,077
14	134,8	1,050	1,071	1,285	1,081	1,405
16	155,7	1,215	1,229	1,474	1,251	1,626
18	198,9	1,551	1,582	1,898	1,597	2,076
20	227,4	1,770	1,805	2,166	1,823	2,369
22	300,2	2,400	2,448	2,937	2,472	3,213
24	335,1	2,610	2,662	3,194	2,688	3,494
26	380,4	2,970	3,029	3,634	3,059	3,976
28	420,4	3,300	3,366	4,039	3,389	4,405
30	462,9	3,610	3,682	4,418	3,708	4,820

(tiếp bảng 89).

$$F_H = sb + (s - c)^2 tg\frac{\alpha}{2} + 1{,}5eg$$



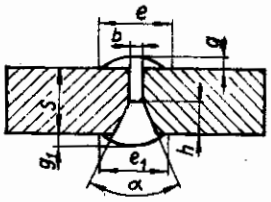
Kích thước (mm)						
s	14	16	18	20	22	24
e	18±3		22±4		24±4	
g	2±1,5	$2{,}5^{+2}_{-1{,}5}$			$2{,}5^{+2{,}5}_{-1{,}5}$	
c	6±1		7±1		8±1	

* $b = 0^{+1}$ mm; $\alpha = 60^o \pm 5^o$

s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		Hàn bán tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn			
			dây	thuốc	dây	thuốc
14	105,8	0,825	0,842	1,010	0,850	1,105
16	149,4	1,165	1,188	1,425	1,200	1,560
18	181,6	1,415	1,444	1,734	1,458	1,890
20	210,4	1,640	1,672	2,010	1,690	2,200
22	245,7	1,915	1,954	2,340	1,974	2,560
24	281,5	2,195	2,238	2,680	2,260	2,940

$$F_H = (s - h)b + 0{,}75eg;$$

$$F_1 = hb + h^2 tg\frac{\alpha}{2} + 0{,}75e_1g_1$$



Kích thước (mm)							
s	5-6	7	8	9	10	12	14
h	3±1		4±1		5±1		8±1
e	17±3			20±4			
e_1	12±2		13±2		14±2		16±2
g	2±1	$2^{+1,5}_{-1,0}$				2,5±1,5	

* $b = 2 \pm 1$ mm; $g_1 = 1{,}5 \pm 1$ mm; $\alpha = 60^o \pm 5^o$;

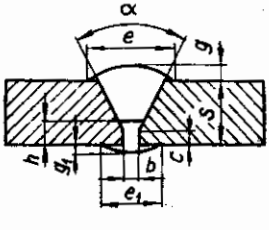
(tiếp bảng 89).

s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		Hàn bán tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn			
			Dây	Thuốc	Dây	Thuốc
5	32,7	0,255	0,260	0,338	0,263	0,367
6	34.7	0,271	0,276	0,359	0,279	0,390
7	40.5	0,316	0,322	0,418	0,326	0,455
8	40,5	0,316	0,322	0,418	0,326	0,455
9	48,5	0,378	0,385	0,500	0,389	0,545
10	48,5	0,378	0,385	0,500	0,389	0,545
12	57.0	0,445	0,454	0,590	0,458	0,641
14	55.0	0,428	0,437	0,567	0,442	0,616

s (mm)	Giá trị tính		s (mm)	Giá trị tính	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)		F_H (mm^2)	m_H (kg/m)
5	28,05	0.219	9	35,3	0,275
6	28.05	0.219	10	43,7	0,341
7	28,05	0,219	12	43,7	0,341
8	35,3	0,275	14	74,7	0,583

$$F_H = b(s - h) + (s - c)^2 tg\frac{\alpha}{2} - (h - c)^2 tg\frac{\alpha}{2} + 0,75eg;$$

$$F_{H_1} = bh + (h - c)^2 tg\frac{\alpha}{2} + 0,75e_1g_1$$



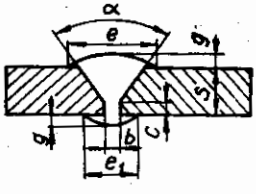
Kích thước (mm)						
s	14	16	18-20	22	24	26-30
e	20±4		25±5	30±6		37±7
g	2±1,5		$2,5^{+2}_{-1,5}$		$2,5^{+2}$	

* b = 2 ± 2 mm; $g_1 = 0^{+3}$ mm; e_1 = 9mm; h = 6 mm; c = 2 ± 1mm; $\alpha = 60^o \pm 5^o$.

(tiếp bảng 89).

s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		Hàn bán tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn			
			Dây	Thuốc	Dây	Thuốc
14	117	0,912	0,930	1,115	0,940	1,220
16	163	1,271	1,297	1,560	1,311	1,702
18	213	1,660	1,693	2,025	1,710	2,223
20	257	2,015	2,043	2,453	2,075	2,695
22	329	2,565	2,615	3,140	2,640	3,430
24	382	2,980	3,040	3,650	3,070	3,990
26	458	3,580	3,640	4,370	3,690	4,800
28	520	4,060	4,140	4,970	4,180	5,430
30	586	4,570	4,660	5,580	4,710	6,120

$$F_H = sb + (s - c)^2 \, tg\frac{\alpha}{2} + 0{,}75(eg + e_1g_1)$$



Kích thước (mm)						
s	8-9	10	12	14	16-20	22-24
c	3±1			4±1		
e	18±3	20±3	22±4		24±4	26±5
g	2±1,5		2,5±1,5		$2{,}5^{+2}_{-1{,}5}$	$2{,}5^{+2{,}5}_{-1{,}5}$

* b = 2 ± 1 mm; e_1 = 4±2 mm; g_1 = 2±1,5 mm; $\alpha = 50^o \pm 5^o$.

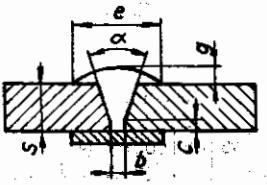
s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn			F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn	
			Dây	Thuốc				Dây	Thuốc
8	67,2	0,525	0,535	0,643	16	163,6	1,275	1,300	1,560
9	74,4	0,581	0,593	0,711	18	192,0	1,498	1,528	1,834
10	85,6	0,667	0,680	0,817	20	224,3	1,750	1,785	2,140
12	117,0	0,912	0,930	1,118	22	271,1	2,115	2,156	2,590
14	130,0	1,015	1,035	1,242	24	309,8	2,420	2,468	2,960

(tiếp bảng 89).

$$F_H = sb + (s - c)^2 tg\frac{\alpha}{2} + 0{,}75eg$$

Kích thước (mm)									
s	8-9	10	12	14	16	18	20	22-24	26-30
b	2±1			3±1,5		4±1,5		5±1,5	
e	18±3	20±3	22±4		24±4			26±4	30±4

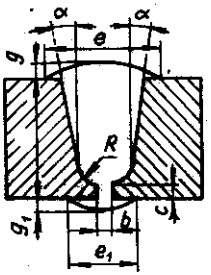
* g = 2 ± 1,5 mm; c = 1,5 ± 1 mm; α = 30° ± 5°.



s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		Hàn bán tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn			
			Dây	Thuốc	Dây	Thuốc
8	58,4	0,456	0,465	0,557	0,469	0,611
9	64,2	0,501	0,512	0,613	0,516	0,672
10	73,8	0,576	0,588	0,705	0,594	0,772
12	91,8	0,717	0,732	0,877	0,738	0,960
14	122,2	0,953	0,972	1,168	0,982	1,278
16	145,7	1,137	1,160	1,392	1,170	1,523
18	186,3	1,454	1,484	1,780	1,498	1,950
20	213,1	1,663	1,695	2,038	1,712	2,230
22	267,0	2,084	2,135	2,565	2,156	2,808
24	300,0	2,340	2,390	2,866	2,412	3,140
26	340,8	2,660	2,712	3,260	2,740	3,565
28	377,9	2,950	3,010	3,610	3,040	3,955
30	417,4	3,255	3,320	3,980	3,350	4,360

tiếp bảng 89

$$F_H = (s - R - c)^2 tg\alpha + bs + 2(s - R - c)R + \frac{\pi R^2}{2} + 0{,}75(eg + e_1 g_1)$$



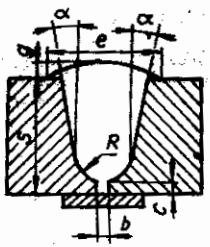
Kích thước (mm)																						
s	30	32	34	36	38	40	42	45	48	50	55	60	65	70	80	90	100	110	115	120	125	130
e	35	36	37	38	39	40	41	42	44	45	47	54	56	55	59	63	68	65	67	69	70	72
e_1	15^{+4}		16^{+4}						18^{+4}					20^{+4}								
c	5±1													8±1								
R	5±1													8±1								
g	$2{,}5^{+2{,}5}_{-1{,}5}$						3^{+3}_{-2}															
α	13° ± 2°													12° ± 2°				10° ± 2°				

* $b = 0^{+1}$ mm; $g_1 = 2{,}5 \pm 2$ mm.

(tiếp bảng 89).

s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn	
			Dây	Thuốc
30	469	3,658	3,731	4,477
32	512	3,883	3,960	4,752
34	559	4,360	4,447	5,236
36	605	4,719	4,813	5,775
38	653	5,093	5,194	6,232
40	703	5,483	5,592	6,710
42	756	5,896	6,013	7,215
45	852	6,645	6,777	8,132
48	946	7,378	7,525	9,030
50	1003	7,823	7,979	9,574
55	1160	9,048	9,228	11,073
60	1588	12,386	12,633	15,159
65	1789	13,954	14,233	17,069
70	1821	14,203	14,487	17,384
80	2250	17,450	17,799	21,358
90	2720	21,216	21,640	25,968
100	3235	25,233	25,737	30,884
110	3439	25,824	26,340	31,608
115	3696	28,828	29,404	25,284
120	3963	30,910	31,528	37,833
125	4425	34,515	35,205	42,246
130	4520	35,256	35,961	43,153

$$F_H = 1{,}57R^2 + bs + (s - R - c)^2 tg\alpha + 2R(s - R - c) + 0{,}75eg$$



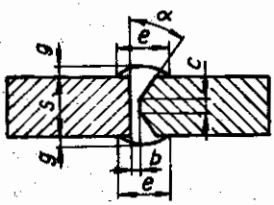
Kích thước (mm)								
s	16	20	25	30	35	40	45	50
e	25	28	31	29	32	34	36	39
g	$2{,}5^{+2,5}_{-1,5}$						3^{+3}_{-2}	
α	$18^o \pm 2^o$			$13^o \pm 2^o$				

* $b = 0^{+2}$ mm; c = 1 ± 0,5 mm; R = 5 ± 1 mm

(tiếp bảng 89).

s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn	
			Dây	Thuốc
16	242,5	1,893	1,930	2,320
20	322,6	2,515	2,567	3,080
25	434,6	3,390	3,450	4,150
30	494,6	3,855	3,930	4,720
35	613,8	4,790	4,880	5,870
40	741,3	5,780	5,890	7,075
45	891,3	6,950	7,080	8,500
50	1245,0	9,715	9,900	11,900

$$F_H = sb + \frac{(s - c)^2}{2} tg\alpha + 1{,}5eg$$



Kích thước (mm)			
s	20-24	26-28	30
e	20±3	24±4	28±4

* $b = 0^{+1}$ mm; $g = 2{,}5^{+2{,}5}_{-1{,}5}$ mm; $c = 6 \pm 1$ mm; $\alpha = 40^o \pm 5^o$

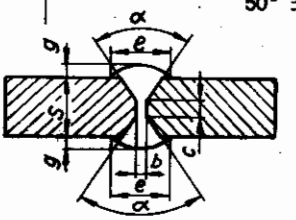
s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn	
			Dây	Thuốc
20	152,0	1,186	1,209	1,450
22	166,0	1,295	1,320	1,584
24	181,6	1,415	1,443	1,731
26	219,6	1,710	1,744	1,981
28	238,0	1,855	1,892	2,270
30	277,0	2,160	2,203	2,643

(tiếp bảng 89).

$$F_H = sb + \frac{(s-c)^2}{2} tg\frac{\alpha}{2} + 1{,}5eg$$

Kích thước (mm)								
s	20-22	24	26-28	30-36	38	40-42	44-50	52-60
g	$2{,}5^{+2{,}5}_{-1{,}5}$					3^{+3}_{-2}		
e	20±3		22±3	22±4	26±4		28±4	32±4
c	6±2	8±1		6±1				
α	$60^o \pm 5^o$			$50^o \pm 5^o$				

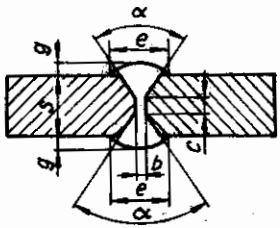
* $b = 0^{+1}$ mm



s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn	
			Dây	Thuốc
20	166	1,294	1,319	1,582
22	184	1,435	1,463	1,755
24	185	1,443	1,471	1,765
26	215	1,677	1,710	2,052
28	238	1,856	1,893	2,271
30	270	2,106	2,148	2,577
32	294	2,293	2,338	2,805
34	321	2,503	2,553	3,063
36	349	2,722	2,776	3,331
38	388	3,026	3,086	3,703
40	442	3,447	3,515	4,218
42	476	3,712	3,786	4,543
44	522	4,071	4,152	4,982
46	559	4,360	4,447	5,336
48	599	4,672	4,665	5,598
50	639	4,984	5,083	6,099
52	704	5,491	5,600	6,720
54	749	5,742	5,855	7,026
56	795	6,201	6,325	7,590
58	845	6,591	6,722	8,066
60	894	6,973	7,112	8,534

(tiếp bảng 89).

$$F_H = sb + \frac{(s-c)^2}{2} tg\frac{\alpha}{2} + 1{,}5eg$$



Kích thước (mm)				
s	24-28	30-38	40-48	50-60
e	30±5	35±5	40±5	45±5
g	$2{,}5^{+2{,}5}_{-1{,}5}$		3^{+3}_{-2}	
α	$60^o \pm 5^o$	$50^o \pm 5^o$		

* $b = 0^{+4}$ mm; $c = 6 \pm 1$ mm

s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn	
			Dây	Thuốc
24	272	2,120	2,162	2,594
26	318	2,480	2,529	3,034
28	345	2,691	2,744	3,292
30	367	2,892	2,919	3,502
32	395	3,081	3,142	3,770
34	424	3,307	3,373	4,047
36	455	3,549	3,619	4,342
38	488	3,806	3,882	4,658
40	579	4,406	4,491	5,389
42	616	4,804	4,900	5,880
44	655	5,109	5,211	6,253
46	695	5,421	5,529	6,634
48	722	5,631	5,743	6,891
50	807	6,294	6,419	7,702
52	854	6,661	6,794	8,152
54	902	7,035	7,175	8,610
56	951	7,417	7,565	9,078
58	1003	7,823	7,979	9,574
60	1056	8,236	8,400	9,980

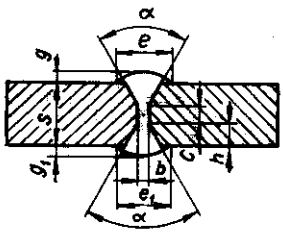
(tiếp bảng 89).

$$F_H = (s - h)b + (s - h - c)^2 tg\frac{\alpha}{2} + 0{,}75eg$$

$$F_{H_1} = hb + \frac{h^2}{2} tg\frac{\alpha_1}{2} + 0{,}75e_1g_1$$

Kích thước (mm)									
s	16-20	22-26	28-32	34-36	38	40-44	46-50	52-56	58-60
b	2±1					3±1			
h	8±1		9±1		10±1				
g	$2{,}5^{+2{,}5}_{-1{,}5}$					3^{+3}_{-2}			
e	18±3	22±4	26±4	28±5		34±5	40±5	45±5	32±5
e_1	16±2		17±2		19±2	20±2			
α	$50^o \pm 5^o$					$45^o \pm 4^o$		$40^o \pm 3^o$	

$g_1 = 1{,}5 \pm 1$ mm; $\alpha_1 = 60^o \pm 5^o$; $c = 1{,}5 \pm 1$ mm



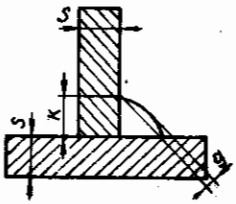
s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		Hàn bán tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn			
			Dây	Thuốc	Dây	Thuốc
16	84	0,655	0,668	0,801	0,674	0,876
18	102	0,795	0,810	0,972	0,818	1,063
20	125	0,975	0,994	1,191	1,004	1,305

tiếp bảng 89

s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		Hàn bán tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn			
			Dây	Thuốc	Dây	Thuốc
22	161	1,255	1,280	1,536	1,292	1,679
24	190	1,482	1,511	1,813	1,526	1,983
26	224	1,747	1,781	2,137	1,799	2,337
28	250	1,950	1,989	2,386	2,008	2,610
30	289	2,254	2,299	2,758	2,321	3,017
32	332	2,589	2,640	3,168	2,666	3,465
34	384	2,995	3,054	3,664	3,084	4,009
36	437	3,408	3,476	4,171	3,510	4,563
38	461	3,595	3,666	4,399	3,702	4,812
40	528	4,118	4,200	5,040	4,241	5,513
42	583	4,547	4,637	5,564	4,683	6,087
44	641	5,099	5,200	6,240	5,251	6,826
46	718	5,700	5,814	6,975	5,871	7,632
48	782	6,199	6,322	7,585	6,384	8,199
50	849	6,722	6,856	8,226	6,923	8,899
52	851	6,737	6,871	8,244	6,939	8,920
54	917	7,252	7,397	8,875	7,469	9,709
56	985	7,794	7,949	9,537	8,027	10,435
58	1069	8,338	8,504	10,204	8,588	11,164
60	1145	8,931	9,109	10,930	9,198	11,957

s (mm)	Giá trị tính	
	F_H (mm^2)	m_{H1} (kg/m)
16 - 26	55,8	0,435
28 - 36	64,0	0,500
40 - 60	85,0	0,663

Bảng 90. **a/ Mối hàn liên kết chữ T**



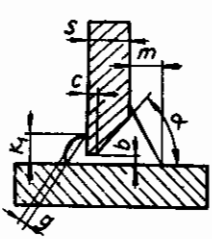
$$F_H = \frac{k^2}{2} + 1{,}05gk$$

Kích thước (mm)						
s	3	4-5	6-9	10	12-16	18-40
k_{min}	3		4		5	6
g	0^{+1}		0^{+2}		0^{+3}	

k (mm)	s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		Hàn bán tự động	
		F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn			
				Dây	Thuốc	Dây	Thuốc
3	3-5	3,8	0,029	0,0295	0,0324	0,0298	0,0357
4	6-1	6,1	0,047	0,0479	0,0526	0,0484	0,0580
5	12-16	8,8	0,067	0,0683	0,0751	0,0690	0,0828
6	18-40	15,3	0,119	0,1213	0,1334	0,1225	0,1470

$$F_H = (s - c)b + \frac{(s - c)^2}{2} tg\alpha + \frac{1}{2}[(s - c)tg\alpha + b]\, m;$$

$$F_{H_1} = \frac{k_1^2}{2} + 1{,}05gk_1$$



Kích thước (mm)					
s	10-12	14	16-18	20	22-24
m	5		6		7
k_1	6	7	8	9	10

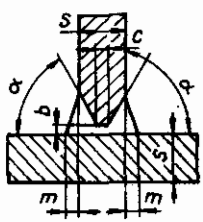
* $b = 2 \pm 2$ mm; $c = 2 \pm 1$ mm;
$g = 0^{+1}$ mm; $\alpha = 50^o \pm 5^o$

(tiếp bảng 90).

s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		Hàn bán tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn			
			Dây	Thuốc	Dây	Thuốc
10	89	0,694	0,707	0,777	0,714	0,855
12	121	0,943	0,961	1,057	0,971	1,164
14	158	1,232	1,256	1,381	1,268	1,521
16	210	1,638	1,670	1,837	1,687	2,024
18	258	2,012	2,052	2,257	2,072	2,486
20	311	2,425	2,473	2,667	2,497	2,996
22	382	2,979	3,038	3,341	3,068	3,681
24	446	3,478	3,547	4,001	3,582	4,298

s (mm)	Giá trị tính		s (mm)	Giá trị tính	
	F_{H_1} (mm^2)	m_{H_1} (kg/m)		F_{H_1} (mm^2)	m_{H_1} (kg/m)
10	21,1	0,165	18	36,2	0,282
12	21,1	0,165	20	45,2	0,353
14	28,1	0,219	22	55,2	0,431
16	36,2	0,282	24	55,2	0,431

$$F_H = \frac{(s-c)^2}{2} tg\alpha + sb + [\left(\frac{s-b}{2}\right) tg\alpha + b]\, m;$$



Kích thước (mm)						
s	16-18	20-22	24-26	28-30	32-36	38-40
m	4	5	6	7	8	9

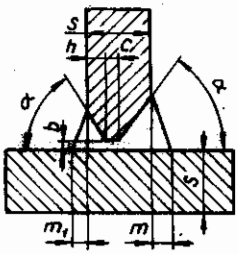
* $b = 0^{+1,5}$ mm; $c = 4 \pm 1$ mm; $\alpha = 50^0 \pm 5^0$.

(tiếp bảng 90).

s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		Hàn bán tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn			
			Dây	Thuốc	Dây	Thuốc
16	97,4	0,759	0,774	0,851	0,781	0,937
18	119	0,928	0,946	1,040	0,955	1,146
20	157	1,224	1,248	1,372	1,260	1,512
22	185	1,443	1,471	1,618	1,486	1,783
24	230	1,794	1,829	2,011	1,847	2,126
26	266	2,074	2,115	2,326	2,136	2,563
28	320	2,496	2,545	2,799	2,570	3,084
30	361	2,815	2,871	3,158	2,899	3,478
32	424	3,297	3,362	3,698	3,395	4,074
34	471	3,663	3,736	4,109	3,772	4,526
36	519	4,038	4,118	4,529	4,159	4,990
38	594	4,623	4,715	5,186	4,761	6,223
40	650	5,070	5,171	5,688	5,222	6,266

$$F_H = (s - h)b + \frac{(s - h - c)^2}{2} tg\,\alpha + \frac{1}{2}[(s - h - c)tg\,\alpha + b]m;$$

$$F_{H_1} = hb + \frac{h^2}{2} tg\,\alpha + (htg\,\alpha + b)m_1$$



Kích thước (mm)					
s	20	22-24	26-28	30-34	35-40
h	7±1		8±1	10±1	12±1
m	6	7	8	10	12
m_1	3		4	5	

* b = 1,5 ± 1,5 mm; c = 1,5 ± 1,5 mm; $\alpha = 50^o \pm 5^o$

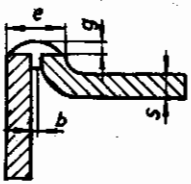
s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		Hàn bán tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn			
			Dây	Thuốc	Dây	Thuốc
20	179	1,396	1,423	1,565	1,437	1,724
22	234	1,825	1,861	2,047	1,879	2,254
24	284	2,215	2,259	2,484	2,281	2,737
26	323	2,519	2,568	2,825	2,594	3,112
28	383	2,987	3,046	3,350	3,076	3,691
30	409	3,190	3,253	3,578	3,285	3,942
32	475	3,705	3,779	4,156	3,892	4,670
34	547	4,266	4,351	4,786	4,481	5,377
36	578	4,508	4,598	5,057	4,735	5,682
38	656	5,116	5,218	5,739	5,374	6,448
40	740	5,772	5,887	6,475	6,063	7,275

(tiếp bảng 90).

s (mm)	Giá trị tính		s (mm)	Giá trị tính	
	F_{H_1} (mm^2)	m_{H_1} (kg/m)		F_{H_1} (mm^2)	m_{H_1} (kg/m)
20	36,3	0,283	32	71,3	0,556
22	36,3	0,283	34	71,3	0,556
24	36,3	0,283	36	90,3	0,705
26	48,5	0,378	38	90,3	0,705
28	48,5	0,378	40	90,3	0,705
30	71,3	0,556			

b/ Mối hàn liên kết góc

$F_H = bs + 0{,}75eg$

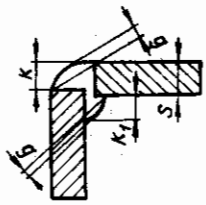


Kích thước (mm)		
s	1-2	2,5-3
g	0,5	1

* $b = 0^{+1}$ mm; $e = 2s^{+3}$ mm.

s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		Hàn bán tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn			
			Dây	Thuốc	Dây	Thuốc
1,0	1,8	0,014	0,0143	0,0185	0,0144	0,0201
1,5	2,4	0,018	0,0183	0,0237	0,0185	0,0259
2,0	3,0	0,023	0,0234	0,0304	0,0236	0,0330
2,5	6,1	0,047	0,0479	0,0622	0,0484	0,0677
3,0	7,1	0,055	0,0561	0,0729	0,566	0,0792

$$F_H = \frac{k^2}{2} + 1{,}05gk; \qquad H1 = \frac{k_1^2}{2} + 1{,}05g_1k_1$$



Kích thước (mm)		
s	6-9	10-14
k	3	4

* $g = 0^{+1}$mm; $g_1 = 0^{+1}$ mm; $k_1 = 3$ mm.

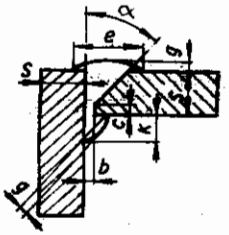
Bảng 91.

s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		Hàn bán tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn			
			Dây	Thuốc	Dây	Thuốc
6	3,82	0,0297	0,0302	0,0392	0,0305	0,0427
7	3,82	0,0297	0,0302	0,0392	0,0305	0,0427
8	3,82	0,0297	0,0302	0,0392	0,0305	0,0427
9	3,82	0,0297	0,0302	0,0392	0,0305	0,0427
10	6,10	0,0475	0,0484	0,0629	0,0489	0,0684
12	6,10	0,0475	0,0484	0,0629	0,0489	0,0684
14	6,10	0,0475	0,0484	0,0629	0,0489	0,0684

Chú thích: Đối với hàn tay $F_{H_1} = 6$ mm, $m_{H_1} = 0,0468$ kg/m; $s = 6 \div 14$ mm

$$F_H = + \frac{1}{2} S^2 tg\alpha + bs = + 0,75eg;$$

$$F_{H_1} = \frac{k^2}{2} + 1,05g_1$$



Kích thước (mm)			
s	10-12	14	16-20
k	5		6
e	15±3	20±3	25±4

* $b = 2 \pm 2$mm; $c = 2 + 1$ mm; $g = 2 \pm 1$ mm; $g_1 = 0^{+1}$mm; $\alpha = 40^o \pm 5^o$.

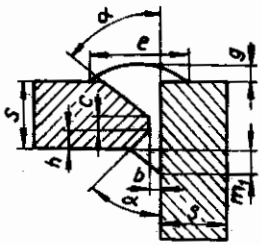
s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		Hàn bán tự động	
	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn			
			Dây	Thuốc	Dây	Thuốc
10	87,2	0,680	0,693	0,831	0,700	0,910
12	111	0,865	0,882	1,058	0,890	1,157
14	143	1,115	1,137	1,364	1,148	1,492
16	181	1,411	1,439	1,726	1,453	1,887
18	214	1,669	1,702	2,042	1,719	2,234
20	250	1,950	1,989	2,386	2,008	2,610

Chú thích: Đối với hàn tay: $F_{H_1} = 15,1mm^2$; $m_{H_1} = 0,118$ kg/m; $s = 10 \div 14$ mm; $F_{H_1} = 21,1mm^2$, $m_{H_1} = 0,164$ kg/m; $s = 16 \div 20$ mm.

(tiếp bảng 91).

$$F_H = (s - h)b + \frac{[s-(h+c)]^2}{2} tg\alpha + 0{,}75eg\ ;$$

$$F_{H_1} = hb + \frac{h^2}{2} tg\alpha + \frac{1}{2} m_1 h tg\alpha$$



Kích thước (mm)				
s	20-24	26-28	30-34	36-40
h	7±1	8±1	10±1	12±1
m_1	3±2	4±2	5±2	
e	20±3	25±4	30±4	40±4

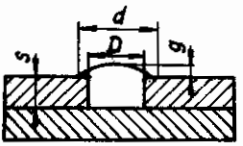
* b = 2 ± 2 mm; g = 2 ± 1 mm;
c = 2 ± 1 mm; α = 50° ± 5°.

s (mm)	Giá trị tính		Hàn tự động		Hàn bán tự động	
	F_{H_2} (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg/m) mối hàn			
			Dây	Thuốc	Dây	Thuốc
20	140	1,092	1,113	1,335	1,124	1,461
22	173	1,349	1,375	1,650	1,389	1,805
24	212	1,653	1,686	2,023	1,702	2,212
26	242	1,887	1,924	2,308	1,943	2,525
28	288	2,246	2,290	2,748	2,313	3,006
30	296	2,307	2,353	2,823	2,376	3,088
32	347	2,706	2,760	3,312	2,787	3,623
34	402	3,135	3,197	3,836	3,229	4,197
36	418	3,260	3,325	3,990	3,357	4,364
38	475	3,705	3,779	4,534	3,816	4,960
40	537	4,188	4,271	5,125	4,313	5,606

s (mm)	Giá trị tính		s (mm)	Giá trị tính	
	F_{H_1} (mm^2)	m_{H_1} (kg/m)		F_{H_1} (mm^2)	m_{H_1} (kg/m)
20-24	63,3	0,494	30-34	119,7	0,933
26-28	80,4	0,627	36-40	153,0	1,193

Bảng 92. **Mối hàn liên kết chốt**

$$V_H = \frac{\pi d^2}{4} 0{,}75g + \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 s$$

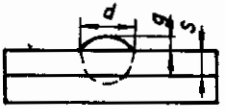


Kích thước (mm)						
s	3-6	7-10	12-14	16-20	22-24	26-40
D	12	18	20	22	25	30
d	12±2	26±2	32±3	36±3	40±3	44±3
g	2±1				3±1	

s (mm)	Giá trị tính		Hàn bán tự động	
	V_H (cm^3)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg) trên chốt	
			Dây	Thuốc
4	0,428	0,0033	0,0034	0,0102
6	0,541	0,0042	0,0043	0,0129
8	1,879	0,0135	0,0139	0,0417
10	2,135	0,0166	0,0171	0,0513
12	3,215	0,0250	0,0257	0,0771
14	3,525	0,0274	0,0282	0,0846
16	4,701	0,0366	0,0376	0,1128
18	5,088	0,0396	0,0407	0,1221
20	5,463	0,0426	0,0438	0,1314
22	7,988	0,0623	0,0641	0,1923
24	8,457	0,0659	0,0678	0,2034
26	12,275	0,0957	0,0985	0,2955
28	12,995	0,1013	0,1043	0,3129
30	13,715	0,1069	0,1001	0,3003
32	14,390	0,1122	0,1155	0,3465
34	14,610	0,1139	0,1173	0,3519
36	15,830	0,1234	0,1271	0,3813
38	16,005	0,1248	0,1285	0,3855
40	17,225	0,1343	0,1383	0,4149

(tiếp bảng 92).

$$V_H = \frac{\pi d^2}{4} 0{,}75g$$

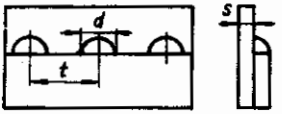


Kích thước (mm)				
s	1,5	2	3	4
d	13±2	15±2	19±3	21±3

* g = 2 ± 1,5 mm.

s (mm)	Giá trị tính		Hàn bán tự động	
	V_H (cm^3)	m_H (kg/m)	Tiêu hao (kg) trên chốt	
			Dây	Thuốc
1,5	0,249	0,0019	0,00196	0,00529
2,0	0,322	0,0025	0,00257	0,00693
3,0	0,535	0,0041	0,00422	0,01139
4,0	0,640	0,0048	0,00494	0,01333

$$V_H = 2{,}1\left(\frac{d}{2}\right)^3$$



Kích thước (mm)					
s	2	3	4	5	6
d	6^{+1}	7+3	7^{+4}	8+3	8^{+3}

* t = 2d mm

s (mm)	Giá trị tính		Hàn bán tự động	
	V_H (cm^3)	m_H (kg/mm)	Tiêu hao (kG) trên chốt	
			Dây	Thuốc
2	0,073	0,0005	0,00052	0,00140
3	0,171	0,0013	0,00134	0,00361
4	0,220	0,0017	0,00175	0,00470
5	0,242	0,0018	0,00185	0,00499
6	0,242	0,0018	0,00185	0,00499

3. Vật liệu để hàn trong môi trường khí bảo vệ và cắt bằng hồ quang

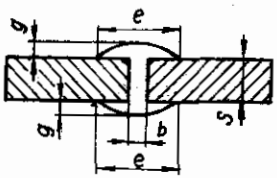
Tiêu hao dây hàn được xác định bằng lượng kim loại chảy trên 1 m mối hàn và được tính với hệ số tăng cường của mối hàn k_y và hệ số tiêu hao k_p (bảng 72a).

Tiêu hao khí bảo vệ được tính toán trên 1m mối hàn (một lần hàn). Khi hàn nhiều lớp, tiêu hao khí được tăng tương ứng với số lần hàn. Tiêu hao khí hêli được xác định như tiêu hao khí argon với hệ số tương ứng là 1,3.

Trong việc định mức tiêu hao vật liệu khi hàn hợp kim titan, tiêu hao argon để bảo vệ mối hàn được lấy bằng $0,5q_g$; tiêu hao argon được bảo vệ kim loại mối hàn được lấy bằng $0,75q_g$. Khi hàn hợp kim titan trong buồng chân không thì tiêu hao argon đối với sản phẩm sẽ bằng 1,5 thể tích của buồng.

Tiêu hao điện cực volfram được tính cho 100 m chiều dài mối hàn. Trong đó tính toán tổn thất điện cực volfram khi cắt được lấy bằng 30% tiêu hao điện cực volfram khi hàn. Bảng 93 ÷ 111 giới thiệu định mức tiêu hao vật liệu khi hàn trong môi trường khí bảo vệ và cắt kim loại.

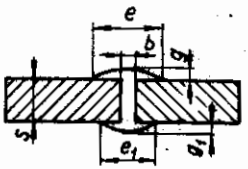
Bảng 93. **Định mức tiêu hao dây hàn khi hàn hợp kim nhôm trong môi trường khí bảo vệ**



Mối hàn giáp mối không vát mép hàn hai phía

Kích thước (mm)			F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao dây trên 1 m mối hàn (kg). Hàn bằng điện cực:		
					Không nóng chảy		Nóng chảy
s	e	g			Bằng tay	Tự động	Tự động và bán tự động
3	7	1	11,16	0,039	0,043	0,040	-
4	9	1	14,42	0,050	0,055	0,055	0,053
5	9	1,5	21,13	0,074	0,081	0,076	0,078

Tiếp bảng 93.



Kích thước (mm)			
s	b	e	g
2	0,3	5	1
3	0,3	7	1
4	0,5	9	1
5	0,5	10	1,5
6	0,5	10	1,5

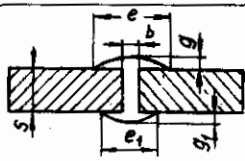
Mối hàn giáp mối không vát mép hàn một phía và có tấm lót

s (mm)	Hàn có tấm lót		Hàn không lót	
	e_1	g_1	e_1	g_1
≤3	4	0,5	6	4
>3	6	1		

s (mm)	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao dây trên 1 m mối hàn (kg). Hàn bằng điện cực:		
			Không nóng chảy		Nóng chảy
			Bằng tay	Tự động	Tự động và bán tự động
2	5,43	0,019	0,021	0,0194	-
3	7,11	0,025	0,028	0,0255	-
4	12,35	0,043	0,047	0,0438	0,045
5	16,99	0,060	0,066	0,0612	0,063
6	17,49	0,061	0,067	0,0622	0,064

Ghi chú: k_y = 1,3 khi hàn toàn bộ, tiêu hao dây hàn khoảng 0,058 kg (hàn tay); 0,054 kg (hàn tự động) với s ≤ 3 mm và khoảng 0,048 kg (hàn tay); 0,044 kg (hàn tự động); 0,046 kg (hàn tự động và bán tự động) với s > 3 mm. Khi hàn liên kết kín tiêu hao dây hàn thấp hơn, tương ứng khoảng 0,006 kg; 0,005 kg khi s ≤ 3 mm và 0,015 kg; 0,0147 kg khi s > 3 mm.

Tiếp bảng 93.



Mối hàn giáp mối không vát mép một phía có dệm

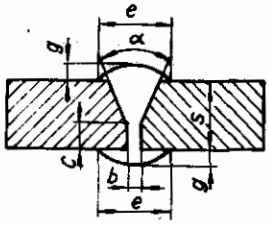
Kích thước (mm)		
s	b	e
2	0,3	7
3	0,3	8
3,5	0,5	9

s (mm)	Hàn có dệm		Hàn không dệm	
	e_1	g_1	e_1	g1
2-3,5	4	0,5	6	4

g = 1 mm.

s (mm)	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao dây hàn cho 1 m mối hàn (kg)	
			Hàn điện cực không nóng chảy	
			Bằng tay	Tự động
2	5,87	0,021	0,023	0,0214
3	6,73	0,024	0,026	0,0245
3,5	8,14	0,028	0,031	0,0286

Chú thích: k_y = 1,3. Khi hàn tay tiêu hao dây hàn khoảng 0,058 kg (bằng tay); 0,054 kg (hàn tự động)



Mối hàn giáp mối chữ V có vát mép một phía và có dệm

Kích thước (mm)				
s	b	c	e	g
4	0,5	1	8,0	1,5
5	0,5	1	9,0	1,5
6	0,5	1	10,5	1,5
7	0,7	1,5	11,5	1,5
8	0,7	2	12,0	1,5
10	1,0	2	15,0	1,5
12	1,0	2	18,0	2,0
14	1,0	2	20,8	2,0
16	1,0	2	23,6	2,0
18	1,0	2	26,4	2,0
20	1,0	2	29,6	2,0

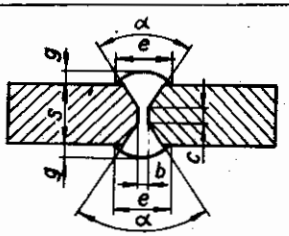
Tiếp bảng 93.

s (mm)	Hàn có đệm		Hàn không đệm	
	e_1	g_1	e_1	g1
4-20	6	1	6	4

$\alpha = 70^o$.

s (mm)	F_H (mm^2)	k_y	m_H (kg/m)	Tiêu hao dây hàn cho 1 m mối hàn (kg). Hàn điện cực:		
				Không nóng chảy		Nóng chảy
				Bằng tay	Tự động	Tự động và bán tự động
4	20,8	1,4	0,078	0,086	0,080	-
5	27,2	1,4	0,103	0,113	0,105	-
6	35,6	1,4	0,134	0,147	0,137	-
7	42,2	1,4	0,159	0,175	0,162	0,166
8	47,4	1,4	0,179	0,197	0,182	0,188
10	74,5	1,4	0,281	0,309	0,287	0,295
12	110,2	1,4	0,416	0,458	0,424	0,437
14	147,2	1,3	0,516	0,568	0,526	0,542
16	189,1	1,3	0,664	0,730	0,677	0,697
18	237,6	1,3	0,824	-	-	0,865
20	291,6	1,3	1,024	-	-	1,075

Ghi chú: Khi hàn tay, tiêu hao dây hàn khoảng 0,048 kg (bằng tay); 0,044 kg (tự động); 0,046 kg (bán tự động); khi hàn liên kết khung tiêu hao dây hàn khoảng 0,017; 0,015; 0,016 kg



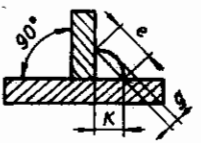
Mối hàn giáp mối chữ X có vát mép hai phía

Tiếp bảng 93.

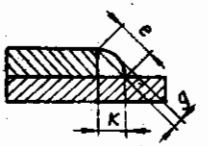
Kích thước (mm)		F_H (mm^2)	k_y	mH (kg/m)	Tiêu hao dây hàn trên 1 m mối hàn (kg) khi hàn tự động và bán tự động điện cực nóng chảy
s	e				
15	13	110,6	1,4	0,421	0,442
16	14	123,2	1,3	0,432	0,455
18	15	149,4	1,3	0,523	0,549
20	17	180,3	1,3	0,633	0,665
22	18	211,7	1,3	0,743	0,780
24	19	245,4	1,3	0,861	0,904
26	21	285,6	1,3	1,002	1,052
28	22	325,3	1,3	1,142	1,199
30	24	370,6	1,3	1,301	1,366

* b = 1 mm; c = 2 mm; g = 2 mm; α = 70°.

g = 1 mm; k = 2 ÷ 4 mm; g = 1,5 mm; k = 5 ÷ 16 mm; e = 1,41k



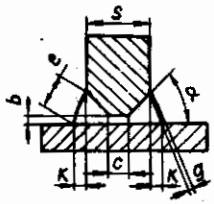
Mối hàn góc không vát mép



Mối hàn góc

k (mm)	F_H (mm^2)	k_y	m_H (kg/m)	Tiêu hao dây hàn cho 1 m mối hàn (kg). Hàn điện cực:		
				Không nóng chảy		Nóng chảy
				Bằng tay	Tự động	Tự động và bán tự động
2	4,10	2	0,022	0,024	0,022	-
3	7,26	2	0,039	0,043	0,040	-
4	11,79	2	0,064	0,070	0,065	0,067
5	17,33	1,5	0,070	0,077	0,071	0,074
6	26,80	1,4	0,101	0,111	0,103	0,106
7	34,85	1,4	0,132	0,145	0,135	0,139
8	43,38	1,3	0,152	0,167	0,155	0,160
10	64,49	1,3	0,226	0,249	0,231	0,237
12	89,50	1,3	0,314	-	-	0,330
14	118,70	1,3	0,417	-	-	0,438
16	151,30	1,2	0,490	-	-	0,514

Tiếp bảng 93.



Mối hàn góc có vát mép 2 phía

Kích thước (mm)				F_H (mm^2)	k_y	m_H (kg/m)	Tiêu hao dây hàn trên 1 m mối hàn (kg) khi hàn tự động và bán tự động điện cực nóng chảy
s	c	k	e				
10	2	3	6,5	59,8	1,3	0,210	0,221
12	2	3	7,5	78,1	1,3	0,274	0,288
14	2	4	9	108,2	1,3	0,380	0,399
16	2	4	10	132,4	1,3	0,464	0,487
18	2	4	11	159,2	1,3	0,559	0,587
20	2	5	13	202,2	1,3	0,709	0,744
22	2,5	5	13,5	224,9	1,2	0,729	0,765
24	2,5	6	15	276,1	1,2	0,894	0,939
26	2,5	6	16	313,7	1,2	1,016	1,067
28	2,5	7	18	372,5	1,2	1,207	1,267
30	2,5	7	19	416,6	1,2	1,350	1,417

* b = 1 mm; g = 1,5 mm; $\alpha = 60^o$

Bảng 94. **Định mức tiêu hao argon khi hàn tự động và hàn tay cho hợp kim nhôm bằng điện cực không nóng chảy**

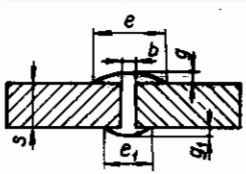
s (mm)	q_q (l/ph) Tối ưu	Tiêu hao argon trên 1 m mối hàn (l) khi v_h (m/h)								Tiêu hao bổ sung argon cho các nguyên công chuẩn bị (l)
		4	6	10	15	20	25	30	35	
1	9	-	-	54	36	27	21,6	18	15,5	1,8
2	10	-	-	60	40	30	24,0	20	17,0	2,0
3	11	-	110	66	44	33	26,4	22	18,7	2,2
4	12	180	120	72	48	36	28,8	24	20,4	2,4
5	13	195	130	78	52	39	31,2	26	22,1	2,6
6	14	210	140	84	56	42	33,6	28	23,8	2,8
>6	15	225	150	90	60	45	36,0	30	25,5	3,0

Tiếp bảng 94.

s (mm)	Hàn tự động và bán tự động điện cực nóng chảy												
	q_g (l/h)		Tiêu hao argon trên 1m mối hàn (l) khi v_h (m/h)										
	Hàn tự động	Hàn bán tự động	Hàn bán tự động				Hàn tự động						
			4	6	10	15	10	15	20	25	30	35	40
3-5	15	15	225	150	90	60	90	90	45	36	30	25,5	22,5
6-8	20	25	375	250	150	100	120	80	60	48	40	34,0	30,0
10 và lớn hơn	22	30	450	300	180	120	132	88	66	52,8	44	37,4	33,0

Ghi chú: Tiêu hao phụ cho các nguyên công chuẩn bị thường là 1 lít khi hàn tự động; 1 ÷ 1,5 lít khi hàn bán tự động.

Bảng 95. **Định mức tiêu hao dây hàn khi hàn hợp kim titan trong môi trường khí trơ**



Mối hàn giáp mối không vát mép một phía có tấm đệm

Kích thước (mm)			
s	b	e	g
1,5	0,3	7	1
2,0	0,3	10	1
3,0	0,5	12	1

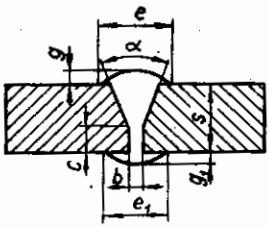
	Hàn có đệm		Hàn không đệm	
	e_1	g1	e1	g1
1,5-3	6	1	6	3

s (mm)	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao dây hàn	
			Bằng tay	Tự động
Hàn có đệm				
1,5	9,42	0,051	0,056	0,052
2,0	11,64	0,063	0,069	0,064
3,0	13,90	0,075	0,082	0,076

Tiếp bảng 95.

s (mm)	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao dây hàn	
			Bằng tay	Tự động
Hàn không đệm				
1,5	14,20	0,077	0,085	0,078
2,0	18,5	0,100	0,110	0,102
3,0	22,2	0,120	0,132	0,122

* Trên 1m mối hàn với điện cực không nóng chảy lấy k_y = 1,2.



Mối hàn giáp mối vát mép chữ V một phía có đệm

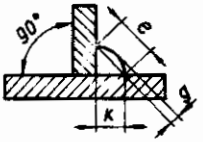
Kích thước (mm)					
s	b	c	g	e	
				$\alpha = 70^o$	$\alpha = 90^o$
3	0,5	0,5	1	6,5	8,5
4	0,5	1,0	1,5	8,0	9,5
5	0,5	1,0	1,5	9,0	11,5
6	0,5	1,0	1,5	10,0	13,5
8	1,0	1,5	1,5	13,0	17,0
10	1,0	1,5	1,5	16,0	21,0
12	1,0	2,0	1,5	18,0	24,0

s (mm)	Hàn có đệm		Hàn không đệm	
	e_1	g_1	e_1	g_1
3-12	6	1	6	3

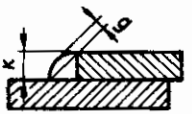
s (mm)	F_H (mm^2)		m_H (kg/m)		Tiêu hao dây hàn trên 1 m mối hàn (kg) khi hàn điện cực không chảy			
					Bằng tay		Tự động	
	$\alpha = 70^o$	$\alpha = 90^o$	$\alpha = 70^o$	$\alpha = 90^o$	$\alpha = 70^o$	$\alpha = 90^o$	$\alpha = 70^o$	$\alpha = 90^o$
3	14,35	17,7	0,078	0,096	0,086	0,106	0,080	0,098
4	20,8	24,9	0,112	0,134	0,123	0,147	0,114	0,137
5	27,2	34,6	0,147	0,187	0,162	0,206	0,150	0,191
6	35,6	46,1	0,192	0,249	0,211	0,274	0,196	0,254
8	55,1	71,9	0,297	0,388	0,327	0,427	0,303	0,396
10	81,8	108,1	0,442	0,584	0,486	0,642	0,451	0,596
12	110,2	149,3	0,595	0,806	0,655	0,887	0,607	0,822

Ghi chú: k_y = 1.2 khi hàn không đệm. tiêu hao dây hàn khoảng 0.050kg (bằng tay); 0.045 kg (tự động).

Tiếp bảng 95.



Mối hàn góc
không vát mép



Mối hàn góc
không vát mép

g = 1 mm ; k ≤ 5 mm; g = 1,5mm ; k > 5 mm; e = 1,41k

k (mm)	F_H (mm^2)	k_y	m_H (kg/m)	Tiêu hao dây hàn trên 1 m mối hàn (kg) khi hàn điện cực không nóng chảy	
				Bằng tay	Tự động
2	4,10	2,0	0,037	0,041	0,038
3	7,26	2,0	0,065	0,072	0,066
4	11,79	1,4	0,074	0,081	0,075
5	17,33	1,4	0,109	0,120	0,111
6	26,80	1,4	0,169	0,186	0,172
7	34,85	1,4	0,219	0,241	0,223
8	43,38	1,3	0,254	0,279	0,259
10	64,49	1,3	0,377	0,415	0,385

Bảng 96. **Định mức tiêu hao argon khi hàn tự động hợp kim titan với điện cực không nóng chảy**

s (mm)	q_g (l/ph)	Tiêu hao Argon trên 1 m mối hàn (l) khi v_h (m/h)					Tiêu hao phụ argon cho các nguyên công chuẩn bị (l)
		15	20	25	30	35	
				Mối hàn dọc			
0,5-1	15,8	63	47,3	37,9	31,5	26,8	3,1
1,5	20,3	81	60,8	48,6	40,5	34,4	4,0
2,0	23,0	92	69,0	55,2	46,0	39,1	4,6
3,0	27,0	108	81,0	64,8	54,0	45,9	5,4
4 và lớn hơn	31,5	126	94,5	75,6	63,0	53,5	6,3

Tiếp bảng 96.

s (mm)	q_g (l/ph)	Tiêu hao argon trên 1 m mối hàn (l) khi v_h (m/h)					Tiêu hao phụ argon cho các nguyên công chuẩn bị (l)
		15	20	25	30	35	
Mối hàn vòng							
0,5-1	17,5	70	52,5	42	35	29,8	3,5
1,5	2,5	90	67,5	54	45	38,8	4,5
2,0	25,0	100	75,0	60	50	42,5	5,0
3,0	30,0	120	90,0	72	60	51,0	6,0
4 và lớn hơn	35,0	140	105,0	84	70	59,5	7,0

Ghi chú: q_k (giá trị tối ưu) tính toán tiêu hao argon khi bể hàn được bảo vệ

Bảng 97. **Định mức tiêu hao argon khi hàn tay cho hợp kim titan với điện cực không nóng chảy**

s (mm)	q_g (l/ph)	Tiêu hao Argon trên 1 m mối hàn (l) khi v_h (m/h)				Tiêu hao phụ argon cho các nguyên công chuẩn bị (l)
		3	6	10	15	
0,5-1	10,5	-	-	63	42	2,1
1,5	13,5	-	-	81	54	2,1
2,0	15,0	-	150	90	60	3,0
3,0	18,0	270	180	108	72	3,6
4 và lớn hơn	21,0	315	210	126	84	4,2

Ghi chú: q_k (giá trị tối ưu) tính toán tiêu hao argon khi bể hàn được bảo vệ

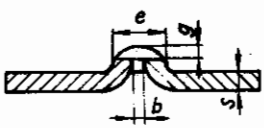
Bảng 98. **Định mức tiêu hao điện cực volfram khi hàn hồ quang - argon cho hợp kim nhôm**

s (mm)	Đường kính điện cực (mm)	Tiêu hao điện cực trên 100m mối hàn (g) khi hàn	
		Bằng tay	Tự động
1	1,5	8,3	3,9
1,5-2	2,0	23,4	10,9
3-4	3,0	83,3	39,0
5-6	4,0	132,2	125,0
7 và lớn hơn	5,0	165,0	156,0

Bảng 99. **Định mức tiêu hao điện cực volfram khi hàn hồ quang-argon cho hợp kim nhôm**

s (mm)	Đường kính điện cực (mm)	Tiêu hao điện cực trên 100m mối hàn (g) khi hàn	
		Bằng tay	Tự động
0,5	1,0	6,0	2,8
0,8-1,0	1,5	8,3	3,9
1,2-1,5	1,5	8,3	3,9
2,0	2,0	23,4	10,9
3,0	3,0	83,3	39,0
4,0	4,0	132,2	125,0
5 và lớn hơn	5,0	165,0	156,0

Bảng 100. **Định mức tiêu hao dây hàn khi hàn thép trong môi trường khí trơ bảo vệ**



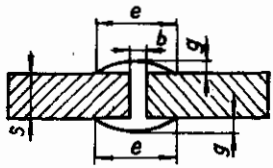
Mối hàn giáp mối gấp mép

Kích thước (mm)			
s	b	e	g
1,0	0,2	2,5	0,5
1,5	0,2	3,5	0,5
2,0	0,3	4,5	1,0
2,5	0,3	5,5	1,0
3,0	0,3	6,5	1,0

s (mm)	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao dây hàn trên 1 m mối hàn (kg) khi hàn điện cực không nóng chảy	
			Bằng tay	Tự động
1,0	1,0	0,009	0,010	0,0092
1,5	1,5	0,014	0,015	0,0143
2,0	3,7	0,034	0,037	0,035
2,5	4,5	0,042	0,046	0,043
3,0	5,4	0,051	0,056	0,052

Ghi chú: $k_y = 1,2$

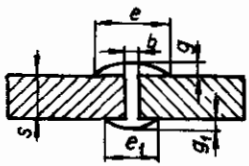
Tiếp bảng 100.



Mối hàn giáp mối không vát mép hàn hai phía

Kích thước mm			F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao dây hàn trên 1 m mối hàn (kg) khi hàn điện cực không nóng chảy	
s	b	g			Bằng tay	Tự động
3	7	1,0	11,2	0,105	0,115	0,107
4	9	1,0	14,4	0,135	0,148	0,138
5	10	1,5	23,2	0,217	0,239	0,221
6	10	1,5	23,7	0,222	0,244	0,226

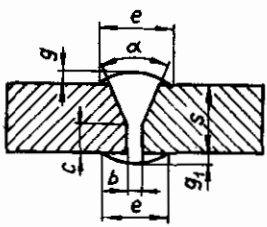
* b = 0.5 mm; k_y = 1.2.



Mối hàn giáp mối không vát mép hàn một phía có đệm

Kích thước mm			F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao dây hàn trên 1 m mối hàn (kg) khi hàn điện cực không nóng chảy	
s	b	e			Bằng tay	Tự động
2	0,3	5	8,2	0,076	0,084	0,0775
3	0,3	7	9,9	0,093	0,102	0,095
4	0,5	9	12,4	0,116	0,128	0,118

Ghi chú: k_y = 1.2 khi hàn có đệm. tiêu hao dây là 0.042 kg (hàn tay) và 0.039 kg (tự động)



Mối hàn giáp mối vát mép chữ V hàn 2 phía

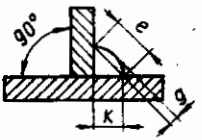
Kích thước (mm)				
s	b	c	e	
			$\alpha = 50^o$	$\alpha = 70^o$
4	0,5	1	6,0	8,0
5	0,5	1	7,0	9,0
6	0,5	1	8,0	10,5
7	1,0	2	8,5	11,0
8	1,0	2	9,5	12,5
10	1,0	2	11,5	15,0
12	1,0	2	13,5	18,0

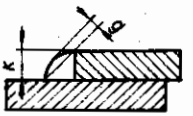
* g = 1.5 mm

Tiếp bảng 100

s (mm)	F_H (mm^2)		m_H (kg/m)		Tiêu hao dây hàn trên 1 m mối hàn (kg) khi hàn điện cực không chảy			
					Bằng tay		Tự động	
	$\alpha = 50^o$	$\alpha = 70^o$	$\alpha = 50^o$	$\alpha = 70^o$	$\alpha = 50^o$	$\alpha = 70^o$	$\alpha = 50^o$	$\alpha = 70^o$
3	18,6	23,1	0,174	0,216	0,191	0,238	0,177	0,220
4	23,4	29,5	0,219	0,276	0,241	0,304	0,223	0,282
5	28,7	37,9	0,268	0,355	0,296	0,391	0,274	0,362
6	33,7	46,5	0,315	0,435	0,347	0,479	0,321	0,444
8	40,8	51,7	0,382	0,484	0,420	0,532	0,390	0,494
10	57,4	76,8	0,542	0,719	0,596	0,791	0,553	0,733
12	78,6	112,5	0,736	1,053	0,810	1,158	0,751	1,074

Ghi chú: 1) $k_y = 1,2$; 2) Đối với hàn tay $e_1 = 6$ mm; $g_1 = 1,5$mm với $s = 4 \div 12$mm. Khi hàn các liên kết khung tiêu hao dây bổ sung giảm khoảng 0,065kg cho hàn tay và 0,059kg cho hàn tự động

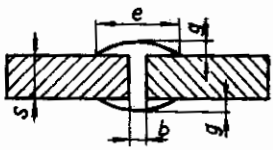




Mối hàn góc không vát mép g = 1mm k ≤ 5mm; Mối hàn góc g = 1,5mm k > 5mm; e = 1,41k

k (mm)	F_H (mm^2)	k_y	m_H (kg/m)	Tiêu hao dây hàn trên 1 m mối hàn (kg) khi hàn điện cực không nóng chảy	
				Bằng tay	Tự động
1	1,54	4	0,048	0,053	0,049
2	4,10	2	0,064	0,070	0,065
3	7,26	2	0,113	0,124	0,115
4	11,79	1,4	0,129	0,142	0,132
5	17,33	1,4	0,243	0,267	0,248
6	26,80	1,4	0,293	0,322	0,299
7	34,85	1,4	0,381	0,419	0,389
8	43,38	1,3	0,440	0,484	0,449
10	64,49	1,3	0,654	0,719	0,667

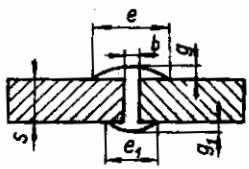
Tiếp bảng 100.



Mối hàn giáp mối không vát mép hàn hai phía

Kích thước mm			F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao dây hàn trên 1 m mối hàn (kg) khi hàn điện cực không nóng chảy	
s	b	e			Bằng tay	Tự động
6	0,5	10	23,7	0,240	0,252	0,276*
7	1,0	10	27,7	0,281	0,295	0,323
8	1,0	12	32,8	0,332	0,349	0,401*
9	1,0	12	33,8	0,342	0,359	0,413
10	1,0	14	39,0	0,395	0,415	0,477

* g = 1,5 mm; k_y = 1,3.



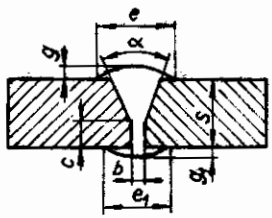
Mối hàn giáp mối không vát mép một phía có đệm

Kích thước (mm)			
s	b	e	g
2,5	0,3	5	1
3,0	0,5	7	1
4,0	0,5	9	1
5,0	0,5	10	1,5

s (mm)	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao dây hàn trên 1 m mối hàn (kg) khi hàn điện cực không nóng chảy	
			Argon	Khí CO_2
2,5	10,4	0,105	0,110	0,121
3,0	12,6	0,128	0,134	0,147
4,0	14,4	0,146	0,153	0,168
5,0	19,0	0,193	0,203	0,222

* e_1 = 6mm; g_1 = 1mm; k_y = 1,3.

Tiếp bảng 100.



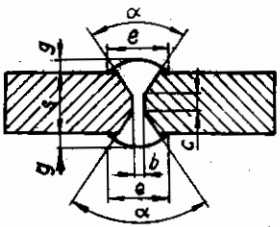
Mối hàn giáp mối vát mép chữ V hàn một phía có dệm

Kích thước (mm)			
s	b	c	e
4	0,5	1,0	8,0
5	0,5	1,0	9,0
6	0,5	1,0	10,5
7	1,0	1,5	11,5
8	1,0	2,0	12,5
9	1,0	2,0	14,0
10	1,0	2,0	15,0
12	1,0	2,0	18,0

* $g = 1.5$ mm; $g_1 = 1.5$ mm; $e_1 = 6$mm; $\alpha = 70^o$.

k (mm)	F_H (mm^2)	m_H (kg/m)	Tiêu hao dây hàn trên 1 m mối hàn (kg) khi hàn điện cực chảy	
			Bằng tay	Tự động
4	23,1	0,234	0,246	0,269
5	29,1	0,299	0,314	0,344
6	37,9	0,384	0,403	0,442
7	46,5	0,472	0,496	0,570
8	51,7	0,524	0,550	0,603
9	64,0	0,649	0,681	0,746
10	76,8	0,779	0,818	0,896
12	112,5	1,141	1,198	1,378

Chú thích: $k_y = 1.3$ khi hàn các liên kết khung, tiêu hao dây giảm khoảng 0.066kg cho hàn argon và o.o72kg khi hàn bằng khí CO_2



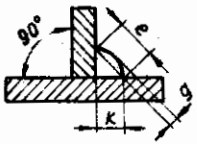
Mối hàn giáp mối vát mép chữ X hàn hai phía

Kích thước (mm)				
s	b	c	e	g
8	1,0	3	7,0	1,5
10	1,0	3	8,0	1,5
12	1,0	3	9,0	1,5
14	1,5	4	10,5	2,0
16	1,5	4	11,5	2,0
18	2,0	4	13,0	2,0
20	2,0	4	14,0	2,0

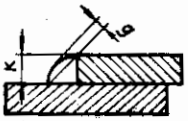
* $\alpha = 60^o$.

Tiếp bảng 100

S (mm)	F_H (mm^2)	k_y	m_H (kg/m)	Tiêu hao dây hàn trên 1 m mối hàn (kg) khi hàn điện cực chảy	
				Bằng tay	Tự động
8	36,0	1,3	0,365	0,383	0,420
10	49,0	1,3	0,497	0,522	0,572
12	64,4	1,3	0,653	0,686	0,751
14	94,2	1,2	0,881	0,925	1,013
16	115,4	1,2	1,080	1,134	1,242
18	153,6	1,2	1,438	1,510	1,736
20	180,4	1,2	1,688	1,772	1,941



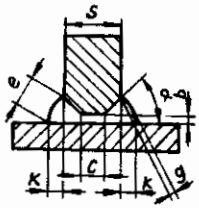
Mối hàn góc không vát mép



Mối hàn góc

g = 1,5mm; e = 1,41k

k (mm)	F_H (mm^2)	k_y	m_H (kg/m)	Tiêu hao dây hàn trên 1 m mối hàn (kg) khi hàn điện cực chảy	
				Bằng tay	Tự động
2	5,1	5,0	0,199	0,209	0,229
3	8,6	4,0	0,268	0,281	0,308
4	14,0	3,0	0,327	0,343	0,376
5	20,0	2,0	0,312	0,328	0,359
6	26,8	1,4	0,292	0,307	0,336
7	34,9	1,4	0,381	0,400	0,438
8	43,4	1,3	0,440	0,462	0,506
10	64,5	1,3	0,656	0,686	0,752



Mối hàn góc vát mép hàn hai phía

Kích thước (mm)				Kích thước (mm)			
s	c	k	e	s	c	k	e
10	3	3	6	20	4	5	11,6
12	3	3	7	22	4	5	13,0
14	3	4	8,5	24	4	6	14,0
16	3	4	9,5	26	5	6	15,0
18	4	4	10,0				

* b = 1mm; g = 1,5mm; $\alpha = 50^o$

Tiếp bảng 100.

S (mm)	F_H (mm^2)	k_y	m_H (kg/m)	Tiêu hao dây hàn trên 1 m mối hàn (kg) khi hàn điện cực chảy	
				Bằng tay	Tự động
10	52,7	1,3	0,534	0,561	0,614
12	69,7	1,3	0,707	0,742	0,833
14	96,9	1,3	0,983	1,032	1,187
16	120,8	1,3	1,225	1,286	1,479
18	135,1	1,3	1,370	1,438	1,654
20	173,6	1,3	1,760	1,848	2,125
22	205,1	1,3	1,919	2,015	2,317
24	250,3	1,2	2,340	2,457	2,826
26	270,9	1,2	2,536	2,663	3,062

Bảng 101. **Định mức tiêu hao argon khi hàn tay, tự động để hàn thép**

s (mm)	q_g (l/ph)	Tiêu hao argon trên 1m mối hàn (l) khi v_h (m/h)								Tiêu hao phụ argon cho các nguyên công chuẩn bị (l)
		1	6	10	15	20	25	30	35	
Điện cực không chảy										
0,5	6	-	-	36	24	18	14,4	12	-	1,2
1-1,5	7	-	-	42	28	21	16,8	14	-	1,4
2-3	9	-	90	54	36	27	21,6	18	-	1,8
3-5	11	165	110	66	44	33	26,4	22	-	2,2
5-7	12	180	120	72	48	36	28,8	24	-	2,4
8 và hơn	14	210	140	84	56	42	33,6	28	-	2,8
Điện cực chảy										
2-3	8	120	80	48	32	24	19,2	16	13,6	0,4
4	9	135	90	54	36	27	21,6	18	15,3	0,5
6	10	150	100	60	40	30	24,0	20	17,0	0,5
8	13	195	130	78	52	39	31,2	26	22,1	0,7
10 và hơn	15	225	150	90	60	45	36,0	30	25,5	0,8

Bảng 102. **Định mức tiêu hao khí CO_2 khi hàn tự động và bán tự động với điện cực chảy để hàn thép**

S (mm)	q_g (l/ph)	Tiêu hao khí cacbonic trên 1m mối hàn (l) khi v_h (m/h)									Tiêu hao phụ argon cho các nguyên công chuẩn bị (l)
		4	6	10	15	20	25	30	35	40	
3	12	-	-	72	48	36	28,8	24	20,4	18	0,6
4-5	14	-	140	84	56	42	33,6	28	23,8	21	0,7
6-8	16	240	160	96	64	48	38,4	32	27,2	24	0,8
10-12	18	270	180	108	72	54	43,2	36	30,6	27	0,9
14-16	20	300	200	120	80	60	48,0	40	34,0	30	1,0
18-20 và hơn	22	330	220	132	88	66	52,8	44	37,4	33	1,1

Bảng 103. **Định mức tiêu hao điện cực volfram khi hàn hồ quang-argon điện cực không chảy để hàn thép**

s (mm)	Đường kính điện cực (mm)	Tiêu hao điện cực trên 100m mối hàn (g)		s (mm)	Đường kính điện cực (mm)	Tiêu hao điện cực trên 100m mối hàn (g)	
		Hàn tay	Tự động			Hàn tay	Tự động
0,5	1,0	6,0	2,8	3,0	3,0	83,3	9,0
0,8-1,0	1,5	8,3	3,9	4,0	4,0	132,2	125,0
1,2-1,5	1,5	8,3	3,9	5,0	5,0	165,0	156,0
2,0	2,0	23,4	10,9	và lớn hơn			

Bảng 104. **Chế độ cắt kim loại màu bằng hỗn hợp argon - hydrô (dòng một chiều)**

Các thông số	Phương pháp cắt	
	Bằng tay	Cơ khí hóa
Thành phần hỗn hợp (%)		
Argon	70-80	65
Hydrô	30-20	35
Dòng định mức (A)	300-350	350-400

* Tiêu hao tổng cộng các khí là $(1,5 \div 2)m^3/h$

Bảng 105. **Tiêu hao vật liệu khi cắt nhôm (dòng một chiều)**

Phương pháp cắt	Chiều dày tấm (mm)	Tốc độ cắt (mm/ph)	Tiêu hao trên 1m cắt			
			Ar (l)	H (l)	Công suất điện (KWh)	W (g)
Bằng tay	6	2000	7,5	4,0	0,32	0,02
	10	1600	11,0	6,0	0,43	0,025
	15	1100	18,0	10,0	0,63	0,036
	20	700	31,0	17,0	1,06	0,057
	25	550	43,5	23,5	1,35	0,073
	30	500	50,0	26,0	1,59	0,080
	35	400	65,0	34,0	1,98	0,100
Cơ khí hóa	6	7600	2,0	1,1	0,096	0,005
	10	4600	4,0	2,5	0,170	0,009
	15	3100	6,5	4,0	0,254	0,013
	20	2000	11,0	7,0	0,425	0,020
	25	1500	15,5	9,5	0,57	0,027
	30	800	31,5	19,0	1,14	0,050
	35	700	43,0	22,5	1,30	0,057
	40	600	58,0	28,0	1,65	0,067
	50	500	90,0	40,0	2,10	0,080
	60	450	118,0	63,0	2,50	0,090
	70	400	165,0	92,0	3,00	0,100

Ghi chú: Tiêu hao vật liệu khi cắt các đường cong thay đổi theo tốc độ tương ứng ít hơn so với giá trị trong bảng 30 ÷ 40%.

Bảng 106. **Tiêu hao khí (l/ph) khi cắt nhôm bằng hỗn hợp Ar + H (dòng xoay chiều, I = 220A, d_v = 5mm)**

Chiều dày cắt (mm)	Ar	H_2
4-8	15-20	6-7
8-16	20-27	7-9
16-24	27-29	9-12

Bảng 107. **Tiêu hao khí (l/h) khi cắt thép CHBN.9T (dòng một chiều; I = 350-400A)**

Chiều dày kim loại (mm)	N	H_2
4-20	6000-1000	-
20-50	1000	1000

Bảng 108. **Tiêu hao vật liệu khi cắt nhôm (dòng xoay chiều; hydrô trong hỗn hợp là 25-27%)**

Chiều dày kim loại (mm)	Tốc độ cắt (mm/ph)	Tiêu hao trên 1 m cắt		
		Ar (l)	H_2 (l)	W (g)
4	1750	8,5	3,5	0,06
8	1000	20	7,0	0,10
12	750	35	10,5	0,13
16	500	55	18,0	0,20
20	380	74	26,5	0,27
24	350	83	31,5	0,29

Bảng 109. **Tiêu hao vật liệu khi cắt thép Cr18N; 9T (dòng một chiều)**

Chiều dày kim loại (mm)	Tốc độ cắt (mm/ph)	Tiêu hao trên 1 m cắt			
		N (l)	H_2 (l)	Năng lượng (KWh)	W (g)
4	4800	26	-	0,12	0,009
6	3500	28	-	0,17	0,012
10	1300	55	-	0,46	0,031
16	500	85	-	1,30	0,080
20	450	62	-	1,80	0,120
30	600	28	22	2,30	0,080

4. Vật liệu cho hàn khí

Định mức tiêu hao dây bổ sung cho hàn khí được xác định bằng kết qủa của khối lượng kim loại chảy; mất mát do bắn tóe và cháy... Tổn thất thường lấy bằng 10% khối lượng kim loại chảy. Định mức tiêu hao thuốc cho hàn khí được định theo thực nghiệm và có tính đến sự mất mát vật liệu khi chế tạo thuốc khoảng 10%.

Bảng 110. **Định mức tiêu hao vật liệu trên 1 m mối hàn khi hàn đồng thau bằng hàn khí**

Chiều dày kim loại (mm)	Dây bổ sung (g)	Ôxy (l)	C_2H_2 (l)	CaC_2 (g)	Thuốc (g)	Hỗn hợp thuốc		
						Borăc (g)	Axit boric (g)	Clorua natri (g)
Mối hàn giáp mối								
1,0	27	10	8,3	33	7	5,5	0,8	1,5
1,5	30	22	19	75	8	6,2	0,9	1,8
2,0	48	40	33	132	12	9,4	1,3	2,6
2,5	62	62	52	208	16	12,5	1,8	3,5
3,0	79	90	75	300	20	16,0	2,2	4,4
3,5	85	122	102	408	25	19,5	2,8	5,5
4,0	117	160	133	532	35	27,0	3,9	7,7
5,0	270	250	208	832	86	66,0	9,5	19,0
6,0	348	360	300	1200	120	96,0	13,0	26,0
7,0	435	490	408	1632	150	115,0	16,5	33,0
8,0	532	640	533	2132	180	140,0	20,0	40,0
9,0	653	810	670	2680	230	177,0	25,0	50,0
10,0	765	1000	833	3330	270	210,0	30,0	59,0
11,0	894	1210	1010	4040	310	240,0	34,0	68,0
12,0	1030	1440	1200	4800	360	280,0	40,0	79,0
Mối hàn góc, mối hàn chồng								
1,0	15	10	8,3	33	3,9	3,1	0,44	0,83
1,5	26	22	19	75	7,0	5,4	0,78	1,6
2,0	40	40	33	132	10,0	7,8	1,10	2,2
2,5	57	62	52	208	15,0	12,0	1,70	3,2
3,0	75	90	75	300	19,0	15,0	2,10	4,2
3,5	96	122	102	408	28,0	22,0	3,20	6,2
4,0	120	160	133	532	36,0	28,0	4,00	7,9

Ghi chú: Định mức tiêu hao ôxy chỉ được định với loại tinh khiết 99%.

Bảng 111. **Định mức tiêu hao vật liệu trên 1 m mối hàn khi hàn thép bằng hàn khí**

Chiều dày kim loại (mm)	Mối hàn giáp mối				Các mối hàn góc phía trong, mối hàn chồng				Các mối hàn góc phía ngoài			
	Ôxy (l)	Axêtylen (l)	CaC_2 (g)	Dây bổ sung (g)	Ôxy (l)	C_2H_2 (l)	CaC_2 (g)	Dây bổ sung (g)	Ôxy (l)	C_2H_2 (l)	CaC_2 (g)	Dây bổ sung g)
0,5	2,5	2,1	8,5	15	3,5	2,9	11,6	6	1,89	1,53	6,26	6,8
1,0	10,0	8,3	33,0	24	14,0	11,7	47,0	14	7,16	6,29	25,0	15,4
1,5	22,5	19,0	75,0	26	31,5	26,0	104	23	17,0	13,6	55,8	25,3
2,0	40,0	33,0	132	42	56,0	47,0	188	35	29,9	25,0	101	38,5
2,5	62,5	52,0	208	55	88,0	73,0	292	50	47,1	39,4	157	55,0
3,0	90,0	75,0	300	70	126	105	420	66	67,7	56,3	227	72,6
3,5	122	102	408	75	172	143	572	85	92,8	76,9	308	93,5
4,0	160	133	532	103	224	187	748	106	121,0	101	404	116,6
5,0	260	208	832	238	-	-	-	-	-	-	-	-
6,0	360	300	1200	307	-	-	-	-	-	-	-	-
7,0	490	408	1632	383	-	-	-	-	-	-	-	-
8,0	640	533	2132	489	-	-	-	-	-	-	-	-
9,0	810	670	2680	575	-	-	-	-	-	-	-	-
10,0	1000	833	3330	675	-	-	-	-	-	-	-	-
11,0	1210	1010	4040	788	-	-	-	-	-	-	-	-
12,0	1440	1200	4800	910	-	-	-	-	-	-	-	-

Chú thích: Định mức tiêu thụ dây hàn bổ sung cho mối hàn giáp mối chiều dày đến 4 mm không vát mép và khi chiều dày hơn 4 mm có vát mép chữ V.

Bảng 112. **Định mức tiêu hao vật liệu trên 1 m mối hàn khi hàn nhôm bằng hàn khí**

Chiều dày kim loại (mm)	Dây bổ sung (g)	Ôxy (l)	C_2H_2 (l)	CaC_2 (g)	Thuốc (g)	Thành phần thuốc			
						Clorua natri (g)	Clorua litri (g)	Clorua kali (g)	Fluo natri (g)
Mối hàn giáp mối									
1,0	8,5	3	2,5	10,0	10	3,1	1,5	5,5	0,9
1,5	9,0	8	5,6	22,5	11	3,4	1,7	6	1,0
2,0	14,5	12	10,0	40,0	16	5,0	2,5	9	1,4
2,5	19,0	19	16,0	64,0	22	6,8	3,5	12	1,9
3,0	24,0	27	22,5	90,0	27	8,3	4,0	15	2,4
3,5	26,0	37	31,0	124	34	10,5	5,3	19	3,0
4,0	36,0	48	40,0	160	48	15,0	7,0	26	4,0
5,0	82,0	75	62,5	241	118	36,0	18	65	10
6,0	106	108	90,0	360	165	51,0	26	91	14
7,0	132	147	122	488	205	63,0	32	113	18
8,0	161	192	160	640	245	76,0	38	135	21
9,0	198	243	203	812	315	97,0	49	173	28
10,0	232	300	250	1000	370	114	57	204	33
11,0	272	363	303	1210	425	131	66	234	37
12,0	314	426	360	1440	490	151	65	270	43
Mối hàn góc, mối hàn chồng một phía									
1,0	5	3	2,5	10	5,9	1,8	0,89	3,2	0,53
1,5	8	8	5,6	22,5	9,8	3,0	1,5	5,3	0,90
2,0	12	12	10,0	40	13,6	4,2	2,1	7,1	1,16
2,5	17,5	19	16,0	64	20,0	6,3	3,2	11,0	1,75
3,0	24	27	22,5	90	27,0	8,3	4,0	15,0	2,40
3,5	29	37	31,0	124	38,0	11,8	5,8	21,0	3,36
4,0	36	48	40,0	164	48,0	15,0	7,0	26,0	4,00

5. Vật liệu để cắt thép bằng ngọn lửa và ôxy

Định mức tiêu hao cho việc cắt các loại thép tấm và các loại thép cán định hình như sau:

Định mức tiêu hao ôxy (cho ôxy tinh khiết 99%) để cắt bằng ngọn lửa được tính toán với các mất mát khác do phải nung nóng mỏ cắt; phải vát mép; cho sự cháy của ngọn lửa (chưa kể đến ôxy cắt) lượng ôxy tồn tại trong chai ôxy; cần phải nung nóng chỗ cắt đến trạng thái cắt và do phải khoét lỗ ban đầu để cắt các chi tiết nằm ở phía trong các bề mặt v.v... (bảng 113-123).

Bảng 113. **Tiêu hao vật liệu khi cắt thép cacbon bằng hỗn hợp khí ôxy (cắt bằng tay)**

Chiều dày kim loại (mm)	N° mỏ cắt	Áp lực ôxy (atm)	Chiều rộng cắt (mm)	Tốc độ cắt (mm/ph)	Tiêu hao trên 1m cắt (l)	
					Ôxy	Khí cháy
4	0П	3-3,5	3,5	510	80	12
5	0П	3-3,5	3,5	495	96	14
6	0П	3-3,5	3,5	485	110	17
8	0П	3-3,5	3,5	470	140	22
10	0П	3-3,5	3,5	460	170	26
12	1П	3,5-4	4,0	445	198	31
15	1П	3,5-4	4,0	405	240	36
16	1П	3,5-4	4,0	400	255	39
18	1П	3,5-4	4,0	395	290	44
20	1П	3,5-4	4,0	370	315	48
22	1П	3,5-4	4,0	350	340	51
24	1П	3,5-4	4,0	335	370	55
26	2П	4-5	4,5	330	400	61
28	2П	4-5	4,5	320	430	65
30	2П	4-5	4,5	300	460	69
35	2П	4-5	4,5	280	540	77
40	2П	4-5	4,5	255	617	84
45	2П	4-5	4,5	220	690	90
50	3П	5-7	5,5	200	760	99
60	3П	5-7	5,5	160	870	108
70	3П	5-7	5,5	137	1100	126
80	3П	5-7	5,5	122	1290	140
90	3П	5-7	5,5	106	1460	154
100	4П	7-10	7,0	100	1620	170
120	4П	7-10	7,0	97	2180	196
130	4П	7-10	7,0	93	2440	207
140	4П	7-10	7,0	91	2700	216
150	4П	7-10	7,0	90	2970	224
160	4П	7-10	7,0	88	3200	235
180	4П	7-10	7,0	82	3750	250
200	5П	10-13	9,0	76	4240	267
220	5П	10-13	9,0	69	4800	290
250	5П	10-13	9,0	61	5700	315
280	5П	10-13	9,0	52	6900	345
300	5П	10-13	9,0	46	7700	385

Bảng 114. **Định mức tiêu hao vật liệu trên một lượt cắt để cắt thép góc đều bằng cắt khí (cắt bằng tay)**

Thép hình		Cắt bằng ôxy -axêtylen			Cắt bằng ôxy-xăng	
N°	Chiều dày (mm)	Ôxy (l)	axêtylen (l)	CaC_2 (g)	Ôxy (l)	Xăng (g)
5	5	9,5	1,7	7,2	9,7	2,0
	6	11,2	1,9	7,6	11,3	2,2
6	5	11,5	2,1	8,4	11,7	2,4
	6	13,7	2,3	9,2	13,7	2,7
	7	15,0	2,5	10,0	15,2	2,8
	8	16,2	2,6	10,4	16,8	3,0
6,5	6	14,9	2,5	10,0	14,9	2,9
	7	16,3	2,7	10,8	16,6	3,0
	8	17,7	2,8	11,2	18,3	3,2
	9	19,3	3,0	12,0	20,4	3,4
	10	21,0	3,1	12,4	22,2	3,6
7,5	6	17,3	2,9	11,6	17,3	3,3
	7	19,0	3,1	12,4	19,3	3,5
	8	20,6	3,3	13,2	21,3	3,7
	9	22,6	3,5	14,0	23,7	4,0
	10	24,5	3,6	14,5	26,0	4,2
	11	26,4	3,8	15,0	27,8	4,5
	12	27,6	4,0	16,0	29,7	4,6
8	6	18,5	3,1	12,4	18,5	3,6
	7	20,0	3,4	13,6	20,6	3,8
	8	22,0	3,5	14,0	22,8	4,0
	9	24,2	3,7	14,8	25,2	4,3
	10	26,3	3,9	15,6	27,8	4,5
9	8	24,9	4,0	16,0	25,8	4,4
	9	27,4	4,3	17,2	28,8	4,8
	10	29,7	4,4	17,6	31,5	5,1
	11	32,1	4,7	18,8	33,8	5,4
	12	33,6	4,9	19,6	36,1	5,6
	13	36,0	5,2	20,8	38,4	5,9
	14	38,2	5,5	22,0	40,7	6,2

Tiếp bảng 114.

Thép hình		Cắt bằng ôxy -axêtylen			Cắt bằng ôxy-benzin	
N°	Chiều dày (mm)	Ôxy (l)	Axêtylen (l)	CaC_2 (g)	Ôxy (l)	Benzin (g)
10	8	27,8	4,4	17,6	28,8	5,0
	9	30,6	4,7	18,8	32,1	5,4
	10	33,3	4,9	19,6	35,2	5,7
	11	36,0	5,2	21,0	37,8	6,0
	12	37,6	5,4	21,6	40,4	6,2
	13	40,2	5,8	23,2	43,0	6,6
	14	42,8	6,1	24,5	45,6	6,9
	15	44,4	6,3	25,2	48,1	7,2
	16	46,0	6,4	25,6	51,2	7,6
12	10	40,2	6,0	24,0	42,6	6,9
	11	43,5	6,3	25,2	45,8	7,2
	12	45,6	6,6	26,4	49,0	7,5
	13	48,8	7,0	28,0	52,2	8,0
	14	52,0	7,5	30,0	55,5	8,4
	15	54,0	7,6	30,4	58,5	8,8
	16	56,8	7,8	31,2	62,3	9,2
	17	59,0	8,1	32,5	65,6	9,4
	18	61,0	8,4	33,6	68,8	9,8
13	10	43,7	6,5	26,0	46,3	7,5
	11	47,3	6,9	27,6	49,8	7,9
	12	49,6	7,2	28,8	53,4	8,2
	13	53,1	7,7	30,8	56,8	8,7
	14	56,6	8,1	32,4	60,4	9,1
	15	58,8	8,3	33,2	63,6	9,6
	16	61,0	8,5	34,0	67,9	10,0
15	12	57,6	8,3	33,2	62,0	9,5
	13	61,7	8,9	35,6	66,0	10,1
	14	65,0	9,5	38,0	70,3	10,6
	15	68,4	9,7	38,8	74,1	11,1
	16	71,0	9,9	39,6	78,9	11,6
	17	75	10,3	41,2	83,1	12,0
	18	78	10,7	42,8	87,4	12,4
	19	82	11,2	44,8	91,3	12,9
	20	85	11,5	46,0	95,2	13,5

Bảng 115. **Định mức tiêu hao vật liệu cho một lần cắt bằng tay để cắt thép góc không đều**

Thép hình		Cắt bằng ôxy -axêtylen			Cắt bằng ôxy-benzin	
N°	Chiều dày (mm)	Ôxy (l)	Axêtylen (l)	CaC_2 (g)	Ôxy (l)	Benzin (g)
6/4	5	9,5	1,7	7,0	9,7	2,0
	6	11,3	1,8	7,2	11,3	2,2
	8	13,3	2,0	8,0	13,8	2,4
7,5/5	5	12,0	2,2	8,8	12,3	2,3
	6	14,3	2,4	9,6	14,3	2,8
	8	17,0	2,7	10,8	17,6	3,1
	10	20,0	3,0	12,0	21,3	3,5
8/5	6	15,5	2,6	10,4	15,5	3,0
	8	18,4	2,9	11,6	19,1	3,3
	10	21,9	3,2	12,8	23,1	3,8
9/6	6	17,3	2,8	11,2	17,3	3,3
	8	20,6	3,2	12,8	21,3	3,7
	10	24,5	3,6	14,4	25,9	4,2
10/7,5	8	24,2	3,8	15,2	26,1	4,4
	10	29,0	4,3	17,2	30,6	5,0
	12	32,6	4,7	18,8	35,0	5,4
12/8	8	27,8	4,4	17,6	28,8	5,0
	10	33,2	4,9	19,6	35,2	5,7
	12	37,6	5,4	21,6	40,5	6,3
13/9	10	36,8	5,5	22,0	38,8	6,2
	12	41,6	6,0	22,8	44,8	6,9
	14	45,0	6,4	24,4	50,5	7,6
15/10	12	47,6	6,9	27,6	51,6	7,9
	14	54,3	7,7	30,8	57,9	8,7
	16	58,5	8,2	32,8	65,0	9,6
18/12	12	57,6	8,3	33,2	62,0	9,5
	14	65,8	9,2	36,8	70,0	10,6
	16	71,0	9,9	39,6	79,0	11,6
20/12	12	61,6	8,8	35,2	66,3	10,2
	14	70,4	10,0	40,0	75,0	11,3
	16	76,0	10,6	42,4	84,5	12,4
20/15	16	83,5	11,7	46,8	93,0	13,7
	18	91,0	12,6	50,4	103,0	14,6
	20	101,0	13,5	54	112,0	15,8

Bảng 116. **Định mức tiêu hao vật liệu cho một lần cắt khi cắt bằng tay để cắt thép hình**

N° Thép hình	Cắt ôxy - axêtylen			Cắt ôxy - Benzin	
	Ôxy (l)	Axêtylen (l)	CaC_2 (g)	Ôxy (l)	Benzin (g)
5	13,2	2,3	9,2	13,5	2,5
6,5	16,6	2,8	11,0	17,4	3,1
8	19,0	3,1	12,4	20,0	3,6
10	24,0	4,0	16,0	25,0	4,5
12	29,0	4,7	19,0	29,0	5,2
14 a	35,0	5,4	21,5	36,0	6,2
b	38,5	5,9	23,6	40,0	6,7
16 a	41,0	6,4	25,6	42,0	7,1
b	45,0	7,0	28,0	48,0	8,0
18 a	45,5	7,3	29,0	48,5	8,5
b	50,0	7,7	31,0	54,0	8,8
20 a	51,0	8,0	32,0	54,0	9,0
b	57,0	9,0	36,0	60,0	10
22 a	56,5	8,8	35,0	59,0	9,8
b	63,0	9,5	38,0	66,0	11,0
24 a	61,0	9,3	37,0	63,0	10,5
b	67,0	10,0	40,0	71,0	11,5
c	74,0	10,5	42,0	79,0	12,5
27 a	68,0	10,2	41,0	72,0	12,0
b	75,0	11,1	44,5	80,0	13,0
c	83,0	12,0	48,0	90,0	14,0
30 a	76,0	11,4	46,0	80,0	13,0
b	86,0	12,5	50,0	90,0	14,5
c	93,0	13,2	53,0	100	15,5
33 a	86	12,7	51	89	14,5
b	96	13,8	55	100	16,0
c	103	14,8	59	110	17,0
36 a	101	14,5	58	108	17,0
b	112	15,6	63	121	19,0
c	121	17,0	68	131	20,0
40 a	124	17,5	70	133	20,0
b	134	19,0	76	145	22,0
c	145	21,0	84	157	24,0

Bảng 117. **Định mức tiêu hao vật liệu cho một lần cắt khi cắt thép tấm hoặc thanh**

Chiều dày hoặc đường kính (mm)	Thép vuông					Thép tròn				
	Cắt ôxy-axetylen			Cắt ôxy-benzin		Cắt ôxy-axetylen			Cắt ôxy-benzin	
	ôxy (l)	axêtylen (l)	CaC_2 (g)	ôxy (l)	benzin (g)	ôxy (l)	axêtylen (l)	CaC_2 (g)	ôxy (l)	benzin (g)
20	6,1	0,8	3,5	7	1	4,8	0,6	2,5	6	0,8
30	13,2	1,5	6,0	15	2	10,4	1,2	5,0	12	1,6
40	23	2,6	10,5	26	3	18	2,0	8,0	21	2,5
50	36	3,8	15	40	5	28	3,0	12,0	32	4,0
60	53	5,3	21	60	8	42	4,2	17,0	48	6,4
70	74	7,2	29	80	10	58	5,6	22,5	64	8
80	98	9,4	38	109	14	77	7,4	30	87	10
90	127	12,0	48	138	18	100	9,5	38	110	14
100	164	14,5	58	174	22	129	11,5	46	139	17
120	260	21	84	274	33	204	16,5	66	219	26
130	316	25	100	333	40	248	19,5	78	266	32
140	380	28	112	396	45	298	22	88	317	36
150	455	33	132	465	56	356	26	104	372	45
160	525	37	148	545	65	413	29	116	435	52
170	605	42	168	628	81	475	33	132	502	65
180	700	47	188	713	97	550	37	148	570	77
200	835	58	232	-	-	670	50	200	-	-
220	1130	70	280	-	-	910	60	240	-	-
250	1460	85	340	-	-	1170	70	280	-	-
280	1830	100	400	-	-	1460	85	340	-	-
300	2100	115	460	-	-	1680	105	420	-	-

Bảng 118. **Định mức tiêu hao vật liệu cho một lần cắt khi cắt khí bằng tay để cắt thép hình**

N° Thép hình	Cắt ôxy - axêtylen			Cắt ôxy - benzin	
	Ôxy (l)	Axêtylen (l)	CaC_2 (g)	Ôxy (l)	Benzin (g)
10	28	5,0	20	29	5,5
12	35	5,5	22	34	6,5
14	42	6,5	26	40,5	7,5
16	45	7,0	28	50	8,5
18	60	7,5	30	58	9,5
20 a	63	8,0	32	66	11,0
b	70	10,0	40	72	12,0
22 a	74	11,5	48	77	12,5
b	79	12,0	50	85	13,0
24 a	83	12,8	51	86	14,0
b	90	13,2	53	94	15,0
27 a	100	14,0	56	97	15,5
b	105	15,0	60	107	16,5
30 a	108	16,0	64	109	17,5
b	115	16,6	67	119	18,5
c	125	18,0	72	128	19,5
33 a	120	16,6	67	121	19,0
b	123	17,7	70	131	20,0
c	130	19,0	76	141	21,0
36 a	125	18,0	72	136	21,0
b	135	19,5	78	147	22,0
c	146	21,0	84	158	24,0
40 a	150	21,5	86	153	23,5
b	165	23,5	94	165	25,0
c	170	24,0	96	177	26,0
45 a	165	23,5	94	180	27,0
b	183	25,5	103	193	29,0
c	188	26,0	104	207	30,0
50 a	198	26,5	106	207	30,0
b	208	29,0	116	221	33,0
c	213	29,5	118	238	35,0
55 a	211	29,5	118	232	34,0
b	226	31,0	124	248	36,0
c	235	33,0	132	266	38,0

Bảng 119. **Tiêu hao vật liệu khi cắt ôxy - khí thiên nhiên để cắt thép tấm**

Chiều dày kim loại (mm)	N° mỏ cắt	Áp lực ôxy (atm)	Chiều rộng cắt (mm)	Tốc độ cắt (mm/ph)	Tiêu hao trên 1 m cắt (l)	
					Ôxy	Khí thiên nhiên
4	0П	3-3,5	3,5	630	66	10
5	0П	3-3,5	3,5	610	79	12
6	0П	3-3,5	3,5	600	93	14
8	0П	3-3,5	3,5	570	119	18
10	0П	3-3,5	3,5	560	144	22
12	1П	3,5-4	4,0	540	170	26
15	1П	3,5-4	4,0	515	200	30
16	1П	3,5-4	4,0	505	210	32
18	1П	3,5-4	4,0	490	240	36
20	1П	3,5-4	4,0	470	260	39
22	1П	3,5-4	4,0	455	280	42
24	1П	3,5-4	4,0	435	305	46
26	2П	4-5	4,5	420	330	50
28	2П	4-5	4,5	400	355	54
30	2П	4-5	4,5	385	380	58
35	2П	4-5	4,5	345	445	62
40	2П	4-5	4,5	315	510	69
45	2П	4-5	4,5	280	570	76
50	3П	5-7	5,5	250	630	82
60	3П	5-7	5,5	210	770	92
70	3П	5-7	5,5	170	910	100
80	3П	5-7	5,5	150	1060	116
90	3П	5-7	5,5	130	1210	127
100	4П	7-10	7,0	125	1350	135
120	4П	7-10	7,0	120	1800	162
130	4П	7-10	7,0	117	2010	171
140	4П	7-10	7,0	115	2230	178
150	4П	7-10	7,0	112	2450	184
160	4П	7-10	7,0	110	2660	193
180	4П	7-10	7,0	102	3080	205
200	5П	10-13	9,0	95	3500	220
220	5П	10-13	9,0	88	3980	238
250	5П	10-13	9,0	76	4700	258
280	5П	10-13	9,0	64	5690	295
300	5П	10-13	9,0	57	6350	320

Bảng 120. **Tiêu hao vật liệu khi cắt ôxy - axêtylen để cắt thép tấm**

Chiều dày kim loại (mm)	N° mỏ cắt	Áp lực ôxy (atm)	Chiều rộng cắt (mm)	Tốc độ cắt (mm/ph)	Tiêu hao trên 1 m cắt (l)	
					Ôxy	Khí thiên nhiên
4	1	3-4	3,5	545	74	11
6	1	3-4	3,5	520	102	13
8	1	3-4	3,5	505	130	20
10	1	3-4	3,5	490	158	24
12	1	3-4	3,5	475	184	29
15	1	3-4	3,5	435	224	34
18	1	3-4	3,5	420	270	41
20	1	3-4	3,5	395	292	45
22	1	3-4	3,5	375	316	48
24	1	3-4	3,5	360	345	51
26	2	4-5	4,5	350	370	57
28	2	4-5	4,5	340	400	60
30	2	4-5	4,5	320	430	64
35	2	4-5	4,5	300	500	71
40	2	4-5	4,5	273	570	78
45	2	4-5	4,5	235	640	84
50	3	5-7	5,5	215	710	92
60	3	5-7	5,5	170	810	100
70	3	5-7	5,5	147	1020	118
80	3	5-7	5,5	130	1200	130
90	3	5-7	5,5	118	1360	144
100	4	7-10	7,0	107	1500	158
120	4	7-10	7,0	104	2030	182
130	4	7-10	7,0	100	2260	192
140	4	7-10	7,0	97	2500	200
150	4	7-10	7,0	96	2750	208
160	4	7-10	7,0	94	2970	220
180	4	7-10	7,0	88	3500	233
200	5	10-13	9,0	81	3950	248
220	5	10-13	9,0	74	4460	270
250	5	10-13	9,0	65	5300	292
280	5	10-13	9,0	56	6400	320
300	5	10-13	9,0	49	7150	356

Bảng 121. **Tiêu hao vật liệu khi cắt thép bằng tay với ngọn lửa ôxy - benzin để cắt thép tấm**

Chiều dày kim loại (mm)	N° mỏ cắt	Áp lực ôxy (atm)	Chiều rộng cắt (mm)	Tốc độ cắt (mm/ph)	Tiêu hao trên 1 m cắt (l)		Tiêu hao khi nung nóng mỏ cắt	
					Ôxy (l)	Benzin (g)	Ôxy (l)	Benzin (g)
4	1	4-5	3,5	425	92	14	15,0	12
6	1	4-5	3,5	410	126	20	15,0	12
8	1	4-5	3,5	400	160	25	15,0	12
10	1	4-5	3,5	390	196	30	15,0	12
12	1	4-5	3,5	377	227	35	15,0	12
16	1	4-5	3,5	340	293	45	15,0	12
18	1	4-5	3,5	335	334	51	15,0	12
20	1	4-5	3,5	314	363	55	15,0	12
24	1	4-5	3,5	285	425	63	15,0	12
26	2	5-6	4,5	280	460	70	18,7	15
28	2	5-6	4,5	272	495	75	18,7	15
30	2	5-6	4,5	255	530	79	18,7	15
35	2	5-6	4,5	238	620	89	18,7	15
40	2	5-6	4,5	217	710	96	18,7	15
45	2	5-6	4,5	187	795	104	18,7	15
50	3	6-9	5,5	170	870	114	22,5	18
60	3	6-9	5,5	136	1000	124	22,5	18
70	3	6-9	5,5	116	1260	145	22,5	18
80	3	6-9	5,5	104	1480	150	22,5	18
90	3	6-9	5,5	90	1680	177	22,5	18
100	4	9-14	6,5	85	1860	195	27,5	22
120	4	9-14	6,5	83	2500	225	27,5	22
130	4	9-14	6,5	79	2800	237	27,5	22
140	4	9-14	6,5	77	3100	250	27,5	22
150	4	9-14	6,5	76	3400	257	27,5	22
180	4	9-14	6,5	70	4300	290	27,5	22
200	4	9-14	6,5	65	4850	307	27,5	22

Bảng 122. **Tiêu hao vật liệu khi cắt thép cacbon bằng ngọn lửa ôxy-benzin (cắt tự động)**

Chiều dày kim loại (mm)	N° mỏ cắt	Áp lực ôxy (atm)	Tốc độ cắt (mm/ph)	Tiêu hao trên 1 m cắt (l)		Tiêu hao khi nung mỏ	
				ôxy (l)	Benzin (g)	ôxy (l)	Benzin (g)
4	1	4-5	590	75	11	15	12
6	1	4-5	570	91	14	15	12
8	1	4-5	538	137	21	15	12
10	1	4-5	480	230	34	15	12
16	1	4-5	472	242	37	15	12
18	1	4-5	460	276	41	15	12
20	1	4-5	440	300	45	15	12
22	1	4-5	425	322	48	15	12
24	1	4-5	407	352	53	15	12
26	2	5-6	390	380	57	18,7	15
28	2	5-6	375	408	62	18,7	15
30	2	5-6	360	437	67	18,7	15
35	2	5-6	323	512	72	18,7	15
40	2	5-6	284	586	79	18,7	15
45	2	5-6	262	655	88	18,7	15
50	3	6-9	234	725	95	18,7	18
60	3	6-9	196	885	106	22,5	18
70	3	6-9	160	1050	115	22,5	18
80	3	6-9	140	1220	134	22,5	22
90	3	6-9	122	1390	146	27,5	22
100	4	9-14	116	1550	155	27,5	22
120	4	9-14	112	2070	196	27,5	22
130	4	9-14	109	2320	199	27,5	22
140	4	9-14	107	2570	205	27,5	22
150	4	9-14	104	2620	212	27,5	22
160	4	9-14	103	3060	222	27,5	22
180	4	9-14	95	3540	235	27,5	22
200	4	9-14	89	4020	252	27,5	22

Chú thích: Đối với chiều dày kim loại từ, 4-24 mm thì chiều rộng rãnh cắt trung bình là 3 mm.

Bảng 123. **Tiêu hao vật liệu khi cắt thép cacbon bằng ngọn lửa ôxy-axêtylen (cắt tự động)**

Chiều dày kim loại (mm)	N° mỏ cắt	Áp suất ôxy (atm)	Chiều rộng cắt (mm)	Tốc độ cắt (mm/ph)	Tiêu hao trên 1 m cắt (l)	
					Ôxy	Axêtylen
4	1	3-4	3,5	695	61	9
6	1	3-4	3,5	660	83	13
8	1	3-4	3,5	633	111	17
10	1	3-4	3,5	615	134	20
12	1	3-4	3,5	595	158	24
15	1	3-4	3,5	655	195	30
18	1	3-4	3,5	540	223	34
20	1	3-4	3,5	517	242	36
22	1	3-4	3,5	500	260	39
24	1	3-4	3,5	480	284	43
26	2	4-5	4,0	460	307	46
28	2	4-5	4,0	440	330	50
30	2	4-5	4,0	423	354	54
35	2	4-5	4,0	380	415	58
40	2	4-5	4,0	346	475	64
45	2	4-5	4,0	308	530	71
50	3	5-7	5,0	275	587	76
60	3	5-7	5,0	231	715	85
70	3	5-7	5,0	176	845	93
80	3	5-7	5,0	165	985	105
90	3	5-7	5,0	143	1125	118
100	4	7-10	6,0	137	1255	126
120	4	7-10	6,0	132	1675	150
130	4	7-10	6,0	129	1870	160
140	4	7-10	6,0	126	2070	166
150	4	7-10	6,0	123	2280	170
160	4	7-10	6,0	121	2470	180
180	4	7-10	6,0	112	2860	190
200	5	10-13	7,5	105	3250	205
220	5	10-13	7,5	97	3700	220
250	5	10-13	7,5	84	4370	240
280	5	10-13	7,5	70	5300	265
300	5	10-13	7,5	63	5900	300

Bảng 124. **Tiêu hao vật liệu trên 1 cm^2 bề mặt cắt khi cắt các bavia, hệ thống rót vật đúc từ thép cacbon**

Chiều dày hoặc đường kính rót (mm)	Cắt ôxy-axêtylen		Cắt ôxy - Benzin	
	Ôxy (l)	Axêtylen (l)	Ôxy (l)	benzin (g)
đến 15	3,1	0,48	3,9	0,60
15-30	3,2	0,48	4,0	0,55
31-50	3,5	0,40	4,1	0,50
51-100	3,5	0,38	4,4	0,47
101-200	3,7	0,31	4,6	0,38
201-300	3,9	0,24	4,9	0,30

6. Vẩy hàn và thuốc hàn

Các bảng 125 ÷ 138 giới thiệu định mức tiêu hao vẩy hàn được tính toán với sự chú ý đến tổn thất trong quá trình hàn vẩy. Định mức tiêu hao thuốc hàn vẩy được xác định bằng phương pháp sản xuất - thực nghiệm. Các định mức tiêu hao vẩy hàn cho biết với trường hợp hàn vẩy bằng tay được tính với tiêu hao cho lớp liên kết, tạo góc; lượng chảy; lượng cháy và lượng bắn tóe v.v... Các bảng trên ứng với các loại liên kết hàn, các kết cấu... với các loại vẩy hàn riêng biệt.

Bảng 125. **Định mức tiêu hao vật liệu trên 1 m mối hàn (g) cho hàn vảy với vảy hàn mềm (mối hàn giáp mối)**

s (mm)	Loại vẩy hàn					Thuốc				
						Gốc axid			Gốc nhựa thông	
	ПОС 18	ПОС 30	ПОС 40	ПОС 61M	ПОС 90	Clorua kẽm	Acid	Clorua amôn	Nhựa thông	Cồn nước (ml)
0,5	2,7	2,6	2,5	2,3	2,0	0,15	0,4	0,5	0,4	1,2
0,8	4,2	4,0	3,8	3,4	3,0	0,20	0,5	0,7	0,5	1,5
1,0	5,2	5,0	4,8	4,4	4,0	0,25	0,75	1,0	0,7	2,1
1,25	6,6	6,3	6,0	5,6	5,0	0,30	0,9	1,3	0,8	2,4
1,4	7,5	7,0	6,7	6,1	5,5	0,35	1,1	1,4	0,9	2,7
1,5	8,0	7,5	7,0	6,4	6,0	0,35	1,1	1,5	1,0	3,0
1,6	8,5	8,0	7,5	6,9	6,5	0,40	1,2	1,6	1,1	3,3
1,8	9,5	9,0	8,5	8,0	7,0	0,45	1,3	1,8	1,2	3,6
2,0	10,5	10,0	9,5	8,7	8,0	0,5	1,7	2,2	1,5	4,5
2,5	13,0	12,5	12,0	11,4	10,0	0,6	2,0	2,7	1,8	5,4
3,0	16,0	15,0	14,0	13,0	11,5	0,7	2,3	3,1	2,1	6,3
3,5	19,0	18,0	17,0	16,0	14,0	0,9	2,7	3,6	2,4	7,2
4,0	22,0	20,0	19,0	17,4	16,0	1,1	3,3	4,5	3,0	9,0
4,5	24,0	22,0	21,0	18,5	18,0	1,3	3,8	5,0	3,5	10,0

Bảng 126. **Định mức tiêu hao vật liệu trên, 1 m mối hàn (g) để hàn vẩy (vẩy hàn mềm) - mối hàn ghép mí**

s (mm)	Loại vẩy hàn					Thuốc				
						Gốc axid			Gốc nhựa thông	
	ПОС 18	ПОС 30	ПОС 40	ПОС 61M	ПОС 90	Clorua kẽm	Acid	Clorua amôn	Nhựa thông	Cồn nước (ml)
0,25	4,2	4,0	3,9	3,5	3,0	0,2	0,6	0,8	0,6	1,8
0,32	5,2	5,0	4,8	4,4	4,0	0,3	0,7	1,0	0,7	2,1
0,40	7,3	7,0	6,7	6,1	5,5	0,4	1,1	1,4	1,0	3,0
0,50	9,3	9,0	8,7	8,1	7,0	0,5	1,3	1,8	1,2	3,6
0,63	12,5	12,0	11,5	10,5	9,5	0,6	1,8	2,3	1,6	4,8
0,70	14,5	14,0	13,5	12,5	11,0	0,7	2,1	2,8	1,9	5,7
0,80	16,5	16,0	15,5	14,5	13,0	0,8	2,4	3,2	2,2	8,6
0,90	18,0	17,5	17,0	16,0	14,0	0,9	2,6	3,5	2,4	7,2
1,00	21,0	20,0	19,0	17,4	16,0	1,0	3,0	4,0	2,7	8,1
1,25	26,0	25,0	24,0	22,0	20,0	1,2	3,7	5,0	3,4	10,2
1,40	28,0	27,0	26,0	24,0	21,0	1,3	4,0	5,4	3,6	10,8
1,50	30,0	29,0	28,0	26,0	23,0	1,4	4,3	5,8	3,9	11,7
1,60	32,0	31,0	30,0	28,0	25,0	1,5	4,7	6,2	4,2	12,6
1,80	36,0	35,0	34,0	31,0	28,0	1,7	5,3	7,0	4,8	14,4
2,00	41,0	39,0	37,0	34,0	31,0	1,9	6,0	8,0	5,5	16,5

Ghi chú: 1) Khi chi tiết hàn vẩy có chuẩn bị bề mặt định mức tiêu hao vẩy hàn có thể có thêm hệ số bằng 0.8.

2) Khi hàn vẩy chi tiết có ép sơ bộ định mức tiêu hao vẩy hàn lấy hệ số là 0,5.

Bảng 127. **Định mức tiêu hao trên 1 m mối hàn (g) để hàn vẩy hàn cứng (mối hàn giáp mối)**

s (mm)	Loại vẩy hàn			Thuốc		s (mm)	Loại vẩy hàn			Thuốc	
	ПМЦ 36	Từ ПМЦ42 ÷ ПМЦ54	Л62 ÷ Л68	Borăc	axit boric		ПМЦ 36	Từ ПМЦ42 ÷ ПМЦ54	Л62 ÷ Л68	Borăc	axit boric
0,5	2,0	2,2	2,3	0,6	0,6	1,8	7,0	7,5	8,0	2,0	1,6
0,8	3,0	3,2	3,3	0,8	0,7	2,0	8,0	8,6	9,0	2,5	2,1
1,0	4,0	4,3	4,5	1,1	0,9	2,5	10,0	11,0	11,5	3,1	2,5
1,25	5,0	5,5	5,7	1,4	1,2	3,0	12,0	13,0	13,5	3,6	2,9
1,4	5,5	6,0	6,2	1,6	1,3	3,5	14,0	15,0	15,5	4,0	3,2
1,5	6,0	6,5	6,8	1,7	1,4	4,0	16,0	17,0	18,5	4,6	3,6
1,6	6,5	7,0	7,3	1,8	1,5	4,5	18,0	19,0	20,5	5,7	4,0

Bảng 128. **Định mức tiêu hao vật liệu trên 1 m mối hàn (g) để hàn vẩy hàn cứng (mối hàn...)**

s (mm)	Loại vẩy hàn			Thuốc		s (mm)	Loại vẩy hàn			Thuốc	
	ПМЦ 36	Từ ПМЦ42 ÷ ПМЦ54	Л62 ÷ Л68	Borăc	axit boric		ПМЦ 36	Từ ПМЦ42 ÷ ПМЦ54	Л62 ÷ Л68	Borăc	axit boric
0,25	3,1	3,3	3,5	0,9	0,8	1,0	16,0	17,5	18,0	4,6	3,7
0,3	4,0	4,3	4,5	1,1	0,9	1,25	20,0	20,0	21,0	5,3	4,5
0,4	5,5	6,0	6,2	1,5	1,2	1,4	21,0	23,0	23,5	6,0	5,0
0,5	7,0	7,7	8,0	2,0	1,6	1,5	23,0	25,0	26,0	6,5	5,3
0,6	9,5	10,3	10,6	2,5	2,1	1,6	25,0	27,0	28,0	7,0	5,7
0,7	11,0	12,0	12,3	3,1	2,5	1,8	28,0	30,0	31,5	8,0	6,5
0,8	13,0	14,0	14,0	3,6	2,9	2,0	31,0	33,0	35,0	9,0	7,3
0,9	14,0	15,0	15,6	4,0	3,2						

Bảng 129. **Định mức tiêu hao vẩy hàn bạc để điền đầy khe hở hàn (g/cm^2)**

Khe hở (mm)	ПСр 10	ПСр 12	ПСр 25	ПСр 45	ПСр 65	ПСр 70
0,01	0,0089	0,0088	0,0093	0,0097	0,0100	0,0102
0,05	0,0447	0,0442	0,0463	0,0484	0,0499	0,0510
0,10	0,0894	0,0884	0,0926	0,0967	0,0998	0,1019
0,15	0,1342	0,1326	0,1388	0,1451	0,1498	0,1529
0,20	0,1789	0,1768	0,1851	0,1934	0,1997	0,2038
0,25	0,2236	0,2210	0,2314	0,2418	0,2496	0,2548

Bảng 130. **Định mức tiêu hao vẩy hàn bạc để hình thành lớp phủ (g/cm)**

Chiều dày chi tiết hàn (mm)	Kích thước k (mm)	ПСр 10	ПСр 12	ПСр 25	ПСр 45	ПСр 65	ПСр 70
≥ 0,2	0,2x0,2	0,0018	0,0018	0,0018	0,0019	0,0020	0,0020
≥ 0,3	0,3x0,3	0,0040	0,0040	0,0042	0,0044	0,0045	0,0046
≥ 0,4	0,4x0,4	0,0072	0,0071	0,0074	0,0077	0,0080	0,0082
≥ 0,5	0,5x0,5	0,0107	0,0106	0,0111	0,0116	0,0120	0,0122
≥ 0,6	0,6x0,6	0,0161	0,0159	0,0167	0,0174	0,0180	0,0183
≥ 0,7	0,65x0,65	0,0188	0,0286	0,0194	0,0203	0,0210	0,0214
≥ 0,8	0,7x0,7	0,0214	0,0212	0,0222	0,0232	0,0240	0,0244
≥ 0,9	0,75x0,75	0,0250	0,0248	0,0259	0,0271	0,0279	0,0285
≥ 1,0	0,8x0,8	0,0286	0,0283	0,0296	0,0309	0,0319	0,0326

Bảng 131. **Định mức tiêu hao vẩy hàn mềm trên một dính kết dây dẫn (g)**

Đường kính (mm)	ПОС40	ПОС 30	Đường kính (mm)	ПОС 40	ПОС 30
0,5	0,080	0,083	2,0	1,680	1,750
0,8	0,160	0,166	2,5	2,480	2,580
1,0	0,330	0,332	3,0	4,420	4,600
1,5	0,710	0,780	4,0	10,400	10,600

Ghi chú: Khi dính kết nhiều dây dẫn thì tiêu hao vẩy hàn tăng 1,2 lần.

Bảng 132. **Định mức tiêu hao vẩy hàn mềm trên một phía dây dẫn (g)**

Đường kính (mm)	ПОС 40	ПОС 30	Đường kính (mm)	ПОС 40	ПОС 30
0,5	0,039	0,040	2,0	0,800	0,840
0,8	0,077	0,080	2,5	1,640	1,700
1,0	0,152	0,160	3,0	2,740	2,880
1,5	0,354	0,371	4,0	5,300	6,400

Bảng 133. **Định mức tiêu hao vẩy hàn mềm trên một chỗ hàn dây dẫn với vỏ bọc (g)**

Tiết diện dây dẫn (mm^2)	ПОС 18	ПОС 30	ПОС 40	Tiết diện dây dẫn (mm2)	ПОС 18	ПОС 30	ПОС 40
0,05	0,011	0,0104	0,010	1,50	0,330	0,312	0,300
0,07	0,0154	0,015	0,014	2,00	0,440	0,416	0,400
0,10	0,022	0,021	0,020	2,50	0,550	0,520	0,500
0,20	0,044	0,042	0,040	4,00	0,880	0,833	0,800
0,35	0,077	0,073	0,070	6,00	1,320	1,249	1,200
0,50	0,110	0,104	0,100	10,00	2,200	2,082	2,000
0,75	0,165	0,156	0,150	16,00	3,520	2,332	3,200
1,00	0,220	0,208	0,200				

Bảng 133. **Định mức tiêu hao vẩy hàn mềm trên một chỗ hàn dây dẫn với đầu bịt kín (g)**

Đường kính lõi dây dẫn (mm)	Tiết diện dẫn (mm^2)	ПОС 61M	ПОС 40	ПОС 30
đến 0,5	đến 0,19	0,140	0,155	0,162
0,51-1,0	0,2-0,78	0,170	0,188	0,196
1,01-1,5	0,79-1,76	0,200	0,222	0,231
1,51-2,0	1,77-3,14	0,230	0,254	0,265
2,01-2,5	3,15-4,9	0,250	0,277	0,289
2,51-3,0	4,91-7,06	0,270	0,299	0,312
3,01-4,0	7,07-12,56	0,290	0,321	0,335
4,01-5,0	12,57-19,63	0,320	0,354	0,370

Bảng 134. **Định mức tiêu hao vẩy hàn mềm trên một vành hàn vẩy (g/cm^2)**

Chiều dầy dây (mm)	ПОС 30	ПОС 40	ПОС 61
đến 1,5	0,328	0,315	0,228
trên 1,5	0,437	0,420	-

Bảng 135. **Định mức tiêu hao vẩy hàn mềm trên 1 m mối hàn khi hàn vẩy đường dây dẫn với chi tiết (g)**

Đường kính dây dẫn (mm)	ПОС 40	ПОС 30	Đường kính dây dẫn (mm)	ПОС 40	ПОС 30
0,5	0,005	0,012	2,0	0,180	0,187
0,8	0,030	0,0314	2,5	0,290	0,303
1,0	0,0465	0,0485	3,0	0,420	0,436
1,5	0,195	0,109	4,0	0,750	0,780

Bảng 136. **Định mức tiêu hao vẩy hàn mềm khi mạ nóng các dây dẫn bằng phương pháp phun vẩy hàn (g)**

Đường kính dây dẫn (mm)	Chiều dài phần hàn với chi tiết (mm)	ПОС 30	ПОС 40	ПОС 61M
0,10	10	0,00080	0,00080	0,00080
0,20	10	0,00175	0,00174	0,00173
0,30	10	0,00252	0,00253	0,00249
0,35	10	0,002943	0,002955	0,00291
0,40	10	0,00340	0,00340	0,00320
0,45	10	0,00380	0,00380	0,00370
0,50	10	0,004223	0,00422	0,00417
0,60	10	0,00508	0,00511	0,00502
0,70	10	0,00594	0,00596	0,00587
0,80	10	0,00681	0,00683	0,00673
0,90	10	0,00768	0,00771	0,00759
1,00	10	0,00855	0,00854	0,00846
1,10	10	0,00943	0,00946	0,00932
1,20	10	0,01031	0,010351	0,01019
1,30	10	0,01120	0,01124	0,01110
1,40	10	0,01210	0,01214	0,01194
1,60	10	0,01390	0,01393	0,01372
1,80	10	0,01494	0,01570	0,01550
2,00	10	0,01752	0,01750	0,01731
2,20	10	0,01940	0,01943	0,01920
0,50	15	0,00635	0,00633	0,00623
0,80	15	0,01014	0,01020	0,01000
1,00	15	0,01270	0,01280	0,01260
1,60	15	0,02060	0,02063	0,02031
2,00	15	0,02585	0,02590	0,02554
2,20	15	0,02850	0,02864	0,02820
2,50	15	0,03260	0,03270	0,03070
2,80	15	0,03670	0,03680	0,03450
3,00	15	0,03940	0,03960	0,03890
3,60	15	0,04590	0,04610	0,04540
4,00	15	0,05340	0,05360	0,05280

Bảng 137. **Định mức tiêu hao thuốc khi hàn vẩy mềm**

Thuốc	Định mức tiêu hao (g/cm^2)	Thuốc	Định mức tiêu hao (g/cm^2)
Clorua kẽm nấu chảy	0,12	BTC	0,15
Prima	0,12	Nhựa thông	0,13
Bột nhão 15-85	0,15	KЭ	0,10
ФИМ	0,11	LTN	0,15

Bảng 138. **Định mức tiêu hao vẩy hàn khi phủ**

Loại vẩy hàn	Định mức tiêu hao trên 1 m^2 bề mặt hàn (g)
ПОС 40	511
ПОС 30	678
ПОССу 4-6	759

Chú thích: chiều dày trung bình của lớp phủ 0,07 mm $k_y = 1$

Chương VI

TÍNH TOÁN VÀ XÁC ĐỊNH TIÊU HAO NĂNG LƯỢNG ĐIỆN

I. HÀN HỒ QUANG ĐIỆN

Tiêu hao năng lượng điện cho 1kg kim loại nóng chảy được xác định theo công thức gần đúng sau [2]:

$$Q_E = \frac{u_h}{\alpha_d . \eta k_u} \qquad (69)$$

Ở đây:

u_h - điện thế hồ quang (V);

α_d - hệ số đắp của que hàn (g/A.h);

η - hệ số hữu ích của máy,

k_u - hệ số tính đến thời gian hồ quang cháy (chế độ làm việc của thiết bị hàn).

Điện thế hồ quang được xác định theo công nghệ hàn. Giá trị hệ số nóng chảy khi hàn hồ quang được cho trong điều kiện kỹ thuật của que hàn trên biểu mã, hệ số hữu ích của máy cũng được cho trong thuyết minh của máy.

Bảng 142. Biểu thị tiêu hao điện năng khi hàn hồ quang và hàn điện xỉ.

Bảng 139. **Hệ số đắp khi hàn tự động dưới lớp thuốc hàn với dây thép cacbon thấp**

I_h [A]	u_h [V]	Hệ số đắp (g/A_h) khi đường kính dây (mm)				
		3	4	5	6	8
350	27-30	11,5	10,9	-	-	-
400	27-30	12,3	11,5	-	-	-
450	27-30	13,0	12,1	-	-	-
500	27-30	13,8	12,6	13,3	-	-
550	27-30	14,6	13,2	13,7	-	-
600	32-35	15,4	13,8	14,0	-	-
650	32-35	16,2	14,4	14,4	13,6	-
700	32-35	17,0	14,8	14,8	13,8	-
750	32-35	17,7	15,5	15,1	14,1	-
800	36-38	18,5	16,0	15,6	14,3	-
850	36-38	-	-	15,9	14,5	-
900	36-38	-	-	16,3	14,8	14,4
950	36-38	-	-	16,7	15,0	14,5
1000	37-40	-	-	17,1	15,2	14,8
1100	37-40	-	-	-	15,7	14,9
1200	38-45	-	-	-	16,1	15,1
1300	38-45	-	-	-	16,7	15,3
1400	38-45	-	-	-	17,3	15,6

Bảng 140. **Hệ số đắp khi hàn bán tự động dưới lớp thuốc hàn với dòng xoay chiều (đường kính dây hàn 2 mm; tầm với điện cực 25-35 mm)**

I_h (A)	u_h (V)	Hệ số đắp (g/A_h)	I_h (A)	u_h (V)	Hệ số đắp (g/A_h)
200	32-34	13,4	430	36-40	17,0
210	32-34	13,6	440	36-40	17,1
220	32-34	13,8	450	36-40	17,3
230	32-34	13,9	460	36-40	17,5
240	32-34	14,0	470	36-40	17,7
250	32-34	14,2	480	36-40	18,0
260	32-34	14,4	490	36-40	18,2
270	32-34	14,6	500	36-40	18,5
280	34-38	14,7	510	38-42	18,8
290	34-38	14,9	520	38-42	19,1
300	34-38	15,0	530	38-42	19,4

Tiếp bảng 140.

I_h (A)	u_h (V)	Hệ số đắp (g/A_h)	I_h (A)	u_h (V)	Hệ số đắp (g/A_h)
310	34-38	15,2	540	38-42	19,8
320	34-38	15,4	550	38-42	20,1
330	34-38	15,6	560	38-42	20,4
340	34-38	15,8	570	38-42	20,7
350	36-40	15,9	580	38-42	21,0
360	36-40	16,0	590	38-42	21,3
370	36-40	16,1	600	38-42	21,6
380	36-40	16,2	610	40-44	21,9
390	36-40	16,3	620	40-44	22,3
400	36-40	16,4	630	40-44	22,7
410	36-40	16,6	640	40-44	23,1
420	36-40	16,8	650	40-44	23,5

Bảng 141. **Hệ số tính đến thời gian cháy của hồ quang khi hàn với các phương pháp hàn và dạng sản xuất khác nhau**

Phương pháp hàn	k_u
1/ Hàn hồ quang tay	
+ Sản xuất loạt lớn và hàng khối.	0,60 ÷ 0,75
+ Sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ.	0,35 - 0,55
2/ Hàn tự động dưới lớp thuốc hàn	
+ Sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ.	0,25 ÷ 0,45
3/ Hàn bán tự động dưới lớp thuốc hàn	
+ Sản xuất loạt lớn và hàng khối	0,5 ÷ 0,70
+ Sản xuất đơn chiếc và loạt nhỏ	0,35 ÷ 0,55
4/ Hàn tay điện cực không nóng chảy (hồ quang - argon)	
+ Sản xuất loạt lớn và hàng khối	0,5 ÷ 0,6
+ Sản xuất đơn chiếc loạt nhỏ	0,35 ÷ 0,45
5/ Hàn tự động và bán tự động hồ quang - argon	
+ điện cực nóng chảy	0,25 ÷ 0,75
+ điện cực không chảy	0,3 ÷ 0,45
6/ Hàn bán tự động trong môi trường khí cacbonic	0,55 ÷ 0,7
7/ Hàn điện xỉ	
+ mối hàn dài	0,15 ÷ 0,25
+ mối hàn ngắn, chi tiết lắp ghép phức tạp	0,1 ÷ 0,15

II. ĐỊNH MỨC TIÊU HAO HÀN ĐIỆN TIẾP XÚC

Tiêu hao năng lượng điện khi hàn giáp mối tiếp xúc nóng chảy được xác định theo công thức sau [2]:

$$Q_E = k_m.F_H.l_{ch} \quad (70)$$

Ở đây:

F_H - diện tích tiết diện hàn (cm^2);

l_{ch} - lượng dư toàn bộ để làm chảy (cm);

k_m - hệ số (0,012 - 0,016). Giá trị hệ số lớn dùng khi sự chảy xẩy ra với tốc độ chậm (công suất nhỏ), giá trị đó có thể lớn hơn khi hàn các chi tiết có tiết diện tròn, vuông.

Tiêu hao năng lượng điện khi hàn điểm (được tính theo kWh/100 điểm) được tính theo công thức gần đúng sau [2]:

$$Q_E = \frac{N\cos\varphi.u_h^2}{36u_{dm}^2} t_o \quad (71)$$

Ở đây :

N - công suất định mức của máy hàn (kW);

u_h - điện thế thứ cấp dùng khi hàn (V);

u_{dm}- điện thế thứ cấp khi không tải (V);

$\cos\varphi$- hệ số công suất của máy, với các máy với dòng xoay chiều (ví dụ, loại MTП) có thể lấy trong phạm vi 0,45 ÷ 0,55; các máy khác (ví dụ, loại MTП lấy từ 0,75 ÷ 0,85;

t_o- thời gian máy làm việc, khi hàn 100 điểm.

Khi hàn tiếp xúc đường tiêu hao năng lượng điện Q_E (kWh/m mối hàn) có thể xác định theo công thức gần đúng sau: [2] (bảng 143 ÷ 145).

$$Q_E = \frac{N\cos\varphi u_h^2}{60v_h.u_{dm}} k_u \quad (72)$$

Ở đây:

Cho các loại máy MшП có thể lấy $\cos\varphi$ = 0,6 ÷ 0,7;

k_u- hệ số, cho hàn thép cacbon, thường lấy = 0,5;

v_h - tốc độ khi hàn (m/h).

Bảng 142. **Tiêu hao năng lượng điện khi hàn hồ quang và hàn điện xỉ**

Phương pháp hàn	Q_E (kWh/kg) kim loại chảy
Hàn tự động dưới lớp thuốc dòng xoay chiều (xe hàn)	3 ÷ 4
Hàn tự động và bán tự động dòng xoay chiều	3,5 ÷ 4
Hàn tự động và bán tự động dòng một chiều	5 ÷ 6
Hàn tự động 3 pha dưới lớp thuốc	2 ÷ 2,5
Hàn điện xỉ với dòng một chiều	2,5
Hàn điện xỉ với dòng xoay chiều	1,4
Hàn tay dòng xoay chiều	3,5 ÷ 4
Hàn tay với máy hàn tự phát bằng diezen	6 ÷ 7
Hàn tay dòng một chiều với máy hàn nhiều đầu hàn	10 ÷ 11
Hàn khí nguồn hàn là chỉnh lưu.	4 ÷ 4,5

Bảng 143. **Tiêu hao năng lượng điện khi hàn giáp mối bằng phương pháp hàn điện tiếp xúc nóng chảy**

F_H (mm^2)	Q_E (kWh) cho 1 chi tiết hàn	F_H (mm^2)	Q_E (kWh) cho 1 chi tiết hàn
100	0,006	1000	0,400
200	0,024	1500	0,825
300	0,060	2000	1,275
500	0,125	2500	1,725

Bảng 144. **Tiêu hao năng lượng điện khi hàn điểm**

Tổng chiều dày tấm hàn (mm)	Q_E (kWh) trên 100 điểm hàn	Tổng chiều dày tấm hàn (mm)	Q_E (kWh) trên 100 điểm hàn
2	0,4 - 0,12	5	0,12 - 0,45
3	0,06 - 0,20	6	0,17 - 0,60
4	0,10 - 0,27	8	0,23 - 1,00

Bảng 145. **Tiêu hao năng lượng điện khi hàn thép bằng phương pháp hàn áp lực tiếp xúc đường**

Tổng chiều dày tấm hàn (mm)	Q_E (kWh) trên 1 m mối hàn	Tổng chiều dày tấm hàn (mm)	Q_E (kWh) trên 1 m mối hàn
0,5	0,04 - 0,08	2	0,12 - 0,24
1,0	0,08 - 0,14	3	0,25 - 0,50
1,5	0,1 - 0,2	4	0,5 - 1,0

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. J. Kuncipál
   Teorie Svarováni
   Praha, 1986.
2. Сварка в машиностроении - Справочник том 1,
   Москва - Маш- 1978
3. L.L. Richard
   Welding and Welding technology New Delhi, 1989
4. ESAB.
   Welding handbook
   Third edition. Geteborg, 1992
5. Lincoln
   Electrodes and Fluxes. Sydney, 1990
6. Herbert. Fritz
   Fertigung stechnik.
   VDI. Verlag. 1994
7. Jahrbuch Schweißtechnik. 1998; 1999
   Verlag. GmbH., Düsseldorf 1998-1999.
8. Klaus. WihKe-Uwe Füssel
   Kombinierte Fügeverbindungen
   Springer - Verlarg Berlin 1996
9. Hoàng Tùng, Nguyễn Thúc Hà, Ngô Lê Thông, Chu Văn Khang,
   Cẩm nang hàn
   Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 1998
10. Hoàng Tùng và tập thể:
    Gò khí đại cương
    Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 1998

11. Hoàng Tùng và tập thể
Chế tạo phôi
Trường đại học Bách khoa - Hà Nội, 1992

12. ВП. ЮРЬЕВ:
Справочное пособие по Нормированию Материалов.
Москва - Маш., 1992

13. Probst Herold:
Kompendium der. Schweißtechnik. Band 1, 2, 3, 4
Verlag. GmbH, Düsseldorf, 1997

14. Quarterly journal of the Japan Welding Society N°1 ÷ 4, 1997.

MỤC LỤC

	Trang
Lời nói đầu	3
Chương I: Khái niệm cơ bản về hàn và nguồn nhiệt hàn	5
I. Thực chất, đặc điểm và phân loại hàn	5
1. Thực chất	5
2. Đặc điểm	5
3. Phân loại	6
II. Nguồn nhiệt hàn	7
1. Yêu cầu chung của nguồn nhiệt	7
2. Các loại nguồn nhiệt	8
Chương II. Hàn hồ quang	9
A. Nguồn nhiệt hồ quang	9
1. Hồ quang	9
2. Sự phân bố năng lượng trong vệt hồ quang	13
3. Sự phân bố năng lượng trong cột hồ quang	14
4. Sự phân bố năng lượng trên anôt	15
B. Các phương pháp hàn hồ quang	20
I. Hàn hồ quang tay với que hàn	20
1. Điện cực và que hàn để hàn điện hồ quang	21
2. Một số tiêu chuẩn que hàn của các nước	35
3. Một số loại que hàn của các nước để hàn thép cacbon và thép hợp kim thấp	38
4. Các loại que hàn đặc biệt của các nước	46
5. Bảo quản que hàn	54
II. Hàn hồ quang tự động dưới lớp thuốc hàn	59
III. Hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ	60
1. Hàn trong môi trường khí trơ với điện cực volfram (TIG)	61

2. Hàn trong môi trường khí bảo vệ với điện cực nóng chảy (MIG, MAG) 63
IV. Hàn hồ quang plasma 64
1. Nguồn nhiệt plasma 64
2. Đặc tính của dòng plasma 67
V. Hàn điện xỉ 69
1. Khái niệm 69
2. Nguyên lí sinh nhiệt và sự phân bố nhiệt 70
VI. Vật liệu hàn dùng cho hàn tự động và bán tự động 71
1. Dây hàn 71
2. Dây hàn bột 78
3. Thuốc hàn 81
4. Các loại vật liệu khác 89
Chương III. Hàn khí và hàn vảy 93
I. Nguồn nhiệt ngọn lửa khí cháy 93
1. Ngọn lửa trung hòa 93
2. Ngọn lửa ôxyt hóa 95
3. Ngọn lửa cacbon hóa 95
II. Vật liệu hàn khí cháy 98
1. Ôxy 98
2. Cacbit can xi 98
3. Axêtylen 98
4. Chất xốp và axêtôn 99
5. Các loại khí thay thế khí axêtylen 99
6. Xăng 99
III. Hàn vảy 100
1. Khái niệm 100
2. Nhiệt độ hàn 101
3. Sự thấm dính của vảy hàn 101
4. Tính mao dẫn của vảy hàn 102
5. Vảy hàn 103
6. Thuốc hàn 105
Chương IV. Hàn điện tiếp xúc 108
I. Khái niệm chung 108

II. Nguồn nhiệt hàn 109
Chương V. Định mức tiêu hao vật liệu hàn hồ quang 111
I. Tính toán định mức tiêu hao vật liệu hàn 111
II. Thuốc hàn để hàn hồ quang, hàn điện xỉ và hàn đắp 117
III. Khí bảo vệ để hàn hồ quang trong môi trường khí bảo vệ 118
IV. Vật liệu cho hàn và cắt bằng khí 120
V. Vật liệu để hàn vảy 121
VI. Định mức tiêu hao vật liệu cho hàn, cắt và hàn vảy 126
1. Que hàn để hàn tay 126
2. Dây hàn và thuốc hàn để hàn tự động và bán tự động 165
3. Vật liệu để hàn trong môi trường khí bảo vệ và cắt bằng hồ quang không khí 193.
4. Vật liệu cho hàn khí 212
5. Vật liệu để cắt thép bằng ngọn lửa và ôxy 215
6. Vẩy hàn và thuốc hàn 228
Chương VI. Tính toán và xác định tiêu hao năng lượng điện 235
I. Hàn hồ quang điện 235
II. Định mức tiêu hao hàn điện tiếp xúc 238
Tài liệu tham khảo 240