

9. SỰ CO NGÓT VÀ CONG VÊNH KHI HÀN CHẤY

9.1. SỰ NỞ NHIỆT VÀ SỰ CO

Sự nở nhiệt và sự co các kim loại – những hiện tượng rất phổ biến trong kỹ thuật. Thường lắp nóng các vành lên các bánh xe và các khớp trong các điều kiện điều chỉnh được. bộ ngắt điện kiểu nhiệt tự động dựa trên việc sử dụng dải kim loại giãn nở nhiệt. Nhưng cũng chính hiện tượng này tạo ra những khó khăn phức tạp, khi các chi tiết quá nóng và làm kẹt các ổ trục. Các tính quy luật vật lý của sự nở và co đã được biết rõ, có nhiều tư liệu thực tế, nên cho phép phân tích nhiều trường hợp áp dụng.

Sự hàn chảy đi kèm với chu trình làm nóng và làm nguội, do ảnh hưởng các thay đổi nhiệt độ mà các kích thước thay đổi, nên ở một mức độ đáng kể, ảnh hưởng đến trạng thái mối ghép trong quá trình hàn. Chu trình nhiệt hàn không đơn giản và khó thích hợp với sự phân tích toán học. Nhưng có thể xem xét sự co ngót mối ghép một cách định tính và đem lại những số liệu thực nghiệm tích lũy trong nhiều năm về các giai đoạn khác nhau của quá trình.

Nhằm mục đích thực tế, ta sẽ xem xét chủ yếu sự co ngót trong lúc làm nguội, sau khi nguồn nhiệt đi dọc

đường mối ghép, mặc dù những trở ngại đối với sự nở tự do khi làm nóng trước khi nóng chảy có thể làm phồng các tấm mỏng.

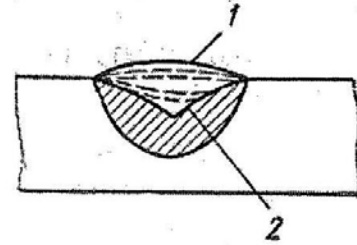
Độ co ngót khi hàn là tổng của ba thành phần: độ co kim loại lỏng, mức thay đổi thể tích khi đông cứng, độ co kim loại cứng.

9.2. SỰ CO NGÓT KHI ĐÔNG CỨNG

Trên thực tế, khó mà phân biệt sự co kim loại lỏng và sự thay đổi thể tích khi đông cứng, vì sự nóng chảy và sự đông cứng diễn ra cùng một lúc. Bằng cách xem xét tiết diện ngang đứng của mối hàn trong thời gian đông cứng (hình 9.1) ta có thể tách hai giai đoạn tương tác. Khi mặt kết tinh xê dịch ở hướng đứng về phía tâm, kim loại rắn chiếm không gian nhỏ hơn kim loại lỏng mà nó thay, nghĩa là tỉ trọng kim loại rắn cao hơn. Kim loại lỏng cũng co lại, do đó mức bề mặt nối hàn hạ xuống so với mức ban đầu. Nhưng trong thời gian đó kim loại lỏng tiếp tục chuyển động do nóng chảy kim loại nền ở phần đầu nối hàn và nóng chảy điện cực. Như vậy, mặc dù sự co ngót khi làm nguội và đông cứng kim loại lỏng là đáng kể, nhưng trên bề mặt mối hàn không thấy rõ điều này nếu bổ sung đủ kim loại để điều hòa sự thay đổi thể tích.

Đuôi mối hàn là một ví dụ về tính quan trọng của sự cấp kim loại nóng chảy. Nếu đột ngột loại bỏ nguồn nhiệt thì sự đông cứng diễn ra như bình thường, nhưng vì sự nóng chảy đã ngưng lại, nên mức bề mặt hạ xuống và tạo ra miệng hàn. Trên thực tế, người thợ hàn cho thêm một lượng điện cực cần thiết hoặc một lượng kim loại pha thêm để giữ mức bề mặt, khi đó có thể giảm từ từ sự cấp nhiệt. Thao tác này, được gọi là sự hàn vá miệng hàn, rất quan trọng khi hàn vì sự hình thành các vết nứt thường liên quan tới sự hàn vá miệng không tốt.

Hình 9.1. Sự co ngót khi đông cứng
 1 - bề mặt nổi hàn lỏng;
 2 - bề mặt nổi hàn đông cứng.



9.3. SỰ CO KIM LOẠI RẮN

Sau khi hàn, kim loại mối hàn vẫn còn nóng và nhiệt tiếp tục thoát vào kim loại nền cho đến khi toàn bộ mối ghép nguội tới 20° . Trong thời gian làm nguội, kim loại mối hàn co lại cả dọc theo mối ghép lẫn ở hướng ngang. Điều đó có nghĩa là thể tích của nó phải trở nên nhỏ hơn, nhưng thật ra điều này không diễn ra vì kim loại nền cản trở. Khó mà thấy được trên mối hàn thực vì cùng một lúc còn diễn ra một loạt các quá trình khác, nhưng ta có thể minh họa nếu coi mối hàn như là một thỏi dài nóng nằm giữa hai tấm nguội. Ta hãy hình dung rằng ở thời điểm khởi đầu, thỏi nóng làm đầy toàn bộ khe hở giữa hai tấm. Khi thỏi bắt đầu nguội, nó co lại theo chiều dài và ở tiết diện ngang.

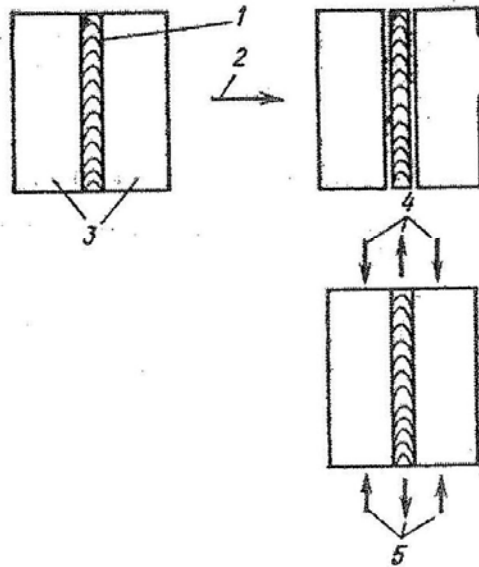
Độ co dọc. Có thể mô tả sự giảm độ dài mối hàn bằng phương trình $l_1 = l_0 (1 - \alpha \Delta\theta)$ hoặc $l_1 = l_0 - l_0 \alpha \Delta\theta$, trong đó l_0 : độ dài ban đầu; l_1 : độ dài sau khi làm nguội; α : hệ số nở dài; $\Delta\theta$: mức thay đổi nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$). Như vậy độ co ngót dài bằng $l_0 \alpha \Delta\theta$. Đối với các thép thấp cacbon có thể áp dụng các trị số sau đây: $\alpha = 14,3 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.

$$\Delta\theta = \text{Nhiệt độ nóng chảy} - \text{nhiệt độ trong nhà} = 1500 - 20 = 1480^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Giả sử độ dài mối hàn là } 1\text{m, ta sẽ có } l_0 \alpha \Delta\theta = 1000 \text{ mm} \cdot 14,3 \cdot 10^{-6} \cdot 1480^{\circ}\text{C} = 21,2 \text{ mm.}$$

Trị số thu được là gần đúng vì α không cố định trong dải nhiệt độ rộng nhưng nó cho biết rằng độ co ngót dọc có thể đáng kể. Trên thực tế, trị số đo được của độ co ngót nhỏ hơn nhiều – gần 1 mm trên mỗi 1m độ dài mỗi hàn. Ta cần phải phân tích, tại sao lại như vậy.

Yếu tố đầu tiên và rõ ràng nhất: mỗi hàn nóng gắn chặt với các tấm nguội ở cả hai phía và vì vậy không thể co tự do được. Cần coi các tấm là khá cứng, vì khi kim loại mỗi hàn cố co lại, nó biến dạng dẻo, giữ độ dài ban đầu. Điều đó có nghĩa là trong mỗi hàn xuất hiện các lực kéo, mà được cân bằng bởi các lực nén (co) tác động trong các tấm (hình 9.2).



Hình 9.2. Sự biến dạng mối hàn khi làm nguội:

1 - mối hàn nóng; 2 - mối hàn sau khi nguội có dạng như sau; 3 - các tấm nguội; 4 - sự kéo; 5 - sự nén.

Khi các tấm đủ cứng, độ dài mỗi ghép sau khi làm nguội sẽ như độ dài ban đầu của các tấm. Nhưng khi đó phát sinh các ứng suất nén lớn vượt quá giới hạn chảy của kim loại nên bị nén. Do đó chính các tấm biến dạng dẻo, độ dài tổng cộng của mỗi ghép giảm bớt, còn trị số độ co ngót cao hơn 1mm/m. Như vậy

nhỏ hơn nhiều mức biến dạng tổng cộng của chính mối hàn – chủ yếu là vì giới hạn chảy của tấm tương đối nguội lớn hơn giới hạn chảy của kim loại mối hàn nóng. Khái niệm về trị số các lực phát sinh trong quá trình co

ngót có thể thu nhận được nếu chú ý rằng ở nhiệt độ được xem xét để co ngót thép thấp cacbon là khoảng 1.10^{-3} mm/m, nghĩa là để giảm bớt 1mm trên độ dài 1m cần có ứng suất nén 150 – 170 MPa.

♦ **Độ co ngang.** Những lập luận tương tự cũng được áp dụng đối với việc xem xét độ co ngang mỗi hàn, khi kim loại co của mỗi hàn cố kéo tằm tới đường trục của mỗi ghép và do đó ở toàn bộ tiết diện ngang xuất hiện các ứng suất kéo. Ta lại gặp tình huống, khi mà thoát đầu chính mỗi hàn bị biến dạng vì giới hạn chảy của kim loại mỗi hàn nóng nhỏ hơn giới hạn chảy của kim loại nền, nhưng sau đó, khi làm nguội, tương quan các giới hạn chảy được cân bằng và diễn ra sự biến dạng dẻo kim loại nền, do đó tổng bề rộng các tằm hàn giảm bớt.

Trị số độ co ngang phụ thuộc vào tổng thể tích kim loại mỗi hàn, nhưng thông thường, đối với độ dày nhất định của các tằm, mức giảm bớt tổng cộng bề rộng mỗi hàn liên quan trực tiếp với diện tích của tiết diện ngang mỗi hàn. Cũng như theo mong đợi, độ co ngót tổng cộng sẽ tăng lên cùng với sự tăng độ dày tằm vì tăng diện tích tiết diện ngang mỗi hàn. Có thể xác lập tương quan có dạng như sau:

$$\text{Độ co ngang} = k (A/t)$$

Trong đó:

k : hệ số thực nghiệm; $k = 0,1 \sim 0,17$;

A: diện tích tiết diện ngang mỗi hàn

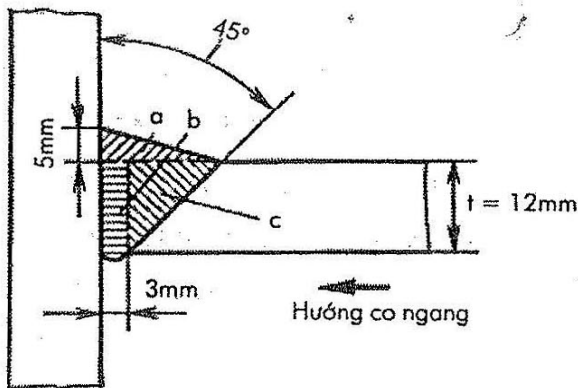
t: độ dày tằm

Công thức này được dùng để đánh giá độ co mỗi ghép đối tiếp (hình 9.3) và như đã xác lập, các kết quả tính toán phù hợp tốt với các số liệu thực tế. Có thể đơn giản

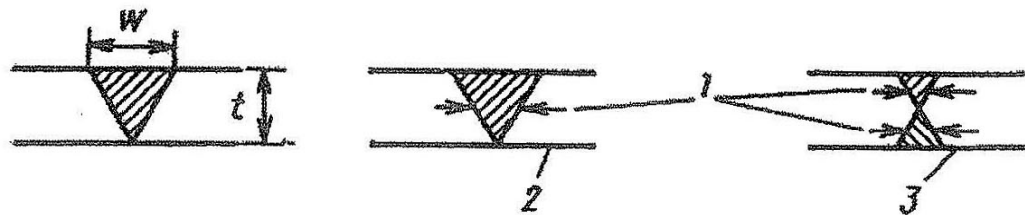
hóa việc tính toán cho các mối hàn đối tiếp có sửa mép một phía hình chữ V, vì tỉ số A/t bằng bề rộng trung bình của mối hàn (hình 9.4). Có được công thức sau đây:

Độ co ngang = $k \cdot$ Bề rộng trung bình của mối hàn

Cần chú ý rằng đối với các mối hàn có sửa mép hai phía (hình chữ X), bề rộng trung bình không bằng 0, mà bằng bề rộng trung bình của một rãnh chữ V.



Hình 9.3. Cách tính độ co ngang trong mối ghép chữ T, hàn giáp mối. Độ co ngang bằng tích $0,1A/t$, trong đó A - diện tích tiết diện ngang của mối hàn; $A = a + b + c = 0,5 \cdot 5 \cdot (12 + 3) + (3 \cdot 12) + (0,5 \cdot 12 \cdot 12) = 145,5 \text{ mm}^2$. Khi đó độ co ngang bằng $0,1 \cdot 145,5/12 = 1,21 \text{ mm}$.



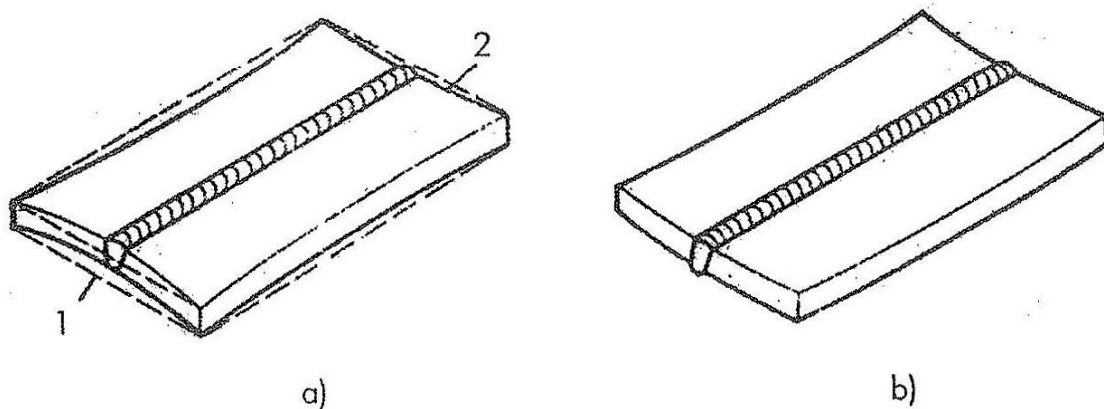
Hình 9.4. Độ co ngang các mối hàn đối tiếp có sửa mép hình chữ V:

1 - bề rộng trung bình; 2 - sửa mép một phía hình chữ V; 3 - sửa mép hai phía. Diện tích mặt cắt ngang mối hàn $A = 0,5wt$. Độ co ngang bằng $0,1 (0,5 wt/t) = 0,1 \cdot 0,5 wt = 0,1$ bề rộng trung bình.

◆ **Sự biến dạng góc và uốn dọc.** Theo những gì đã trình bày ở trên về các biến dạng ngang và dọc, hình dạng cuối cùng của hai tấm hàn đối tiếp phải như trên hình 9.5a. Nhưng thực ra cách nhìn như vậy không thích

hợp, chủ yếu vì độ co ngót phân bố không đều so với trục trung hòa của tấm và mỗi hàn nguội tuân tự chứ không phải toàn bộ cùng một lúc.

Bề rộng phần trên mỗi hàn đối tiếp có rãnh hàn chữ V với góc 60° lớn hơn nhiều so với bề rộng chân mỗi hàn. Độ co ngót tỉ lệ với độ dài vật liệu nguội, tất nhiên, phần trên của mỗi hàn co lại nhiều hơn. Nếu các tấm có thể chuyển dịch thì chúng sẽ quay ngược hướng nhau. Sự chuyển dịch này gọi là sự biến dạng góc (hình 9.5b); nó tạo ra khó khăn trong sản xuất vì cần phải làm sao cho mỗi ghép và các tấm nằm trong một mặt phẳng. Cho nên cố đưa biến dạng góc xuống mức cực tiểu. Sự chuyển dịch các tấm hàn có thể kìm hãm được bằng các bộ kẹp, nhưng không phải lúc nào cũng thực hiện được và cần phải cố soạn thảo một công nghệ hàn thế nào để độ co ngót được san bằng so với trục trung hòa. Có thể đạt được bằng hai phương pháp: hàn mỗi ghép từ hai phía hoặc tạo các mép để hàn sao cho bề rộng ít thay đổi theo độ dày của tấm (hình 9.6).



Hình 9.5. Sự thay đổi hình dáng và kích thước tấm hàn đối tiếp:

a - sự thay đổi hình dáng do co đều theo toàn bộ độ dày; b - sự co ngót không cân đối phần làm cong vênh;

1 - trạng thái ban đầu; 2 - sau khi hàn.