

TÍNH TOÁN KẾT CẤU CỬA VAN THEO ĐỘ BỀN MỎI VÀ MỘT SỐ GIẢI PHÁP TĂNG KHẢ NĂNG CHỊU MỎI

**Đỗ Văn Hứa
Khúc Hồng Vân**

Tóm tắt: Bài báo nêu ra các yếu tố cần tính đến khi tính toán thiết kế cửa van nhịp lớn vùng triều Thanh phố Hồ Chí Minh có xét đến độ bền mỏi. Ngoài việc chọn loại vật liệu thích hợp cho loại cấu kiện cửa van cần sử dụng công nghệ hàn thích hợp nhằm giảm ứng suất tồn dư để tăng khả năng chịu mỏi cho các cấu kiện và mối nối chịu tải trọng lặp.

Từ khóa: Thiết kế cửa van xét đến mỏi

1. Mở đầu

Sự phá hủy mỏi là cả một quá trình tích lũy sự suy thoái dần dần khả năng làm việc của vật liệu và chi tiết kết cấu. Biểu hiện của sự suy thoái này được đặc trưng bởi quá trình sinh ra và phát triển, lan truyền của hệ thống vết nứt mỏi trong trường hợp ứng suất thay đổi theo thời gian

Phá hoại về mỏi thường bắt đầu từ vị trí có ứng suất tập trung lớn do khuyết tật của mối hàn, do ứng suất hàn và biến hình hàn, đặc biệt là cấu tạo không hợp lý của kết cấu sinh ứng suất tập trung. Sự phá hoại mỏi của thép xảy ra ngay cả khi ứng suất thay đổi có giá trị nhỏ hơn giới hạn đàn hồi; giới hạn chảy và càng nhỏ hơn nhiều giới hạn bền. Sự phá hoại về mỏi mang tính chất phá hoại giòn thường xảy ra đột ngột và kèm theo vết nứt. Độ bền mỏi của kết cấu thép là ứng suất phá hoại khi có hiện tượng mỏi. Đối với dầm cầu trục, dầm đỡ sàn đặt máy, bệ máy, cầu chuyển tải, bunke, cửa van vùng triều vv... được xem là những kết cấu chịu tải trọng lặp với chu kỳ đủ lớn thì cần tính toán theo độ bền mỏi.

Độ bền mỏi phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Đó là ảnh hưởng của bản chất vật liệu và xử lý nhiệt (ảnh hưởng của tổ chức tế vi, kích thước hạt, thành phần hóa học); của trạng thái ứng suất; của tần số tải trọng; ảnh hưởng của môi trường (nhiệt độ, môi trường ăn mòn...) dẫn đến hiện tượng mỏi – mòn – rỉ. Ứng suất cục bộ lớn nhất trong cấu kiện đang xét $\sigma_{\max}$ hoặc biên độ ứng suất $\sigma_a = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min})/2$ là chỉ số để so sánh đánh giá độ bền mỏi. Chỉ số này phụ thuộc vào sự tập trung ứng suất, vào cấu tạo của cấu kiện và kiểu liên kết (nhóm của cấu kiện); đặc tính của tải trọng

chu kỳ (dừng hoặc không dừng); số chu kỳ của tải trọng giai đoạn sử dụng kết cấu. Khi tính kết cấu cửa van còn cần chú ý đến điều kiện môi trường ăn mòn và các điều kiện khác.

Việc xác định số chu kỳ tải trọng cửa van để tính toán mỏi cho các cấu kiện như dầm chính, dầm phụ, dầm biên, dầm ngang... không được nêu ra trong TCVN 338: 2005, cũng như trong tiêu chuẩn về tải trọng và tác động TCVN 2737:1995. Trong tiêu chuẩn thiết kế cửa van TCVN: 8299-2009 cũng không đề cập đến vấn đề tính mỏi.

Trong tiêu chuẩn của Mỹ EM 1110 -2- 2105 và “Tiêu chuẩn tính toán, thiết kế cửa van” trong dự án chống ngập thành phố Hồ Chí Minh về thiết kế của van thủy lợi có quy định phải tính độ bền mỏi cho kết cấu cửa van khi chu kỳ tải trọng từ 10^4 trở lên

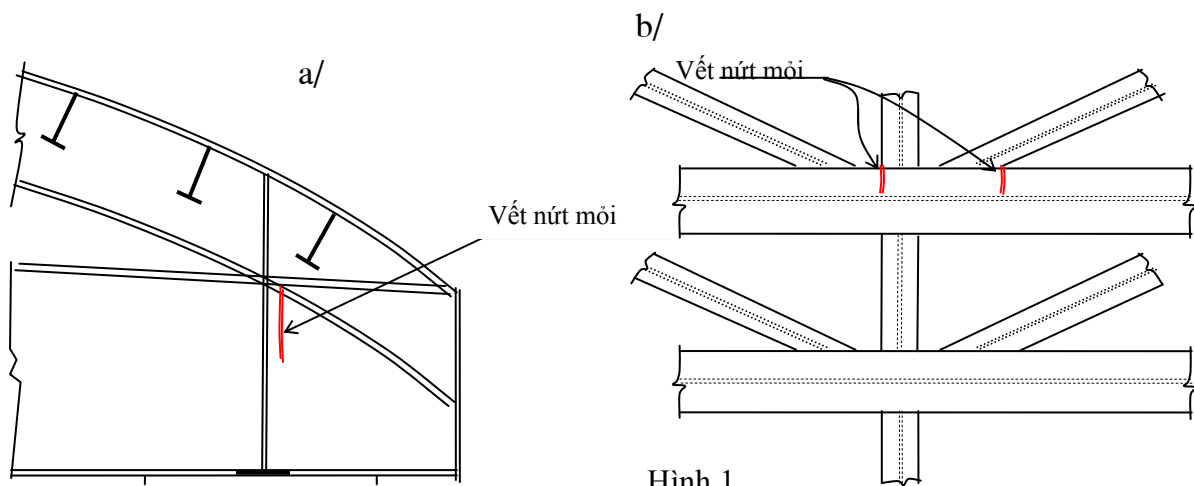
2. Tính toán kết cấu cửa van theo độ bền mỏi

Phát triển vết nứt thường xảy ra rõ rệt khi tải trọng có tính lặp đi lặp lại, ứng suất cục bộ lớn và sử dụng loại thép độ bền cao lại có khuyết tật. Mỏi có thể xảy ra ở cả 3 giai đoạn:

- Giai đoạn thiết kế (thiết kế sơ bộ, thiết kế kỹ thuật)
- Giai đoạn chế tạo
- Giai đoạn khai thác

2-1. Tính toán kết cấu thép cửa van theo độ bền mỏi.

Trong cửa van, theo tài liệu thực tế, nơi bị phá hoại mỏi thường xảy ra chỗ nối giữa dầm chính với dầm biên (hình 1a), chỗ nối giao giữa các thanh (hình 1b).



Hình 1

Mục đích tính toán kiểm tra độ bền mỗi là so sánh ứng suất cục bộ lớn nhất tại tiết diện khảo sát với cường độ tính toán mỗi, có xét đến loại thép, nhóm kết cấu, số chu kỳ và hệ số ứng suất không đối xứng ρ (đặc trưng chu trình tải trọng)

Công thức kiểm tra độ bền mỗi được tính theo công thức:

$$\sigma_{\max} \leq \alpha f_f \gamma_f \quad (1)$$

Trong đó:

f_f - Cường độ tính toán về mỗi, phụ thuộc vào cường độ kéo đứt tức thời của thép và nhóm cấu kiện.

f_u cường độ kéo đứt tức thời

α - hệ số, kể đến đặc trưng chu kỳ tải trọng n_Q và được tính theo công thức:

- Khi $n_Q \leq 3,9 \times 10^6$

Đối với các nhóm cấu kiện 1 và 2:

$$\alpha = 0,064 \left(\frac{n_Q}{10^6} \right)^2 - 0,5 \left(\frac{n_Q}{10^6} \right) + 1,75 \quad (2)$$

Đối với các nhóm cấu kiện 3 đến 8:

$$\alpha = 0,07 \left(\frac{n_Q}{10^6} \right)^2 - 0,64 \left(\frac{n_Q}{10^6} \right) + 2,2 \quad (3)$$

- Khi $n_Q \geq 3,9 \times 10^6$, lấy $\alpha = 0,77$. Lúc này độ bền mỗi tính toán có giá trị ổn định không phụ thuộc vào số chu kỳ cũng như nhóm cấu kiện.

γ_f - hệ số, lấy theo bảng 1, phụ thuộc vào trạng thái ứng suất và hệ số không đối xứng của

ứng suất $\rho = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} \cdot \gamma_f$ luôn luôn lớn hơn

1 vì đã được xác định với trường hợp bất lợi nhất là ứng suất phản đối xứng $\rho = -1$. Tuy nhiên cường độ mỗi tính toán (Giá trị về phải của công thức (1) không thể vượt quá giới hạn bền tính toán nên khi kiểm tra theo công thức (1) trị số $\alpha f_f \gamma_f$ không được vượt quá giá trị f_u / γ_M ; với $\gamma_M = 1,3$

2-2. Tính toán kiểm tra độ bền mỗi của mối hàn

Trong kết cấu hàn giới hạn độ bền mỗi phụ thuộc vào vật liệu, công nghệ, quá trình hàn, dạng kết cấu cũng như loại lực và đặc tính chu trình tải trọng. Ảnh hưởng của công nghệ hàn đến cường độ khi chịu tải trọng thay đổi thường nghiên cứu trên các mẫu chuẩn có mối nối hàn.

Trong giai đoạn thiết kế sơ bộ các kết cấu hoặc tính mỗi cho đường hàn chịu tải trọng lặp có thể tính theo ứng suất cho phép. Ứng suất cho phép của thép cơ bản vùng lân cận và trong đường hàn được xác định theo công thức (4):

$$[\sigma] = \sigma_r / k \quad (4)$$

Ở đây: k - hệ số an toàn cường độ thường lấy 1,4-1,6. Với tải trọng lặp lấy bằng 1,6

σ_r - giới hạn độ bền mỗi phụ thuộc vào hệ số tập trung ứng suất K_σ , tính chất chu trình tải trọng ρ .

Bảng 1. Hệ số γ_f

$\sigma_{\max}$	Hệ số không đối xứng của ứng suất ρ	Công thức tính hệ số γ_f
Kéo	$-1 \leq \rho \leq 0$	$\gamma_f = 2,5/(1,5 - \rho)$
	$0 \leq \rho \leq 0,8$	$\gamma_f = 2,0/(1,2 - \rho)$
	$0,8 \leq \rho \leq 1$	$\gamma_f = 1,0/(1 - \rho)$
Nén	$-1 \leq \rho \leq 1$	$\gamma_f = 2,0/(1 - \rho)$

Giá trị của hệ số tập trung ứng suất K_σ phụ thuộc vào loại liên kết hàn, phụ thuộc vào loại mối hàn, loại thép hàn, sơ đồ liên kết và vị trí tiết diện tính toán.

Mục đích tính toán kiểm tra độ bền mỗi của mối hàn là so sánh ứng suất cục bộ lớn nhất tại tiết diện khảo sát với ứng suất cho phép khi tính mỗi. Công thức kiểm tra độ bền mỗi của đường hàn thường được tính theo ứng suất cho phép và theo công thức:

$$\sigma_{\max} \leq \gamma[\sigma] \quad (5)$$

Trong đó:

$\sigma_{\max}$ - Ứng suất cục bộ lớn nhất tại mặt cắt tính toán

$\gamma[\sigma]$ - Ứng suất cho phép khi tính với tải trọng lặp; $\gamma \leq 1$

γ - Hệ số xác định như sau:

Với ứng suất lớn nhất chịu kéo:
 $\gamma = c/(a - b\rho) \quad (6a)$

Với ứng suất lớn nhất chịu nén:

$$\gamma = c/(b - a\rho) \quad (6b)$$

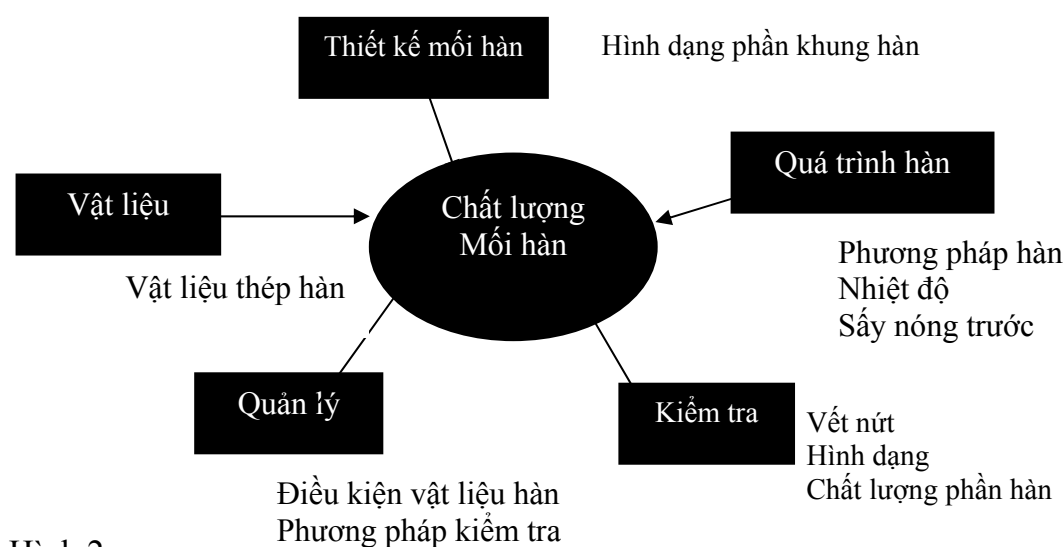
Với ρ đặc trưng của chu kỳ tải trọng.

a, b và c trong công thức (6a) và (6b), phụ thuộc vào nhóm liên kết, loại thép và số chu trình tải trọng.

3. Một số biện pháp tăng khả năng chịu lực của kết cấu hàn khi chịu tải trọng lặp

Quá trình hàn trong kết cấu, dưới tác dụng của sự nung nóng không đều ở thép cơ bản, sự co ngót kim loại hàn làm thay đổi cấu trúc của thép sẽ xuất hiện nội ứng suất làm biến dạng kết cấu hàn. Nội ứng suất thường làm cho kết cấu bị cong vênh, tạo ra sự lồi lõm, trong kết cấu tấm thì bị lượn sóng.

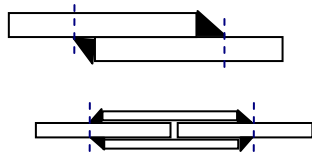
Các yếu tố chính ảnh hưởng đến chất lượng mối hàn thể hiện trên hình 2.



Hình 2

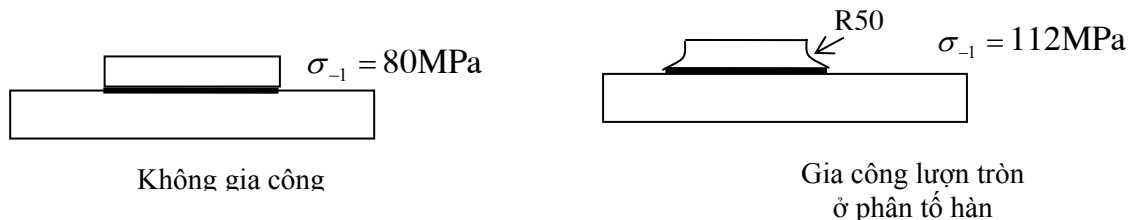
Sự xuất hiện biến dạng do hàn có thể ngăn ngừa hoặc giảm nhỏ được. Các dạng phá hoại của kết cấu hàn khi chịu tải trọng lặp rất khác nhau. Chỗ phá hoại của đường hàn thường xảy ra trong đường hàn có khuyết tật, hình dạng liên

kết hàn không hợp lý cũng như do sự tồn tại “vùng thoát” trong các liên kết của thép nhiệt luyện. Sự phá hoại thông thường xảy ra cách không xa mép đường hàn (xem hình 3) ở đó giới hạn độ bền dẻo thấp nhất trong thép cơ bản.



Hình 3
--- Vị trí phá hoại của liên kết hàn bằng thép hợp kim thấp khi chịu tải trọng lặp

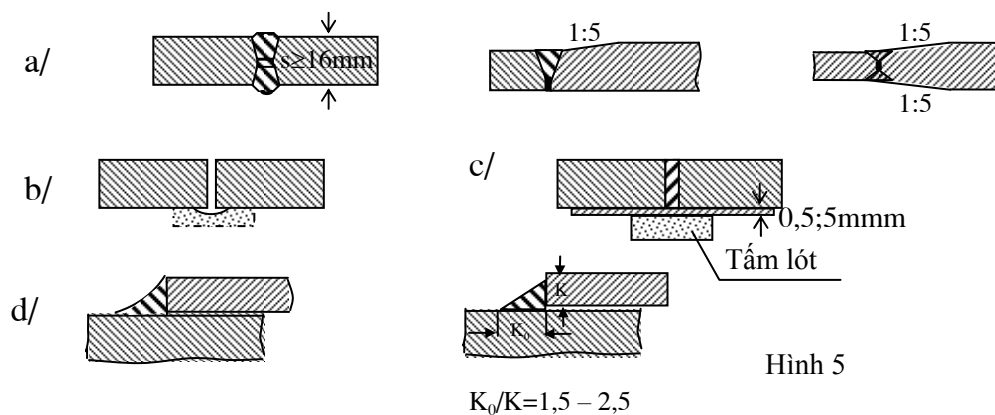
Do vậy để nâng cao cường độ của mối hàn thép hợp kim thấp chịu tải trọng lặp bằng cách gia công các sản phẩm. Để ngăn ngừa sự giảm cường độ khi chịu tải trọng lặp cần thiết kế hợp lý kết cấu hàn, nghĩa là tạo ra dạng kết cấu giảm tối đa sự tập trung ứng suất. Nâng cao cường độ mối có thể thực hiện bằng cách gia công cơ khí chi tiết hàn, đảm bảo sự tiếp giáp trơn tru thép cơ bản và thép nóng chảy (xem hình 4)



Hình 4. Hiệu quả gia công lượn tròn

Ứng suất dư trong đường hàn có ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của liên kết và kết cấu hàn. Ứng suất dư chịu kéo sẽ làm giảm cường độ của kết cấu hàn. Nếu ứng suất này tác dụng ở vùng chịu ứng suất tập trung và tính chất cơ học không đồng nhất thì ở đó sẽ xuất hiện sự

phá hoại mỗi đầu tiên. Vì vậy cần có giải pháp giảm ứng suất dư trong đường hàn. Nghiên cứu thực nghiệm cho thấy thoát nhiệt ở nhiệt độ 650°C sẽ loại bỏ được ứng suất dư gây ra bởi hàn. Một số dạng gia công thường sử dụng như dạng hình 2-5.



Hình 5

Để giảm ứng suất trong đường hàn có thể sử dụng ba phương pháp cơ bản sau

- Giảm khối lượng kim loại hàn bị lôi kéo vào vùng biến dạng dẻo trong giai đoạn đốt nóng. Điều này thực hiện bằng cách tính toán tiết diện hàn vừa đủ và nên

chọn đường hàn góc hoặc đường hàn hai phía đối xứng với chiều dày đường hàn tối thiểu.

- Làm bù trừ biến dạng và chuyển vị xuất hiện bằng cách bố trí vị trí đường hàn đối xứng, tạo ra vùng biến dạng dẻo, tạo sẵn chuyển vị

trước, đảm bảo sự co ngót tự do.

- Ở vùng đốt nóng sinh ra biến dạng dẻo, cần tạo thêm “vùng sấy nóng” có biến dạng ngược dấu.

Sau đây là các giải pháp cụ thể có thể áp dụng khi gia công chế tạo cửa van:

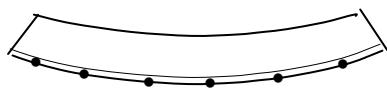
1/ Để tạo ra biến dạng đều khi hàn cần sử dụng đường hàn hai phía dạng chữ X cắt mép (Hình 5a), hàn tự động có chất trợ dung không cần cắt mép nghiêng (Hình 5b)

2/ Tăng cường làm lạnh mối hàn bằng cách đặt tấm lót kê bằng đồng hoặc làm lạnh bằng

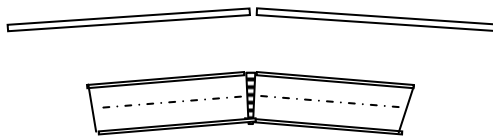
nước v.v...(Hình 5c)

3/ Trong một số trường hợp kết cấu cần hàn được tạo trước biến dạng ngược dấu với biến

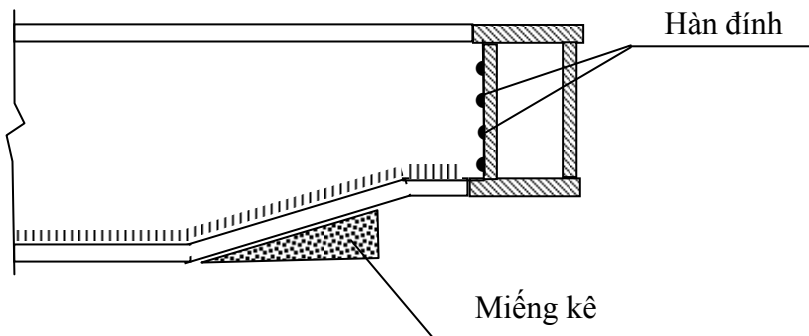
dạng khi hàn hoặc đặt kết cấu ở dạng tự do với một góc nghiêng nhằm tạo ra mô men uốn ngược khi hàn (Hình 6)



Hình 6

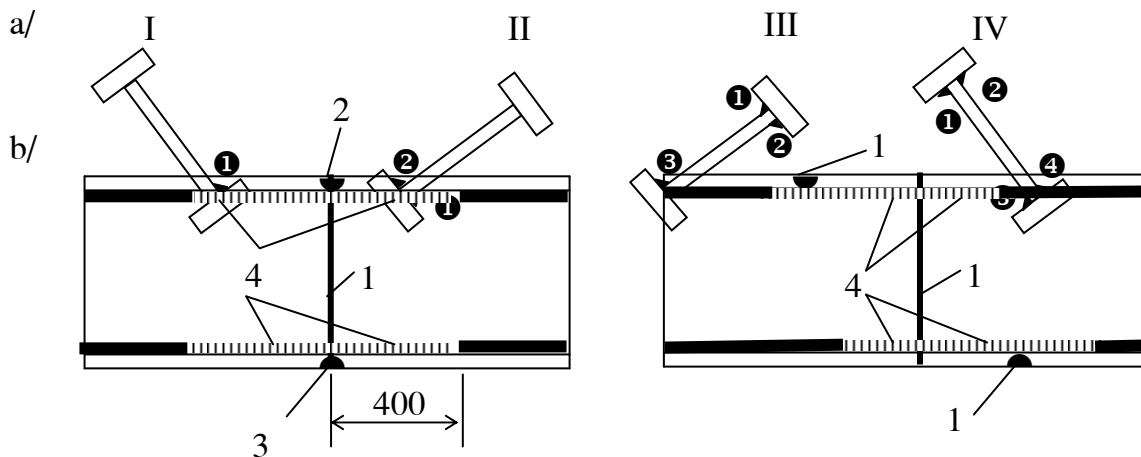


4/ Khi hàn phải cố định các phân tử hàn bằng cách hàn đính hoặc kê, kẹp giữ bằng các thiết bị (Hình 7)



Hình 7. Sơ đồ hàn dầm chính cửa van với dầm biên

5/ Cần hàn các phân tử với trạng thái tối ưu đảm bảo nhiệt tập trung cao và nhanh. Ví dụ khi chế tạo lắp ráp dầm chữ I nên thực hiện theo sơ đồ hình 8 sau:



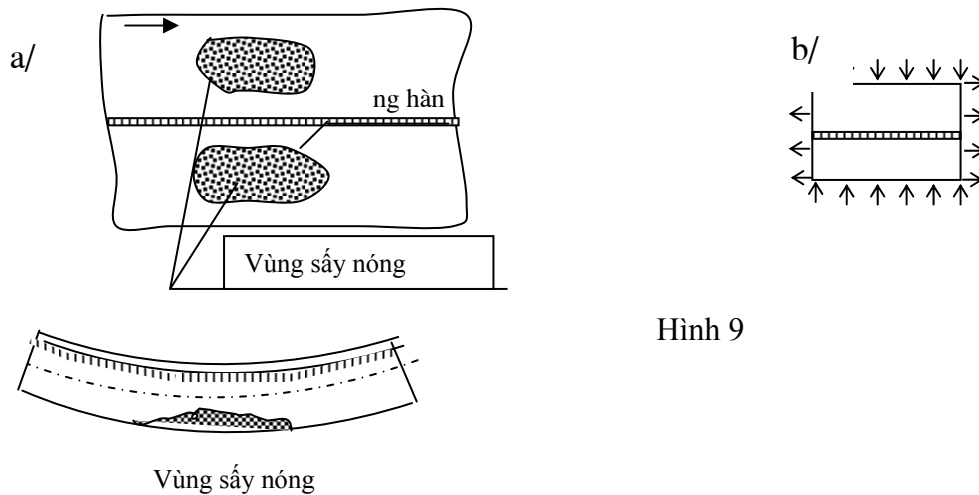
Hình 8. Sơ đồ vị trí liên tiếp vị trí hàn dầm chữ I

a/ Sơ đồ vị trí liên tiếp hàn bản cánh dầm I, II, III, IV

b/ Hàn bản bụng dầm chữ I: Số 1, 2, 3, 4 chỉ thứ tự hàn

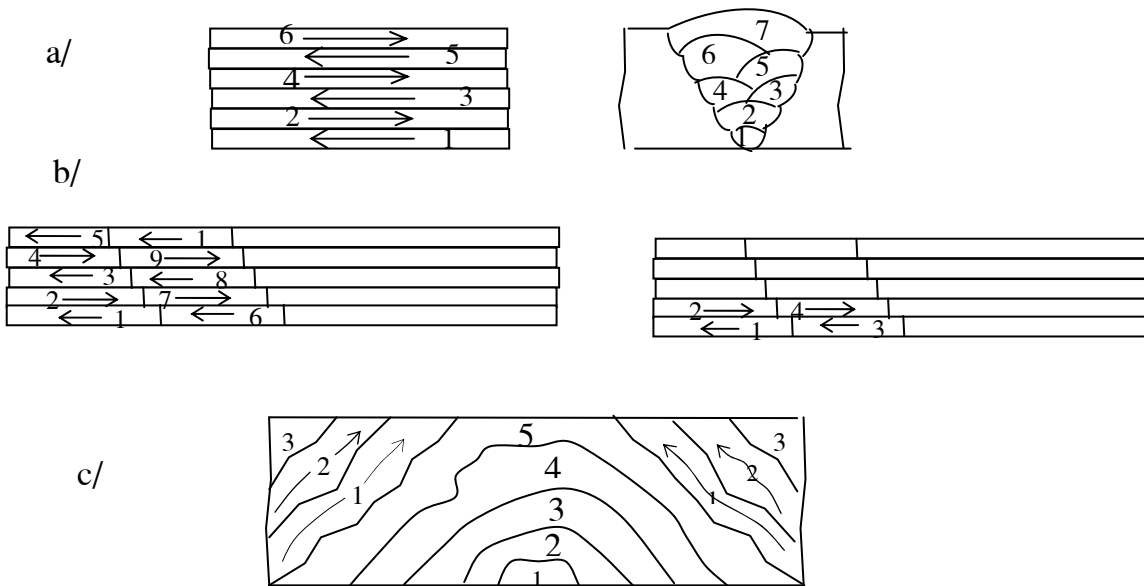
6/ Tạo vùng sấy nóng và lạnh không đều. Nếu tạo từ hai phía của liên kết hàn của vùng sấy nóng, như chỉ dẫn trên hình 9a thì kim loại sẽ bị giãn nở ra (Hình 9b). Sơ đồ ứng suất này tạo ra biến dạng chảy dẻo theo hướng dọc

đường hàn và làm giảm ứng suất kéo dư. Chuyển dịch vùng sấy nóng theo hướng mũi tên trên hình 9a sẽ làm nguội thép phía sau nguồn nhiệt. Quá trình này cần làm liên tục.



Hình 9

7/ Khi hàn lấp đầy các đoạn dài cần phân tách thành các đoạn ngắn (Hình 10), khi hàn chồng lớp sau thì lớp trước phải kịp đủ nguội và có sự xuất hiện biến dạng (Hình 10a). Việc áp dụng phương pháp hàn bậc ngược (Hình 10b) đối với các đường hàn có



Hình 10

độ dài lớn thì sẽ làm cho ứng suất phân bố đều hơn, giảm bớt biến dạng nhờ tạo ra sự nguội lạnh đều ở các phân đoạn hàn và tụt giảm nhiệt độ giữa các đoạn.

8/ Cần tuân thủ chiều dài đã xác định chồng lên của đường hàn và hướng hàn vì điều này có ảnh hưởng đến tính chất và trị số biến dạng của các phân tổ và sự cong vênh của toàn bộ kết cấu.

9/ Để giảm ứng suất tập trung cần cố gắng

tránh các đường hàn giao nhau và các mối liên kết có thanh tấp thanh nẹp.

10/ Mỗi hàn đối đầu bị co ngót lớn nên cần hàn trước, sau đó đến mối hàn góc. Các sườn tăng độ cứng, các thanh xiên nên hàn cuối cùng.

Việc lắp ráp kết cấu làm bằng thép mà không nhạy cảm với tác dụng của nhiệt thì được thực hiện bằng cách hàn đính mà không gây cong trước khi hàn.

Tiết diện hàn đỉnh không được vượt quá 1/3 tiết diện mỗi hàn (Tiết diện lớn nhất của đường hàn đỉnh không được lớn hơn 25-30mm²). Chiều dài của đoạn hàn đỉnh thường trong phạm vi 20-120mm, khoảng cách giữa các đoạn hàn đỉnh từ

500 đến 800mm.

Ngoài các giải pháp nêu trên, khi thiết kế cửa van vùng triều đồng bằng sông Cửu Long cần tính đến yếu tố ăn mòn rất mạnh do nước lợ và chua phèn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TCXDVN 338: 2005 Kết cấu thép – Tiêu chuẩn thiết kế. NXB Xây dựng
2. Ngô văn Quyết .Cơ sở lý thuyết môi. NXBGD 2000
3. Phan văn Khôi. Tuổi thọ môi của kết cấu thép ngoài biển. NXB KHKT 1997.
4. Engineering and Design. Vertical lift gates. Manual N0 1110-2-2701 USACE
5. Engineering and Design. Design of hydraulic steel structures. Manual N0 1110-2-2105 CECW-ED
6. Design of steel structures (AI SC/ASD METHOD) Bản dịch
7. Г.А Николаев, С.А. Куркин , В.А. ВИНОКUROB.
Сварные конструкции. Москва "Высокая школа"1982
9. А. Г Косикова, М.Ф. Сухоб.
Технология производства подъемно-транспортных машин. М., "Машиностроение", 1972

Abstract

CALCULATION CONSTRUCTION OF GATE IS CONSIDERING FATIGUE AND SOLUTIONS TO TAKE INCREASE FATIGUE

The article sets forth factors to take into account when calculation design the span gate in the tidal region of Ho Chi Minh city is considering fatigue. In addition to choose Appropriate materials for constructions gate need to use proper welding technology to reduce residual stresses exist to increase fatigue for members and their connections subjected to repeated variations of load

Keyword: Designation the hydraulic gate considering fatigue

Người phản biện: PGS. TS. Vũ Thành Hải

BBT nhận bài: 5/12/2012
Phản biện xong: 25/12/2012