

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN
TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ CƠ ĐIỆN VÀ XÂY DỰNG BẮC NINH



GIÁO TRÌNH

KẾT CẤU HÀN

Bắc Ninh 2011

LỜI NÓI ĐẦU

Trong những năm qua, chính sách đổi mới và mở cửa, chủ động hội nhập kinh tế của Đảng và Nhà nước đã mang lại những thành tựu to lớn trong sự phát triển kinh tế - xã hội Nước ta, làm thay đổi căn bản hình ảnh Việt Nam trên Trường quốc tế. Toàn cầu hoá kinh tế là một xu hướng khách quan tạo nhiều cơ hội phát triển cho quốc gia, cho các ngành công nghiệp, trong đó có ngành Công nghệ cơ khí chế tạo nói chung và ngành Công nghệ hàn nói riêng.

Xuất phát từ nhu cầu đó, Trường Cao đẳng nghề Cơ điện và Xây dựng Bắc Ninh luôn luôn đi đầu trong việc đổi mới nội dung, phương pháp dạy học, tổ chức biên soạn giáo trình, thiết kế mô hình đồ dùng dạy học, đầu tư thiết bị, công nghệ mới nhằm trang bị cho người học những kiến thức, kỹ năng cơ bản nhất ứng dụng vào cuộc sống.

Cuốn giáo trình Kết cấu hàn được biên soạn dựa trên những luận cứ khoa học, những kinh nghiệm thực tiễn do các nhà khoa học chuyên ngành hàn cung cấp và nằm trong chương trình đào tạo của nhà trường cũng như chương trình khung của Bộ lao động Thương binh và Xã hội ban hành.

Nội dung của giáo trình là tài liệu hữu ích nhất đối với cán bộ quản lý, thiết kế và sản xuất; đặc biệt là được sử dụng cho giáo viên, học sinh - sinh viên Nhà trường trong lĩnh vực Công nghệ hàn.

Tuy nhiên cuốn sách này sẽ không thể tránh khỏi những hạn chế, chúng tôi rất được sự đóng góp ý kiến của đồng nghiệp.

Xin chân thành cảm ơn!

Bài 1 - VẬT LIỆU CHẾ TẠO KẾT CẤU HÀN

Giới thiệu :

Vật liệu chế tạo kết cấu hàn là yếu tố quan trọng quyết định đến chất lượng của công trình, và là một yếu tố ảnh hưởng rất lớn đến các quá trình công nghệ, tính kinh tế của công trình. do vậy việc lựa chọn vật liệu chế tạo kết cấu hợp lý sẽ mang lại tính hiệu quả về kinh tế, kỹ thuật to lớn, đó là tiêu chí quan trọng nhất.

Mục tiêu thực hiện :

Sau khi học xong bài này người học sẽ có khả năng :

- giải thích đúng tính chất của các loại vật liệu sử dụng để chế tạo kết cấu hàn
- Lựa chọn đúng vật liệu chế tạo kết cấu hàn phù hợp với yêu cầu sử dụng

Nội dung chính :

- Các loại thép.:
 - + Thép các bon thấp.
 - + Thép hợp kim thấp.
 - + Các loại thép không gỉ
- Nhôm và hợp kim nhôm.

1. Các loại thép dùng để chế tạo kết cấu hàn :

1.1. Thép các bon thấp :

Đây là loại vật liệu được sử dụng rất nhiều để chế tạo các loại kết cấu hàn, do loại vật liệu này rất dễ hàn và mối hàn dễ đạt được chất lượng theo yêu cầu mà không cần phải có những biện pháp công nghệ phức tạp nào. Trong thực tế, thép các bon thấp sử dụng để chế tạo kết cấu hàn được chia ra hai nhóm chính là thép hình và thép tấm, và được tiêu chuẩn hoá theo Tiêu chuẩn Việt nam (TCVN). Đối với các loại thép này của các nước khác cũng đều được tiêu chuẩn hoá theo tiêu chuẩn quốc tế.

a. Thép hình:

- Thép chữ L (thép góc) : Đây là loại thép hình được sử dụng rất nhiều để chế tạo các loại kết cấu hàn, thép chữ L thường dùng để chế tạo các loại khung, dàn, hoặc các liên kết khác trong các kết cấu. Từ thép góc ta có thể chế tạo ra các loại hình khác nhau bằng cách ghép các thanh thép góc lại với nhau, ví dụ ghép hai thanh thép góc lại ta sẽ có kết cấu chữ I, hoặc chữ T, nếu ghép 4 thanh góc ta sẽ có kết cấu chữ H, do vậy đây là loại thép hình có phạm vi sử dụng rất lớn trong thực tế. Thép hình chữ L có 2 loại là L cánh đều và L cánh lệch.

+ Thép chữ L cánh đều : Gồm có 67 loại được qui định trong TCVN 1656-75. Loại nhỏ nhất có kích thước $L20 \times 3$, nghĩa là mỗi cạnh có kích thước là 20mm, chiều dày có kích thước là 3mm. Loại lớn nhất có kích thước $L250 \times 20$. Đây là loại thép được sử dụng rất nhiều để chế tạo kết cấu rất nhiều do tính công nghệ của nó rất cao, trong quá trình gia công người thợ không cần chú ý

đến các cạnh của thanh thép (do cạnh của các thanh đều bằng nhau, chính đây là đặc tính rất ưu việt của loại thép góc này.

+ Thép chữ L cạnh không đều : Gồm có 47 loại được qui định trong tiêu chuẩn TCVN 1657-75. Loại nhỏ nhất là $L25 \times 16 \times 3$, có nghĩa là cạnh thứ nhất 25mm, cạnh thứ hai 16mm, chiều dày 3mm. Loại lớn nhất có kích thước $250 \times 160 \times 20$. Đây là loại thép góc mà hiện nay phạm vi ứng dụng không lớn, do tính công nghệ của thép không cao vì trong quá trình gia công người thợ cần phải chú ý đến các cạnh của thanh thép (do các cạnh không đều nhau) do vậy sẽ ảnh hưởng đến năng suất lao động. Vì vậy khi thiết kế kết cấu cần chú ý đến đặc điểm này để lựa chọn thép góc cho hợp lý.

- Thép chữ I : Đây là loại thép được sử dụng rất nhiều để chế tạo các loại kết cấu chịu uốn, nén. Theo TCVN 1655-75 thép chữ I có 23 loại, chiều cao loại nhỏ nhất là 100mm, loại lớn nhất là 600mm. Ngoài ra còn có thêm một số loại đặc biệt ký hiệu có thêm chữ "a" ở phía dưới. Thép chữ I là loại thép rất khó liên kết với nhau để tạo ra một loại mới.

- Thép chữ [: Theo TCVN 1654-75 thép chữ [có 22 loại, chiều cao loại nhỏ nhất là 50, loại lớn nhất là 400mm (đây là chiều cao của tiết diện), ví dụ [₂₂ chỉ loại này có chiều cao là $h = 220\text{mm}$. Chiều dài của thép chữ [từ 4 - 13m. Ngoài ra còn có một số loại đặc biệt thì ký hiệu có thêm chữ "a" phía dưới, ví dụ thép [_{22 a}.

Trong thực tế còn có các loại thép hình khác như thép ống không hàn được dùng trong các kết cấu đường dẫn chất lỏng, chất khí. Đối với loại này thường chỉ thép tròn, thép vuông. v.v. cũng thường được sử dụng.

b. Thép tấm:

Thép tấm được dùng rộng rãi vì có tính vạn năng cao, có thể chế tạo ra các loại hình dáng, kích thước bất kỳ, thép tấm được dùng nhiều trong các loại kết cấu như vỏ tàu thủy, vỏ các bình chứa chất lỏng, bình chứa khí, các loại bồn chứa, bể chứa, các loại ống dẫn chất lỏng, chất khí. Ngoài ra thép tấm còn được dùng để chế tạo các loại chi tiết máy. v. v. Trong thực tế thép tấm có qui cách như sau.

- Thép tấm phổ thông : Có chiều dày $S = 4 \div 60\text{ mm}$; chiều rộng từ $160 \div 1050\text{ mm}$ chiều dài từ $6000 \div 12000\text{ mm}$.

- Thép tấm dày có chiều dày $S = 4 \div 160\text{ mm}$; chiều rộng từ $600 \div 3000\text{ mm}$; chiều dài từ $4000 \div 6000\text{ mm}$.

- Thép tấm mỏng có chiều dày $S = 0,2 \div 4\text{ mm}$ rộng từ $600 \div 1400\text{ mm}$

1.2. Thép hợp kim thấp:

Đây là loại thép có tính hàn tốt chỉ đứng sau thép các bon thấp, do có tính hàn tốt cho nên các loại thép hợp kim thấp cũng rất hay được sử dụng để chế tạo các kết cấu hàn có yêu cầu độ bền cao hoặc làm việc trong các điều kiện đặc biệt. Thép hợp kim thấp thường được dùng để chế tạo kết cấu hàn gồm các loại

như thép Măng gan ; thép Crôm-Si líc - Măng gan ; Crôm -Măng gan - Môlipđen. Thép hợp kim thấp gồm các loại thép hình hoặc thép tấm , được chế tạo theo tiêu chuẩn .

1.3. Thép không rỉ :

Được sử dụng để chế tạo các loại kết cấu hàn làm việc trong những điều kiện đặc biệt, như làm việc ở điều kiện nhiệt độ cao, làm việc trong điều kiện tiếp xúc với hoá chất, hoặc các thiết bị bảo quản, chế biến thực phẩm , thiết bị dụng cụ y tế .v.v. Phần lớn các loại thiết bị thuộc các loại này thuộc dạng tấm , hiện nay do nhu cầu sử dụng các loại kết cấu được chế tạo từ thép không rỉ đang rất lớn cho nên rất nhiều các công nghệ gia công kết cấu thép không rỉ hiện đại đã xuất hiện trong thực tế. Các loại thép không rỉ được sử dụng nhiều hiện nay đó là Crôm- Ni ken ; Crôm -Ni ken - Bo ; Niken - Môlíp đen - Crôm. Và một số loại thép chịu ăn mòn hoá học, chịu nhiệt, bền nhiệt.

2. Nhôm và hợp kim nhôm :

Nhôm và hợp kim nhôm cũng được ứng dụng nhiều để chế tạo kết cấu hàn. Đặc biệt là hợp kim nhôm được dùng trong để chế tạo các kết cấu yêu cầu có trọng lượng nhỏ, hoặc các kết cấu yêu cầu chống rỉ. Thông thường hợp kim nhôm hay được dùng nhất là Duya-ra dùng cho các kết cấu đòi hỏi có độ bền nhiệt cao ; còn hợp kim nhôm - ma nhê dùng cho các loại kết cấu như vỏ tàu loại nhỏ có tốc độ cao, các kết cấu xây dựng, các thùng chứa thực phẩm, chứa thức ăn, chứa nước .v.v. Nhôm và hợp kim nhôm thường được chế tạo ở dạng tấm.

Bài 2 - TÍNH TOÁN ĐỘ BỀN MỐI HÀN

Giới thiệu :

Độ bền mối hàn là một tiêu chí rất quan trọng trong quá trình thực hiện gia công kết cấu hàn, độ bền mối hàn đảm bảo có nghĩa là kết cấu hàn sẽ thỏa mãn điều kiện làm việc với tải trọng được qui định. Vì vậy yêu cầu của công tác thiết kế, kiểm tra đánh giá độ bền mối hàn là một công việc quan trọng của người thợ hàn ở trình độ cao.

Mục tiêu thực hiện :

Sau khi học xong bài này người học sẽ có khả năng :

- Tính được độ bền kéo,nén, uốn, xoắn của mối hàn
- Xác định được kích thước của mối hàn khi biết được tải trọng đặt lên kết cấu

Nội dung :

- Tính độ bền kéo, nén của mối hàn.
- Tính độ bền uốn của mối hàn.
- Tính độ bền xoắn của mối hàn.

1. Tính độ bền kéo, nén của mối hàn

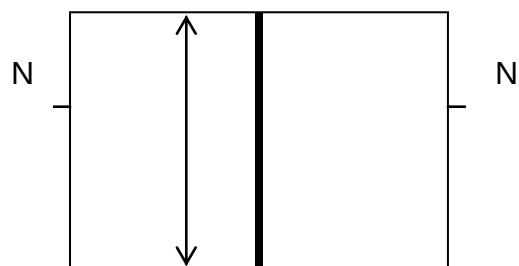
1.1. Tính độ bền kéo, nén của mối hàn giáp mối :

Mối hàn giáp mối là loại mối hàn được ứng dụng rất nhiều trong các kết cấu hàn, do mối hàn có nhiều ưu điểm như tốn ít kim loại cơ bản, ít ứng suất tập trung, công nghệ thực hiện dễ dàng hơn. Đối với mối hàn chịu kéo và chịu nén thì độ bền giống nhau nên ta chỉ cần tính toán, kiểm tra điều kiện bền cho trường hợp chịu kéo là đủ, để kiểm tra điều kiện bền kéo ta xét một mối ghép hàn giáp mối như hình 1 :

Ta có chiều rộng của tấm nối là B cũng chính là chiều dài cần hàn, chiều dày của chi tiết hàn là S, lực kéo là N. Như vậy theo lý thuyết bền ta có :

Để mối ghép hàn đảm bảo độ bền thì biểu thức sau phải được thỏa mãn.

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{F_h} \leq [\sigma]_k \quad (2-1)$$



Hình 1: Mối hàn giáp mối

trong đó $\sigma_{\max}$ là ứng suất lớn nhất sinh ra khi kết cấu chịu lực tác dụng, N là lực tác dụng, F_h là diện tích mặt cắt của mối hàn, và được xác định như sau :

$$F_h = B \times S \quad \text{với } S \text{ là chiều dày chi tiết hàn}$$

Như vậy ta có :

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{B \times S} \leq [\sigma]_k \quad (2-2)$$

Từ công thức trên ta suy ra các bài toán cơ bản sau :

- Bài toán 1 : Kiểm tra điều kiện bền kéo theo cường độ, ta dùng công thức (2-2).

- Bài toán 2 : Xác định tải trọng, lúc này ta dùng công thức sau.

$$N \leq B \times S \times [\sigma]_k \quad (2-3)$$

- Bài toán 3 : Tính toán các kích thước mối hàn theo công thức sau :

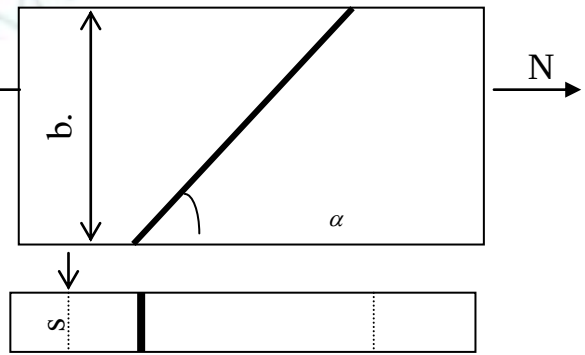
$$B \times S \geq [\sigma]_k \times N \Rightarrow B \geq \frac{N \times [\sigma]_k}{S} \quad (2-4)$$

Và:
$$S \geq \frac{N \times [\sigma]_k}{B}$$

Trong trường hợp nếu kích thước của kết cấu không thay đổi, nhưng muốn tăng khả năng chịu tải trọng của kết cấu thì chúng ta thiết kế các mối hàn xiên như hình 2-2

trên hình vẽ ta có N là lực tác dụng
B là chiều rộng của tấm nối, còn α là góc vát nghiêng của các chi tiết hàn
Như vậy điều kiện bền của mối hàn lúc này sẽ là :

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{F_h} = \frac{N}{S \cdot \frac{B}{\sin \alpha}} = [\sigma]_K$$



Hình 2-2: mối hàn giáp mối xiên

Từ đó ta có :
$$\sigma_{\max} = \frac{N \cdot \sin \alpha}{S \cdot B} = [\sigma]_K$$

mà α luôn luôn nhỏ hơn 900 cho nên ứng suất tác dụng lúc này bị giảm xuống, do vậy điều kiện bền tăng lên .

1.2. Tính độ bền kéo (nén) của mối hàn góc :

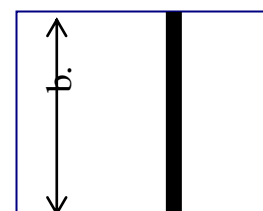
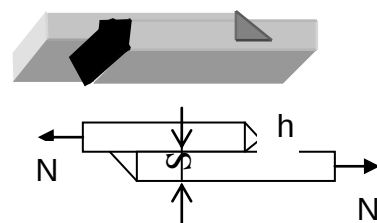
Khi kiểm tra độ bền cho mối hàn góc ta thực hiện quá trình kiểmmối hàn theo các dạng sau :

a- Tính mối hàn đối xứng ngang.

Xét mối hàn ngang chịu lực như hình vẽ 2-3 ta có biểu thức xác định độ bền như sau

$$\tau = \frac{N}{2 \cdot h \cdot B} \leq [\tau]_h \quad (2-8)$$

Trong đó N là lực tác dụng, h là chiều cao của mối hàn, B là chiều dài đường hàn;



Hình 2-3: Mối hàn đối

do chiều cao của mối hàn $h = k \cdot \cos 45^\circ = 0,7$ và $k = S$ trường hợp các tấm có chiều dày không bằng nhau, thì k được chọn theo tấm có chiều dày nhỏ hơn cho nên :

$$\tau = \frac{N}{1,4 \cdot S \cdot B} \leq [\tau]_h \quad (2-9)$$

b - Mối hàn đối xứng dọc :

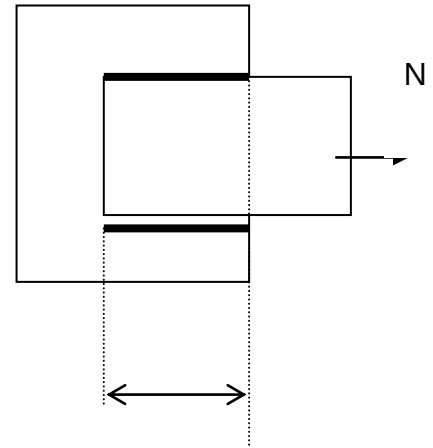
Đối với mối hàn dọc đối xứng hình 2-4 khi chịu lực thì điều kiện bền được xác định như sau.

$$\tau = \frac{N}{2 \cdot h \cdot l} \leq [\tau]_h \quad (2-10)$$

trong đó l là chiều dài đường hàn, h là chiều cao mối hàn.

Trong trường hợp mối hàn không đối xứng thì $l \geq 50 \cdot k$ điều kiện bền được xác định theo công thức sau:

$$\tau = \frac{N}{h(l_1 + l_2)} \leq [\tau]_h \quad (2-11)$$



Hình 2-4: Mối hàn đối xứng dọc

2. Tính độ bền uốn của mối hàn .

2.1. Mối hàn giáp mối chịu uốn :

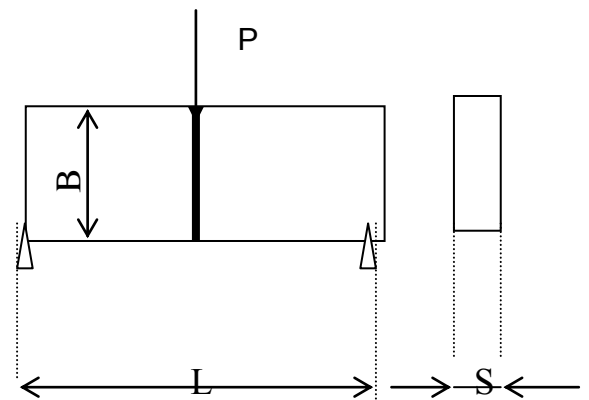
Điều kiện bền được xác định như sau

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq [\sigma]_h \quad (2-12)$$

trong đó σ là ứng

suất sinh ra do uốn ; M là mô men uốn,

W là mô men chống uốn được tính như sau :



Hình 2-5: Mối hàn giáp mối

$W = \frac{B^2 \cdot S}{6} \leq [\sigma]_h$ và mô men $M = \frac{P \cdot l}{4}$ thay vào (2-12) biểu thức tính độ bền ta có.

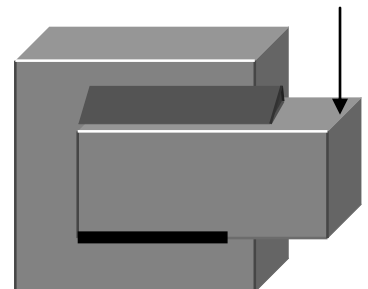
$$\sigma = \frac{6 \cdot P \cdot l}{B^2 \cdot S} \leq [\sigma]_h \quad (2-13)$$

2.2. Mối hàn góc chịu uốn (hình 2-6)

Khi mối hàn góc chịu uốn điều kiện bền được xác

định như sau : $\tau = \frac{M}{h \cdot l \cdot B} \leq [\tau]_h$ trong đó M là mô men uốn

h là chiều cao mối hàn ; l là chiều dài mối hàn cả



2phía, B là chiều cao của tấm hàn.

Khi mỗi hàn mỗi hàn chịu uốn và kéo hoặc nén thì điều kiện bền được xác định như sau :

$$\tau = \frac{M}{w} \pm \frac{N}{h.l} \leq [\tau]_h$$

trong đó M là mô men uốn ; N là lực kéo ;

w là mô men chống uốn ; h là chiều cao mỗi hàn ; l là tổng chiều dài đường hàn.

- Trong trường hợp mỗi hàn tổng hợp chịu uốn như hình vẽ 2-7 thì điều kiện bền sẽ là :

$$\tau = \frac{M}{h.l_d.l_n + \frac{h.l_n^2}{6}} \leq [\tau]_h \quad (2-16)$$

khi tính toán ta chọn trước l_n cạnh của mỗi hàn k để xác định mỗi hàn l_d .

- Khi mỗi hàn vừa chịu uốn vừa chịu kéo hoặc nén hình 2-16 thì điều kiện bền sẽ là :

$$\tau = \frac{N}{h.L} + \frac{M}{h.l_n.l_d + \frac{h.l_n^2}{6}} \leq [\tau]_h \quad (2-17)$$

$$(L = 2l_d + l_n)$$

2.3. Mỗi hàn chịu xoắn

Đối với mỗi hàn chịu xoắn như hình 2-9 thì điều kiện bền sẽ là :

$$\tau = \frac{M_x}{w_x} \leq [\tau]_h \quad (2-18)$$

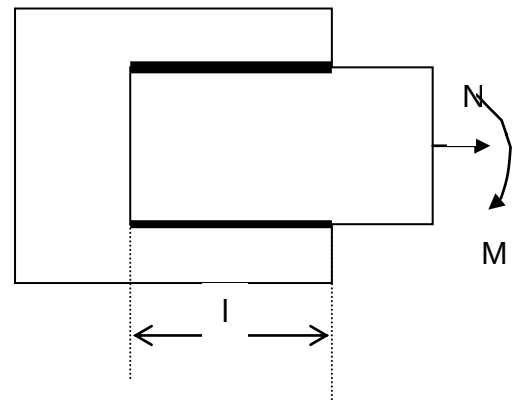
trong đó M_x là mô men xoắn ; w_x là mô men chống xoắn

2.4. Các ví dụ tính toán :

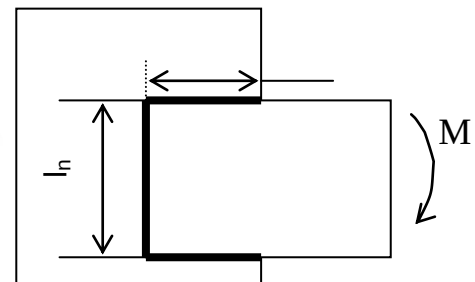
- Ví dụ 1 : Cho mỗi ghép hàn như hình vẽ 2-10

biết rằng lực kéo $N = 260 \text{ KN}$; $[\sigma]_h = 28 \text{ KN / cm}^2$

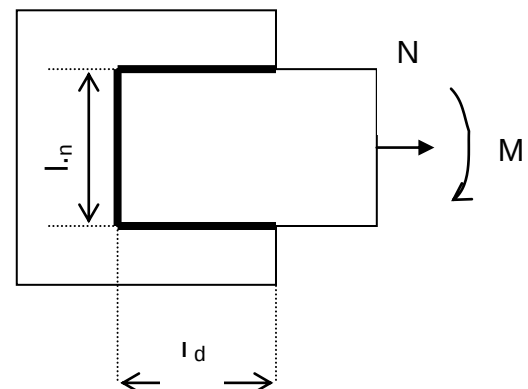
vật liệu có $S = 8 \text{ mm}$. Hãy xác định chiều dài đường hàn để kết cấu đảm bảo điều kiện bền.



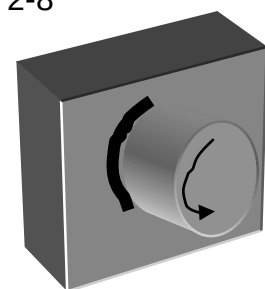
Hình 2-6



Hình 2-7



Hình 2-8



MX

Hình 2-9

Bài giải:

Từ điều kiện bền của mối hàn giáp mối ta thấy để đảm bảo điều kiện bền thì biểu thức sau phải được thỏa mãn :

$$F_h \geq \frac{N}{[\sigma]_h} \quad \text{mà } F_h = S \cdot L.$$

Do vậy : $L \geq \frac{260}{0,8 \cdot 28} = 116 \text{ mm}$. Như vậy để

đảm bảo điều kiện bền thì chiều dài của mối

Hàn $L \geq 116 \text{ mm}$, cho nên ta chọn tấm thép có chiều rộng $B=116 \text{ mm}$.

- Ví dụ 2 : cho mối ghép hàn, chịu lực như hình vẽ, hãy xác định độ bền của mối hàn, nếu vật liệu chế tạo kết cấu là thép các bon thấp có $[\sigma]_k = 28 \text{ KN/cm}^2$,

$N=450 \text{ KN}$, $S=8 \text{ mm}$, $B=300 \text{ mm}$.

Bài giải :

Đây là mối hàn đối xứng ngang, do vậy để đảm bảo điều kiện bền thì biểu thức sau phải được thỏa mãn công thức 2-8:

$$\tau = \frac{N}{2 \cdot h \cdot B} \leq [\tau]_h$$

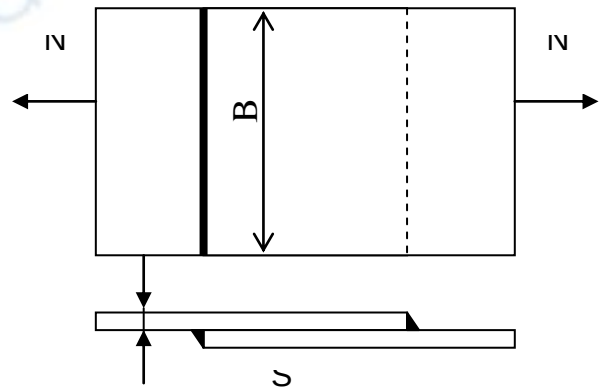
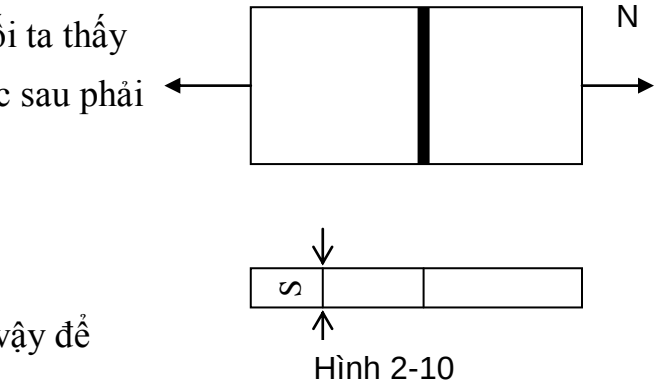
Trong đó $[\tau]_h = 0,65 [\sigma]_k$ thay

vào biểu thức trên ta có: $\tau = \frac{450}{2 \cdot h \cdot 30} \leq 0,65 \cdot 28 \Rightarrow h \geq \frac{450}{2 \cdot 30 \cdot 0,65 \cdot 28} \quad h \geq 0,48 \text{ cm}$

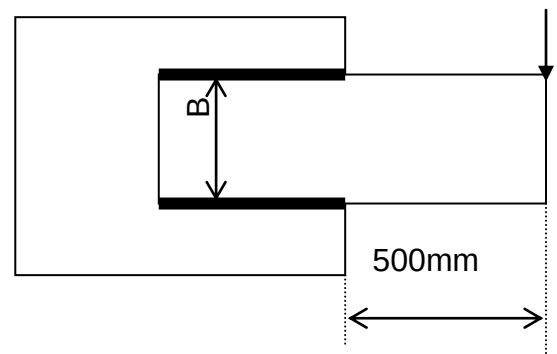
Như vậy để mối hàn đảm bảo độ bền ta chọn chiều cao mối hàn $h = 5 \text{ mm}$

- Ví dụ 3 : Cho kết cấu hàn chịu lực như hình vẽ. Hãy kiểm tra điều kiện bền của mối hàn, nếu lực tác dụng $P=120 \text{ KN}$, $B=260 \text{ mm}$, chiều dày của chi tiết hàn

$L=400 \text{ mm}$, vật liệu có $[\sigma]_k = 28 \text{ KN/cm}^2$



Hình 2-11



Hình 2-12

Bài giải :

Để mối hàn đảm bảo điều kiện bền thì phải thỏa mãn công thức 2-4:

$$\tau = \frac{M}{W_u} \leq [\tau]_h \quad \text{mà} \quad [\tau]_h = 0,65 \cdot [\sigma]_k$$

Cho nên
$$\tau = \frac{P \cdot 50}{h \cdot L \cdot B} \leq 0,65 \cdot 28 \quad \Rightarrow \quad h \geq \frac{120 \cdot 50}{40 \cdot 28 \cdot 0,65 \cdot 28} = 0,34 \text{ cm}$$

Như vậy để đảm bảo điều kiện bền ta chọn mối hàn có chiều cao $h = 4 \text{ mm}$

Bài 3 - ỨNG SUẤT VÀ BIẾN DẠNG KHI HÀN

Giới thiệu :

Trong quá trình hàn, do nhiệt độ giữa các vùng kim loại chênh lệch nhau rất cao do vậy thường sinh ra ứng suất và biến dạng các ứng suất và biến dạng này làm cho kết cấu hàn giảm khả năng làm việc hoặc không đủ điều kiện để làm việc. Vì vậy trong quá trình hàn người thợ phải biết được những nguyên nhân sinh ra ứng suất và biến dạng để có thể hạn chế hoặc triệt tiêu chúng.

Mục tiêu thực hiện :

Sau khi học xong bài này người học sẽ có khả năng :

- Trình bày được các khái niệm về ứng suất khi hàn, giải thích được các nguyên nhân gây ra ứng suất khi hàn.

- Tính đúng các biến dạng dọc, biến dạng ngang của mối hàn

- Xác định được các biện pháp làm giảm ứng suất, biến dạng sinh ra khi hàn

Nội dung chính :

- Các khái niệm về ứng suất và biến dạng khi hàn

- Tính ứng suất và biến dạng khi hàn giáp mối

- Tính ứng suất và biến dạng khi hàn góc.

- Các biện pháp giảm ứng suất và biến dạng khi hàn.

1. Các khái niệm về ứng suất và biến dạng khi hàn.

1.1. Nội ứng suất khi hàn :

Là ứng suất tồn tại trong mối hàn sau khi đã kết thúc hàn

Do nội ứng suất tồn tại mà không có tác dụng của ngoại lực cho nên chúng phải tương ứng cân bằng. Và muốn đảm bảo sự cân bằng thì phải tuân theo các điều kiện cân bằng tĩnh học, nghĩa là :

$$\sum Z = 0 \quad ; \quad \sum M_x = 0 \quad ; \quad \sum M_y = 0 \quad (3-1)$$

$$\text{hay : } \int \sigma \cdot dF = 0 \quad ; \quad \int \sigma \cdot dF \cdot x = 0 \quad ; \quad \int \sigma \cdot dF \cdot y = 0$$

1.2. Phân loại ứng suất:

các loại nội ứng suất được chia làm 3 nhóm như sau.

a- Nhóm 1 : Các ứng suất phụ thuộc nguyên nhân sinh ra nó.

- ứng suất nhiệt : Sinh ra do sự nung nóng không đều trên toàn chi tiết

- ứng suất dư : Là ứng suất còn lại trong vật thể sau khi loại bỏ nguyên nhân sinh ra nó. Đây là loại ứng suất thường gặp nhất .

- ứng suất do chuyển biến pha : Do sự biến dạng không đều của chi tiết.

b - Nhóm 2 : ứng suất sinh ra do sự cân bằng giữa các kích thước, thể tích khác nhau của các phần tử khi liên kết tạo thành vật thể. Bao gồm 3 loại là tổ chức tế vi, tổ chức thô đại, tổ chức siêu tế vi.

c - Nhóm 3 : ứng suất theo các hướng trong không gian, bao gồm các loại là ứng suất một chiều (ứng suất đơn) ; ứng suất hai chiều (ứng suất mặt) ; ứng suất 3 chiều (ứng suất khối).

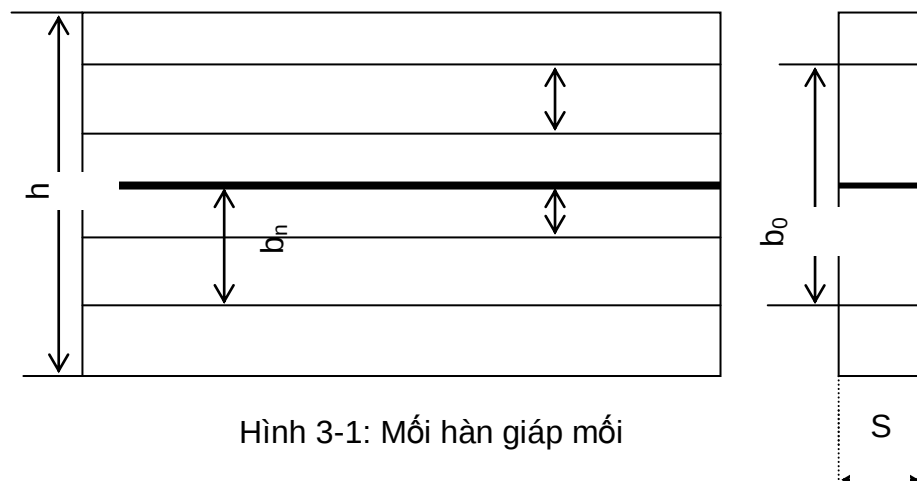
1.3. Các biến dạng khi hàn:

Trong quá trình hàn do chi tiết hàn bị nung nóng và làm nguội không đều cho nên sẽ phát sinh các biến dạng là biến dạng co dọc của mối hàn và biến dạng co ngang của mối hàn.

a- Biến dạng co dọc của mối hàn : Đó là sự thay đổi kích thước chiều dài của mối hàn sau khi hàn.

b- Biến dạng co ngang của mối hàn : Đó là sự giảm kích thước của kim loại của mối hàn và vùng lân cận theo phương vuông góc với trục đường hàn, biến dạng co ngang sẽ tạo nên sự cong, vênh của kết cấu hàn hay còn được gọi là biến dạng góc

2. Tính ứng suất và biến dạng khi hàn giáp mối



Hình 3-1: Mối hàn giáp mối

2.1. Tính nội lực tác dụng :

nội lực tác dụng là nội lực sinh ra trong vùng ứng suất tác dụng, nội lực tác dụng phụ thuộc vào diện tích của vùng có nhiệt độ nóng chảy đến 550°C , vùng này còn gọi là vùng ứng suất tác dụng, nội lực tác dụng được tính như sau.

$$P = \sigma_T \cdot F_c \quad (3-2)$$

trong đó σ_T là ứng suất sinh ra khi hàn và theo các giả thuyết trong lý thuyết kết cấu thường chọn bằng giới hạn chảy ; F_c là vùng ứng suất tác dụng khi hàn, vùng này được xác định như sau.

$$F_c = b_0 \cdot S \quad (3-3)$$

trong đó S là chiều dày của chi tiết hàn; b_0 là chiều rộng của vùng ứng suất tác dụng được xác định như sau :

$$b_0 = b_1 + b_2$$

b_1 là vùng mối hàn và lân cận bao gồm vùng nóng chảy, vùng chảy dẻo.

b_2 là vùng kim loại ở trạng thái đàn hồi

$$b_1 = \frac{0,484 \cdot q}{v \cdot S_0 \cdot c \cdot \gamma \cdot 550} \quad (3-4)$$

Trong đó : - q là năng lượng hữu ích của nguồn nhiệt

$$q = 0,24 \cdot u_h \cdot I_h \cdot \eta \quad (\text{calo/s}) \quad (3-5)$$

($\eta = 0,75$ khi hàn hồ quang tay ; $\eta = 0,9$ khi hàn tự động)

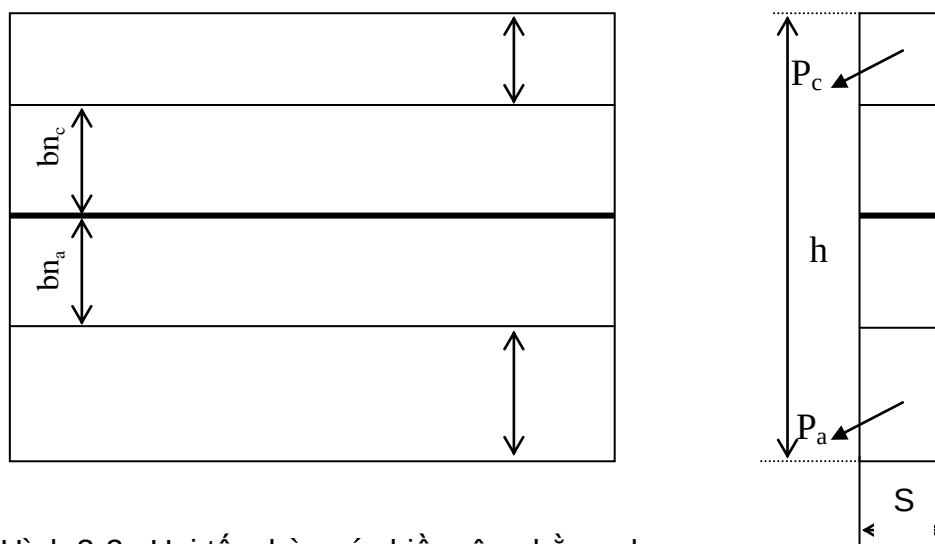
- v là vận tốc hàn (cm / s.)
- S_0 là chiều dày tính toán của kết cấu hàn .
- c là nhiệt dung của kim loại (calo/ g.⁰c)
- γ là khối lượng riêng của kim loại (g/cm³)

Việc xác định b_2 phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như năng lượng riêng q_0 ; chiều rộng tấm hàn h_0 và các thông số khác., b_2 có thể được xác định như sau :

$b_2 = K_2 \cdot (h - b_1)$ trong đó K_2 là hệ số phụ thuộc vào q_0 và vật liệu chế tạo chi tiết , h là chiều rộng toàn bộ phần ứng suất tính toán, đối với hàn hồ quang tay thì $h = 250\text{mm}$; đối với hàn tự động thì $h = 300 \div 350\text{mm}$.

Thay b_1 ; b_2 vào biểu thức (3 - 2) ta tính được nội lực tác dụng P .

Trong trường hợp nếu hàn 2 tấm có chiều rộng không bằng nhau hình 3-2 thì ta tính toán như sau :



Hình 3-2: Hai tấm hàn có chiều rộng bằng nhau

$$P = \sigma_T \cdot F_c = \sigma_T \cdot (b_{na} + b_{nc}) \cdot S \quad \text{trong đó } b_{na} \neq b_{nc}$$

2.2. Tính nội lực phản kháng và ứng suất phản kháng

Khi hàn 2 tấm có kích thước khác nhau. hình 3-2.

a- Nội lực phản kháng ở 2 tấm hàn được tính như sau :

$$P_a = \sigma_2 . a . S$$

$$P_c = \sigma_2 . c . S$$

trong đó P_a ; P_c là lực phản kháng của tấm hàn 1 và tấm hàn 2 ; a và c là chiều rộng của vùng phản kháng 1 và vùng phản kháng 2 ; S là chiều dày của các tấm

b- ứng suất phản kháng được tính như sau :

Theo nguyên lý cân bằng lực thì : $P = P_a + P_c$ Thay các giá trị của chúng vào ta có:

$$\sigma_T . b_0 . S = \sigma_2 . (a + c) . S$$

Từ đó ta có :

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_T . (b_{na} + b_{nc})}{a + c} = \frac{\sigma_T . b_0}{h - b_0} \quad (3- 6)$$

2.3. Tính mô men uốn.

Các lực P_a và P_c sẽ tạo ra mô men uốn khi quay quanh tâm của vùng ứng suất tác dụng, các mô men này được xác định như sau :

$$M_a = P_a \frac{a + b_0}{2} ; \quad M_c = P_c \frac{c + b_0}{2}$$

Vì các mô men này có chiều ngược nhau cho nên :

$$M = M_a - M_c = P_a \frac{a + b_0}{2} - P_c \frac{c + b_0}{2} = \sigma_2 . a . S \frac{a + b_0}{2} - \sigma_2 . c . S \frac{c + b_0}{2}$$

Thay giá trị của ứng suất phản kháng vào ta có :

$$M = \frac{\sigma_T . b_0 . S}{2(h - b_0)} (a + b_0 + c) (a - c)$$

$$M = \frac{P . h (a - c)}{2(h - b_0)} \quad (3- 7)$$

Từ công thức trên ta nhận thấy rằng nếu $c = 0$ tức là hàn vào mép tấm, khi đó mô men uốn M có giá trị lớn nhất, khi $c = a$ tức là hàn 2 tấm có kích thước bằng nhau thì mô men uốn $M = 0$. Như vậy khi hàn giáp mối những tấm hàn có kích thước bằng nhau thì biến dạng sẽ nhỏ nhất, khi hàn những tấm hàn có kích thước khác nhau thì biến dạng sẽ xảy ra.

2.4. Tính ứng suất uốn.

Dưới tác dụng của mô men uốn M, sẽ sinh ra ứng suất uốn, ứng suất uốn này được xác định như sau :

$$\sigma_u = \frac{M}{w} = \frac{M}{\frac{S . h^2}{6}} = \frac{6 . P . h (a - c)}{2(h - b_0) . S h^2}$$

Vậy ta có :

$$\sigma_u = \frac{3 \sigma_T b_0 (a - c)}{h(h - b_0)} \quad (3- 8)$$

2.5. Tính độ võng.

Độ võng lớn nhất được xác định theo công thức sau :

$$f_{\max} = \frac{M.l^2}{8.E.J} \quad (3-9)$$

trong đó M là mô men uốn lớn nhất ; l là chiều dài của chi tiết hàn ; E là mô đun đàn hồi ; J là mô men quán tính được xác định như sau :

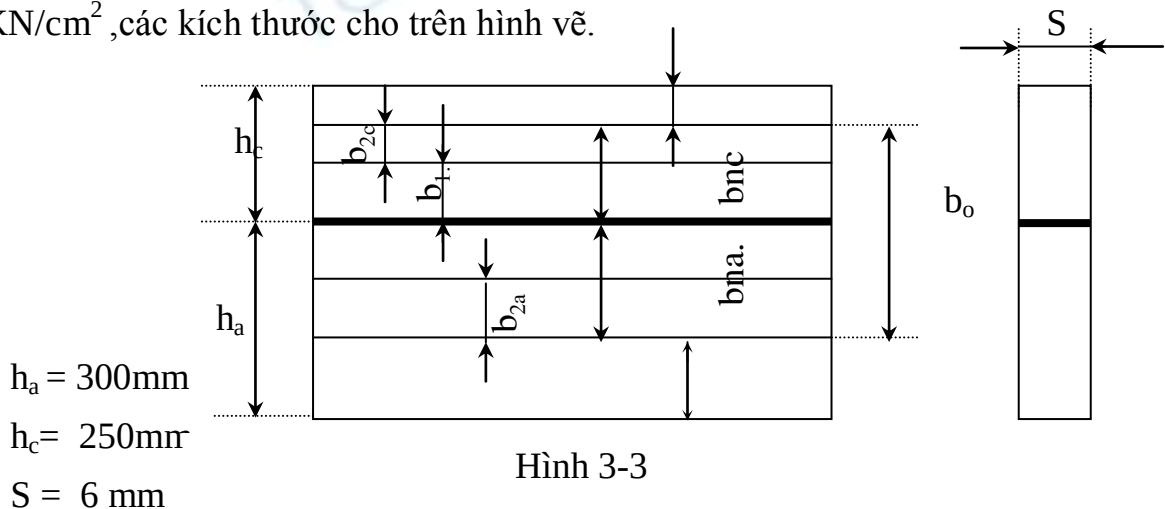
$$J = \frac{S.h^3}{12} \quad \text{thay vào biểu thức tính độ võng ta có.}$$

$$f_{\max} = \frac{12.M.l^2}{8.E.S.h^3} = \frac{3M.l^2}{2.E.S.h^3}$$

Vậy ta có : $f_{\max} = \frac{3M.l^2}{2.E.S.h^3} \quad (\text{cm}) \quad (3-10)$

2.6. Các ví dụ và bài tập.

-Ví dụ 1. Cho kết cấu hàn giáp mối như hình vẽ. Hãy xác định độ võng của kết cấu sau khi hàn biết rằng vật liệu chế tạo là thép các bon thấp có $\sigma_T = 24 \text{ KN/cm}^2$, các kích thước cho trên hình vẽ.



Bài giải.

1 - Tính chế độ hàn .

- Đường kính điện cực hàn : $d = \frac{S}{2} + 1 = 4 \text{ mm}$

- Tính cường độ dòng điện hàn : $I_h = (40 \div 60) . d = 160 \div 200$ chọn $I_h = 200(A)$

- Chọn điện áp hàn : $U_h = 30 (v)$

- Tính vận tốc hàn : $V_h = \frac{\alpha_d . I_h}{F_d . \gamma} = \frac{10 . 200}{0,2 . 7,85} = 12,5 \text{ m/h}$

(trong đó $\alpha_d = 10 \text{ g/A.h}$; $F_d = 0,2 \text{ cm}^2$; $\gamma = 7,85 \text{ g/cm}^3$)

- Tính công suất hồ quang : $q = 0,24 \cdot I_h \cdot U_h \cdot \eta = 0,24 \cdot 200 \cdot 30 \cdot 0,75 = 1080 \text{ cal/s}$.

2- *Tính nội lực tác dụng*.

$$P = \sigma_T \cdot F_c = \sigma_T \cdot (b_{na} + b_{nc}) \cdot S$$

- Tính b_{na} : $b_{na} = b_1 + b_{2a}$.

$$b_1 = \frac{0,484 \cdot q}{S \cdot v_h \cdot c \cdot \gamma \cdot 550} = \frac{0,484 \cdot 1080}{0,6 \cdot 0,347 \cdot 0,16 \cdot 7,85 \cdot 550} = 3,62 \text{ cm}$$

$$b_{2a} = k_2 \cdot (h_a - b_1) = 0,224 \cdot (30 - 3,62) = 5,91 \text{ cm}$$

(k_2 được chọn theo biểu đồ $k_2 = 0,224$)

$$\Rightarrow b_{na} = 3,62 + 5,91 = 9,53 \text{ cm}$$

- Tính b_{nc} : $b_{nc} = b_1 + b_{2c}$ trong đó b_1 được tính như trên và có giá trị đúng bằng b_1

của tấm c vì vậy ta có $b_1 = 3,62 \text{ cm}$.

$$b_{2c} = k_2 (h_c - b_1) = 0,224 \cdot (25 - 3,62) = 4,79 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow b_{nc} = 3,62 + 4,79 = 8,41 \text{ cm}$$

Thay vào biểu thức tính nội lực tác dụng ta có :

$$P = 24 \cdot (9,53 + 8,41) \cdot 0,6 = 258,3 \text{ KN}$$

3 - *Tính mô men uốn*.

Từ công thức 3-7 mô men uốn được tính :

$$M = \frac{P \cdot h (a - c)}{2(h - b_0)} = \frac{258,3 \cdot 55 (20,47 - 16,59)}{2(55 - 17,93)}$$

Trong đó: $b_0 = b_{na} + b_{nc} = 9,53 + 8,41 = 17,93 \text{ cm}$; $h = h_a + h_c = 20 + 25 = 55 \text{ cm}$

$a = h_a - b_{na} = 30 - 9,53 = 20,47 \text{ cm}$; $c = h_c - b_{nc} = 25 - 8,41 = 16,59 \text{ cm}$.

Vậy $M = 744 \text{ KN cm}$.

4 - *Tính ứng suất uốn*.

ứng suất uốn được xác định theo công thức 3-8 : $\sigma_u = \frac{3\sigma_T \cdot b_0 (a - c)}{h(h - b_0)}$

Thay các giá trị vào biểu thức trên ta có :

$$\sigma_u = \frac{3 \cdot 24 \cdot 17,93 (20,47 - 16,59)}{55 (55 - 17,93)} = 3,4 \text{ KN/cm}^2$$

5- *Tính độ võng*: độ võng được xác định theo công thức 3-10 : $f = \frac{M \cdot l^2}{8 \cdot E \cdot J}$

Trong đó $J = \frac{S \cdot h^3}{12} = \frac{0,8 \cdot 55^3}{12}$; $E = 2,1 \cdot 10^4 \text{ KN/cm}^2$

Thay các giá trị trên vào công thức tính độ võng ta có :

$$f. = \frac{744 \cdot 150^2 \cdot 12}{8.2 \cdot 1 \cdot 10^4 \cdot 0.8.55^3} = 9.10^{-3} \text{ cm.}$$

- Bài tập :

Tính độ võng khi hàn đắp có kích thước như sau : $S = 8\text{mm}$; $l = 1500 \text{ mm}$; $h = 50 \text{ mm}$; lớp đắp có $c = 2\text{mm}$; vật liệu chế tạo là thép các bon thấp có

$$\sigma_T = 24 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}$$

3. Tính ứng suất và biến dạng khi hàn góc.

3.1. Tính ứng suất và biến dạng khi hàn kết cấu chữ L, hình 3- 4:

Khi hàn kết cấu chữ L thường phát sinh ứng suất và biến dạng, các ứng suất và biến dạng được xác định như sau.

a - Tính lực tác dụng :

$$P = \sigma_T \cdot F_c = \sigma_T \cdot b_n \cdot S \cdot 2 \quad (3- 11)$$

(Vì $F_c = 2 b_n \cdot S$)

b- Tính ứng suất phản kháng :

Theo lý thuyết về lực tác dụng và lực phản kháng ta có

$$P = P_k = \sigma_T \cdot F_c = \sigma_2 \cdot F_k$$

$$\Rightarrow \sigma_2 = \frac{\sigma_T \cdot F_c}{F_k} = \frac{\sigma_T \cdot 2 \cdot b_n \cdot S}{2 \cdot (h - b_n) \cdot S} = \frac{\sigma_T \cdot b_n}{h - b_n}$$

$$\text{vậy : } \sigma_2 = \frac{\sigma_T \cdot b_n}{h - b_n} \quad (3- 12)$$

c- Tính mô men uốn : Mô men uốn được xác định như sau.

$M_1 = \frac{P_1 \cdot h}{2}$ Trong đó P_1 là lực tác dụng lên mỗi tấm, được xác định như sau.

$$P_1 = \frac{P}{2}$$

Mômen tác dụng là tổng hình học của các mô men nội lực mỗi tấm.

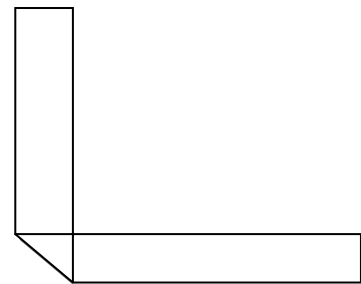
$$M = 2 M_1 \cos \frac{\theta}{2}$$

$$M = \frac{2 p_1 \cdot h}{2} \cdot \cos \frac{\theta}{2} = \frac{ph}{2} \cos \frac{\theta}{2} \quad (3-13)$$

Khi $\theta = 0$ Giống như hàn đắp vào mép tấm, lúc này ta có $M = \frac{ph}{2}$

Khi $\theta = 180^\circ$ giống như hàn giáp mối nếu 2 tấm bằng nhau, lúc này $M=0$.

ứng suất do mô men uốn sinh ra được tính như sau :



Hình 3-4

$$\sigma = \frac{M}{w}$$

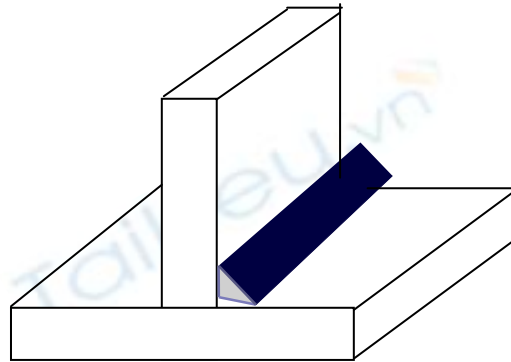
Độ võng được xác định như sau :

$$f = \frac{Ml^2}{8 EJ} \quad (3-14)$$

trong đó M là mô men uốn, l là chiều dài kết cấu, E là mô đun đàn hồi, J là mô men tĩnh.

3.2. Ứng suất và biến dạng khi hàn kết cấu chữ T.

Kết cấu chữ T gồm 2 tấm, một tấm đế và một tấm vách, hàn với nhau bằng 2 mối hàn góc như hình vẽ 3-5.



Hình 3-5

Vùng ứng suất tác dụng sinh ra được xác định như sau :

$$F_c = (2b_1 + 2b_{21} + S_2) S_1 + (b_1 + b_{22}) S_2 + K^2 \quad (3-15)$$

Nội lực tác dụng dọc trục P và ứng suất phản kháng được xác định như sau :

$$P = \sigma_T \cdot F_c \quad (3-16)$$

$$\sigma_2 = \frac{P}{F - F_c} \quad (3-17)$$

Các lực tác dụng được biểu diễn như hình vẽ. Nếu biến do uốn ngang rất nhỏ không đáng kể, lúc này ta có :

$$P = 2P_1 + P_2 \text{ Trong đó :}$$

P_1 là nội lực phản kháng là nội lực phản kháng của tấm đế, được xác định như sau :

$$P_1 = \sigma_2 \left(h_1 - b_{n1} - \frac{S_2}{2} \right) S_1 \quad (3-18)$$

P_2 là nội lực phản kháng của tấm vách và được xác định như sau :

$$P_2 = \sigma_2 (h_2 - b_{n2}) S_2 \quad (3-19)$$

Mô men uốn M của các nội lực tác dụng lên kết cấu là :

$$M = P_2 \cdot y_2 - 2P_1 \cdot y_1 \quad (3-20)$$

Trong đó y_1, y_2 là khoảng cách từ các điểm đặt lực phản kháng $2P_1$ và P_2 đến trọng tâm vùng của vùng ứng suất tác dụng, đồng thời điểm đó cũng là điểm đặt của tác dụng P .

Nếu kết cấu hàn để tự do trong quá trình hàn thì dưới tác dụng của mô men uốn M sẽ bị uốn và sẽ sinh ra ứng suất uốn được xác định như sau :

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

Do ảnh hưởng của mô men uốn mà liên kết bị cong sau khi hàn, tạo ra độ võng và độ võng được xác định như sau :

$$f_{\max} = \frac{M \cdot l^2}{8 EJ} \quad (3-21)$$

4. Các biện pháp giảm ứng suất và biến dạng khi hàn.

4.1. Các biện pháp về kết cấu và công nghệ.

Trong quá trình gia công các kết cấu hàn để hạn chế các biến dạng xảy ra khi thiết kế các kết cấu hàn cần chú ý một số vấn đề sau :

- Sử dụng vật liệu cơ bản nên dùng các loại vật liệu có tính hàn tốt, có độ dẻo cao. Không nên bố trí các đường hàn giao nhau, cố gắng giảm tối đa các mối hàn góc và thay thế bằng các mối hàn giáp mối.
- Khi lắp ghép kết cấu phải tránh những mối hàn đỉnh tạo thành mối ghép cứng, sử dụng đồ gá sao cho khi hàn kim loại có thể tự do co giãn.
- Khi hàn cần chú ý một số vấn đề sau :

Đối với các tấm được chế tạo từ các tấm nhỏ, trước hết phải hàn các mối hàn ngang để tạo thành các giải riêng biệt sau đó hàn các giải này với nhau tạo thành tấm lớn.

Khi hàn các kết cấu dầm cần hàn các mối hàn nối các tấm đế, tấm vách sau đó mới bắt đầu hàn các mối hàn góc liên kết giữa các tấm đế và tấm vách.

Khi hàn các kết cấu thùng chứa bể chứa hình trụ cần hàn các đường hàn dọc của các tấm vòng, sau đó hàn các vòng lại với nhau.

Khi hàn nhiều lớp nhiều đường, thì các lớp sau có hướng ngược với các lớp hàn trước.

4.2. Các biện pháp khử biến dạng.

Trong trường hợp hàn các đường hàn được bố trí đối xứng nhau thì cùng hàn cả 2 phía đồng thời, như vậy biến dạng sinh ra, ở cả 2 phía sẽ có chiều ngược nhau, kết quả là chúng sẽ bị triệt tiêu hoặc sẽ bị giảm xuống còn rất nhỏ. Nếu khi hàn một số kết cấu có thể tạo ra được biến dạng ngược thì cố gắng lắp ghép để khi hàn tạo thành các biến dạng ngược, thông thường hàn các kết cấu tấm để thực hiện phương pháp này.