

CHƯƠNG II

LIÊN KẾT DÙNG TRONG KẾT CẤU THÉP

§1. KHÁI NIỆM CHUNG

Từ thép bản, thép hình nhờ có liên kết mới tạo thành kết cấu thép.

Liên kết hàn

- Phổ biến nhất, tiết kiệm được công chế tạo (bản mắt, bản nối), giảm trọng lượng thép, giảm thời gian (khoan, đột).
- Tạo được liên kết kín.
- Nhược điểm : cần thợ có tay nghề, thiết bị hàn, có độ cứng lớn, quá trình hàn tạo ra nội ứng suất, khó kiểm tra chất lượng đường hàn.

Liên kết bu-lông

- Thi công đơn giản, thuận tiện khi dựng lắp các kết cấu trên cao.
- Có thể tháo lắp dễ dàng, dùng trong công trình tạm thời, lắp tạm các kết cấu.
- Bu-lông cường độ cao : có thể tạo lực kéo trước lớn trong thân bu-lông, dựng lắp nhanh vừa chịu tải trọng nặng, tải trọng động như liên kết đinh tán.

Liên kết đinh tán

- Độ dai lớn, chịu lực động tốt.
- Thi công phức tạp, tốn nhiều công chế tạo và tốn phí vật liệu do khoét lỗ thép cơ bản và tốn thép chế tạo đinh.

§2. LIÊN KẾT HÀN

2.1 Phương pháp hàn

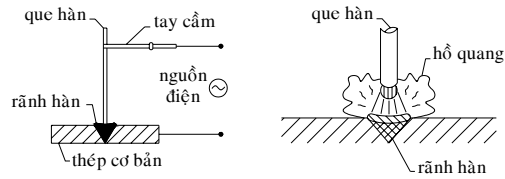
Các phương pháp: hàn tay (SMAW), hàn tự động (SAW), hàn nửa tự động (GMAW), hàn hơi, hàn tiếp xúc.

a. Hàn tay hồ quang

1) Nguyên tắc hàn

Sơ đồ hàn tay được trình bày trên hình (H. 2-1).

Dùng rộng rãi và phổ biến nhất vì : đơn giản, có thể hàn bất kỳ loại đường hàn nào ở những vị trí khác nhau. So với hàn tự động, hàn tay có năng suất thấp, độ sâu rãnh hàn nhỏ.



Hình H. 2-1: Sơ đồ hàn tay hồ quang.

2) Que hàn

Que hàn gồm lõi thép và lớp thuốc bọc chung quanh. Lõi thép có thành phần hóa học và cơ lý tính thép cơ bản.

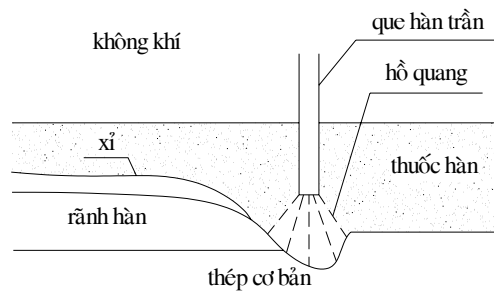
Lớp thuốc bọc que hàn :

- tạo xỉ để đường hàn nguội chậm cho đường hàn bớt dòn và bọt khí hòa lẫn vào rãnh hàn kịp thoát ra ngoài.
- ngăn bớt hồ quang tiếp xúc với không khí để tập trung nhiệt làm nóng chảy kim loại và giảm bớt bọt khí hòa tan vào rãnh hàn.
- tạo thêm ion để hồ quang được liên tục.

b. Hàn nửa tự động và tự động

Hàn nửa tự động: hàn với khí trơ (CO_2 , Ar_2 , He_2) thay thuốc hàn, dùng dây hàn cuộn.

Hàn tự động: được tiến hành dưới lớp thuốc hàn.



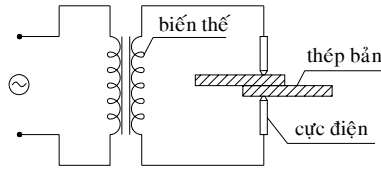
Hình H. 2-2: Hàn hồ quang chìm dưới lớp thuốc hàn.

c. Các phương pháp hàn khác

1. Hàn khí oxy - axetylen

2. Hàn tiếp xúc

Thường dùng nối đối đầu các thép tròn trong bê-tông cốt thép và dùng hàn điểm các tấm thép bản. Sơ đồ hàn tiếp xúc trình bày trên hình (H. 2-3).



Hình H. 2-3: Sơ đồ hàn tiếp xúc

d. Kiểm tra chất lượng đường hàn

- Trước khi hàn

+ trình độ tay nghề thợ hàn.

+ kiểm tra số hiệu que hàn.

+ kiểm tra thép cơ bản, ghép đúng, máy hàn, an toàn lao động.

- Trong khi hàn

+ đảm bảo đúng trình tự hàn.

- Sau khi hàn

+ đường hàn phải đủ kích thước thiết kế, không bị rỗ, không bị cháy.

+ kiểm tra sâu bên trong đường hàn thử : thuốc thử PT, từ tính MT, siêu âm UT, tia phóng xạ RT (tia γ , tia X).

e. Cường độ đường hàn

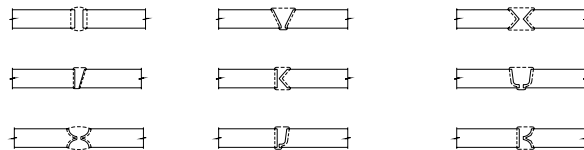
Cường độ tính toán đường hàn phụ thuộc vào loại đường hàn, trạng thái ứng suất, số hiệu que hàn, số hiệu thép cơ bản, phương pháp hàn và phương pháp kiểm tra chất lượng đường hàn. Cường độ đường hàn được trình bày trong TCXDVN 336 : 2006 Bảng 7.

Theo cấu tạo có thể chia ra **đường hàn đối đầu** và **đường hàn góc**.

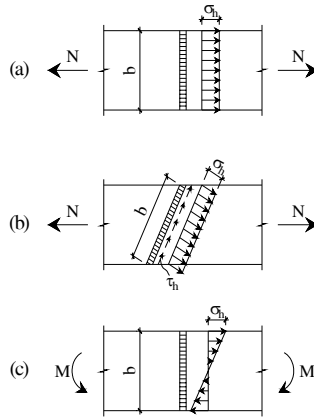
2.2. ĐƯỜNG HÀN ĐỐI ĐẦU

a. Cấu tạo và sự làm việc

Đem hai tấm thép đặt trên cùng một mặt phẳng với một khoảng cách nhất định, hàn lại với nhau tạo thành đường hàn đối đầu (H. 2-4).



Hình H. 2-4: Các loại đường hàn đối đầu



Hình H. 2-5 : Đường hàn đối đầu

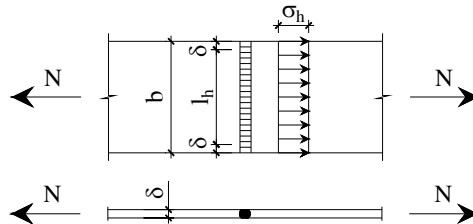
- a. Đường hàn đối đầu thẳng góc với phương chịu lực
- b. Đường hàn đối đầu xiên góc với phương chịu lực
- c. Đường hàn đối đầu chịu momen

Đặc điểm đường hàn đối đầu :

- Tránh được hiện tượng tập trung ứng suất, không tổn thép làm bản ghép.
- Đối với $\delta \geq 8\text{mm}$ (hàn tay) cần phải gia công mép thép cơ bản ở rãnh hàn, do đó tốn thêm công chế tạo. Tùy theo độ dày của thép cơ bản và phương pháp hàn mà gia công mép thép cơ bản theo hình chữ V, U, X, K.
- Tránh phía dưới đường hàn bị khuyết : cần đặt đường hàn trên lớp thuốc hàn (H. II-9a), hoặc trên tấm đệm bằng đồng (H. II-9b), hoặc trên tấm đệm bằng thép (H. II-9c), khi hàn tay nên hàn ở cả hai phía (H. II-9d).

b. Tính mối hàn đối đầu

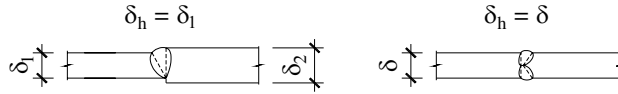
a) Khi chịu lực dọc trục N :



Công thức kiểm tra mối hàn đối đầu khi chịu lực trục như sau:

$$N_k \leq \delta_w l_w f_w \gamma_c \quad (\text{II-1})$$

- trong đó:
- N - lực dọc (N_k : kéo, N_n : nén) tác dụng vào liên kết
 - δ_w - chiều dày mối hàn, lấy bằng chiều dày thép cơ bản
 - l_w - chiều dài mối hàn đối đầu.



Trường hợp không có máng dẫn : trừ bớt mỗi đầu δ_w , lúc đó $l_w = b - 2\delta_w$ (b : chiều rộng thép cơ bản). Trường hợp có máng dẫn : $l_w = b$.

f_w - cường độ chịu kéo, nén của mối hàn đối đầu (xem Bảng 7-TCXDVN 338:2005)

γ_c - hệ số điều kiện làm việc

Bảng 7 – Cường độ tính toán của mối hàn

Dạng liên kết	Trạng thái làm việc	Ký hiệu	Cường độ tính toán
Hàn đối đầu	Nén, kéo và uốn khi kiểm tra chất lượng đường hàn bằng các phương pháp vật lý	Theo giới hạn chảy	$f_w = f$
		Theo sức bền kéo đứt	$f_{wu} = f_t$
	Kéo và uốn	f_w	$f_w = 0,85 f$
	Trượt	f_{wv}	$f_{wv} = f_v$
Hàn góc	Cắt (qui ước)	Theo kim loại mối hàn	$f_{wf} = 0,55 f_{wun} / \gamma_M$
		Theo kim loại ở biên nóng chảy	$f_{ws} = 0,45 f_u$

Ghi chú: 1. f và f_v là cường độ tính toán chịu kéo và cắt của thép được hàn; f_u và f_{wun} là ứng suất kéo đứt tức thời theo tiêu chuẩn sản phẩm (cường độ kéo đứt tiêu chuẩn) của thép được hàn và của kim loại hàn.

2. Hệ số độ tin cậy về cường độ của mối hàn γ_M lấy bằng 1,25 khi $f_{wun} \leq 490 \text{ N/mm}^2$ và bằng 1,35 khi $f_{wun} \geq 590 \text{ N/mm}^2$.

Bảng 8 – Cường độ kéo đứt tiêu chuẩn f_{wun} và cường độ tính toán f_{wf} của kim loại hàn trong mối hàn góc

Đơn vị tính : N/mm^2

Loại que hàn theo TCVN 3223 : 1994	Cường độ kéo đứt tiêu chuẩn f_{wun}	Cường độ tính toán f_{wf}
N42, N42 — 6B	410	180
N46, N46 — 6B	450	200
N50, N50 — 6B	490	215

Nếu công thức (II-1) không thỏa mãn, cần tăng chiều dài đường hàn bằng cách dùng đường hàn xiên góc với phương chịu lực (H. II-5). Nếu dùng độ nghiêng 2:1 thì không cần kiểm tra lại khả năng chịu lực của mối hàn.

Nếu dùng độ nghiêng nhỏ hơn cần kiểm tra theo các công thức sau:

- Theo phương thẳng góc với đường hàn (ứng suất kéo):

$$\sigma_w = N \sin \alpha / \delta_w l_w \leq \gamma_c f_w \quad (\text{II-2})$$

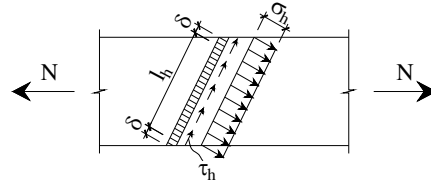
- Theo phương dọc của đường hàn (ứng suất cắt):

$$\tau_w = N \cos \alpha / \delta_w l_w \leq \gamma_c f_{vw} \quad (\text{II-3})$$

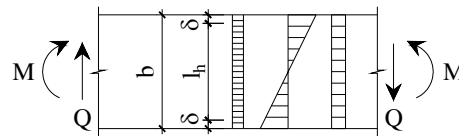
với: $N, \delta_w, \gamma_c, f_w$ - giống như công thức (II-1)

l_w - chiều dài đường hàn xiên góc (H. II-5)

f_{vw} - cường độ chịu cắt của đường hàn, (xem Bảng 7-TCXDVN 338 : 2005)



b) Khi chịu moment và lực cắt (H. II-8c):



Ứng suất trong mối hàn do moment gây ra:

$$\sigma_w = M / W_w$$

Ứng suất trong mối hàn do lực cắt sinh ra (tính gần đúng):

$$\tau_w = Q / \delta_w l_w$$

Kiểm tra mối hàn theo công thức :

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_w^2 + 3\tau_w^2)} \leq \gamma_c f_w \quad (\text{II-4})$$

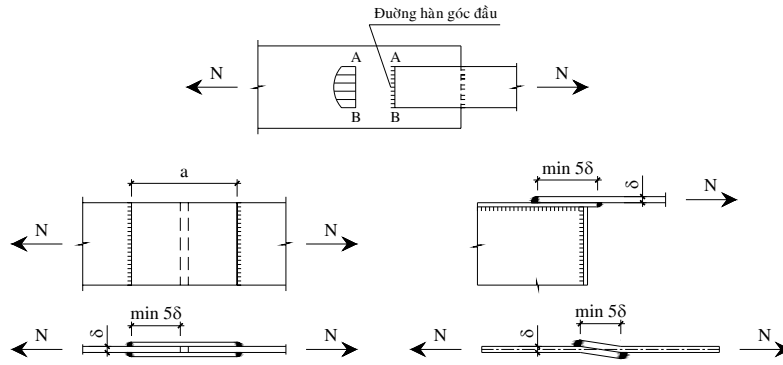
trong đó: $\delta_w, l_w, \gamma_c, f_w$ - giống như công thức (II-1)

W_w - moment chống uốn của mối hàn, $W_w = \delta_w l_w^2 / 6$.

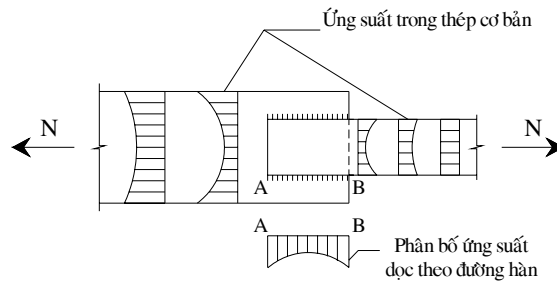
2.3. Đường hàn góc

a. Cấu tạo và sự làm việc

Đường hàn đặt vào góc của hai thép cơ bản gọi là đường hàn góc, chia ra: đường hàn đầu (thẳng góc với phương truyền lực) và đường hàn mép (song song với phương truyền lực).

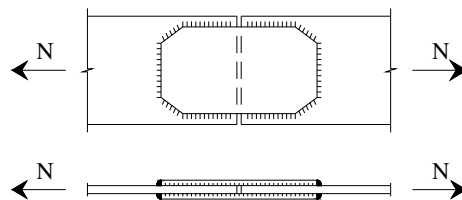


Hình II-10: Đường hàn đầu



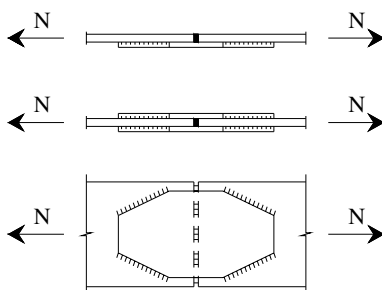
Hình II-11: Đường hàn mép

- Do phương truyền lực qua mối hàn bị thay đổi, bị dồn ép lại, có hiện tượng tập trung ứng suất, bị phá hoại dòn ($\varepsilon = 4 \div 6\%$).
- Phá hoại cắt theo một trong hai tiết diện dọc đhàn hoặc theo biên nóng chảy của TCB.
- Do trạng thái chịu lực phức tạp của đường hàn góc (kéo, cắt ...) nên quy phạm quy định dùng : cường độ đường hàn góc theo kim loại mối hàn có ký hiệu f_{wf} ($f_{wf} = 0.55 f_{wun} / \gamma_M$), cường độ đường hàn góc theo biên nóng chảy có ký hiệu f_{ws} ($f_{ws} = 0.45 f_u$).
- Ứng suất phân bố dọc theo đường hàn mép không đều, hai đầu lớn, ở giữa nhỏ (H. II-11). Nếu L_w quá dài, ứng suất ở hai đầu đạt đến cường độ giới hạn nhưng ở giữa ứng suất vẫn còn rất nhỏ, do vậy QP quy định chiều dài đường hàn mép $l_w \leq 60 h_w$.
- Tốn thép bản ghép, không tốn công gia công mép. Để giảm bớt kích thước bản ghép ta thường dùng đường hàn vòng quanh (H. II-12) và để tránh hiện tượng tập trung ứng suất, góc bản ghép thường bị cắt bỏ.



Hình II-12: Đường hàn vòng quanh

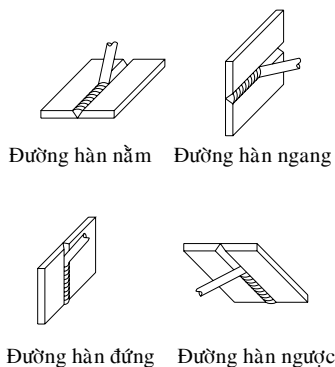
Liên kết hàn hỗn hợp (H. II-13) gồm đòn đối đầu với đòn góc có thêm bản ghép.



Hình II –13: Liên kết hàn hỗn hợp

b. Các cách phân loại đường hàn khác

- Theo vị trí trong không gian chia ra : nằm, đứng, ngang, ngược (H. II-14).

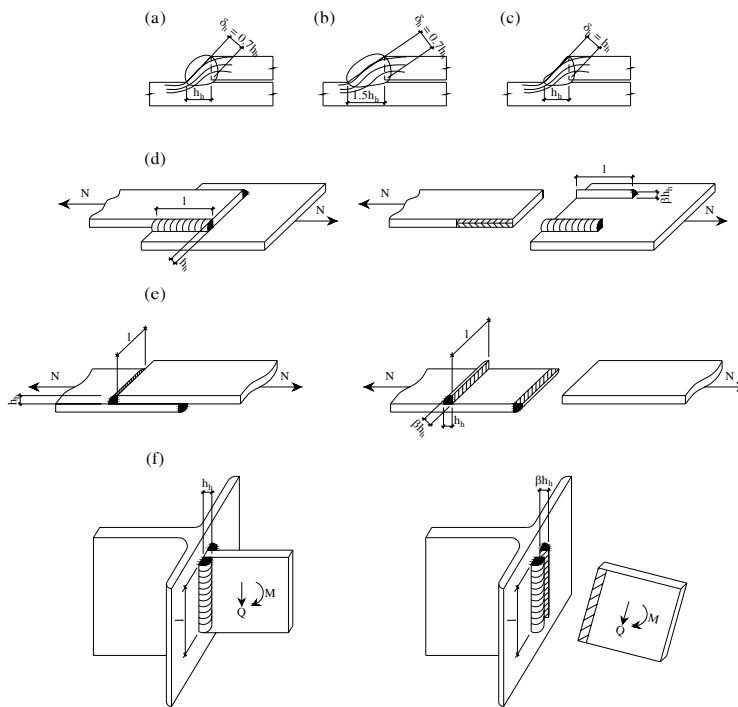


Hình II –14: Phân loại đường hàn theo vị trí trong không gian

- Đường hàn liên tục và đường hàn gián đoạn.
- Đường hàn nhà máy và đường hàn công trường.

c. Tính đường hàn góc

Chiều dày mối hàn góc (δ_f) lấy gần đúng bằng chiều cao tam giác vuông của tiết diện đường hàn. Khi hàn tay, tiết diện đường hàn góc là tam giác vuông cân cho nên $\delta_f = 0,7 h_f$ (H. II-15a). Để giảm bớt ứng suất tập trung ta dùng đường hàn dốc thoải (H. II-15b), trường hợp này lấy gần đúng $\delta_f = 0,7h_f$, trường hợp hàn tự động, rãnh hàn chảy sâu nên $\delta_f = h_f$ (H. II-15c).



Hình II – 15: Diện tích tiết diện để tính đường hàn góc

- a. Đường hàn góc thường b. Đường hàn dốc thoải
 c. Đường hàn sâu d. Tiết diện đường hàn mép
 e. Tiết diện đường hàn đầu f. Đường hàn góc chịu lực cắt và momen

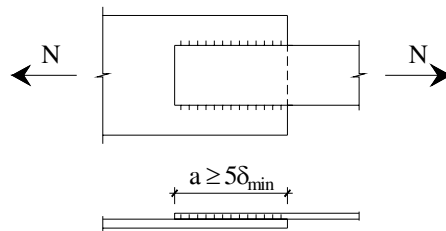
Công thức tổng quát để tính chiều dày đường hàn góc :

$$\delta_f = \beta_{(f,s)} h_f \quad (\text{II-5})$$

trong đó: h_f - chiều cao đường hàn

β (β_f hoặc β_s) - hệ số phụ thuộc phương pháp hàn, đường kính que (dây) hàn, vị trí đường hàn (xem Bảng 37 – TCXDVN 338 : 2005).

a) Khi chịu lực trực



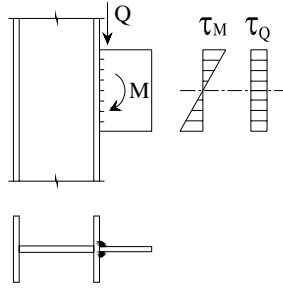
Kiểm tra:

- theo vật liệu đường hàn : $\tau_{wf} = N / A_f = N / (\beta_f h_f l_w) \leq f_{wf} \gamma_c$ (II-6)
- theo vật liệu TCB trên biên nóng chảy: $\tau_{ws} = N / (\beta_s h_f l_w) \leq f_{ws} \gamma_c$ (II-6)

$$h_f \leq 1.2 t_{TCB} \text{ và thường chọn trước, do đó } l_w \geq N / h_f (\beta f_w) \gamma_c \quad (\text{II-7})$$

trong đó : $(\beta f_w) = \min [\beta_f f_{wf}, \beta_s f_{ws}]$.

b) Khi chịu moment và lực cắt:



Khi chịu lực cắt và moment, đường hàn góc kiểm tra theo công thức sau:

$$\tau_{wf} = \sqrt{(\tau_{wf}^M)^2 + (\tau_{wf}^Q)^2} \leq f_{wf} \gamma_c \quad \text{và} \quad \tau_{ws} = \sqrt{(\tau_{ws}^M)^2 + (\tau_{ws}^Q)^2} \leq f_{ws} \gamma_c \quad (\text{II-8})$$

với: τ_{wf}^M - ứng suất tiếp do M gây ra, $\tau_{wf}^M = M / W_f$ (W_f : moment chống uốn của mối hàn).

τ_{wf}^Q - ứng suất tiếp do Q sinh ra và tính gần đúng theo công thức $\tau_{wf}^Q = Q / A_f$ (A_f : diện tích tiết diện đường hàn).

c. Tính liên kết thép góc vào thép bản

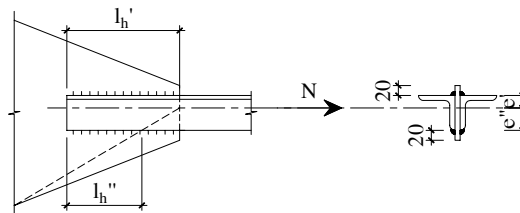
Do trọng tâm của thép góc không nằm giữa cánh của chúng mà nằm lệch về phía góc, cách sống thép góc một đoạn e' và cách mép của cánh một đoạn e'' (H. II-16). Nếu chiều cao đường hàn không đối thì chiều dài đường hàn tính theo công thức sau :

$$l'_w \geq N / (\beta_f h_f f_{wf} \gamma_c) \times \frac{e''}{b} \quad \text{và} \quad l''_w \geq N / (\beta_f h_f f_{wf} \gamma_c) \times \frac{e'}{b} \quad (\text{II-9})$$

$$l'_w \geq N / (\beta_s h_f f_{ws} \gamma_c) \times \frac{e''}{b} \quad \text{và} \quad l''_w \geq N / (\beta_s h_f f_{ws} \gamma_c) \times \frac{e'}{b} \quad (\text{II-9})$$

trong đó: l'_w, l''_w - chiều dài đường hàn phía sống, phía mép của thép góc (H. II-16)

b – cạnh của thép góc



Hình II – 16: Liên kết thép góc vào thép bản

Bảng II - 2: Các trị số $\frac{e'}{b}$ và $\frac{e''}{b}$

Thép góc	Hình thức ghép với thép bản	$\frac{e''}{b}$	$\frac{e'}{b}$
Đều cạnh		0.7	0.3
Không đều cạnh, ghép cạnh ngắn		0.75	0.25
Không đều cạnh, ghép cạnh dài		0.65	0.35

d. Tính liên kết hàn hỗn hợp

_ Theo cách tính gần đúng : theo điều kiện bền của liên kết thì :

$$\sigma_w = N / (A_{tcb} + A_{bg}) \leq f_w \gamma_c \quad (II-10)$$

Từ (II-10) ta tính được diện tích tiết diện cần thiết của bản ghép :

$$A_{bg} \geq (N - f_w \gamma_c A_{tcb}) / f_w \gamma_c \quad (II-11)$$

Chiều dài đường hàn góc liên kết bản ghép với thép cơ bản:

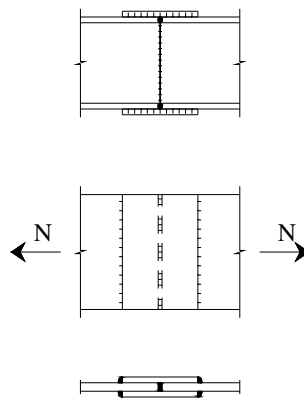
$$l_w = N_{bg} / (\beta_{(f,s)} h_f f_{w(f,s)} \gamma_c) \quad (II-12)$$

trong đó:

A_{cb}, A_{bg} - diện tích tiết diện của thép cơ bản và của bản ghép

$f_w, f_{w(f,s)}$ - cường độ chịu kéo đường hàn đối đầu, cường độ đường hàn góc

$N_{bg} = \sigma_w A_{bg}$ - lực truyền qua bản ghép



_ Theo phương pháp chính xác : cho rằng nội lực N sau khi truyền qua đường hàn đối đầu còn lại sẽ được truyền qua bản ghép và đường hàn góc, diện tích tiết diện bản ghép và chiều dài đường hàn góc được tính theo nội lực còn lại này.

$$\text{Lực truyền qua bản ghép: } N_{bg} = N - A_{tcb} f_w \gamma_c \quad (II-13)$$

$A_{tcb} f_w \gamma_c$ - lực truyền qua đường hàn đối đầu

$$\text{Diện tích tiết diện bản ghép : } A_{bg} = N_{bg} / f \gamma_c \quad (\text{II-14})$$

Chiều dài đường hàn góc liên kết bản ghép với thép cơ bản:

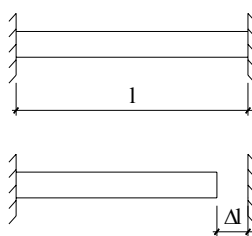
$$l_w \geq N_{bg} / \gamma (\beta_{(f,s)} h_f f_{(wf, ws)} \gamma_c) \quad (\text{II-15})$$

2.4. ỨNG SUẤT HÀN

a. Nguồn gốc phát sinh ứng suất hàn

Khi hàn, nhiệt hồ quang làm thép ở rãnh hàn và vùng chung quanh bị nóng chảy, khi nguội co ngót lại gây ra ứng suất hàn. Ứng suất hàn tạo ra biến hình hàn.

Xét ví dụ : một thanh thép ngàm hai đầu (H. II-21), sau đó đốt nóng thanh thép. Khi $t^0 < 600^0\text{C}$, thanh thép sẽ dẫn ra một đoạn, $\Delta l = \alpha l \Delta t$ với



Hình II – 21

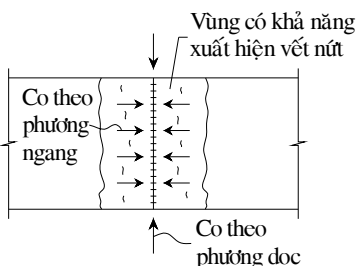
α - hệ số dẫn nở nhiệt của thép, $t^0 \approx 20^0\text{C}$ thì $\alpha = 0,000012$, $t^0 \approx 300^0\text{C}$ thì $\alpha = 0,000018$.

l - chiều dài ban đầu thanh thép

$\Delta t = t_2 - t_1$ - hiệu số nhiệt độ sau và trước khi nung nóng thanh thép

Nhưng vì bị ngàm chặt không cho tự do giãn nở nên trong thanh thép xuất hiện ứng suất trong thanh thép.

Khi $t^0 > 600^0\text{C}$, thép bị dẻo vì nhiệt, ứng suất trên mất đi, tinh thể thép sắp xếp lại. Khi nguội thanh thép sẽ co lại một đoạn Δl , nhưng vì bị ngàm chặt không thể co lại được nên trong nó sẽ xuất hiện ứng suất kéo $\sigma = E \alpha \Delta t$ (H. II-21).



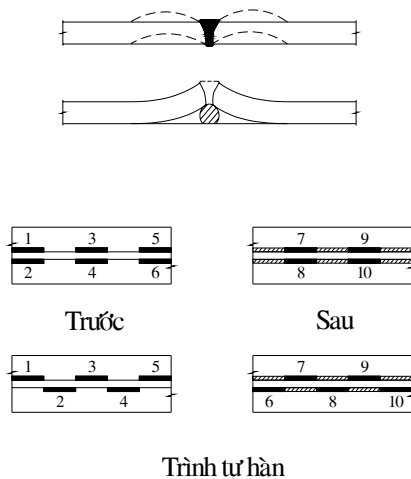
Hình II – 22: Ứng suất hàn trong đường hàn đối đầu

Xét đh đối đầu (H. II-22), tác dụng của nhiệt hồ quang hàn thì rãnh hàn và vùng chung quanh bị chảy lỏng, khi nguội rãnh hàn bị co ngót, nhưng thép ở vùng chung quanh chịu ảnh

hưởng ít của nhiệt hồ quang nên cản trở không cho rãnh hàn co ngót, do đó vùng chung quanh rãnh hàn sinh ra ứng suất kéo. Hiện tượng này tương tự như trường hợp ta xét thanh bị ngâm chặt hai đầu ở trên.

Ứng suất hàn có thể làm vùng chung quanh rãnh hàn bị nứt, hoặc làm cho kết cấu bị biến dạng không sử dụng được. Do đó phải tìm mọi cách để tránh ứng suất hàn và biến hình hàn.

b. Những biện pháp để tránh ứng suất hàn



Hình II – 23: Thép cơ bản uốn ngược chiều với chiều của biến hình hàn

Khi thiết kế và gia công :

- không nên lấy kích thước đường hàn dư ngoài yêu cầu chịu lực và cấu tạo.
- giảm bớt tập trung nhiệt, tránh đường hàn cắt nhau, song song gần nhau.
- chọn trình tự hàn đúng, sao cho ứng suất do đường hàn sau sinh ra triệt tiêu với ứng suất của đường hàn trước.
- đhàn dày quá cần hàn nhiều lớp để ứng suất hàn của lớp sau sẽ triệt tiêu với ứng suất hàn của lớp trước.
- uốn cong thép cơ bản ngược chiều với biến hình hàn (H. II-23).
- khi hàn dưới nhiệt độ thấp cần nung nóng thép cơ bản để giảm bớt chênh lệch nhiệt độ giữa rãnh hàn và vùng chung quanh.

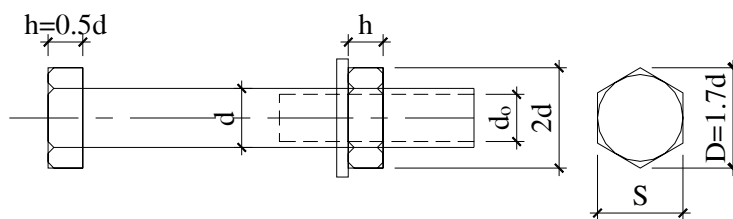
§3. LIÊN KẾT BULÔNG

3.1 Phân loại

Trong kết cấu thép thường dùng 4 loại: thường, chính xác, cường độ cao và BL neo.

- **BL thường** (H. II-41) : sản xuất bằng pp rèn, độ chính xác thấp, sai số đường kính từ $0,75 \div 1.0$ mm. $d_{BL} < d_{lỗ} : 2 \div 3$ mm. Thép làm BL : CT3. Độ biến dạng trượt lớn (gấp

khoảng 10 lần so với liên kết đinh tán) nhưng vẫn dùng rộng rãi trong KCT vì đơn giản chế tạo, thuận lợi dựng lắp, chịu kéo tương đối lớn.



Hình II – 41: Bu lông thường

Bảng B. 2-4. Đường kính bulông, đường kính lỗ, diện tích tiết diện nguyên và thu hẹp

Đường kính BL (mm)	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36
Đường kính lỗ (mm)	14	16	18	20	22	24	26	29.5	32.5	39.5
Diện tích tiết diện nguyên (cm ²)	1.13	1.54	2.01	2.54	3.14	3.80	4.52	5.73	7.07	10.18
Diện tích tiết diện thu hẹp (cm ²)	0.86	1.18	1.57	1.92	2.45	3.03	3.52	4.59	5.60	8.20

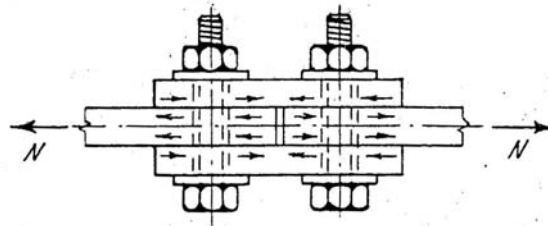
- **BL chính xác** : sản xuất bằng phương pháp tiện, $d_{BL} = d_{lỗ}$. Biến dạng trượt của liên kết rất nhỏ, khả năng chịu lực không kém liên kết đinh tán. Chế tạo và lắp dựng cần độ chính xác cao nên ít dùng.
- **BL cường độ cao** : sản xuất bằng phương pháp tiện, dùng thép có cường độ cao như thép hợp kim 40X, 40XØA, 38XC. Khi vận mũ BL cần lực có dụng cụ đo để khống chế lực kéo trước trong thân đinh. Khi làm việc nội lực truyền qua mặt ma sát của các cấu kiện, giữa thân đinh và thành lỗ luôn có một khe hở. Hệ số ma sát giữa các mặt của cấu kiện có ảnh hưởng rất lớn đến khả năng làm việc của liên kết.
- **BL neo** : dùng để neo cấu kiện bằng thép vào cấu kiện BTCT, chẳng hạn neo vì kèo thép vào cột BTCT, neo cột thép vào móng BTCT.

3.2 Sự làm việc liên kết bulông thường, tinh

_ Giai đoạn chịu lực :

- Khi ngoại lực < lực ma sát : BL chỉ chịu lực kéo ban đầu.

- Khi ngoại lực > lực ma sát : các bản thép trượt tương đối với nhau, thân BL thì



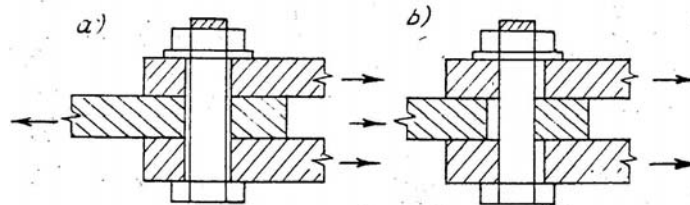
sát vào thành lỗ.

- Lực trượt truyền qua liên kết bằng sự ép thân lên thành lỗ, thân BL chịu cắt, uốn, kéo.
- Lực trượt tiếp tục tăng, độ chặt liên kết giảm, ma sát giảm. Liên kết có thể bị phá hoại do cắt ngang thân BL hoặc xé rách bản thép.

_ Khả năng chịu lực :

- Khả năng chịu cắt của 1 bu-lông :

$$[N]_{vb} = n_v A \gamma_b f_{vb} = (\pi d^2 / 4) n_v \gamma_b f_{vb} \quad (II-30)$$



A – diện tích tiết diện tính toán chịu của thân bu-lông

d - đường kính thân bu-lông (chưa ren)

n_v – số lượng mặt cắt trên thân BL (thường bằng số thép cơ bản trừ 1)

γ_b - hệ số điều kiện làm việc của liên kết bu-lông (xem Bảng 38 – TCXDVN 338 : 2005, đối với bu-lông thô (thường) $\gamma_{bt} = 0.9$ và đối với bu-lông tinh $\gamma_{bt} = 1.0$).

f_{vb} - cường độ tính toán chịu cắt của bu-lông (xem Bảng 9 _ TCXDVN 338 : 2005)

- Khả năng chịu ép mặt của thành lỗ lên 1 bu lông:

$$[N]_{cb} = d (\sum t)_{\min} \gamma_b f_{cb} \quad (II-31)$$

d - đường kính thân bu-lông (chưa ren)

f_{cb} - cường độ tính toán ép mặt của bulông (xem Bảng 9 _ TCXDVN 338 : 2005)

$(\sum t)_{\min}$ – tổng chiều dày nhỏ nhất của các bản thép bị trượt về một bên

- Khả năng chịu kéo của 1 bu lông :

$$[N]_{tb} = A_{bn} f_{tb} = (\pi d_o^2 / 4) f_{tb} \quad (II-32)$$

A_{bn} – diện tích tiết diện thực của thân bu-lông (xem Bảng B.4 _ TCXDVN 338 : 2005)

d_0 - đường kính bu-lông sau khi đã ren

f_{tb} - cường độ tính toán chịu kéo của bu-lông (xem Bảng 9 _ TCXDVN 338 : 2005)

Khả năng chịu lực nhỏ nhất $[N]_{\min}^b = \min \{ [N]_{vb}, [N]_{cb}, [N]_{tb} \}$ và thay vào các công thức (II-21), (II-25), (II-26) để tính liên kết bu-lông thường khi chịu lực trục, khi chịu lực cắt và momen. Khi dùng công thức (II-29), chú ý thay phần bên phải bất đẳng thức bằng $[N]_k^b$.

Cần kiểm tra khả năng chịu lực của thép cơ bản sau khi đã khoét lỗ.

Bảng 9 _ Cường độ tính toán của liên kết một bulông

Trạng thái làm việc	Ký hiệu	Cường độ chịu cắt và kéo của bulông ứng với cấp độ bền			Cường độ chịu ép mặt của cấu kiện thép có giới hạn chảy dưới 440 N/mm ²
		4.6; 5.6; 6.6	4.8; 5.8	8.8; 10.9	
Cắt	f_{vb}	$f_{vb} = 0,38 f_{ub}$	$f_{vb} = 0,4 f_{ub}$	$f_{vb} = 0,4 f_{ub}$	—
Kéo	f_{tb}	$f_{tb} = 0,42 f_{ub}$	$f_{tb} = 0,4 f_{ub}$	$f_{tb} = 0,5 f_{ub}$	—
Ep mặt : a. Bulông tinh	f_{cb}	—	—	—	$f_{cb} = \left(0,6 + 410 \frac{f_u}{E} \right) f_u$
b. Bulông thô và bulông thường		—	—	—	$f_{cb} = \left(0,6 + 340 \frac{f_u}{E} \right) f_u$

Bảng 10 _ Cường độ tính toán chịu cắt và kéo của bulông

Đơn vị tính : N/mm²

Trạng thái làm việc	Ký hiệu	Cấp độ bền						
		4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	8.8	10.9
Cắt	f_{vb}	150	160	190	200	230	320	400
Kéo	f_{tb}	170	160	210	200	250	400	500

Bảng 11 _ Cường độ tính toán chịu ép mặt của bulông f_{cb}

Đơn vị tính: N/mm²

Giới hạn bền kéo đứt của thép cấu kiện được liên kết	Giá trị f_{cb}	
	Bulông tinh	Bulông thô và thường

0	435	395
380	515	465
400	560	505
420	600	540
440	650	585
450	675	605
480	745	670
500	795	710
520	850	760
540	905	805

3.3 Tính liên kết BL chịu lực cắt và moment

Lần lượt qua các bước sau:

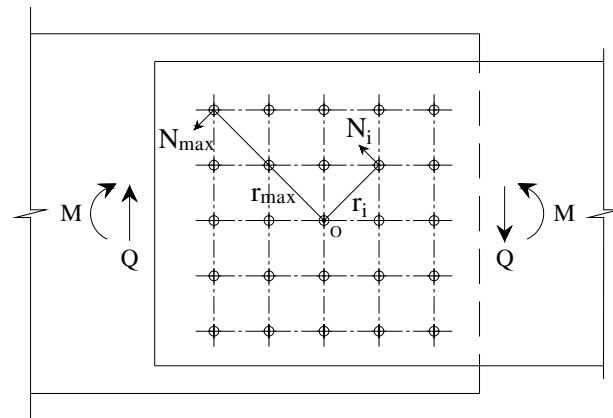
- Chọn đường kính lỗ và bố trí BL.
- Tính $[N]_{\min}$ của một BL.
- Kiểm tra khả năng chịu lực của BL.

Lực cắt phân phối đều cho tất cả các đinh : $V = Q / n$ (II-23)

Q _ lực cắt tác dụng lên liên kết

n - số lượng bulông đã bố trí trên liên kết

Xác định lực do M phân phối lên các BL giả thiết liên kết quay quanh tâm O (H. II-32). Lực do momen phân phối lên các BL tỷ lệ thuận với khoảng cách từ BL đó đến tâm quay, BL càng xa tâm quay chịu lực càng lớn.



Hình II – 32: Tính liên kết BL khi chịu lực cắt và momen

$$N_1 / r_1 = N_2 / r_2 = N_3 / r_3 = \dots \quad (a)$$

Có thể viết: $N_2 = N_1 r_2 / r_1, N_3 = N_1 r_3 / r_1, \dots, N_n = N_1 r_n / r_1$ (b)

Ta lại biết: $M = N_1 r_1 + N_2 r_2 + \dots + N_n r_n = \sum N_i r_i$ (c)

Thay (b) vào (c): $M = N_1 r_1 + N_1 r_2^2 / r_1 + \dots + N_1 r_n^2 / r_1 = N_1 \sum r_i^2 / r_1$ (d)

Từ đó, nội lực do M phân phối cho BL xa nhất chịu, cũng là BL chịu lực lớn nhất :

$$N_1 = M r_1 / \sum r_i^2 \quad (e)$$

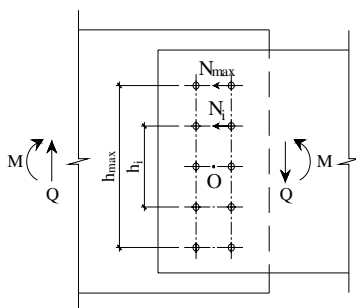
Cần chú ý $\sum r_i^2 = \sum x_i^2 + \sum y_i^2$ (x_i, y_i - hình chiếu bằng và hình chiếu đứng của khoảng cách r_i) : $N_1 = M r_1 / (\sum x_i^2 + \sum y_i^2)$ (II-24)

Để đảm bảo an toàn cho liên kết, nội lực trong BL xa nhất phải thỏa mãn điều kiện:

$$N_{\max} \leq [N]_{\min} \quad (II-25)$$

N_{\max} - hợp lực của V và N_1 trong bulông xa tâm quay nhất

Trường hợp liên kết cao và hẹp như khi nối bản bụng dầm tán, ta có thể tính gần đúng bằng cách bỏ qua thành phần đứng của N_i và hình chiếu nằm ngang của r_i (H. II-33).



Hình II – 33: Tính gần đúng liên kết BL chịu lực cắt và momen

Nếu ta thay các trị số y_i bằng các trị số e_i (H. II-33) ta được:

$$N_1 = M (h_1/2) / n_1 \sum (h_i/2)^2 = 2 M h_1 / n_1 \sum h_i^2 \quad (II-27)$$

- Kiểm tra lại khả năng chịu lực của TCB sau khi đã bị khoét lỗ. Sau khi bị khoét lỗ ứng suất trong TCB tính như sau :

$$\sigma = M / W_n, \tau = Q / A_n \text{ (tính gần đúng)}$$

Để đảm bảo an toàn thép cơ bản phải thỏa mãn điều kiện:

$$\sigma_{td} = \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)} \leq f \quad (II-28)$$

W_n - moment chống uốn của tiết diện thu hẹp, $W_n = I_n / (h/2) = I - I_{lỗ}$

$I, I_{lỗ}, I_n$ - lần lượt là moment quán tính của tiết diện, tiết diện lỗ và tiết diện thu hẹp đối với trục trung hòa.

A_n - diện tích tiết diện thu hẹp

Khi tính liên kết BL chịu moment, BL chịu kéo (H. II-34), ta xem toàn bộ liên kết quay quanh tâm O.

Tương tự như khi thành lập công thức (H-24), lực kéo lớn nhất sẽ xảy ra trong BL xa tâm quay nhất, liên kết đảm bảo an toàn khi:

$$N_1 = M h_1 / n_1 \sum h_i^2 \leq \pi (d^2/4) f_{tb} \quad (II-29)$$

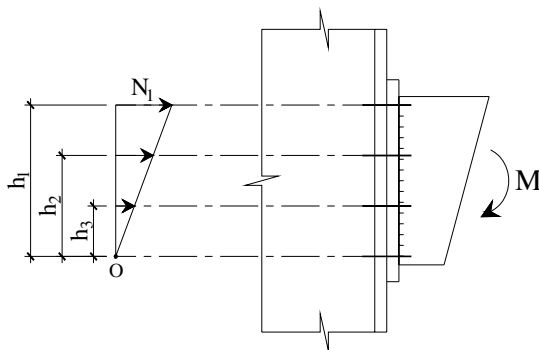
h_i - khoảng cách từ tâm quay O đến từng BL

n_1 - BL trong hàng trên cùng

d - đường kính BL

f_{tb} - cường độ tính toán chịu kéo của BL (xem Bảng 9 _ TCXDVN 338 : 2005)

Lực cắt của loại liên kết này thường do gối đỡ đã hàn sẵn vào cột chịu.



Hình II – 34: Liên kết chịu momen, BL tán chịu kéo

3.4 Tính liên kết bu-lông cường độ cao

Khả năng chịu lực của 1 bu-lông cường độ cao tính theo công thức :

$$[N]_b = f_{hb} \gamma_{bl} A_{bn} (\mu / \gamma_{b2}) \quad (\text{II-33})$$

f_{hb} - cường độ tính toán chịu kéo của BL cường độ cao (lấy theo Điều 4.2.5 TCXDVN 338 : 2005) trong đó $f_{hb} = 0.7 f_{ub}$. Cường độ kéo đứt tiêu chuẩn f_{ub} của thép làm bu-lông cường độ cao xem Bảng B.5, Phụ Lục B, TCXDVN 338.

γ_{bl} - hệ số điều kiện làm việc của liên kết BL, phụ thuộc số lượng BL, lấy như sau :

$$\gamma_{bl} = 0.8 \text{ nếu } n_a < 5 ; \gamma_{bl} = 0.9 \text{ nếu } 5 \leq n_a < 10 ; \gamma_{bl} = 1.0 \text{ nếu } n_a > 10$$

A_{bn} - diện tích tiết diện thực của bu-lông (xem Bảng B.4, Phụ Lục B)

μ - hệ số ma sát lấy theo Bảng 39

γ_{b2} - hệ số độ tin cậy của liên kết lấy theo Bảng 39

$$\text{Lực kéo trước trong thân đỉnh do xiết ê-cu, lấy bằng } P = f_{hb} A_{bn} \quad (\text{II-34})$$

Số lượng bulông ĐC n_a xác định : $n_a \geq N / n_f [N]_b \gamma_c$

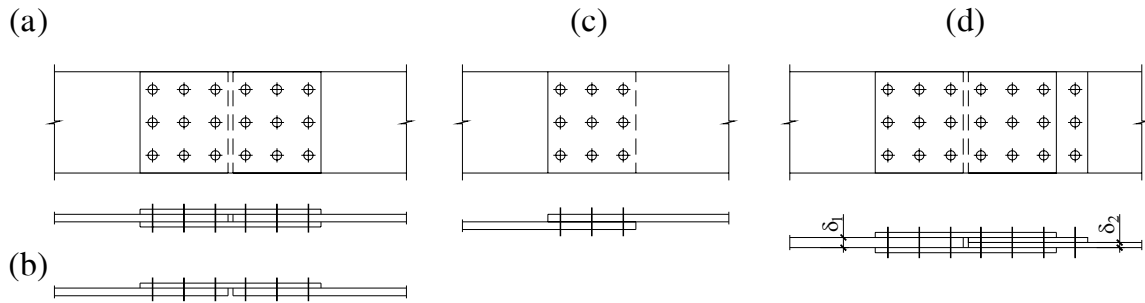
n_f - số lượng mặt ma sát của liên kết

3.5 Hình thức liên kết

_ Liên kết đối đầu (H. II-26a,b): dùng hai bản ghép hoặc một bản ghép (H. II-26b). Trong trường hợp này để kể đến độ lệch tâm, tăng lên 10% số lượng bulông so với tính toán.

_ Liên kết ghép chồng (H. II-26c).

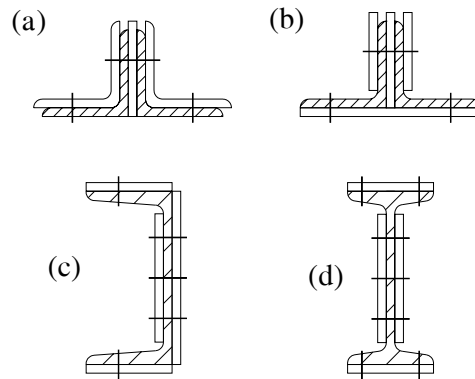
_ Khi TCB có chiều dày khác nhau : cần thêm tấm đệm kéo dài ra ngoài bản ghép để đủ chỗ tán thêm một hàng BL, liên kết riêng tấm đệm với thép cơ bản (H. II-26d).



Hình II – 26: Hình thức liên kết BL đối với thép bản

- a. Liên kết đối đầu có bản ghép hai bên
- b. Liên kết đối đầu có bản ghép một bên
- c. Liên kết ghép chồng
- d. Liên kết hai tấm thép không cùng độ dày

Đối với thép bản cũng như thép hình cần chú ý là diện tích tiết diện bản ghép (hoặc thanh thép) bao giờ cũng phải lớn hơn hay bằng diện tích tiết diện thép cơ bản tại mặt cắt đi qua khe liên kết ($A_{bg} \geq A_{cb}$).

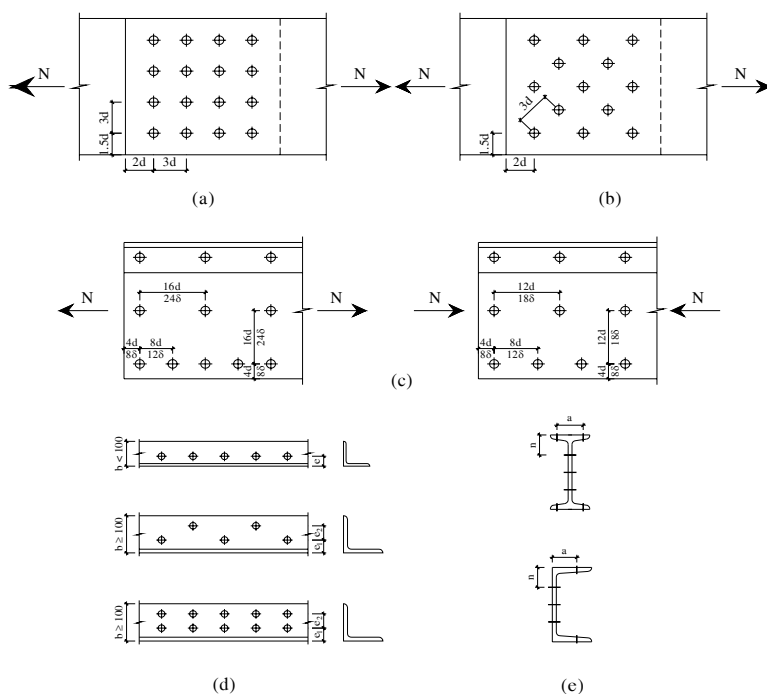


Hình II – 27: Liên kết đỉnh tán dùng thép hình.

- a. Dùng thép có cùng số hiệu để làm thanh ghép
- b. Dùng thép bản để làm bản ghép
- c. Liên kết thép I
- d. Liên kết thép I

3.6 Bố trí bulông

Có thể bố trí song song (H. II-28a) hoặc bố trí so le (H. II-28b). TCB không bị khoét lỗ quá nhiều làm ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của liên kết. Khoảng cách giữa các BL, cũng như khoảng cách giữa BL với mép hoặc đầu của TCB và thép bản ghép, không được nhỏ hơn các trị số trình bày trên hình (H. II-28a, b) và Bảng 44.



Hình II – 28: Bố trí bulông trên thép bản và thép hình

a. Bố trí song song

b. Bố trí so le

c. Bước max

d. Bố trí trên thép góc

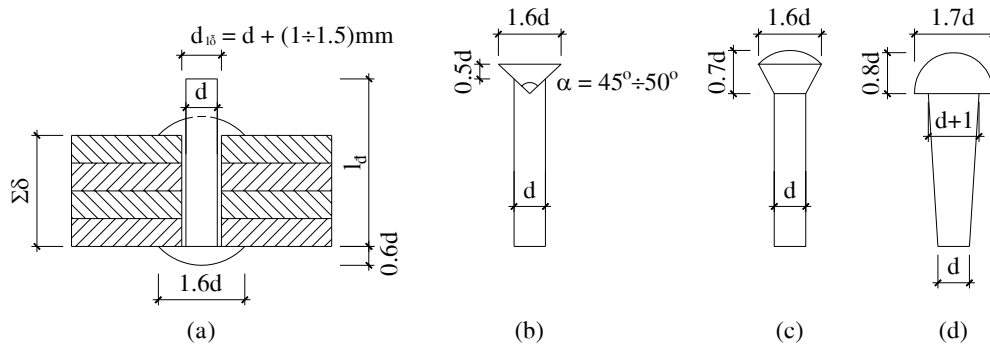
e. Bố trí trên thép I, [

Bảng 44 _ Quy định bố trí bulông

Đặc điểm của khoảng cách	Trị số khoảng cách
1) Khoảng cách giữa tâm đinh theo hướng bất kỳ: a – Nhỏ nhất b – Lớn nhất trong các dãy biên khi không có thép góc viền: chịu kéo và chịu nén c - Lớn nhất trong các dãy giữa và các dãy biên khi có thép góc viền: - Khi chịu kéo - Khi chịu nén	2.5d 8d hoặc 12t 16d hoặc 24t 12d hoặc 18t
2) Khoảng cách từ tâm đinh tới mép cấu kiện a- Nhỏ nhất dọc theo lực b- Nhỏ nhất khi vuông góc với lực : _ Khi mép cắt _ Khi mép cán c- Lớn nhất d- Nhỏ nhất đ/v BL cường độ cao khi mép bất kỳ và hướng bất kỳ	2d 1.5d 1.2d 4d hoặc 8d 1.3d
Các ký hiệu: d - đường kính lỗ đinh t - chiều dày mỏng hơn của cấu kiện bên ngoài	

§4. HIỂU BIẾT CHUNG VỀ LIÊN KẾT ĐINH TÁN

4.1 Cấu tạo và phân loại



Hình II – 24: Đinh tán

- _ Chế tạo bằng thép tròn, dùng pp rèn hoặc dập để tạo thành mũ đinh.
- _ Phân loại : mũ bán cầu (H. II-24a), đầu chìm (H. II-24b), đầu cao (H. II-24c).
- _ Chiều dài đinh tán tính theo công thức: $l_d = 1.12 \sum \delta + 1.4 d$ (II-17)
- _ $d = 16, 18, 20, 22, 24, 27 \text{ mm}$, $d_{i\delta} = 17, 19, 21, 23, 25, 28.5 \text{ mm}$.
- _ Thép làm đinh có số hiệu tương ứng với số hiệu TCB nhưng có độ giãn dài lớn hơn. nếu thép cơ bản có số hiệu CT3 thì dùng đinh có số hiệu CT2 hoặc CT3 đinh.

4.2 Lỗ đinh

Lỗ đinh có ảnh hưởng lớn đến khả năng chịu lực của liên kết đinh tán. Thành lỗ càng nhẵn càng chịu lực tốt. Có ba phương pháp khoét lỗ đinh.

Đột lỗ: năng suất cao nhưng thành lỗ nhám, thiếu chính xác, chung quanh thành lỗ từ $1 \div 3 \text{ mm}$ bị cứng nguội.

Khoan lỗ: thành lỗ nhẵn, chính xác nhưng năng suất thấp.

Đột rồi khoan : đem TCB đột lỗ có đường kính nhỏ hơn đường kính thiết kế từ $1 \div 3 \text{ mm}$, sau đó khoan các lỗ rộng ra đến đường kính thiết kế. Dùng phương pháp này vừa có năng suất cao lại đảm bảo vị trí lỗ đinh chính xác, thành lỗ nhẵn và không bị cứng nguội.