TCVN **TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

TCVN 12160:2017
ISO 20332:2016

Xuất bản lần 1

CẦN TRỤC - KIỂM NGHIỆM KHẢ NĂNG CHỊU TẢI CỦA KẾT CẤU THÉP

Cranes - Proof of competence of steel structures

HÀ NỘI - 2017

Lời nói đầu

TCVN 12160:2017 hoàn toàn tương đương với ISO 20332:2016.

TCVN 12160:2017 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 96 *Cần cẩu* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA TCVN 12160:2017

Cần trục - Kiểm nghiệm khả năng chịu tải của kết cấu thép

Cranes – Proof of competence of steel structures

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định các điều kiện, yêu cầu, phương pháp và giá trị các thông số chung để thực hiện kiểm nghiệm khả năng chịu tải của các kết cấu thép cần trục dựa trên phương pháp trạng thái giới hạn. Tiêu chuẩn này được sử dụng với các tải trọng và tổ hợp tải trọng quy định trong các phần của TCVN 11417 (ISO 8686).

Tiêu chuẩn này quy định yêu cầu chung cho tất cả các loại cần trục. Các tiêu chuẩn khác có thể cung cấp các yêu cầu riêng đối với việc kiểm nghiệm các loại cần trục cụ thể.

Việc kiểm nghiệm bằng tính toán lý thuyết và/hoặc thử nghiệm có mục đích ngăn chặn các mối nguy hiểm liên quan đến hoạt động của kết cấu thông qua việc thiết lập các giới hạn về độ bền, ví dụ như giới hạn chảy, độ bền tĩnh, độ bền mỏi hoặc gãy giòn.

Theo TCVN 11417 (ISO 8686), có hai phương pháp tính toán kiểm nghiệm khả năng chịu tải của kết cấu: phương pháp trạng thái giới hạn – áp dụng các hệ số an toàn thành phần và phương pháp ứng suất cho phép – áp dụng hệ số an toàn chung. Phương pháp ứng suất được cho phép như một lựa chọn thay thế cho phương pháp trạng thái giới hạn quy định trong tiêu chuẩn này.

Các tính toán kiểm nghiệm khả năng chịu tải của các phụ trợ (ví dụ như tay vịn, bậc thang, lối đi, cabin) không thuộc phạm vi tiêu chuẩn này. Tuy nhiên phải tính đến ảnh hưởng của các phụ trợ này lên kết cấu chính.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 312-1:2007 (ISO 148-1:2006), *Vật liệu kim loại – Thử va đập con lắc Charpy – Phần 1: Phương pháp thử.*

TCVN 2245-2:1999 (ISO 286-2:1988) + ISO 286-2:1988/Cor 1:2006, *Hệ thống ISO về dung sai và lắp ghép – Phần 2: Bảng cấp dung sai tiêu chuẩn và sai lệch giới hạn của lỗ và trục.*

TCVN 4399:2008 (ISO 404:1992), *Thép và sản phẩm thép – Yêu cầu kỹ thuật chung khi cung cấp.*

TCVN 8242-1 (ISO 4306-1), *Cần trục – Từ vựng – Phần 1: Quy định chung.*

TCVN 8590-1:2010 (ISO 4301-1:1986), *Cần trục - Phân loại theo chế độ làm việc - Phần 1: Yêu cầu chung.*

TCVN 11417-1 (ISO 8686-1) Cần trục – Nguyên tắc tính toán tải trọng và tổ hợp tải trọng – Phần 1: Quy định chung.

TCVN 11417-2 (ISO 8686-2) Cần trục – Nguyên tắc tính toán tải trọng và tổ hợp tải trọng – Phần 2: Cần trục tự hành.

TCVN 11417-3 (ISO 8686-3) Cần trục – Nguyên tắc tính toán tải trọng và tổ hợp tải trọng – Phần 3: Cần trục tháp.

TCVN 11417-4 (ISO 8686-4) Cần trục – Nguyên tắc tính toán tải trọng và tổ hợp tải trọng – Phần 4: Cần trục tay cần.

TCVN 11417-5 (ISO 8686-5) Cần trục – Nguyên tắc tính toán tải trọng và tổ hợp tải trọng – Phần 5: Cầu trục và cổng trục.

ISO 273:1979, *Fastener – Clearance holes for bolts and screws (Chi tiết ghép – Lỗ thông cho bu lông và vít).*

ISO 898-1:2013, *Mechanical properties of fastner made of carbon steel and alloy steel – Part 1: Bolts, screws and studs with specified property classes – Coarse thread and fine pitch thread (Cơ tính của chi tiết ghép bằng thép cacbon và thép hợp kim – Phần 1: Bu lông, vít và vít cấy với các nhóm đặc tính cho trước – Ren bước lớn và ren bước nhỏ).*

ISO 4042:1999, *Fastener – Electroplated coatings (Bu lông – Mạ điện).*

ISO 5817:2014, *Welding – Fusion-welded joints in steel, nikel, titanium and their alloys (beam welding excluded) – Quality levels for imperfections (Hàn – Các liên kết hàn nóng chảy ở thép, niken, titan và các hợp kim của chúng (trừ hàn chùm tia) – Mức chất lượng đối với khuyết tật).*

ISO 7752:2013, *Hot-rolled steel plates – Tollerance on dimensions and shape (Thép tấm cán nóng – Dung sai kích thước và hình dáng).*

ISO 7788:1985, *Steel - Surface finish of hot-rolled plates and wide flats – Delivery requirements (Thép – Hoàn thiện bề mặt của thép tấm và thép lá cán nóng – Yêu cầu khi cung cấp).*

ISO 9013:2002, *Thermal cutting – Classification of cuts – Geometrical product specification and quality tolerances (Cắt bằng nhiệt – Phân loại vết cắt – Đặc điểm hình học của sản phẩm và dung sai chất lượng).*

ISO 9587:2007, *Metallic and other inorganic coatings – Pretratments of iron or steel to reduce the risk of hydrogen ambrittlement (Mạ kim loại hoặc phủ vô cơ khác – Tiền xử lý gang hoặc thép giảm nguy cơ giòn hóa hydro).*

ISO 12100[1)], *Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design – Risk assessment and risk reduction (An toàn máy – Khái niệm cơ bản, nguyên tắc chung cho thiết kế - Đánh giá rủi ro và giảm thiểu rủi ro).*

ISO 15330:1999, *Festeners – Preloading test for the detection of hydrogen ambrittlement – Parallel bearing surface method (Mối ghép ren – Thử lực xiết để phát hiện giòn hóa hidro – Phương pháp bề mặt tựa song song).*

ISO 17659:2002, *Welding - Multilingualterms for weldedjoints with illustrations (Hàn - Thuật ngữ bằng nhiều ngôn ngữ cho các mối hàn với hình minh họa).*

3 Thuật ngữ, định nghĩa, ký hiệu và chữ viết tắt

Trong tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa trong ISO 12100, ISO 17659 và TCVN 8242-1:2009 (ISO 4306-1:2007), Điều 6 và các thuật ngữ, định nghĩa, ký hiệu, chữ viết tắt sau (xem Bảng 1):

3.1

Cấp độ bền của thép (grade of steel)

Dấu hiệu để xác định độ bền của thép, thường định nghĩa bằng giới hạn chảy (f_y), hoặc đôi khi bằng giới hạn bền (f_u).

3.2

Chất lượng của thép (quality of steel)

Dấu hiệu để xác định độ dai va đập và nhiệt độ thử của thép.

1) Trong hệ thống tiêu chuẩn quốc gia đã có TCVN 7383:2004 hoàn toàn tương đương ISO 12100:2003.

Bảng 1 – Ký hiệu và chữ viết tắt chính sử dụng trong tiêu chuẩn

Ký hiệu	Mô tả
A	Tiết diện
A_{eq}	Diện tích tương đương sử dụng trong tính toán
A_n	Diện tích tiết diện thực tế qua các lỗ lắp bu lông, chốt
A_r	Đường kính chân ren của bu long
A_S	Tiết diện tính ứng suất của bu long
a	Kích thước hình học
a_{hi}	Kích thước hình học của chiều sâu hàn (độ ngấu mối hàn)
a_t	Chiều dày hiệu dụng của mối hàn
b	Kích thước hình học
c	Kích thước hình học
b_{eff}	Kích thước hiệu dụng dùng trong tính toán
b_t	Kích thước hình học
D_A	Đường kính của hình trụ hiệu dụng của vật liệu chi tiết kẹp (tấm ghép)
D_i	Đường kính trong của chốt rỗng
D_o	Đường kính ngoài của chốt rỗng
d	Đường kính thân bu lông, chốt
d_h	Đường kính lỗ
d_w	Đường kính vùng tiếp xúc của đầu bu lông
d_o	Đường kính lỗ
E	Mô đun đàn hồi
e_1, e_2	Khoảng cách đến các mép
F	Lực
F_b	Lực kéo bu lông
$F_{b,Rd}$	Lực gây dập giới hạn khi tính toán
$F_{b,Sd}$, $F_{bi,Sd}$	Lực gây dập tính toán

Bảng 1 – Ký hiệu và chữ viết tắt chính sử dụng trong tiêu chuẩn *(tiếp theo)*

Ký hiệu	Mô tả
ΔF_b	Lực phụ
F_{cr}	Sự giảm của lực nén do ngoại lực kéo
$F_{cs,Rd}$	Lực kéo giới hạn khi tính toán
F_d	Lực giới hạn
$F_{e,t}$	Ngoại lực (trong mối ghép bu lông)
F_k	Giá trị đặc trưng (lực)
F_p	Lực siết bu lông
$F_{p,d}$	Lực siết tính toán
F_{Rd}	Lực giới hạn khi tính toán
F_{Sd}	Lực tính toán của phần tử
$F_{s,Rd}$	Lực trượt giới hạn khi tính toán cho mỗi bu lông ở mỗi bề mặt ma sát
$F_{t1,Rd}$, $F_{t2,Rd}$	Lực kéo giới hạn khi tính toán cho mỗi bu lông
$F_{t,Sd}$	Ngoại lực kéo cho mỗi bu lông
$F_{v,Rd}$	Lực cắt giới hạn khi tính toán cho mỗi bu lông/chốt ở mỗi mặt phẳng cắt
$F_{v,Sd}$	Lực cắt tính toán cho mỗi bu lông/chốt ở mỗi mặt phẳng cắt
$F_{\sigma,\tau}$	Lực tác động gây ứng suất pháp/ứng suất tiếp
F	Sự không hoàn thiện bên ngoài mặt phẳng của tấm
$f_{b,Rd,x}$	Ứng suất giới hạn khi tính toán nén dọc
$f_{b,Rd,y}$	Ứng suất giới hạn khi tính toán nén ngang
$f_{b,Rd,r}$	Ứng suất giới hạn khi tính toán nén dọc
f_d	Ứng suất giới hạn
f_k	Giá trị đặc trưng (ứng suất)
f_{Rd}	Ứng suất giới hạn khi tính toán
f_u	Giới hạn bền của vật liệu
f_{ub}	Giới hạn bền của các bu lông
f_{uw}	Giới hạn bền của mối hàn

Bảng 1 – Ký hiệu và chữ viết tắt chính sử dụng trong tiêu chuẩn *(tiếp theo)*

Ký hiệu	Mô tả
$f_{w,Rd}$	Ứng suất giới hạn khi tính toán của mối hàn
f_y	Giới hạn chảy của vật liệu hoặc giới hạn dẻo, độ giãn dẻo 0,2%
f_{yb}	Giới hạn chảy của bu lông
f_{yk}	Giới hạn chảy (giá trị nhỏ nhất) của vật liệu cơ sở hoặc phần tử
f_{yp}	Giới hạn chảy của chốt
h	Chiều dày của chi tiết gia công
h_d	Khoảng cách giữa mối hàn và vùng tiếp xúc của tải trọng tác dụng
I	Mô men quán tính
K_b	Độ cứng (xô nghiêng) của bu lông
K_c	Độ cứng (xô nghiêng) của vành
k_m	Hệ số phổ ứng suất bậc m của chi tiết đang được xem xét
k^*	Hệ số tỉ lệ của phổ riêng
$k_{\sigma,x}, k_\tau$	Hệ số ổn định cục bộ của tấm
L	Chiều dài cữ chuẩn của phần tử chịu nén
l_k	Chiều dài hiệu dụng (chiều dài tương đương) khi chịu kéo
l_m	Chiều dài ... của sự không hoàn hảo của tấm
l_r	Chiều dài hiệu dụng của mối hàn
l_w	Chiều dài mối hàn
l_1	Chiều dài hiệu dụng khi chịu kéo không hạn chế
l_2	Chiều dài hiệu dụng khi chịu kéo hạn chế
M_{Rd}	Mô men uốn giới hạn khi tính toán
M_{Sd}	Mô men uốn tính toán
M	Hằng số độ dốc (nghịch đảo âm) của đường cong logσ/log$N$ (bậc của đường cong mỏi)
N	Số chu trình ứng suất giới hạn về mỏi ứng với ứng suất được mô tả bằng $\sigma_{a,i}$ và $\sigma_{m,i}$
N_c	Lực nén

Bảng 1 - Ký hiệu và chữ viết tắt chính sử dụng trong tiêu chuẩn *(tiếp theo)*

Ký hiệu	Mô tả
N_k	Lực ổn định tới hạn của phần tử chịu nén
N_{Rd}	Lực nén giới hạn khi tính toán
N_{Sd}	Lực nén tính toán
N_{ref}	Số chu trình ứng suất tham chiếu (số chu trình cơ sở khi thử mỏi)
N_t	Tổng số lần xuất hiện
NC	Cấp tập trung ứng suất
NDT	Thử không phá huỷ
n_i	Số chu trình ứng suất với biên độ ứng suất trong dải *i*
N	Số bu lông chịu tải như nhau
P_s	Xác suất không hỏng
p_1, p_2	Khoảng cách giữa tâm các bu lông
Q	Khối lượng lớn nhất của tải nâng
q_l	Hệ số độ dai va đập
R_d	Sức bền (cường độ) tính toán
R	Bán kính bánh xe
S	Cấp của hệ số quá trình ứng suất *s*
S_d	Ứng suất hoặc tải trọng tính toán
s_m	Hệ số quá trình ứng suất
T	Nhiệt độ
TIG	Hàn đầu Vonfram bảo vệ bằng khí trơ (hàn TIG)
T	Chiều dày
U	Cấp sử dụng
U	Hệ số hình dáng
V	Tỉ số đường kính
W_{el}	Mô đun chống uốn của tiết diện
α	Hệ số đặc trưng đối với mối ghép chốt (không có khe hở với lỗ)

Bảng 1 – Ký hiệu và chữ viết tắt chính sử dụng trong tiêu chuẩn *(tiếp theo)*

Ký hiệu	Mô tả
α_w	Hệ số đặc trưng đối với ứng suất giới hạn trong mối hàn
γ_{mf}	Hệ số dự trữ bền mỏi riêng
γ_m	Hệ số dự trữ bền chung
γ_p	Hệ số an toàn thành phần
γ_R	Hệ số dự trữ bền tổng thể
γ_{Rb}	Hệ số dự trữ bền tổng thể của bu lông
γ_{Rc}	Hệ số dự trữ bền tổng thể về kéo đối với các tiết diện có lỗ
γ_{Rm}	Hệ số dự trữ bền tổng thể đối với các phần tử
γ_{Rp}	Hệ số dự trữ bền tổng thể đối với chốt
γ_{Rs}	Hệ số dự trữ bền tổng thể đối với các mối ghép chống trượt
γ_s	Hệ số dự trữ bền riêng
γ_{sb}	Hệ số dự trữ bền riêng của bu lông
γ_{sm}	Hệ số dự trữ bền riêng đối với các phần tử
γ_{sp}	Hệ số dự trữ bền riêng đối với chốt
γ_{ss}	Hệ số dự trữ bền riêng đối với các mối ghép chống trượt
γ_{st}	Hệ số dự trữ bền riêng về kéo đối với các tiết diện có lỗ
$\Delta\delta_i$	Độ giãn dài tăng thêm
δ_p	Độ giãn dài do dự ứng lực (lực siết bu lông)
Θ_i	Độ nghiêng của các phần tử
κ	Góc phân tán
λ	Chiều rộng vùng tiếp xúc theo hướng mối hàn
μ	Hệ số trượt
ν	Tổng số chu trình ứng suất tương đối (chuẩn hoá)
ν_D	Tỉ số các đường kính
σ	Ứng suất riêng
$\Delta\sigma$	Khoảng thay đổi ứng suất

Bảng 1 – Ký hiệu và chữ viết tắt chính sử dụng trong tiêu chuẩn *(kết thúc)*

Ký hiệu	Mô tả
$\Delta\sigma_j$	Khoảng thay đổi ứng suất mức *j*
$\Delta\hat{\sigma}$	Khoảng thay đổi ứng suất lớn nhất
σ_b	Giá trị cực hạn dưới của chu trình ứng suất
$\Delta\sigma_c$	Độ bền mỏi đặc trưng (ứng suất pháp)
σ_e	Ứng suất tham chiếu cho ổn định tấm
σ_m	Ứng suất trung bình được chọn khi đếm chu trình ứng suất theo phương pháp một tham số
$\Delta\sigma_{Rd}$	Khoảng thay đổi ứng suất giới hạn (ứng suất pháp, tính toán)
$\Delta\sigma_{Rd,1}$	Khoảng thay đổi ứng suất giới hạn khi k* = 1 (tính toán)
σ_{Sd}	Ứng suất tính toán (ứng suất pháp)
$\Delta\sigma_{Sd}$	Khoảng thay đổi ứng suất tính toán (ứng suất pháp)
$\sigma_{Sd,x}$	Ứng suất tính toán (nén dọc)
$\sigma_{Sd,y}$	Ứng suất nén ngang tính toán (nén ngang)
σ_u	Giá trị cực hạn trên của chu trình ứng suất
$\sigma_{w,Sd}$	Ứng suất tính toán trong mối hàn (ứng suất pháp)
σ_x, σ_y	Thành phần ứng suất pháp theo phương x, y
$\hat{\sigma}_a$	Biên độ ứng suất lớn nhất
$min\sigma$, $max\sigma$	Cực trị của ứng suất
τ	Ứng suất tiếp
$\Delta\tau_c$	Độ bền mỏi đặc trưng (ứng suất tiếp)
τ_{Sd}	Ứng suất tính toán (ứng suất tiếp)
$\Delta\tau_{Sd}$	Khoảng thay đổi ứng suất giới hạn (ứng suất tiếp, tính toán)
$\Delta\tau_{Rd}$	Khoảng thay đổi ứng suất tính toán (ứng suất tiếp)
$\tau_{w,Sd}$	Ứng suất tính toán trong mối hàn (ứng suất tiếp)
ϕ_i	Hệ số động
ψ	Tỉ số ứng suất theo chiều ngang tấm

4 Quy định chung

4.1 Nguyên tắc chung

Tính toán kiểm nghiệm khả năng chịu tải phải thực hiện cho các bộ phận, phần tử và chi tiết chịu tải hoặc số chu trình chịu tải có thể gây ra các hư hỏng, nứt gẫy hoặc biến dạng ảnh hưởng đến các tính năng của cần trục.

CHÚ THÍCH: Xem TCVN 11417 (ISO 8086) về thông tin áp dụng cho các loại cần trục khác nhau. Không phải tất cả các tính toán được áp dụng cho mọi loại cần trục.

4.2 Hồ sơ

Hồ sơ về tính toán kiểm nghiệm khả năng chịu tải phải bao gồm:

- Các giả thiết tính toán, bao gồm cả các mô hình tính;
- Các tải trọng và tổ hợp tải trọng áp dụng;
- Đặc tính của vật liệu;
- Các mức chất lượng hàn theo TCVN 7473 (ISO 5817);
- Đặc tính của các chi tiết ghép;
- Trạng thái giới hạn liên quan;
- Kết quả tính toán kiểm nghiệm và thử nghiệm khi có thể áp dụng.

4.3 Phương pháp thay thế

Khả năng chịu tải có thể được thực hiện bằng thực nghiệm để bổ sung hoặc phối hợp với tính toán. Độ lớn và sự phân bố tải trọng trong quá trình thử phải tương ứng với tải trọng tính toán và tổ hợp tải trọng cho các trạng thái giới hạn thích hợp.

Ngoài ra, cũng có thể sử dụng các phương pháp lý thuyết hoặc thực nghiệm tiên tiến đã được công nhận, đáp ứng các nguyên tắc quy định trong tiêu chuẩn này.

4.4 Vật liệu của các phần tử kết cấu

Khuyến nghị các loại thép phù hợp với các tiêu chuẩn sau:

- ISO 630;
- TCVN 11233-1 (ISO 6930-1);
- TCVN 11229-1 (ISO 4950-1);
- TCVN 11234-1 (ISO 4951-1), TCVN 11234-2 (ISO 4951-2) và TCVN 11234-3 (ISO 4951-3).

Khi sử dụng các loại thép khác phải biết các giá trị cụ thể của f_u, f_y. Các đặc tính cơ học khác và thành phần hoá học phải được chỉ rõ theo TCVN 4399 (ISO 404). Ngoài ra các điều kiện sau đây phải được đáp ứng:

- Giá trị tính toán của f_y phải được giới hạn đến giá trị $f_u/1,05$ đối với các vật liệu có $f_u/f_y < 1,05$;
- Độ dãn dài phần trăm tại điểm phá hủy A ≥ 7% trên chiều dài cữ đo $L_0 = 5,65 \times \sqrt{S_0}$ (với S_0 là diện tích mặt cắt ngang nguyên bản);
- Tính hàn được hoặc không hàn được của vật liệu phải được chỉ rõ và nếu định hàn thì tính hàn phải được chứng minh;
- Nếu vật liệu định sử dụng để tạo hình nguội thì các thông số liên quan phải được chỉ rõ.

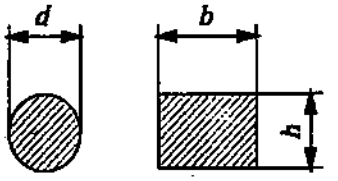
Để có thể sử dụng các giá trị danh nghĩa của chiều dày tấm khi tính toán kiểm nghiệm thì giới hạn dung sai dưới của tấm phải bằng hoặc tốt hơn so với cấp A trong ISO 7452:2013. Ngược lại, giá trị nhỏ nhất của chiều dày tấm theo thực tế phải được sử dụng.

Khi kiểm tra cấp độ bền và chất lượng của thép (xem các tiêu chuẩn tham khảo) sử dụng cho các phần tử chịu kéo, tổng các hệ số độ dai va đập q_i phải được xem xét. Bảng 2 cung cấp các hệ số q_i với các ảnh hưởng khác nhau. Năng lượng/nhiệt độ yêu cầu khi thử va đập phụ thuộc vào Σq_i cho trong Bảng 3 và phải được nhà sản xuất thép chỉ rõ trên cơ sở TCVN 312-1 (ISO 148-1).

Bảng 2 – Hệ số độ dai va đập

i	Ảnh hưởng		q_i
1	Nhiệt độ T (°C) của môi trường làm việc	$0 \le T$	0
		$-10 \le T < 0$	1
		$-20 \le T < -10$	2
		$-30 \le T < -20$	3
		$-40 \le T < -30$	4
		$-50 \le T < -40$	6
2	Giới hạn chảy f_y (N/mm^2)	$f_i \le 300$	0
		$300 < f_y \le 460$	1
		$460 < f_y \le 700$	2
		$700 < f_y \le 1000$	3
		$1000 < f_y \le 1300$	4

Bảng 2 – Hệ số độ dai va đập (*kết thúc*)

i	Ảnh hưởng		q_i
3	Chiều dày vật liệu t (mm) Chiều dày tương đương t đối với thanh đặc:  $t = \frac{d}{1,8}$ khi $\frac{b}{h} < 1,8$: $t = \frac{b}{1,8}$	$t \le 10$	0
		$10 < t \le 20$	1
		$20 < t \le 40$	2
		$40 < t \le 60$	3
		$60 < t \le 80$	4
		$80 < t \le 100$	5
		$100 < t \le 125$	6
		$125 < t \le 150$	7
4	Tập trung ứng suất và cấp tập trung ứng suất: theo đặc trưng $\Delta\sigma_c$ (N/mm²) (xem Phụ lục D)	$\Delta\sigma_c > 125$	0
		$80 < \Delta\sigma_c \le 125$	1
		$56 < \Delta\sigma_c \le 80$	2
		$40 < \Delta\sigma_c \le 56$	3
		$30 < \Delta\sigma_c \le 40$	4
		$\Delta\sigma_c \le 30$	5
5	Sử dụng độ bền tĩnh (xem 5.3.1)	$\sigma_{Sd} > 0,75 \times f_{Rdσ}$	0
		$0,5 \times f_{Rdσ} < \sigma_{Sd}$ và $\sigma_{Sd} \le 0,75 \times f_{Rdσ}$	-1
		$0,25 \times f_{Rdσ} < \sigma_{Sd}$ và $\sigma_{Sd} \le 0,5 \times f_{Rdσ}$	-2
		$\sigma_{Sd} \le 0,25 \times f_{Rdσ}$	-3

Bảng 3 – Độ dai va đập yêu cầu tương ứng với Σq_i

	$\Sigma q_i \le 5$	$6 \le \Sigma q_i \le 8$	$9 \le \Sigma q_i \le 11$	$12 \le \Sigma q_i \le 14$
Yêu cầu về năng lượng va đập /nhiệt độ thử	27J / +20°C	27J / +0°C	27J / –20°C	27J / –40°C

4.5 Mối ghép bu lông

4.5.1 Vật liệu bu lông

Đối với các mối ghép bu lông, phải sử dụng bu lông với các cấp bền 4.6, 5.6, 8.8, 10.9 hoặc 12.9 theo ISO 898-1. Bảng 4 thể hiện các giá trị danh nghĩa liên quan đến độ bền đối với các cấp này.

Bảng 4 – Cấp độ bền của bu lông

Cấp độ bền của bu long	4.6	5.6	8.8	10.9	12.9
f_{yb} (N/mm^2)	240	300	640	900	1080
f_{ub} (N/mm^2)	400	500	800	1000	1200

Khi cần thiết, người thiết kế có thể yêu cầu nhà cung cấp bu lông chứng minh sự phù hợp với các yêu cầu chống lại sự giòn hoá hyđrô đối với các cấp bền 10.9 và 12.9. Các yêu cầu kỹ thuật có thể tìm thấy tại ISO 15330, ISO 4042 và ISO 9587.

4.5.2 Quy định chung

Trong tiêu chuẩn này, các mối ghép bu lông là mối ghép giữa các phần tử hoặc/và bộ phận, sử dụng các bu lông như sau:

- Khi chịu rung động, chịu tải trọng đảo chiều hoặc tải trọng thay đổi, hoặc khi các mặt ghép bị trượt có thể gây ra các thay đổi hình học có hại thì các bu lông phải được siết đủ để ép các bề mặt ghép với nhau;
- Có thể siết chặt các mối ghép bu lông khác;
- Các bề mặt ghép phải đảm bảo chống xoay (ví dụ: bằng cách sử dụng nhiều bu lông).

4.5.3 Mối ghép chịu cắt và dập

Trong tiêu chuẩn này, các mối ghép chịu cắt và dập là các mối ghép chịu tải trọng vuông góc với đường tâm bu lông, gây ra ứng suất cắt và ứng suất dập trên bu lông, ứng suất dập tại các chi tiết ghép, áp dụng như sau:

- Khe hở giữa thân bu lông và lỗ ghép phải tuân thủ TCVN 2245-2 (ISO 286-2), dung sai h13 và H11 hoặc nhỏ hơn, khi các bu lông chịu lực đảo chiều hoặc khi các mặt ghép bị trượt có thể gây ra các thay đổi hình học có hại;
- Trong một số trường hợp, khe hở lớn hơn có thể được sử dụng;
- Thì tính toán dập chỉ xem xét phần không có ren trên thân bu lông;
- Không có yêu cầu đặc biệt về việc xử lý các bề mặt tiếp xúc.

4.5.4 Mối ghép giữ bằng ma sát (mối ghép chống trượt bằng ma sát)

Trong tiêu chuẩn này, các mối ghép giữ bằng ma sát là các mối ghép mà tải trọng được truyền bằng ma sát giữa các bề mặt ghép, áp dụng như sau:

- Phải sử dụng các bu lông cường độ cao, cấp bền 8.8, 10.9, hoặc 12.9 theo ISO 898-1;
- Phải kiểm soát lực siết các bu lông để đạt giá trị đã định;
- Trạng thái bề mặt ghép phải được chỉ định và được xem xét một cách phù hợp;
- Ngoài các lỗ tiêu chuẩn, cho phép sử dụng lỗ lớn hơn hoặc lỗ hạt đậu.

4.5.5 Mối ghép chịu kéo

Trong tiêu chuẩn này, các mối ghép chịu kéo là các mối ghép chịu lực dọc đường tâm bu lông và gây ra ứng suất dọc trục bu lông, áp dụng như sau:

- Các mối ghép siết chặt phải sử dụng bu lông cường độ cao, cấp bền 8.8, 10.9, hoặc 12.9 theo ISO 898-1, được kiểm soát lực siết đạt giá trị đã định;
- Phải xem xét sự gia tăng lực kéo bu lông do sự lệch tâm (hiệu ứng đòn bẩy) gây ra bởi hình dáng mối ghép;
- Khi đánh giá độ bền mỏi phải xem xét sự thay đổi của lực kéo do các đặc điểm kết cấu của mối ghép, chẳng hạn độ cứng của các chi tiết ghép và độ lệch tâm.

CHÚ THÍCH: Các bu lông chịu kéo không siết được xem xét như các phần tử kết cấu.

4.6 Mối ghép chốt

Trong tiêu chuẩn này, các mối ghép chốt là các mối ghép không hạn chế chi tiết ghép quay tương đối với nhau. Chỉ xem xét các chốt tròn.

Các yêu cầu áp dụng cho mối ghép chốt được thiết kế để chịu tải trọng, tức là không áp dụng cho các liên kết chỉ để giúp việc lắp đặt được thuận tiện.

Khe hở giữa chốt và lỗ phải tuân thủ TCVN 2245-2 (ISO 286-2), dung sai h13 và H13, hoặc nhỏ hơn. Trong trường hợp tải trọng có chiều thay đổi, phải áp dụng khe hở nhỏ hơn.

Tất cả các chốt phải có các phương tiện để ngăn chặn chốt dịch chuyển khỏi lỗ.

Khi các mối ghép chốt cho phép quay khi chịu tải thì phương tiện giữ chốt phải ngăn chặn chốt dịch chuyển dọc trục.

Để hạn chế biến dạng cục bộ ngoài mặt phẳng ghép (bị vồng lên) phải tính đến độ cứng của các chi tiết tham gia mối ghép.

4.7 Mối ghép hàn

Trong tiêu chuẩn này, mối ghép hàn là các mối ghép giữa các phần tử và/hoặc bộ phận, sử dụng quá trình hàn nóng chảy và các chi tiết ghép có độ dày 3 mm hoặc lớn hơn.

Các thuật ngữ về mối ghép hàn được quy định tại ISO 17659.

Có thể áp dụng các mức chất lượng hàn theo TCVN 7472 (ISO 5817) và phải sử dụng các phương pháp thử không phá huỷ thích hợp để kiểm tra sự phù hợp các yêu cầu về mức chất lượng.

Nói chung, đối với thép có giới hạn bền nhỏ hơn 400 N/mm^2, mức chất lượng C được chấp nhận cho các mối ghép hàn có yêu cầu kiểm nghiệm khả năng chịu tải tĩnh.

Chỉ có thể áp dụng mức chất lượng D cho các liên kết khi hư hỏng cục bộ tại mối hàn không gây ra hư hỏng kết cấu hoặc rơi tải năng.

Mặc dù sự phân bố ứng suất dọc chiều dài mối hàn có thể không đều nhưng trong đa số các trường hợp sự phân bố này có thể được coi là đều. Tuy nhiên, các kiểu phân bố khác có thể được giả định khi thoả mãn các yêu cầu cơ bản về sự cân bằng và tính liên tục, cũng như phản ánh đúng các đặc tính biến dạng của mối ghép.

Ứng suất dư và ứng suất không tham gia truyền lực không cần phải xem xét khi tính toán mối hàn chịu tải trọng tĩnh. Điều này áp dụng cụ thể cho ứng suất pháp song song với trục của mối hàn, đã được hấp thụ bởi vật liệu cơ sở.

Khi độ bền kéo tĩnh của mối hàn giáp mối được thử nghiệm thì thử nghiệm này có thể tiến hành mà không cần loại bỏ các gia cố của mối hàn.

4.8 Kiểm nghiệm khả năng chịu tải của các thành phần kết cấu và các mối ghép

Đối tượng cần kiểm nghiệm phải chứng minh được rằng ứng suất hoặc tải trọng tính toán S_d không vượt quá sức bền tính toán R_d:

$$S_d \leq R_d \tag{1}$$

Ứng suất hoặc tải trọng tính toán S_d phải được xác định bằng cách áp dụng các tải trọng, tổ hợp tải trọng thích hợp và các hệ số an toàn thành phần quy định trong TCVN 11417 (ISO 8686).

Trong các điều khoản sau đây, sức bền tính toán R_d được thể hiện bằng ứng suất giới hạn f_d hoặc lực giới hạn F_d.

Đối với các phần tử và mối ghép phải thực hiện các kiểm nghiệm về khả năng chịu tải sau đây:

- Kiểm nghiệm độ bền tĩnh theo Điều 5;
- Kiểm nghiệm độ bền mỏi theo Điều 6;
- Kiểm nghiệm độ ổn định đàn hồi theo Điều 7.

5 Kiểm nghiệm độ bền tĩnh

5.1 Quy định chung

Kiểm nghiệm độ bền tĩnh bằng tính toán có mục đích ngăn chặn biến dạng quá mức do sự chảy dẻo của vật liệu, sự trượt của các mối ghép giữ bằng ma sát, sự mất ổn định đàn hồi và sự nứt gãy của các

phần tử kết cấu và mối ghép. Các hệ số động cho trong TCVN 11417 (ISO 8686) được sử dụng để tính tải trọng tĩnh tương đương nhằm mô phỏng các ảnh hưởng động.

Sử dụng lý thuyết dẻo để tính toán khả năng tải giới hạn không được chấp nhận trong các điều khoản của tiêu chuẩn này.

Việc kiểm nghiệm phải thực hiện cho các phần tử kết cấu và các mối ghép khi xem xét các ảnh hưởng bất lợi nhất ở các tổ hợp tải trọng A, B hoặc C từ các phần tương ứng của TCVN 11417 (ISO 8686) và so sánh với sức bền tính toán quy định tại 5.2 dưới đây.

Tiêu chuẩn này chỉ xem xét các ứng suất danh nghĩa, tức là các ứng suất tính theo lý thuyết đàn hồi; các ảnh hưởng của tập trung ứng suất cục bộ không được tính đến. Khi sử dụng các ứng suất tính theo các phương pháp khác để kiểm nghiệm theo tiêu chuẩn này, chẳng hạn như phương pháp phần tử hữu hạn, có thể đưa đến những kết quả thận trọng quá mức.

5.2 Tải trọng giới hạn và ứng suất giới hạn khi tính toán

5.2.1 Quy định chung

Ứng suất giới hạn khi tính toán được xác định theo:

$$f_{Rd} = f(f_k, \gamma_R) \tag{2}$$

Tải trọng giới hạn khi tính toán được xác định theo:

$$F_{Rd} = f(F_k, \gamma_R) \tag{3}$$

Trong đó:

f_k, F_k các giá trị đặc trưng (hoặc danh nghĩa);

γ_R hệ số dự trữ bền tổng thể: $\gamma_R = \gamma_m \times \gamma_s$

γ_m hệ số dự trữ bền chung: $\gamma_m = 1,1$

γ_s hệ số dự trữ bền riêng, áp dụng cho các bộ phận cụ thể của kết cấu, lấy theo các điều khoản dưới đây.

f_{Rd} và F_{Rd} tương đương với R/γ_m trong TCVN 11417-1 (ISO 8686-1), Hình A.2.

5.2.2 Ứng suất giới hạn khi tính toán trong các phần tử kết cấu

Ứng suất giới hạn khi tính toán f_{Rd}, sử dụng để kiểm nghiệm các phần tử kết cấu, phải được xác định theo:

$$f_{Rd\sigma} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{Rm}} \text{ đối với ứng suất pháp} \tag{4}$$

$f_{Rd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{Rm}\sqrt{3}}$ đối với ứng suất tiếp (5)

với $\gamma_{Rm} = \gamma_m \times \gamma_{sm}$

Trong đó:

f_{yk} là giới hạn chảy nhỏ nhất của vật liệu;

γ_{sm} là hệ số dự trữ bền riêng đối với vật liệu:

- Đối với vật liệu không chế tạo bằng phương pháp cán: γ_{sm} = 0,95;
- Đối với vật liệu cán (ví dụ: thép tấm, thép hình):

γ_{sm} = 0,95 đối với ứng suất trong mặt phẳng cán;

γ_{sm} = 0,95 đối với ứng suất nén và ứng suất tiếp;

- Đối với ứng suất kéo, vuông góc với mặt phẳng cán (xem Hình 1):

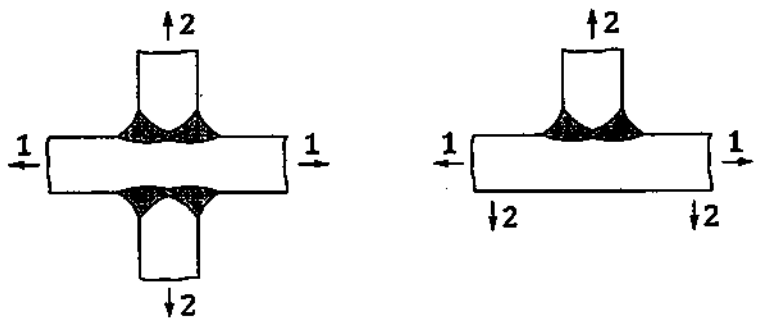
γ_{sm} = 1,0 đối với tấm có chiều dày nhỏ hơn 15 mm hoặc vật liệu có phần diện tích bị giảm nhiều hơn 20%;

γ_{sm} = 1,16 đối với vật liệu có phần diện tích bị giảm từ 20% đến 10%;

γ_{sm} = 1,50 đối với vật liệu có phần diện tích bị giảm dưới 10%.

Vật liệu phải có khả năng chịu tải vuông góc và không có các khuyết tật ở cấu trúc lớp.

CHÚ THÍCH: Phần diện tích bị giảm là hiệu số của diện tích tiết diện ban đầu của chi tiết thử và diện tích nhỏ nhất của tiết diện đo được sau khi bị tách rời hoàn toàn, tính bằng phần trăm so với diện tích gốc.



CHÚ DẪN

1 hướng của mặt phẳng cán

2 hướng của ứng suất/tải trọng

Hình 1 – Tải trọng kéo vuông góc với mặt phẳng cán

5.2.3 Tải trọng giới hạn khi tính toán đối với mối ghép bu lông

5.2.3.1 Mối ghép chịu cắt và dập

5.2.3.1.1 Quy định chung

Độ bền của mối ghép phải lấy giá trị nhỏ nhất trong các tải trọng giới hạn của các phần tử ghép riêng biệt.

Ngoài khả năng chịu dập của các phần tử ghép, các trạng thái giới hạn khác phải được kiểm tra tại các tiết diện có ứng suất lớn nhất bằng cách sử dụng hệ số dự trữ bền của vật liệu cơ sở.

Chỉ phần không có ren trên thân bu lông mới được coi là hiệu dụng trong tính toán độ bền dập.

5.2.3.1.2 Bu lông bị cắt

Lực cắt giới hạn khi tính toán $F_{v,Rd}$ cho mỗi bu lông tại mỗi mặt phẳng cắt được xác định như sau:

Khi ren không nằm trong mặt phẳng cắt:

$$F_{v,Rd} = \frac{f_{yb} \times A}{\gamma_{Rb} \times \sqrt{3}} \quad (6)$$

Khi ren nằm trong mặt phẳng cắt:

$$F_{v,Rd} = \frac{f_{yb} \times A_S}{\gamma_{Rb} \times \sqrt{3}} \quad (7)$$

Hoặc đơn giản hơn:

$$F_{v,Rd} = 0{,}75 \times \frac{f_{yb} \times A}{\gamma_{Rb} \times \sqrt{3}} \quad (8)$$

với $\gamma_{Rb} = \gamma_m \times \gamma_{sb}$

Trong đó:

f_{yb} giới hạn chảy (giá trị danh nghĩa) của vật liệu bu lông (xem Bảng 4);

A diện tích mặt cắt ngang thân bu lông tại mặt phẳng cắt;

A_S diện tích tính ứng suất của bu lông (xem ISO 898-1);

γ_{sb} hệ số dự trữ bền riêng của mối ghép bu lông:

γ_{sb} = 1,0 đối với các mối ghép có nhiều mặt phẳng cắt;

γ_{sb} = 1,3 đối với các mối ghép có một mặt phẳng cắt;

Xem Phụ lục A về lực cắt giới hạn khi tính toán đối với kích thước đã chọn của bu lông.

5.2.3.1.3 Bu lông và các chi tiết ghép bị dập

Lực gây dập giới hạn khi tính toán $F_{b,Rd}$ cho mỗi bu lông và chi tiết ghép được xác định theo:

$$F_{b,Rd} = \frac{f_y \times d \times t}{\gamma_{Rb}} \quad (9)$$

với $\gamma_{Rb} = \gamma_m \times \gamma_{sb}$

Trong đó:

f_y giới hạn chảy (giá trị nhỏ nhất) của vật liệu cơ sở;

d đường kính thân bu lông;

t chiều dày phần tiếp xúc của chi tiết ghép với phần không có ren của thân bu lông;

γ_{sb} hệ số dự trữ bền riêng của mối ghép bu lông:

$\gamma_{sb} = 0,7$ đối với các mối ghép có nhiều mặt phẳng cắt;

$\gamma_{sb} = 0,9$ đối với các mối ghép có một mặt phẳng cắt;

Với các yêu cầu đối với tấm ghép:

$$e_1 \geq 1,5 \times d_0 \quad (10)$$

$$e_2 \geq 1,5 \times d_0$$

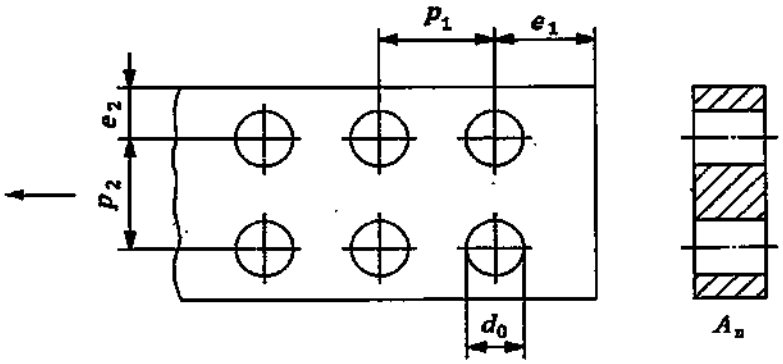
$$p_1 \geq 3,0 \times d_0$$

$$p_2 \geq 3,0 \times d_0$$

Trong đó:

p_1, p_2, e_1, e_2 - các khoảng cách (xem Hình 2).

d_0 đường kính lỗ.



CHÚ THÍCH: Xem thêm công thức (11)

Hình 2 – Minh hoạ cho các thông số trong công thức (10)

5.2.3.1.4 Chi tiết ghép bị kéo

Lực kéo giới hạn khi tính toán $F_{cs,Rd}$ tại tiết diện được xác định theo giới hạn chảy:

$$F_{cs,Rd} = \frac{f_y \times A_n}{\gamma_{Rc}} \quad (11)$$

với $\gamma_{Rc} = \gamma_m \times \gamma_{st}$

Trong đó:

A_n diện tích mặt cắt ngang thực tế của chi tiết tại vị trí lỗ lắp bu lông hoặc chốt (xem Hình 2);

γ_{st} hệ số dự trữ bền riêng đối với kéo tại tiết diện có lỗ:

$\gamma_{st} = 1,2$

5.2.3.2 Mối ghép chống trượt bằng ma sát

Độ bền của mối ghép phải được xác định bằng cách tính tổng các lực giới hạn của các phần tử riêng biệt.

Đối với các mối ghép chống trượt bằng ma sát, lực trượt giới hạn khi tính toán $F_{s,Rd}$ cho mỗi bu lông tại mỗi bề mặt ma sát phải tính theo:

$$F_{s,Rd} = \frac{\mu \times (F_{p,d} - F_{cr})}{\gamma_{Rs}} \quad (12)$$

với $\gamma_{Rs} = \gamma_m \times \gamma_{ss}$

Trong đó:

μ hệ số ma sát:

μ = 0,50 đối với các bề mặt được đánh bóng bằng phun cát hoặc hạt kim loại, không có nhấp nhô;

μ = 0,50 đối với các bề mặt được xử lý phun cát hoặc hạt kim loại và được phủ nhôm;

μ = 0,50 đối với các bề mặt được xử lý phun cát hoặc hạt kim loại và được phủ bằng sản phẩm nguồn gốc kẽm;

μ = 0,40 đối với các bề mặt được xử lý phun cát hoặc hạt kim loại và được phủ bằng silicat-kẽm-kiềm với độ dày từ 50 µm đến 80 µm;

μ = 0,40 đối với các bề mặt được mạ nhúng nóng và xử lý phun làm sạch;

μ = 0,30 đối với các bề mặt được đánh bóng bằng chổi sợi hoặc đèn xì;

μ = 0,25 đối với các bề mặt được làm sạch và xử lý ăn mòn bề mặt;

μ = 0,20 đối với các bề mặt được làm sạch rỉ sét, dầu và bụi bẩn (yêu cầu tối thiểu);

$F_{p,d}$ lực siết tính toán;

F_{α} phần lực ép bị giảm do ngoại lực kéo tại mối ghép (với giả thuyết thiên về an toàn thì không cần tính hệ số tỉ lệ về độ cứng, xem 5.2.3.3, khi đó có thể lấy $F_{\alpha} = F_e$).

γ_{ss} hệ số dự trữ bền riêng đối với các mối ghép chống trượt bằng ma sát (xem Bảng 5).

Lực siết áp dụng phải lớn hơn hoặc bằng lực siết tính toán.

Bảng 5 – Hệ số dự trữ bền riêng γ_{ss} cho các mối ghép chống trượt bằng ma sát

Ảnh hưởng do mối ghép bị trượt	Kiểu lỗ			
	Lỗ tròn tiêu chuẩn[a]	Lỗ tròn kích thước lớn[b] hoặc rãnh ngắn[c]	Rãnh dài[c]	Rãnh dài[d]
Gây nguy hiểm	1,14	1,34	1,63	2,0
Không gây nguy hiểm	1,00	1,14	1,41	1,63

[a] Khe hở giữa lỗ và thân bu lông theo ISO 273:1979, loạt ren trung bình.

[b] Khe hở giữa lỗ và thân bu lông theo ISO 273:1979, loạt ren bước lớn.

[c] Rãnh vuông góc với phương của lực.

[d] Rãnh song song với phương của lực.

Rãnh ngắn: chiều dài rãnh nhỏ hơn hoặc bằng 1,25 lần đường kính bu lông.

Rãnh dài: chiều dài rãnh lớn hơn 1,25 lần đường kính bu lông loạt ren bước lớn. Nhằm mục đích giảm áp lực lên mũ bu lông và đai ốc, phải sử dụng các đệm thích hợp.

Xem Phụ lục B về việc sử dụng các lực trượt giới hạn khi tính toán, ví dụ, với hệ số dự trữ bền riêng cho mối ghép chống trượt bằng ma sát γ_{ss} = 1,14 và lực siết tính toán theo

$$F_{p,d} = 0,7 \times f_{yb} \times A_S$$

Trong đó:

f_{yb} giới hạn chảy (danh nghĩa) của vật liệu bu lông (xem Bảng 4);

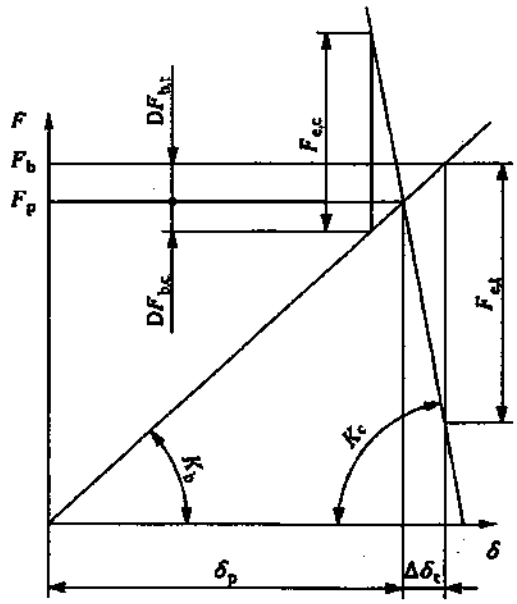
A_S diện tích dùng để tính ứng suất của tiết diện bu lông.

5.2.3.3 Mối ghép chịu kéo

Điều khoản này quy định trạng thái giới hạn cho bu lông trong mối ghép. Các chi tiết ghép và mối hàn của chúng phải được tính toán theo các tiêu chuẩn chung về phần tử kết cấu, khi lực siết trong bu lông được xem xét như một thành phần tải trọng.

Tính toán kiểm nghiệm phải thực hiện đối với các bu lông chịu ngoại lực lớn nhất trong mối ghép, có tính đến ảnh hưởng của phân bố tải trọng trong nhóm bu lông và các ảnh hưởng đòn bẩy.

Tính toán kiểm nghiệm của các mối ghép chịu lực siết phải xét đến độ cứng của bu lông và các chi tiết ghép (xem Hình 3).



CHÚ DẪN

F_p lực siết bu long

δ_b độ giãn dài của bu lông do siết

$F_{e,t}$ ngoại lực kéo

$F_{e,c}$ ngoại lực nén

$\Delta_{\delta t}$ độ giãn dài tăng thêm do ngoại lực kéo

F_b lực kéo trong bu lông

$\Delta F_{b,t}$ lực tăng thêm trong bu lông do ngoại lực kéo

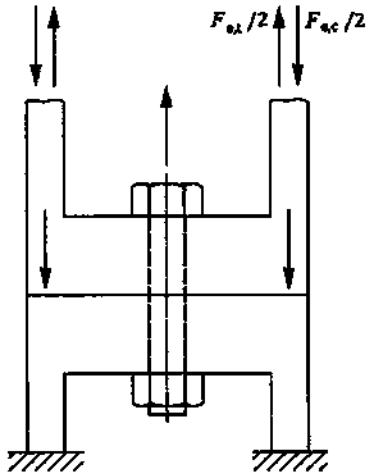
$\Delta F_{b,c}$ lực tăng thêm trong bu lông do ngoại lực nén

Độ dốc K_b : độ cứng của bu lông

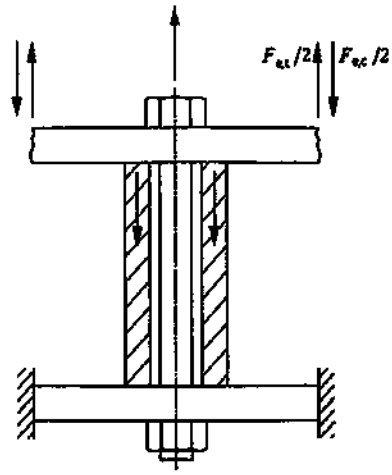
Độ dốc K_c : độ cứng của chi tiết ghép

Hình 3 – Biểu đồ lực - độ giãn dài

Ngoài ra, cách tác động của ngoại lực nén, phụ thuộc vào kết cấu mối ghép, phải được tính đến (xem Hình 4).



a) **Ngoại lực nén không ảnh hưởng đến vùng bị nén phía dưới bu lông**



b) **Ngoại lực nén truyền qua vùng bị nén phía dưới bu lông**

CHÚ THÍCH: Để đơn giản hoá, giả thiết rằng tải trọng đối xứng và bu lông nằm giữa

Hình 4 – Ngoại lực nén tác động theo các cách khác nhau

Hai giới hạn tính toán độc lập phải được xem xét đối với ngoại lực kéo bu lông:

a) Lực tổng hợp lên bu lông do ngoại lực kéo và lực siết tính toán phải không vượt quá sức bền của bu lông, xem công thức (13);

b) Mối ghép không bị tách hở do ngoại lực kéo và lực siết tính toán, xem công thức (14).

Đối với các mối ghép chịu kéo, cần chứng tỏ rằng lực kéo tính toán trong bu lông $F_{e,t}$ không vượt quá các giá trị giới hạn khi tính toán $F_{tq,Rd}$ và $F_{t2,Rd}$ (xem thêm 5.3.2).

Lực kéo giới hạn khi tính toán cho mỗi bu lông theo điều kiện bền được xác định từ công thức:

$$F_{t1,Rd} = \frac{F_y / \gamma_{Rb} - F_{p,max}}{\Phi} \qquad (13)$$

với $\Phi = \frac{K_b}{K_b + K_c}$, $\gamma_{Rb} = \gamma_m \times \gamma_{sb}$ và $F_y = f_{yb} \times A_S$

Trong đó:

F_y lực phá hỏng tính theo điều kiện bền;

$F_{p,max}$ giá trị lớn nhất của lực siết tính toán;

f_{yb} giới hạn chảy của vật liệu bu lông;

A_S diện tích tính ứng suất của tiết diện bu lông;

Φ hệ số tỉ lệ độ cứng của mối ghép, xem thêm Phụ lục G;

γ_{sb} hệ số dự trữ bền riêng của mối ghép chịu kéo: $\gamma_{sb} = 0,91$.

Hệ số phụ thuộc cách tác động của lực α_L có thể được tính đến khi xác định Φ (xem Phụ lục G).

Lực kéo giới hạn khi tính toán cho mỗi bu lông theo điều kiện không tách hở mối ghép được xác định từ công thức:

$$F_{t2,Rd} = \frac{F_{p,min}}{\gamma_{Rb} \times (1-\Phi)} \quad (14)$$

Trong đó $F_{p,min}$ là lực siết tính toán nhỏ nhất.

Sự phân tán của lực siết được tính đến thông qua các giá trị lớn nhất và nhỏ nhất như sau:

$$F_{p,max} = (1+s) \times F_{pn} \quad (15)$$

$$F_{p,min} = (1-s) \times F_{pn} \quad (16)$$

Trong đó:

F_{pn} lực siết danh nghĩa, giá trị mục tiêu của lực siết;

$F_{p,max}$ giá trị lớn nhất của lực siết tính toán;

$F_{p,min}$ giá trị nhỏ nhất của lực siết tính toán;

s độ phân tán của lực siết:

s = 0,23 khi lực siết được kiểm soát, góc quay và mô men siết được đo kiểm;

s = 0,09 khi lực siết được kiểm soát, lực trong bu lông và độ giãn dài được đo kiểm.

Khi sử dụng nhiều bu lông giống nhau và chịu tải như nhau trong mối ghép thì độ phân tán dùng để tính $F_{p,min}$ trong công thức (16) có thể lấy theo:

- Khi lực siết được kiểm soát, góc xoay hoặc lực siết được giới hạn:

$$s = 0,23/\sqrt{n}, \; s \geq 0,10$$

- Khi lực siết được kiểm soát, lực trong bu lông hoặc lực siết được giới hạn:

$$s = 0,09/\sqrt{n}, \; s \geq 0,05$$

với n là số bu lông giống nhau và chịu tải như nhau.

Giá trị của lực siết danh nghĩa F_{pn} phải được giới hạn theo Bảng 6. Trái lại, mọi giá trị của lực siết có thể được chọn tuỳ theo mối ghép cụ thể.

Bảng 6 – Mức lớn nhất của lực siết danh nghĩa tuỳ theo phương pháp siết

Phương pháp siết	Mức lớn nhất của lực siết danh nghĩa
Có mô men xoắn tác động lên bu lông	0,7 F_y
Chỉ có lực kéo trực tiếp tác động lên bulông	0,9 F_y

Xem Phụ lục B về mô men siết.

Phải xem xét cách tác dụng của ngoại lực nén khi tính toán các lực phụ trong bu lông (Hình 4). Ở dạng tổng quát, lực phụ trong bu lông được tính như sau:

$$\Delta F_p = \Phi \times (F_{e,t} + F_{e,c}) \quad (17)$$

Trong đó:

ΔF_p lực phụ trong bu lông;

Φ hệ số tỉ lệ về độ cứng;

$F_{e,t}$ ngoại lực kéo;

$F_{e,c}$ ngoại lực nén.

Phải bỏ qua ngoại lực nén $F_{e,c}$ (tức là lấy giá trị bằng 0 trong công thức trên) trong các trường hợp khi lực này không ảnh hưởng tới vùng chịu nén phía dưới bu lông, như minh hoạ tại Hình 4 a).

Lực phụ trong bu lông ΔF_p phải sử dụng trong kiểm nghiệm độ bền mỏi của bu lông như quy định tại Điều 6.

5.2.3.4 Mối ghép chịu dập dưới tác dụng của tổ hợp lực cắt và lực kéo

Khi các bu lông trong mối ghép chịu dập chịu tác động của cả lực cắt và lực kéo, các lực này phải được hạn chế như sau:

$$\left(\frac{F_{t,Sd}}{F_{t,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}}\right)^2 \le 1 \quad (18)$$

Trong đó:

$F_{t,Sd}$ ngoại lực kéo cho mỗi bu lông;

$F_{t,Rd}$ lực kéo giới hạn khi tính toán cho mỗi bu lông (xem 5.2.3.3);

$F_{v,Sd}$ lực cắt tính toán cho mỗi bu lông tại mỗi mặt phẳng cắt;

$F_{v,Rd}$ lực cắt giới hạn khi tính toán cho mỗi bu lông tại mỗi mặt phẳng cắt (xem 5.2.3.1.2);

5.2.4 Lực giới hạn khi tính toán trong mối ghép chốt

5.2.4.1 Mô men uốn giới hạn khi tính toán đối với chốt

Mô men uốn giới hạn khi tính toán xác định theo:

$$M_{Rd} = \frac{W_{el} \times f_{yp}}{\gamma_{Rp}} \quad (19)$$

với $\gamma_{Rp} = \gamma_m \times \gamma_{sp}$

Trong đó:

W_{el} mô men chống uốn của tiết diện chốt;

f_{yp} giới hạn chảy (giá trị nhỏ nhất) của vật liệu chốt;

γ_{sp} hệ số dự trữ bền riêng đối với mô men uốn trong mối ghép chốt: $\gamma_{sp} = 1,0$.

5.2.4.2 Lực cắt giới hạn khi tính toán đối với chốt

Lực cắt giới hạn khi tính toán đối với chốt cho mỗi mặt phẳng cắt xác định theo:

$$F_{v,Rd} = \frac{1}{u} \times \frac{A \times f_{yp}}{\sqrt{3} \times \gamma_{Rp}} \quad (20)$$

với $\gamma_{Rp} = \gamma_m \times \gamma_{sp}$

Trong đó:

u hệ số hình dạng chốt:

$u = \frac{4}{3}$ đối với các chốt đặc;

$u = \frac{4}{3} \times \frac{1 + \nu_D + \nu_D^2}{1 + \nu_D^2}$ đối với các chốt rỗng,

trong đó: $\nu_D = \frac{D_i}{D_o}$,

D_i đường kính trong của chốt,

D_o đường kính ngoài của chốt;

A diện tích tiết diện chốt;

γ_{sp} hệ số dự trữ bền riêng đối với cắt trong mối ghép chốt:

$\gamma_{sp} = 1,0$ đối với các chốt có nhiều mặt phẳng cắt;

$\gamma_{sp} = 1,3$ đối với các chốt có một mặt phẳng cắt.

5.2.4.3 Lực gây dập giới hạn khi tính toán đối với chốt và các chi tiết ghép

Lực gây dập giới hạn khi tính toán xác định theo:

$$F_{b,Rd} = \frac{\alpha \times d \times t \times f_y}{\gamma_{Rp}} \quad (21)$$

với $\gamma_{Rp} = \gamma_m \times \gamma_{sp}$

Trong đó:

$$\alpha = \min\begin{cases} \dfrac{f_{yp}}{f_y} \\ 1{,}0 \end{cases}$$

f_y giới hạn chảy (giá trị nhỏ nhất) của vật liệu các chi tiết ghép;

f_{yp} giới hạn chảy (giá trị nhỏ nhất) của vật liệu chốt;

d đường kính chốt;

t giá trị nhỏ hơn trong các chiều dày của các chi tiết ghép, tức là $2t_1$ hoặc t_2 như minh hoạ trên Hình 5;

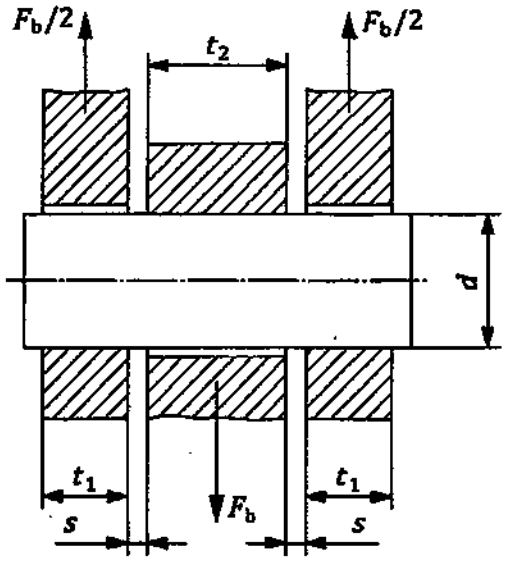
γ_{sp} hệ số dự trữ bền riêng đối với lực gây dập trong các mối ghép chốt:

γ_{sp} = 0,6 khi các chi tiết ghép trong mối ghép có nhiều mặt phẳng cắt, được giữ chặt với nhau, chẳng hạn bằng các đai ốc ngoài tại đầu các chốt;

γ_{sp} = 0,9 đối với các mối ghép có một mặt phẳng cắt hoặc khi các chi tiết ghép trong mối ghép có nhiều mặt phẳng cắt không được giữ cùng nhau;

Khi có sự dịch chuyển đáng kể giữa chốt và bề mặt lỗ, cần xem xét hạn chế lực gây dập giới hạn khi tính toán để giảm mòn.

Khi tải trọng có chiều thay đổi, cần xem xét để tránh bị biến dạng dẻo.



Hình 5 – Mối ghép chốt

5.2.4.4 Lực cắt giới hạn khi tính toán đối với các chi tiết ghép

Lực giới hạn khi tính toán xác định theo:

$$F_{v,Rd} = \frac{A_S \times f_y}{\gamma_m \times \sqrt{3}} \quad (22)$$

Với:

$A_S = 2 \times s \times t$ đối với kết cấu đối xứng như Hình 6 a) và c);

$A_S = (s_1 + s_2) \times t$ đối với kết cấu như Hình 6 b) [cả s_1 và s_2 đều phải lớn hơn c];

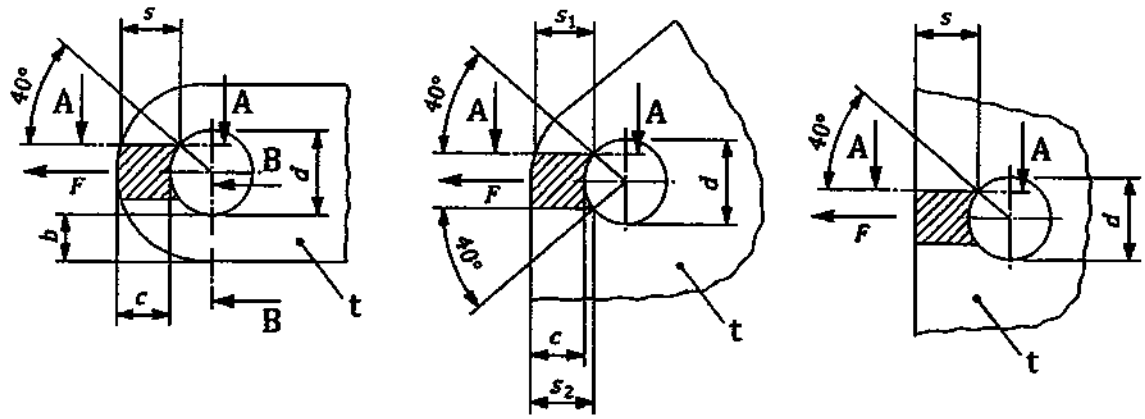
Trong đó:

f_y giới hạn chảy (giá trị nhỏ nhất) của vật liệu các chi tiết ghép;

A_S diện tích chịu cắt của tiết diện bị xé;

s, s_1, s_2 các chiều dài cắt của các tiết diện bị xé – đối với kết cấu trên Hình 6, tiết diện bị xé là A-A và các chiều dài cắt được xác định theo quy tắc 40° như đã chỉ ra trên hình vẽ;

t chiều dày của phần tử.



a) Kiểu I b) Kiểu II c) Kiểu III

Hình 6 – Các chi tiết ghép

5.2.4.5 Lực kéo giới hạn khi tính toán đối với các chi tiết ghép

Việc tính toán phải dựa trên ứng suất kéo lớn nhất tại thớ trong của lỗ lắp chốt. Sự tập trung ứng suất do hình dạng hình học của lỗ phải được tính đến.

Lực giới hạn khi tính toán đối với kết cấu trên Hình 6 a) được xác định như sau:

$$F_{v,Rd} = \frac{2 \times b \times t \times f_y}{k \times \gamma_{R\rho} \times \gamma_{spl}} \quad (23)$$

Với:

$$\gamma_{spl} = \frac{0,95}{\sqrt{k}} \times \frac{1,38 \times f_y}{f_u}$$

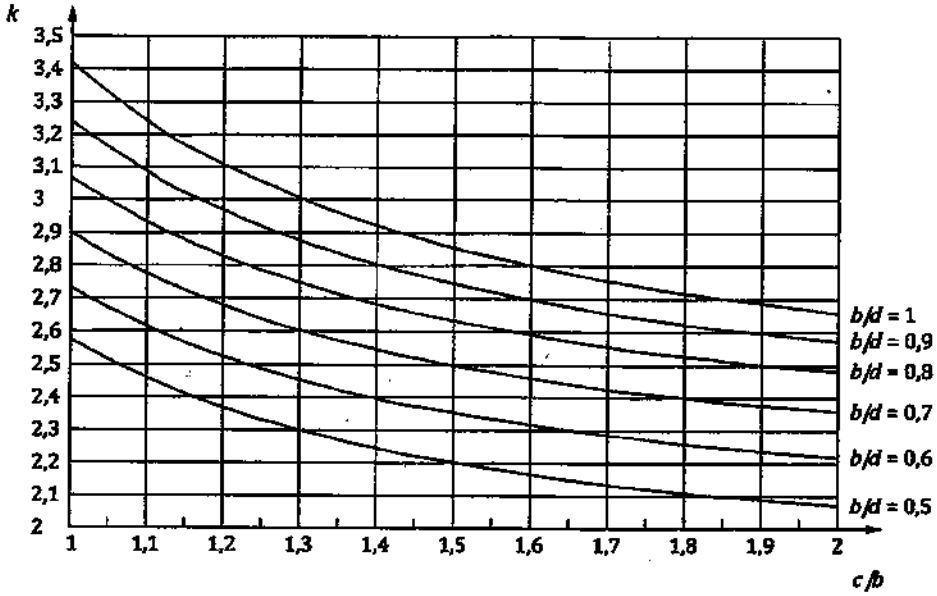
Trong đó:

f_y giới hạn chảy của vật liệu chi tiết ghép đang xem xét;

f_u giới hạn bền của vật liệu chi tiết ghép đang xem xét;

γ_{spl} là hệ số dự trữ bền riêng đối với lực kéo tại các tiết diện có lỗ;

k hệ số tập trung ứng suất, là tỉ số giữa ứng suất lớn nhất và ứng suất trung bình trong tiết diện. Đối với kết cấu có tỉ lệ hình học $1 \le c/b \le 2$ và $0,5 \le b/d \le 1$ [xem Hình 6 a)] hệ số tập trung ứng suất k có thể lấy theo Bảng 7. Khe hở giữa lỗ và chốt được giả định là tuân thủ ISO 286-2:2010, kiểu lắp H11/h11 hoặc khít hơn. Trong trường hợp khe hở lớn hơn phải sử dụng hệ số k với giá trị lớn hơn.



Hình 7 – Hệ số tập trung ứng suất cho kiểu lắp chốt cụ thể

CHÚ THÍCH: Các tải trọng kéo, các tiết diện chịu kéo hoặc các tải trọng đổi chiều chỉ cần tính đến trong điều khoản này. Tuy nhiên, trạng thái tải trọng đổi chiều có thể cần xem xét bổ sung khi các tải trọng này có thể có vai trò quan trọng hoặc làm yếu đi chức năng của mối ghép (xem 5.2.4.3).

5.2.5 Ứng suất giới hạn khi tính toán trong mối ghép hàn

Ứng suất giới hạn khi tính toán $f_{w,Rd}$ sử dụng trong tính toán mối ghép hàn phụ thuộc vào:

– Vật liệu cơ sở và vật liệu hàn được sử dụng;

– Loại mối hàn;

– Loại ứng suất, được đánh giá theo Phụ lục C;

– Chất lượng hàn.

Tuỳ theo các công thức cho trong Bảng 7, ứng suất giới hạn khi tính toán trong mối hàn phải xác định theo công thức (24) hoặc (25):

$$f_{w,Rd} = \frac{\alpha_w \times f_{u}}{\gamma_m} \quad (24)$$

$$f_{w,Rd} = \frac{\alpha_w \times f_{vw}}{\gamma_m} \quad (25)$$

Trong đó:

α_w hệ số lấy theo Bảng 7, phụ thuộc loại mối hàn, loại ứng suất và vật liệu;

f_{yk} giá trị nhỏ nhất giới hạn chảy của vật liệu chi tiết hàn đang xem xét;

f_{uw} giới hạn bền của vật liệu hàn.

Các chi tiết liên kết của cấu kiện xây dựng, chẳng hạn như mối ghép giữa bích và vách/bụng dầm có thể được tính toán mà không cần quan tâm đến ứng suất kéo hay nén trong các chi tiết song song với trục của mối hàn tạo sự cân bằng với các lực cắt phát sinh giữa các chi tiết.

Bảng 7 – Hệ số α_w khi tính ứng suất giới hạn trong mối hàn

Loại vật liệu hàn	Chiều của ứng suất	Loại mối hàn	Loại ứng suất	Công thức số	α_w		
					$f_y \le 420$ N/mm²	$f_y > 420$ $f_y < 930$ N/mm²	$f_y \ge 930$ N/mm²
Tương xứng (f_y lấy theo chi tiết hàn)	Vuông góc với chiều mối hàn	Ngấu toàn phần	Kéo hoặc nén	24	1,0		0,93
		Ngấu một phần [a]	Kéo hoặc nén	24	0,9		0,85
	Song song với chiều mối hàn	Tất cả	Cắt	24	0,6		0,55
Không tương xứng (f_y lấy theo vật liệu hàn)	Vuông góc với chiều mối hàn	Ngấu toàn phần	Kéo hoặc nén	25	0,80	0,85	0,90
		Ngấu một phần [a]	Kéo hoặc nén	25	0,70	0,75	0,80
	Song song với chiều mối hàn	Tất cả	Cắt	25	0,45	0,50	0,50

[a] Không khuyến nghị sử dụng mối hàn không đối xứng. Tuy nhiên, nếu sử dụng thì các phần tử liên kết phải được chống đỡ để tránh các ảnh hưởng của tải trọng lệch tâm trong mối hàn.

Giá trị của α_w áp dụng cho các mối hàn mức chất lượng C hoặc tốt hơn theo TCVN 7472-1 (ISO 5817).

Việc kiểm nghiệm các chi tiết ghép theo 5.3.1 luôn được yêu cầu để bổ sung cho việc tính kiểm nghiệm theo 5.3.4. Trong trường hợp mối hàn các chi tiết với vật liệu khác nhau thì việc kiểm nghiệm phải tiến hành độc lập cho từng chi tiết.

Về mối hàn ngấu toàn phần và một phần, xem ISO 17659.

Vật liệu hàn tương xứng: vật liệu hàn có độ bền bằng hoặc cao hơn độ bền của vật liệu các chi tiết hàn.

Vật liệu hàn không tương xứng: vật liệu hàn có giới hạn bền kém hơn so với vật liệu các chi tiết hàn.

5.3 Tiến hành kiểm nghiệm

5.3.1 Kiểm nghiệm các phần tử kết cấu

Đối với các phần tử kết cấu cần chứng minh:

$$\sigma_{Sd} \le f_{Rd\sigma} \text{ và } \tau_{Sd} \le f_{Rd\tau} \quad (26)$$

Trong đó:

σ_{Sd}, τ_{Sd} ứng suất tính toán; ứng suất tương đương Von Mises σ có thể được sử dụng thay thế cho ứng suất tính toán.

$f_{Rd\sigma}$, $f_{Rd\tau}$ ứng suất giới hạn khi tính toán theo 5.2.2; khi sử dụng ứng suất tương đương Von Mises thì $f_{Rd\sigma}$ là ứng suất giới hạn khi tính toán.

Đối với trạng thái ứng suất phẳng khi không sử dụng ứng suất Von Mises, cần chứng minh thêm:

$$\left(\frac{\sigma_{Sd,x}}{f_{Rd\sigma,x}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{Sd,y}}{f_{Rd\sigma,y}}\right)^2 - \frac{\sigma_{Sd,x} \times \sigma_{Sd,y}}{f_{Rd\sigma,x} \times f_{Rd\sigma,y}} + \left(\frac{\tau_{Sd}}{f_{Rd\tau}}\right) \le 1 \quad (27)$$

Trong đó x, y là chỉ số thể hiện các thành phần ứng suất theo hệ trục vuông góc;

Trạng thái ứng suất không gian có thể được quy đổi về trạng thái ứng suất phẳng bất lợi nhất.

5.3.2 Kiểm nghiệm các mối ghép bu lông

Đối với phần tử chịu tải bất lợi nhất của mối ghép, cần chứng minh:

$$F_{Sd} \le F_{Rd} \quad (28)$$

Trong đó:

F_{Sd} tải trọng tính toán cho phần tử, phụ thuộc loại mối ghép, ví dụ như $F_{a,t}$ đối với mối ghép chịu kéo (xem 5.2.3.3);

F_{Rd} tải trọng giới hạn khi tính toán, xác định theo 5.2.3, phụ thuộc loại mối ghép, tức là:

$F_{v,Rd}$ lực cắt giới hạn khi tính toán;

$F_{b,Rd}$ lực gây dập giới hạn khi tính toán;

$F_{s,Rd}$ lực trượt giới hạn khi tính toán;

$F_{t1,Rd}$, $F_{t1,Rd}$ lực kéo giới hạn khi tính toán.

Phải chú ý tính đến sự phân bố tải trọng chung lên các thành phần riêng lẻ của mối ghép.

5.3.3 Kiểm nghiệm các mối ghép chốt

Đối với các chốt, cần chứng minh:

$$M_{Sd} \le M_{Rd}$$
$$F_{vp,Sd} \le F_{vp,Rd}$$
$$F_{bi,Sd} \le F_{b,Rd} \quad (29)$$
$$F_{vd,Sd} \le F_{vs,Rd}$$
$$F_{vd,Sd} \le F_{vt,Rd}$$

Trong đó:

M_{Sd} giá trị mô men uốn tính toán cho chốt;

M_{Rd} mô men uốn giới hạn khi tính toán, xác định theo 5.2.4.1;

$F_{vp,Sd}$ giá trị lực cắt tính toán cho chốt;

$F_{vp,Rd}$ lực cắt giới hạn khi tính toán, xác định theo 5.2.4.2;

$F_{bi,Sd}$ giá trị tính toán bất lợi nhất của lực gây dập trên tấm ghép *i* của mối ghép chốt;

$F_{b,Rd}$ lực cắt giới hạn khi tính toán, xác định theo 5.2.4.3.

$F_{vd,Sd}$ giá trị lực cắt tính toán cho các chi tiết ghép;

$F_{vs,Rd}$ giá trị lực cắt tính toán trên các chi tiết ghép, xác định theo 5.2.4.4;

$F_{vt,Rd}$ lực kéo giới hạn khi tính toán của các chi tiết ghép, xác định theo 5.2.4.5.

Đối với mối ghép nhiều chốt cần chú ý đến sự phân bố tải trọng chung lên các chốt trong mối ghép.

Trong trường hợp thiếu các phân tích chi tiết, theo giả thuyết thiên về an toàn có thể sử dụng công thức (30):

$$M_{Sd} = \frac{F_b}{8} \times (2 \times t_1 + t_2 + 4 \times s) \quad (30)$$

Trong đó F_b, t_1, t_2 và s là các kích thước trê Hình 5.

5.3.4 Kiểm nghiệm các mối ghép hàn

Đối với mối hàn cần chứng minh:

$$\sigma_{w,Sd} \le f_{w,Rd} \text{ và } \tau_{w,Sd} \le f_{w,Rd} \quad (31)$$

Trong đó:

$\tau_{w,Sd}$, $\sigma_{w,Sd}$ ứng suất tính toán của mối hàn (xem Phụ lục C);

$f_{w,Rd}$ ứng suất giới hạn khi tính toán của mối hàn, xác định theo 5.2.5.

Đối với trạng thái ứng suất phẳng trong mối hàn, cần chứng minh thêm:

$$\left(\frac{\sigma_{w,Sd,x}}{f_{w,Rd,x}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{w,Sd,y}}{f_{w,Rd,y}}\right)^2 - \frac{\sigma_{w,Sd,x} \times \sigma_{w,Sd,y}}{f_{w,Rd,x} \times f_{w,Rd,y}} + \left(\frac{\tau_{w,Sd}}{f_{w,Rd}}\right)^2 \le 1,0 \quad (32)$$

Trong đó *x*, *y* là chỉ số thể hiện các thành phần ứng suất theo hệ trục vuông góc.

6 Kiểm nghiệm độ bền mỏi

6.1 Quy định chung

Kiểm nghiệm độ bền mỏi có mục đích ngăn chặn nguy cơ hỏng do sự hình thành của các vết nứt nguy hiểm trong các phần tử kết cấu hoặc mối ghép khi chịu tải có tính chu kỳ.

Các ứng suất được tính toán trên cơ sở ứng suất danh nghĩa. Tiêu chuẩn này chỉ áp dụng phương pháp sử dụng ứng suất danh nghĩa (xem phần Thư mục tài liệu tham khảo đối với các phương pháp khác). Ứng suất danh nghĩa là ứng suất ở phần vật liệu cơ sở cạnh nơi có thể xuất hiện vết nứt, được tính theo lý thuyết đàn hồi cơ bản, không tính đến các ảnh hưởng của tập trung ứng suất cục bộ. Phụ lục D minh hoạ bằng hình vẽ các chi tiết kết cấu và ảnh hưởng của chúng lên các giá trị độ bền mỏi đặc trưng, bao gồm các ảnh hưởng sau:

- Sự tập trung ứng suất do hình dạng của mối ghép và hình dạng mối hàn;
- Kích thước và hình dạng của vùng chuyển tiếp;
- Chiều của ứng suất;
- Ứng suất dư;
- Các điều kiện liên quan đến luyện kim;
- Quá trình hàn và các quy trình cải thiện chất lượng sau hàn (trong một số trường hợp).

Ảnh hưởng của tập trung ứng suất do đặc tính hình học khác với các yếu tố trên đây (tập trung ứng suất tổng thể) phải được đưa vào ứng suất danh nghĩa thông qua các hệ số tập trung ứng suất thích hợp.

CHÚ THÍCH: Tiêu chuẩn này không áp dụng các phương pháp tính ứng suất khác, ví dụ như phương pháp ứng suất tại điểm nóng (xem [8]).

Để thực hiện kiểm nghiệm độ bền mỏi, sự tích luỹ mỏi do các chu trình ứng suất thay đổi phải được tính toán. Trong tiêu chuẩn này thuyết tích luỹ mỏi Palmgren-Miner được phản ánh qua hệ số quá trình ứng suất s_m (xem 6.3.3). Các giá trị của hệ số này được xác định thông qua mô phỏng, thử nghiệm hoặc sử dụng các cấp *S*. Như vậy, các điều kiện làm việc và ảnh hưởng của chúng lên ứng suất trong kết cấu phải được tính đến.

Ảnh hưởng của ứng suất trung bình trong kết cấu ở nguyên trạng thái như khi hàn (không được giải phóng ứng suất dư) có thể được tính đến (xem 6.3) nhưng không đáng kể. Do đó, hệ số quá trình ứng suất *s* không phụ thuộc vào ứng suất trung bình và độ bền mỏi chỉ tính trên cơ sở các khoảng thay đổi ứng suất.

Đối với các chi tiết không hàn hoặc các chi tiết hàn được giải phóng ứng suất dư, khoảng thay đổi ứng suất hiệu dụng sử dụng khi đánh giá độ bền mỏi có thể được xác định bằng tổng của phần ứng suất kéo và 60% phần ứng suất nén của khoảng thay đổi ứng suất hoặc bằng việc thử mỏi (xem 6.2.2.2).

Hệ số dự trữ độ bền mỏi riêng γ_{mf} cho trong Bảng 8 được sử dụng để tính đến độ không ổn định của các giá trị độ bền mỏi và hậu quả có thể xảy ra của hư hỏng do mỏi.

Bảng 8 – Hệ số dự trữ độ bền mỏi riêng γ_{mf}

γ_{mf}			
Khả năng tiếp cận	**Các bộ phận khi hỏng không gây nguy hiểm**	**Các bộ phận khi hỏng gây nguy hiểm**	
		nhưng không cho người	**cho người**
Các mối ghép có thể tiếp cận	1,0	1,10	1,20
Các mối ghép ít được tiếp cận	1,05	1,15	1,25
Các bộ phận khi hỏng không gây nguy hiểm là các bộ phận mà hậu quả khi hỏng không lớn, ví dụ như sự hư hỏng cục bộ của chi tiết không gây ra sự hư hỏng của kết cấu hoặc rơi tải nâng. *Các bộ phận khi hỏng gây nguy hiểm* là các bộ phận mà khi hỏng cục bộ một bộ phận sẽ nhanh chóng dẫn đến hư hỏng kết cấu hoặc làm rơi tải nâng.			

6.2 Ứng suất giới hạn khi tính toán

6.2.1 Độ bền mỏi đặc trưng

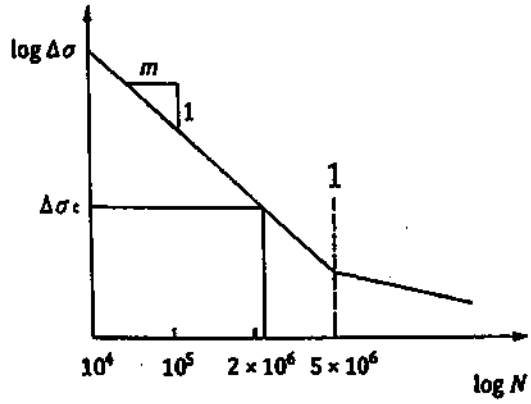
Ứng suất giới hạn khi tính toán của chi tiết kết cấu được đặc trưng bằng giá trị độ bền mỏi đặc trưng $\Delta\sigma_c$, thể hiện độ bền mỏi tại $2x10^6$ chu trình với khoảng thay đổi ứng suất không đổi và với xác xuất không hỏng P_s=97,7 % (bằng giá trị trung bình trừ đi hai lần độ lệch chuẩn, xác định theo luật phân phối chuẩn và kiểm định thống kê một phía). Xem Hình 8 và các Phụ lục D, E.

Trong cột 1 của các bảng tại Phụ lục E, giá trị của $\Delta\sigma_c$ được sắp xếp theo thứ tự của cấp tập trung ứng suất (NC) và với tỉ số không đổi giữa các cấp bằng 1,125.

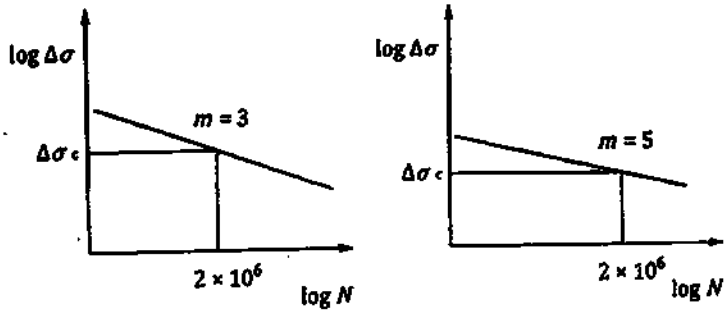
Đối với ứng suất tiếp $\Delta\sigma_c$ được thay thế bằng $\Delta\tau_c$.

Các giá trị của độ bền mỏi đặc trưng $\Delta\sigma_c$, $\Delta\tau_c$ và bậc m của đường cong mỏi $\Delta\sigma$-N cho trong các bảng ở Phụ lục D đối với các vật liệu cơ sở của các thành phần kết cấu, các chi tiết trong các mối ghép không phải mối ghép hàn và trong các chi tiết hàn.

Các giá trị đã cho áp dụng cho các điều kiện cơ sở. Đối với các điều kiện lệch chuẩn, cấp NC phải chọn cao hơn một hoặc nhiều cấp (+1NC, +2NC,...) so với cấp cơ sở để tăng độ bền mỏi hoặc chọn thấp hơn (-1NC, -2NC,...) để giảm độ bền mỏi, như quy định trong Phụ lục D. Các ảnh hưởng của nhiều điều kiện lệch chuẩn phải được tổng hợp.



a) Chính tắc



b) Đơn giản hóa

CHÚ DẪN

1 giới hạn mỏi với khoảng thay đổi ứng suất không đổi

m bậc của đường cong mỏi

Đường cong có độ nghiêng (hệ số góc) bằng $-1/m$ trong hệ toạ độ *log/log*.

Hình 8 – Minh hoạ đường cong $\Delta\sigma - N$ và $\Delta\sigma_c$

6.2.2 Chất lượng hàn

6.2.2.1 Quy định chung

Các giá trị $\Delta\sigma_c$ thể hiện trong Phụ lục D phụ thuộc vào mức chất lượng hàn. Mức chất lượng phải tuân thủ TCVN 7472-1 (ISO 5817-1), mức B, C và D. Không cho phép sử dụng dưới mức chất lượng D.

Trong tiêu chuẩn này, mức chất lượng phụ B* có thể được sử dụng, với điều kiện thoả mãn các yêu cầu 6.2.2.2, bổ sung thêm cho các yêu cầu đối với mức B.

6.2.2.2 Yêu cầu bổ sung đối với mức chất lượng B*

Trong tiêu chuẩn này, sử dụng 100 % NDT (thử không phá huỷ) kiểm tra toàn bộ chiều dài của mối hàn với các phương pháp thích hợp để đảm bảo các yêu cầu riêng về chất lượng sau đây được đáp ứng.

Đối với mối hàn giáp mối:

- Hàn ngấu toàn phần không có các điểm khởi đầu (điểm bắt đầu và điểm kết thúc);
- Cả hai bề mặt được gia công hoặc làm phẳng đến bề mặt tấm; mài theo chiều ứng suất;
- Chân mối hàn được xử lý sau khi hàn bằng cách mài, làm nóng chảy lại bằng hàn TIG hoặc hàn plasma, hoặc cán bi để loại bỏ tất cả các chỗ bị cắt lẹm và xỉ hàn bị vùi lấp;
- Độ lệch tâm của các tấm nối nhỏ hơn 5 % chiều dày của tấm dày hơn trong hai tấm;
- Tổng chiều dài của các phần lõm nhỏ hơn 5 % tổng chiều dài mối hàn;
- 100 % NDT.

Đối với mối hàn giữa các tấm song song chồng lên nhau (ví dụ với mối hàn góc):

- Góc chuyển tiếp của mối hàn và bề mặt tấm không vượt quá 25°;
- Chân mối hàn được xử lý sau khi hàn bằng cách mài, làm nóng chảy lại bằng hàn TIG hoặc hàn plasma, hoặc cán bi;
- 100% NDT.

Đối với các mối hàn khác:

- Hàn ngấu hoàn toàn;
- Góc chuyển tiếp của mối hàn và bề mặt tấm không vượt quá 25°;
- Chân mối hàn được xử lý sau khi hàn bằng cách mài, làm nóng chảy lại bằng hàn TIG hoặc hàn plasma, hoặc cán bi;
- 100% NDT.
- Độ lệch tâm của các tấm nối nhỏ hơn 10 % chiều dày của tấm dày hơn trong hai tấm.

Nếu lớp phủ TIG được sử dụng để xử lý sau hàn tại vùng có nguy cơ phát sinh vết nứt trong mối hàn nhằm mục đích nâng cao độ bền mỏi, mức chất lượng tính toán C có thể được nâng cấp lên mức B cho tất cả các cấu hình mối ghép.

6.2.3 Yêu cầu đối với thử mỏi

Các chi tiết không thể hiện trong Phụ lục D hoặc khi xét đến ảnh hưởng của ứng suất trung bình thì cần nghiên cứu riêng đối với $\Delta\sigma_c$ và m. Các yêu cầu như sau:

- Mẫu thử phải có kích thước thật (1:1);
- Mẫu thử phải được chế tạo với các điều kiện như tại công trình;
- Các chu trình ứng suất phải nằm toàn bộ trong miền ứng suất kéo;
- Phải thực hiện ít nhất bảy thử nghiệm cho mỗi mức của khoảng thay đổi ứng suất.

Các yêu cầu để xác định m và $\Delta\sigma_c$ như sau:

- $\Delta\sigma_c$ phải được xác định từ số các chu trình dựa trên hiệu của giá trị trung bình và hai lần độ lệch chuẩn ở hệ toạ độ *log–log*.
- Ít nhất phải sử dụng một mức của khoảng thay đổi ứng suất sẽ làm mẫu thử bị hỏng khi giá trị trung bình của số chu trình nhỏ hơn $2x10^4$.
- Ít nhất phải sử dụng một mức của khoảng thay đổi ứng suất làm mẫu thử bị hỏng khi giá trị trung bình của số chu trình nằm giữa $1,5x10^6$ và $2,5x10^6$.

Có thể sử dụng phương pháp đơn giản hoá để xác định m và $\Delta\sigma_c$:

- m được lấy bằng 3;
- Mức của khoảng thay đổi ứng suất làm mẫu thử bị hỏng khi giá trị trung bình của số chu trình nhỏ hơn $1x10^5$.

6.3 Quá trình ứng suất

6.3.1 Xác định quá trình ứng suất

Quá trình ứng suất là sự thể hiện số của tất cả các biến đổi ứng suất có giá trị đáng kể đối với hư hỏng. Sử dụng các nguyên tắc đã được thiết lập về mỏi kim loại, số lượng lớn các chu trình ứng suất có độ lớn thay đổi được quy về một hoặc hai tham số.

Để kiểm nghiệm độ bền mỏi của các thành phần cơ khí hoặc kết cấu cần trục, phải xác định quá trình ứng suất phát sinh từ các điều kiện làm việc.

Quá trình ứng suất có thể được xác định bằng thử nghiệm hoặc tính toán bằng cách mô phỏng động lực học đàn hồi hoặc động lực học vật thể rắn.

Nói chung, kiểm nghiệm độ bền mỏi phải thực hiện với tổ hợp tải trọng A (tải trọng thường xuyên) theo các phần tương ứng của TCVN 11417 (ISO 8686), nhân thêm với hệ số động ϕ_i, với tất cả các hệ số an toàn thành phần $\gamma_p = 1$, và cường độ (tức là ứng suất giới hạn) tính theo 6.2. Trong một số áp dụng, tổ hợp tải trọng B (tải trọng không thường xuyên) có thể xuất hiện khá nhiều đủ để yêu cầu đưa vào việc đánh giá độ bền mỏi. Quá trình ứng suất từ các tải trọng không thường xuyên này có thể được tính toán bằng cách tương tự như đối với tải trọng thường xuyên.

Đối với các quá trình ứng suất không tỉ lệ (chẳng hạn như tại mặt trên của dầm chính là các ứng suất theo lý thuyết chung và ảnh hưởng cục bộ từ tải trọng do các bánh xe truyền xuống, hoặc ứng suất uốn và xoắn trong các trục lắp bánh răng) thì có thể xác định độc lập. Việc đánh giá mỏi từ ảnh hưởng tổng hợp của các quá trình ứng suất này (sự tương tác) được dựa trên tác động của các quá trình ứng suất độc lập.

Quá trình ứng suất phải thể hiện bằng các biên độ ứng suất lớn nhất và một trong các thông số sau:

a) Tần suất xuất hiện của các biên độ ứng suất và ứng suất trung bình;

b) Mật độ phân bố của các biên độ ứng suất, ứng suất trung bình và tổng số chu trình ứng suất.

Trong các điều khoản sau đây chỉ áp dụng thông số theo mục a).

CHÚ THÍCH: Ví dụ về xác định quá trình ứng suất bằng mô phỏng được cho tại Phụ lục F.

6.3.2 Tần suất xuất hiện của chu trình ứng suất

Đối với việc kiểm nghiệm độ bền mỏi, quá trình ứng suất được thể hiện kiểu một tham số thông qua tần suất xuất hiện của các khoảng thay đổi ứng suất, được xác định bằng phương pháp đếm chu trình (phương pháp dòng mưa hoặc phương pháp bể chứa), còn ảnh hưởng của ứng suất trung bình được bỏ qua.

Mỗi khoảng thay đổi ứng suất được mô tả bằng hiệu giữa các giá trị cực trị của nó:

$$\Delta\sigma = \sigma_u - \sigma_b \tag{33}$$

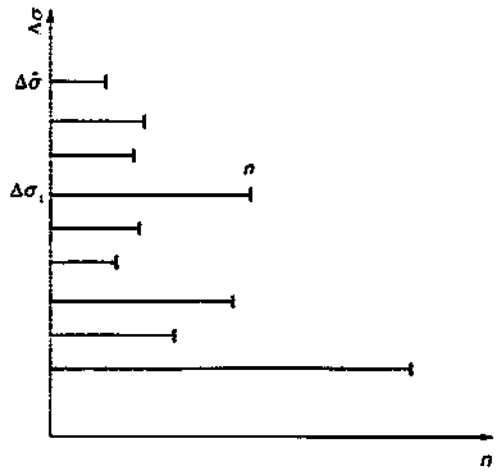
Trong đó:

σ_u giá trị cực hạn trên của khoảng thay đổi ứng suất;

σ_b giá trị cực hạn dưới của khoảng thay đổi ứng suất;

$\Delta\sigma$ khoảng thay đổi ứng suất.

Hình 9 minh hoạ kết quả thể hiện kiểu một thông số của quá trình ứng suất.



CHÚ DẪN

$\Delta\sigma_i$ khoảng thay đổi ứng suất mức *i*

$\Delta\hat{\sigma}$ khoảng thay đổi ứng suất lớn nhất

n_i số chu trình có khoảng thay đổi ứng suất mức *i*

Hình 9 – Biểu diễn kiểu một tham số cho quá trình ứng suất (tần suất xuất hiện của các khoảng thay đổi ứng suất)

6.3.3 Hệ số quá trình ứng suất

Hệ số quá trình ứng suất s_m được tính trên cơ sở thể hiện kiểu một tham số của quá trình ứng suất trong suốt tuổi thọ hiệu dụng của cần trục như sau:

$$s_m = v \times k_m \tag{34}$$

với

$$k_m = \sum_i \left[\frac{\Delta\sigma_i}{\Delta\hat{\sigma}}\right]^m \times \frac{n_i}{N_t} \tag{35}$$

$$v = \frac{N_t}{N_{ref}} \tag{36}$$

Trong đó:

v tổng tần suất xuất hiện tương đối của khoảng thay đổi ứng suất;

k_m hệ số phổ ứng suất bậc m;

$\Delta\sigma_i$ khoảng thay đổi ứng suất (xem Hình 9);

$\Delta\hat{\sigma}$ khoảng thay đổi ứng suất lớn nhất (giá trị lớn nhất trong các mức của khoảng thay đổi ứng suất, xem Hình 9);

n_i số lần xuất hiện của khoảng thay đổi ứng suất mức i;

$N_t = \sum_i n_i$ tổng số lần xuất hiện của các khoảng thay đổi ứng suất trong suốt tuổi thọ hiệu dụng của cần trục;

$N_{ref} = 2\times10^6$ số chu trình tham chiếu (số chu trình cơ sở khi thử độ bền mỏi của vật liệu);

m hệ số góc của đường cong mỏi của phần tử trong hệ toạ độ logσ/log$N$ (bậc đường cong mỏi).

Đối với các chi tiết kết cấu đã khử ứng suất dư hoặc chi tiết không hàn thì phần ứng suất âm trong khoảng thay đổi ứng suất có thể giảm còn 60%.

Một quá trình ứng suất cho trước được phân vào cấp cụ thể S không phụ thuộc vào hằng số m của đường cong mỏi logσ–log$N$ liên quan. Các đường chéo giới hạn các nhóm S thể hiện quan hệ giữa k_m và v khi s = const trong biểu đồ với hệ đơn vị log/log.

Các quá trình ứng suất được đặc trưng bởi cùng hệ số s_m có thể được xem xét là tương đương về sự phá huỷ của vật liệu, chi tiết hoặc bộ phận tương tự nhau.

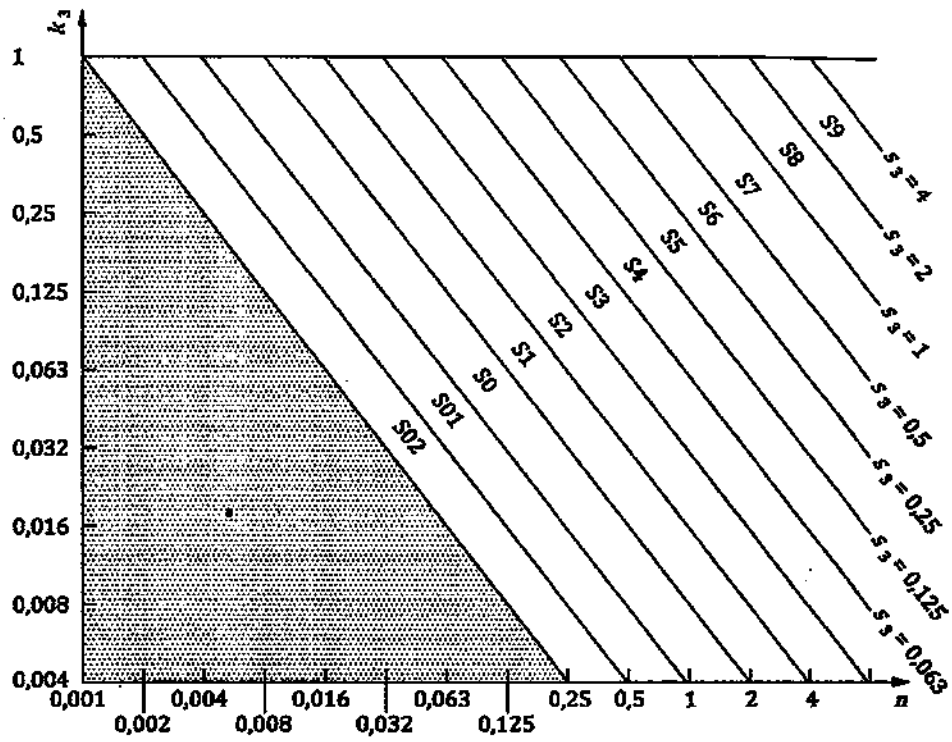
Các chi tiết cần trục có giá trị s nhỏ hơn 0,001 không yêu cầu phải kiểm nghiệm độ bền mỏi.

Khi ứng suất tính toán luôn là nén trong trạng thái ứng suất đơn trục và khi không xuất hiện sự phát triển vết nứt thì không yêu cầu kiểm nghiệm độ bền mỏi cho các ứng suất nén. Tuy nhiên, các ứng suất trong mặt chịu cắt phải được tính đến.

Sự phân nhóm quá trình ứng suất thành các cấp S theo hệ số s_m với hằng số $m = 3$ được cho trong Bảng 9 và minh hoạ trên Hình 10 bằng thông số s_3.

Bảng 9 – Cấp S của hệ số quá trình ứng suất (s_3)

Cấp S	Hệ số quá trình ứng suất
S02	$0,001 < s_3 \leq 0,002$
S01	$0,002 < s_3 \leq 0,004$
S0	$0,004 < s_3 \leq 0,008$
S1	$0,008 < s_3 \leq 0,016$
S2	$0,016 < s_3 \leq 0,032$
S3	$0,032 < s_3 \leq 0,063$
S4	$0,063 < s_3 \leq 0,125$
S5	$0,125 < s_3 \leq 0,250$
S6	$0,250 < s_3 \leq 0,500$
S7	$0,500 < s_3 \leq 1,000$
S8	$1,000 < s_3 \leq 2,000$
S9	$2,000 < s_3 \leq 4,000$



[a] Không yêu cầu đánh giá độ bền mỏi

Hình 10 – Minh hoạ phân loại hệ số quá trình ứng suất với $m = 3$

6.3.4 Xác định cấp của quá trình ứng suất

6.3.4.1 Quy định chung

Đối với các phần tử kết cấu của cần trục, cấp S của quá trình ứng suất có thể lấy theo Bảng 9, khi không biết hệ số quá trình ứng suất có thể xác định bằng tính toán hoặc đo đạc.

Cấp của quá trình ứng suất cũng có thể xác định trực tiếp bằng thực nghiệm, với các điều chỉnh kỹ thuật. Hệ số quá trình ứng suất s_3 tương ứng cho trong Bảng 11. Cấp *S* của quá trình ứng suất liên quan đến chế độ làm việc của cần trục và phụ thuộc vào:

- Số chu trình làm việc và cấp sử dụng U [xem TCVN 8590-1 (ISO 4301-1)];
- Phổ tải nâng và cấp tải Q [xem TCVN 8590-1 (ISO 4301-1)];
- Cấu hình cần trục và các ảnh hưởng khi cần trục chuyển động (chuyển động ngang, quay, nâng cần, v.v...).

Nếu một cấp của quá trình ứng suất đơn lẻ được áp dụng để đặc trưng cho toàn bộ kết cấu, phải sử dụng cấp nguy hiểm nhất có thể.

6.3.4.2 Trường hợp đặc biệt

Trong trường hợp đặc biệt, khi sự thay đổi ứng suất trong các phần tử kết cấu chỉ phụ thuộc vào tải nâng, không phụ thuộc vào sự thay đổi của các ảnh hưởng do tải khác gây ra, ví dụ như ảnh hưởng của tải trọng bản thân các bộ phận di chuyển của cần trục, tức là số chu trình ứng suất bằng số chu trình nâng và khoảng thay đổi ứng suất tỉ lệ với khoảng thay đổi của tải nâng, thì cấp *S* của các phần tử này có thể được xác định theo Bảng 10.

Bảng 10 – Cấp S xác định theo các nhóm chế độ làm việc A

Nhóm chế độ làm việc A theo TCVN 8590-1 (ISO 4301-1)	Cấp S
A1	S01
A2	S0
A3	S1
A4	S2
A5	S3
A6	S4
A7	S5
A8	S6
Các nhóm ứng suất cao (S7 đến S9) không có trong tiêu chuẩn TCVN 8590-1 (ISO 4301-1), nhóm A8 có thể được áp dụng.	

6.4 Tiến hành kiểm nghiệm

Đối với các chi tiết cần kiểm nghiệm, phải chứng minh được:

$$\Delta\sigma_{Sd} \le \Delta\sigma_{Rd} \tag{37}$$

$$\Delta\sigma_{Sd} = \max\sigma - \min\sigma \tag{38}$$

Trong đó:

$\Delta\sigma_{Sd}$ khoảng thay đổi ứng suất tính toán lớn nhất;

$\max\sigma, \min\sigma$ các cực trị của ứng suất tính toán từ tổ hợp tải trọng A, theo các phần áp dụng tương ứng của TCVN 11417 (ISO 8686), với $\gamma_p = 1$ (ứng suất nén mang dấu âm);

$\Delta\sigma_{Rd}$ khoảng thay đổi ứng suất giới hạn khi tính toán.

Đối với ứng suất tính toán trong mối hàn, xem Phụ lục C. Đối với các mối hàn được giải phóng ứng suất dư bằng cách gia nhiệt hoặc các thành phần kết cấu không hàn, thành phần ứng suất nén của khoảng thay đổi ứng suất có thể giảm xuống còn 60%. Khi hệ số phổ ứng suất k_m được tính theo công thức (35) và sử dụng để xác định hệ số chu trình s_m thì các giá trị $\max\sigma$ và $\min\sigma$ phải dựa trên cùng

một giả thiết gia tải, bao gồm các hệ số động, gia tốc và các kết hợp, như khi được sử dụng để xác định khoảng thay đổi ứng suất lớn nhất.

Ứng suất tiếp τ cũng được xử lý tương tự.

Đối với từng thành phần ứng suất, σ_x, σ_y và τ, việc kiểm nghiệm phải tiến hành độc lập, trong đó *x* và *y* là các chỉ số để thể hiện các ứng suất trong hệ trục vuông góc.

Đối với các chi tiết không hàn, nếu các ứng suất pháp và ứng suất tiếp do cùng một tải trọng gây ra thay đổi như nhau, hoặc khi mặt phẳng của ứng suất chính lớn nhất không thay đổi đáng kể trong quá trình chịu tải thì có thể chỉ cần sử dụng khoảng thay đổi lớn nhất của ứng suất chính.

6.5 Xác định khoảng thay đổi ứng suất giới hạn khi tính toán

6.5.1 Phương pháp áp dụng

Các khoảng thay đổi ứng suất giới hạn khi tính toán $\Delta\sigma_{Rd}$ đối với chi tiết cần xem xét phải được xác định bằng cách sử dụng trực tiếp hệ số quá trình ứng suất s_m hoặc được đơn giản hoá theo cấp *S*.

6.5.2 Sử dụng trực tiếp hệ số quá trình ứng suất

Khoảng thay đổi ứng suất giới hạn khi tính toán được xác định theo:

$$\Delta\sigma_{Rd} = \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{mf} \times \sqrt[m]{s_m}} \tag{39}$$

Trong đó:

$\Delta\sigma_{Rd}$ - khoảng thay đổi ứng suất giới hạn khi tính toán;

$\Delta\sigma_c$ độ bền mỏi đặc trưng (xem Phụ lục D);

m bậc của đường cong mỏi (hệ số góc của đường logσ-log$N$, xem Phụ lục D);

γ_{mf} hệ số dự trữ độ bền mỏi riêng (xem Bảng 8);

s_m hệ số quá trình ứng suất.

Khi hệ số s_m lấy trên cơ sở m = 3, khoảng thay đổi ứng suất giới hạn khi tính toán có thể xác định theo phương pháp tại 6.5.3.2.

6.5.3 Sử dụng các cấp *S*

6.5.3.1 Hệ số góc *m*

Khi chi tiết cần xem xét liên quan đến cấp *S* theo 6.3, việc xác định khoảng thay đổi ứng suất giới hạn khi tính toán bằng phương pháp đơn giản sẽ phụ thuộc vào hệ số góc m của đường cong mỏi logσ-log$N$.

6.5.3.2 Hệ số góc $m = 3$

Các giá trị của hệ số quá trình ứng suất (s_3) tương ứng với các cấp S của quá trình ứng suất riêng biệt được chọn theo Bảng 11.

Bảng 11 – Các giá trị của s_3 cho các cấp S của quá trình ứng suất

Cấp S	S02	S01	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
s_3	0,002	0,004	0,008	0,016	0,032	0,063	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0
CHÚ THÍCH: Các giá trị của hệ số quá trình ứng suất thể hiện trong bảng này là các giới hạn trên của các khoảng cho tại Bảng 9.												

Khoảng thay đổi ứng suất giới hạn khi tính toán xác định theo:

$$\Delta\sigma_{Rd} = \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{mf} \times \sqrt[3]{s_3}} \quad (40)$$

Trong đó:

$\Delta\sigma_{Rd}$ khoảng thay đổi ứng suất giới hạn khi tính toán;

$\Delta\sigma_c$ độ bền mỏi đặc trưng của chi tiết, với $m = 3$ (xem Phụ lục D);

s_3 hệ số phân loại quá trình ứng suất (xem Bảng 11);

γ_{mf} hệ số dự trữ độ bền mỏi riêng (xem Bảng 8);

Phụ lục E cho các giá trị của $\Delta\sigma_{Rd}$ cho trường hợp bất lợi nhất $\gamma_{mf} = 1,25$, tuỳ thuộc vào cấp S và $\Delta\sigma_c$.

6.5.3.3 Hệ số góc $m \neq 3$

Nếu hệ số góc của đường cong giới hạn mỏi logσ–log$N$ khác 3, khoảng thay đổi ứng suất giới hạn khi tính toán sẽ phụ thuộc vào cấp S và hệ số phổ ứng suất k_m (xem 6.3.3).

Khoảng thay đổi ứng suất giới hạn khi tính toán $\Delta\sigma_{Rd}$ xác định theo:

$$\Delta\sigma_{Rd} = \Delta\sigma_{Rd,1} \times k^* \quad (41)$$

$$\Delta\sigma_{Rd,1} = \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{mf} \times \sqrt[m]{s_3}} \quad (42)$$

$$k^* = \sqrt[m]{\frac{k_3}{k_m}} \geq 1 \quad (43)$$

Trong đó:

$\Delta\sigma_{Rd}$ khoảng thay đổi ứng suất giới hạn khi tính toán;

$\Delta\sigma_{Rd,1}$ khoảng thay đổi ứng suất giới hạn khi tính toán khi $k^* = 1$;

k^* hệ số tỉ lệ phổ ứng suất riêng;

$\Delta\sigma_c$, m độ bền mỏi đặc trưng của chi tiết và hệ số góc của đường cong giới hạn mỏi logσ/log$N$ (xem Phụ lục D);

s_3 hệ số phân loại quá trình ứng suất khi m = 3 (xem Bảng 11);

γ_{mf} hệ số dự trữ độ bền mỏi riêng (xem Bảng 8);

k_3 hệ số phổ ứng suất tính với m = 3;

k_m hệ số phổ ứng suất tính với m của chi tiết đang được xem xét.

Phụ lục E cho các giá trị của $\Delta\sigma_{Rd}$ cho trường hợp bất lợi nhất γ_{mf} = 1,25, tuỳ thuộc vào cấp S và $\Delta\sigma_c$.

6.5.3.4 Phương pháp đơn giản áp dụng khi $m \neq 3$

Vì k^* = 1 bao trùm phần lớn các phổ ứng suất bất lợi nhất nên $\Delta\sigma_{Rd,1}$ tính theo công thức (42) có thể sử dụng làm khoảng thay đổi ứng suất giới hạn khi tính toán. Giá trị của k^* có thể được tính theo k_3 và k_m từ các phổ ứng suất xác định từ thực nghiệm.

6.5.4 Ứng suất pháp và ứng suất tiếp độc lập

Ngoài việc kiểm nghiệm độc lập đối với σ và τ (xem 6.4), sự tác động độc lập của các khoảng thay đổi của ứng suất pháp và ứng suất tiếp phải được xem xét theo điều kiện:

$$\left(\frac{\gamma_{mf}\times\Delta\sigma_{Sd,x}}{\Delta\sigma_{c,x}}\right)^{m_x}\times s_{m,x}+\left(\frac{\gamma_{mf}\times\Delta\sigma_{Sd,y}}{\Delta\sigma_{c,y}}\right)^{m_y}\times s_{m,y}+\left(\frac{\gamma_{mf}\times\Delta\tau_{Sd}}{\Delta\tau_c}\right)^{m_\tau}\times s_{m\tau}\le 1{,}0 \qquad (44)$$

Trong đó:

$\Delta\sigma_{Sd}$, $\Delta\tau_{Sd}$ khoảng thay đổi lớn nhất của ứng suất tính toán;

$\Delta\sigma_c$, $\Delta\tau_c$ độ bền mỏi đặc trưng;

γ_{mf} hệ số dự trữ độ bền mỏi riêng (xem Bảng 8);

s_m hệ số quá trình ứng suất;

m bậc của đường cong mỏi;

x, y chỉ số thể hiện các thành phần ứng suất theo hệ trục vuông góc;

τ chỉ số thể hiện ứng suất tiếp.

7 Kiểm nghiệm độ ổn định đàn hồi

7.1 Quy định chung

Kiểm nghiệm độ ổn định đàn hồi được thực hiện để chứng minh rằng các phần tử hoặc thành phần kết cấu thẳng tuyệt đối không bị mất độ ổn định do biến dạng bên, phát sinh chủ yếu từ tải trọng hoặc ứng suất nén. Các biến dạng do các tải trọng nén hoặc ứng suất nén kết hợp với mô men uốn tác động từ bên ngoài hoặc kết hợp với mô men uốn do sự không hoàn hảo ngay từ đầu của các đặc tính hình học có thể được đánh giá thông qua thuyết bậc hai như một phần của việc kiểm nghiệm độ bền tĩnh. Điều khoản này quy định các yêu cầu liên quan đến kiểm nghiệm độ ổn định tổng thể của các phần tử chịu nén và độ ổn định cục bộ của tấm mỏng chịu ứng suất nén.

CHÚ THÍCH: Các hiện tượng khác về mất ổn định đàn hồi đang tồn tại và có thể xuất hiện, ví dụ vỏ hình trụ hoặc ở các tiết diện hở. Các thông tin khác có thể xem tại Thư mục tài liệu tham khảo.

7.2 Ổn định của các phần tử chịu nén

7.2.1 Lực ổn định tới hạn

Lực ổn định tới hạn N_k là lực gây mất bằng nhỏ nhất theo thuyết đàn hồi. Với các phần tử có tiết diện không đổi lực N_k được cho trong Bảng12 với các điều kiện biên đã định, còn được biết đến như là các trường hợp tới hạn của Ơle.

Bảng 12 – Lực tới hạn N_k cho các trường hợp tới hạn của Ơle

Trường hợp	1	2	3	4	5
Các điều kiện biên					
N_k	$\frac{\pi^2 \times E \times I_i}{4 \times L^2}$	$\frac{\pi^2 \times E \times I_i}{L^2}$	$\frac{2{,}05 \times \pi^2 \times E \times I_i}{L^2}$	$\frac{4 \times \pi^2 \times E \times I_i}{L^2}$	$\frac{\pi^2 \times E \times I_i}{L^2}$

E mô đun đàn hồi của vật liệu

I_i mô men quán tính của phần tử trong mặt phẳng trên hình vẽ

L chiều dài của phần tử

Đối với các điều kiện biên khác hoặc với các phần tử tạo thành từ nhiều đoạn *i* với mặt cắt tiết diện khác nhau, lực N_k có thể được tính toán từ các công thức vi phân hoặc hệ phương trình vi phân của đường đàn hồi ở trạng thái biến dạng và có nghiệm tổng quát như sau:

$$y = A_i \times \cos(k_i + x) + B_i \times \sin(k_i + x) + C_i \times x + D_i, \quad k_i = \sqrt{\frac{N_c}{E \times I_i}} \tag{45}$$

Trong đó:

x tọa độ dọc theo chiều dài;

y tọa độ theo chiều ngang theo hướng yếu nhất của phần tử;

E mô đun đàn hồi;

I_i Mô men quán tính của phần *i* theo hướng yếu nhất;

N_c Lực nén;

A_i, B_i, C_i là các hằng số, có thể tìm được bằng cách áp dụng các điều kiện biên thích hợp.

Lực ổn định tới hạn N_k được tìm thấy là giá trị dương nhỏ nhất thỏa mãn điều kiện (45) khi được giải với các điều kiện biên thích hợp.

7.2.2 Lực nén giới hạn theo tính toán

Lực nén giới hạn theo tính toán N_{Rd} cho các phần tử và các thành phần cần xem xét của nó được tính từ lực ổn định tới hạn N_k:

$$N_{Rd} = \frac{\kappa \times f_y \times A}{\gamma_m} \tag{46}$$

Trong đó:

κ hệ số rút gọn;

f_y giới hạn chảy;

A diện tích mặt cắt ngang của phần tử.

Hệ số rút gọn κ xác định theo độ mảnh λ. Độ mảnh λ tính như sau:

$$\lambda = \sqrt{\frac{f_y \times A}{N_k}} \tag{47}$$

Trong đó N_k là lực ổn định tới hạn theo 7.2.1.

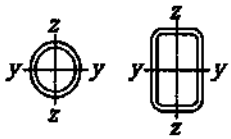
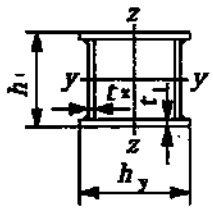
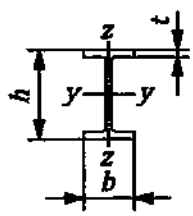
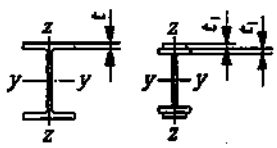
Tùy theo giá trị của độ mảnh λ và hệ số α của tiết diện, hệ số rút gọn κ xác định như sau:

$\lambda \le 0{,}2$: $\kappa = 1{,}0$

$$\lambda > 0,2: \quad \kappa = \frac{1}{\xi + \sqrt{\xi^2 - \lambda^2}} \qquad \xi = 0,5 \times \left[1 + \alpha \times (\lambda - 0,2) + \lambda^2\right] \tag{48}$$

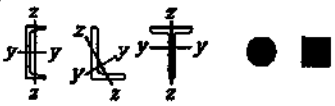
Hệ số α cho trong Bảng 13 tùy theo loại tiết diện.

Bảng 13 – Hệ số λ và độ cong cho phép do sự không hoàn hảo cho các tiết diện khác nhau

	Loại tiết diện		Ổn định theo trục	$f_y < 460 \frac{N}{mm^2}$		$f_y \geq 460 \frac{N}{mm^2}$	
				α	δ_1	α	δ_1
1	Tiết diện ống 	Cán nóng	y-y z-z	0,21	L/300	0,13	L/350
		Tạo hình nguội	y-y z-z	0,34	L/250	0,34	L/250
2	Tiết diện hộp (hàn) 	Hàn dày $a > t_i/2$ và $h_y/t_y < 30$ $h_z/t_z < 30$	y-y z-z	0,49	L/200	0,29	L/200
		Còn lại	y-y z-z	0,34	L/250	0,34	L/250
3	Thép hình cán 	$h/b > 1,2$; $t \leq 40mm$	y-y z-z	0,21 0,34	L/300 L/250	0,13 0,13	L/350 L/350
		$h/b > 1,2$; $40 < t \leq 80mm$ $h/b \leq 1,2$; $t \leq 80$ mm	y-y z-z	0,34 0,49	L/250 L/200	0,21 0,21	L/300 L/300
		$t > 80mm$	y-y z-z	0,76	L/150	0,49	L/200
4	Dầm I (hàn) 	$t_i \leq 40mm$	y-y z-z	0,34 0,49	L/250 L/200	0,13 0,13	L/250 L/200
		$t_i > 40mm$	y-y z-z	0,49 0,76	L/200 L/150	0,13 0,13	L/200 L/150

Bảng 13 – Hệ số λ và độ cong cho phép do sự không hoàn hảo cho các tiết diện khác nhau

(kết thúc)

	Loại tiết diện	Ổn định theo trục	$f_y < 460\frac{N}{mm^2}$		$f_y \geq 460\frac{N}{mm^2}$	
			α	δ_1	α	δ_1
5	Thép cán chữ C, L, T và các tiết diện đặc 	y-y z-z	0, 49	L/200	0, 49	L/200

δ_1 là độ lớn cho phép lớn nhất của độ cong ban đầu do sự không hoàn hảo được đo trên suốt chiều dài của phần tử.

L là độ dài của phần tử.

Trong trường hợp phần tử có tiết diện thay đổi thì phải áp dụng các công thức tại 7.2.2 cho tất cả các phần của phần tử. Giá trị nhỏ nhất của N_{Rd} phải được sử dụng và ngoài ra phải thỏa mãn yêu cầu sau:

$$N_{Rd} = \frac{N_k}{1{,}2 \times \gamma_m} \tag{49}$$

7.3 Ổn định của tấm thành mỏng chịu ứng suất nén và cắt

7.3.1 Quy định chung

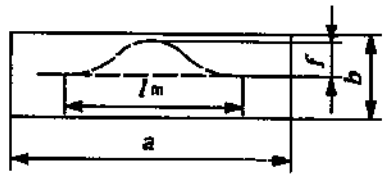
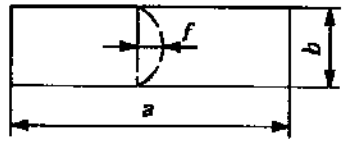
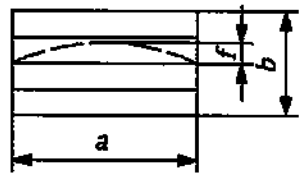
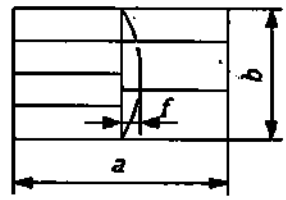
Các tấm thành mỏng là các tấm mỏng không được gia cường và chỉ được giữ dọc theo các cạnh của nó hoặc là phần tấm mỏng nằm giữa các gân tăng cứng.

Ứng suất giới hạn khi tính toán cho trong điều khoản này sẽ đảm bảo sự mất ổn định của các tấm không thể xảy ra, tức là các ứng xử sau mất ổn định sẽ không cần sử dụng đến. Về các phương pháp sử dụng các ứng xử sau mất ổn định có thể xem thêm thông tin trong Thư mục tài liệu tham khảo. Khi sử dụng các phương pháp này thì các ảnh hưởng sau mất ổn đinh, ví dụ lên độ bền mỏi, phải được tính đến.

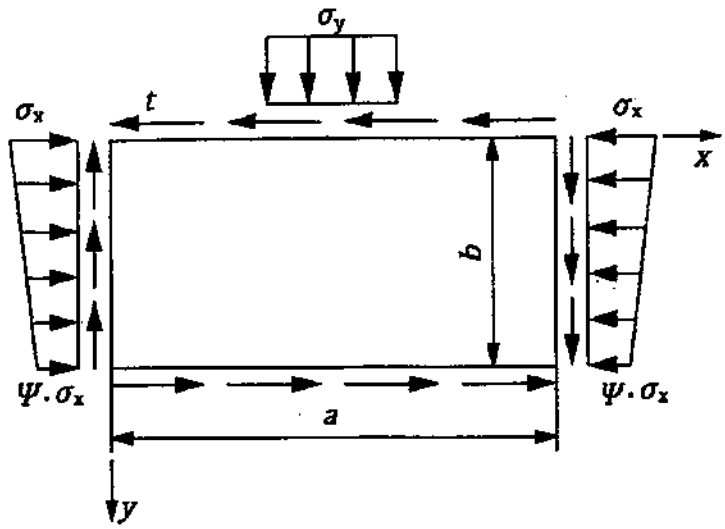
Các giả định sau đây được sử dụng:

- Độ không hoàn hảo về mặt hình học của tấm nhỏ hơn các giá trị lớn nhất cho trong Bảng 14;
- Các gân tăng cứng được thiết kế có đủ độ cứng và độ bền để cho phép độ ổn định yêu cầu của tấm có thể được phát huy (tức là độ ổn định của các gân tăng cứng phải lớn hơn các tấm thành mỏng);
- Tấm thành mỏng được giữ dọc theo các cạnh như trong Bảng 15.

Bảng 15 – Giá trị cho phép lớn nhất về độ không hoàn hảo f của tấm thành mỏng và tăng cứng

TT	Loại tăng cứng		Hình minh họa	Độ không hoàn hảo *f*
1	Các tấm không được gia cường	Trường hợp chung		$f = \frac{l_m}{250}$ Khi a ≤ 2b: l_m = a Khi a > 2b: l_m = 2b
2		Chịu nén dọc		$f = \frac{l_m}{250}$ Khi b ≤ 2a: l_m = b Khi b > 2a: l_m = 2b
3	Có gân tăng cứng dọc các tấm với khả năng gia cường theo chiều dọc			$f = \frac{a}{400}$
4	Có các gân tăng cứng ngang với khả năng gia cường theo cả chiều dọc và chiều ngang			$f = \frac{a}{400}$ $f = \frac{b}{400}$
f phải được đo trong mặt phẳng vuông góc l_m chiều dài cữ đo.				

Hình 11 thể hiện tấm thành mỏng với các kích thước a và b (hệ số kích thước α = a/b). Tấm chịu ứng suất dọc thay đổi từ σ_x (ứng suất nén lớn nhất) đến $\psi \times \sigma_x$ dọc theo các cạnh bên, đồng thời chịu ứng suất cắt τ và ở một cạnh của tấm có thêm ứng suất ngang σ_y (ví dụ do tải trọng từ bánh xe, xem C.4).



Hình 11 – Các ứng suất tác động lên tấm mỏng

7.3.2 Ứng suất giới hạn khi tính toán tương ứng với ứng suất dọc σ_x

Ứng suất nén giới hạn khi tính toán $f_{b.Rd,x}$ được xác định theo:

$$f_{b.Rd,x} = \frac{\kappa_x \times f_y}{\gamma_m} \tag{50}$$

Trong đó:

κ_x hệ số rút gọn theo công thức (51);

f_y giới hạn chảy của vật liệu tấm.

Hệ số rút gọn κ_x xác định theo:

$$\begin{aligned} &\kappa_x = 1 && khi \quad \lambda_x \le 0,7 \\ &\kappa_x = 1,474 - 0,677 \times \lambda_x && khi \quad 0,7 < \lambda_x \le 1,291 \\ &\kappa_x = \frac{1}{\lambda_x^2} && khi \quad \lambda_x \ge 1,291 \end{aligned} \tag{51}$$

Trong đó:

λ_x độ mảnh của tấm (không thứ nguyên), xác định theo công thức (52).

Độ mảnh của tấm λ_x tính theo:

$$\lambda_{\sigma} = \sqrt{\frac{f_y}{k_{\sigma} \times \sigma_e}} \quad (52)$$

Trong đó:

σ_e ứng suất tham chiếu, xác định theo công thức (53);

k_{σ} hệ số ổn định, lấy theo Bảng 15.

Ứng suất tham chiếu σ_e tính theo:

$$\sigma_e = \frac{\pi^2 \times E}{12 \times (1-\nu^2)} \times \left(\frac{t}{b}\right)^2 \quad (53)$$

Trong đó:

E mô đun đàn hồi của tấm;

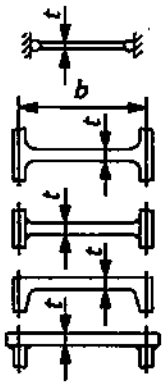
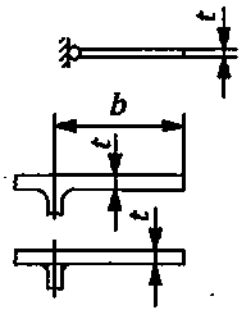
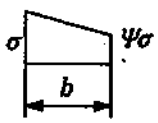
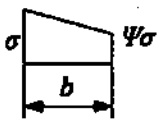
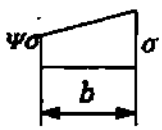
ν hệ số Poat xông của tấm ($\nu = 0{,}3$ đối với thép);

t chiều dày của tấm;

b chiều rộng của tấm.

Hệ số ổn định k_{σ} phụ thuộc vào tỉ số ứng suất trên cạnh (ψ), hệ số kích thước (α) và điều kiện giữ (ngàm) của các cạnh. Bảng 15 cho các giá trị của hệ số ổn định đối với tấm thành mỏng được ngàm dọc theo các cạnh dọc và ngang (Trường hợp 1) và các tấm thành mỏng được ngàm theo hai cạnh ngang nhưng chỉ được ngàm theo một cạnh dọc (Trường hợp 2).

Bảng 15 – Hệ số ổn định k_{σ}

		Trường hợp 1	Trường hợp 2	
1	Kiểu giữ (ngàm)	Ngàm dọc theo tất cả các cạnh	Ngàm dọc theo hai cạnh chịu tải (các cạnh cuối) và dọc theo một cạnh dọc	
				
2	Phân bố ứng suất			
3	ψ = 1	4	0,43	
4	1 > ψ > 0	$\frac{8,2}{\psi+1,05}$	$\frac{0,578}{\psi+0,34}$	$0,57-0,21\psi+90,07\psi^2$
5	ψ = 0	7,81	1,70	0,57
6	0 > ψ > -1	$7,81-6,29\psi+9,78\psi^2$	$1,70-5\psi+17,1\psi^2$	$0,57-0,21\psi+90,07\psi^2$
7	ψ = -1	23,9	23,8	0,85
8	ψ < -1	$5,98\times(1-\psi)^2$	23,8	$0,57-0,21\psi+90,07\psi^2$

CHÚ THÍCH: Đối với Trường hợp 1, các giá trị và công thức tính hệ số ổn định cho trong Bảng 15 cho các tấm thành mỏng được cố định theo cả bốn cạnh có thể cho kết quả an toàn hơn cho các tấm có $\alpha < 1,0$ (dòng 3 đến dòng 6) và có $\alpha < 0,7$ (dòng 7) (xem Hình 11 cho hệ số α). Đối với Trường hợp 2, kết quả cũng an toàn hơn cho các tấm có $\alpha < 2,0$. Thông tin liên quan đến các giá trị khác cho các tấm ngắn có thể tìm trong các tài liệu tham khảo (xem Thư mục tài liệu tham khảo).

7.3.3 Ứng suất giới hạn khi tính toán tương ứng với ứng suất ngang σ_y

Khi ứng suất ngang là do tải trọng di động gây ra, ví dụ sự di chuyển của bánh xe chịu tải trong dầm cầu trục thì việc sử dụng các phương pháp có tính đến ảnh hưởng sau mất ổn định trong 7.3.1 là không được phép.

Ứng suất nén giới hạn khi tính toán $f_{b,Rd,y}$ được xác định theo:

$$f_{b,Rd,x} = \frac{\kappa_y \times f_y}{\gamma_m} \tag{54}$$

Trong đó:

κ_y hệ số rút gọn theo công thức (55);

f_y giới hạn chảy của vật liệu tấm.

Hệ số rút gọn κ_y xác định theo:

$$\begin{aligned} &\kappa_y = 1 && khi \quad \lambda_y \le 0,7 \\ &\kappa_y = 1,474 - 0,677 \times \lambda_y && khi \quad 0,7 < \lambda_y \le 1,291 \\ &\kappa_y = \frac{1}{\lambda_y^2} && khi \quad \lambda_y \ge 1,291 \end{aligned} \tag{55}$$

Trong đó:

λ_y độ mảnh của tấm (không thứ nguyên), xác định theo công thức (56).

Độ mảnh của tấm λ_y tính theo:

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{f_y}{k_{\sigma y} \times \sigma_e \times \frac{a}{c}}} \tag{56}$$

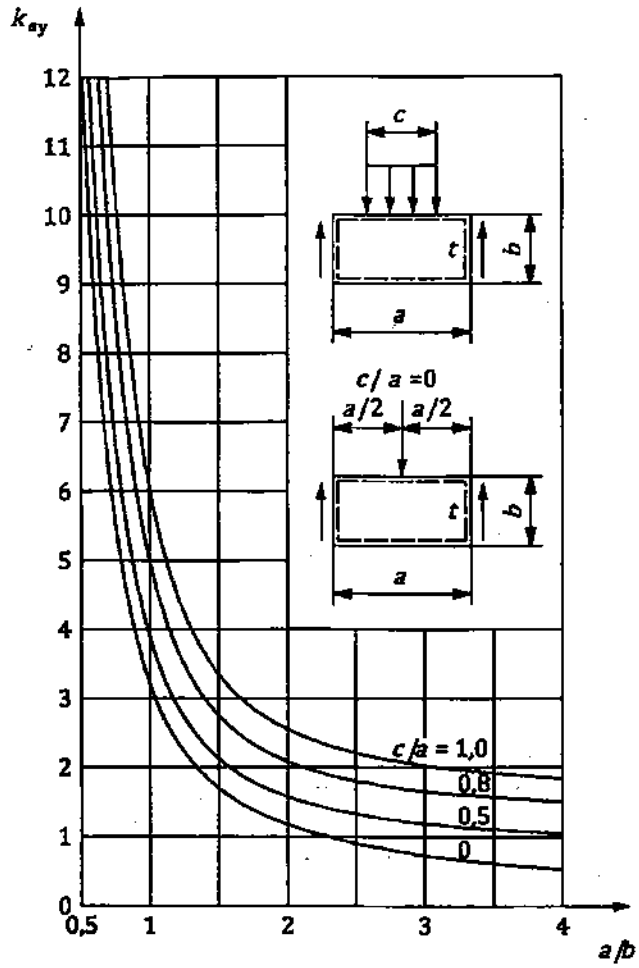
Trong đó:

σ_e ứng suất tham chiếu, xác định theo công thức (53);

$k_{\sigma y}$ hệ số ổn định, xác định theo Hình 12;

a chiều dài của tấm;

c chiều rộng vùng phân bố tải trọng [c = 0 tương ứng với điểm đặt tải lí thuyết trên Hình 12 (xem C.4)].



Hình 12 – Hệ số ổn định $k_{\sigma y}$

7.3.4 Ứng suất giới hạn khi tính toán tương ứng với ứng suất cắt τ

Ứng suất cắt giới hạn khi tính toán được xác định theo:

$$f_{b,Rd,\tau} = \frac{\kappa_\tau \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_m} \tag{57}$$

Trong đó:

κ_τ hệ số rút gọn xác định theo:

$$\kappa_\tau = \frac{0,84}{\lambda_\tau} \quad khi \quad \lambda_\tau \geq 0,84$$
$$\kappa_\tau = 1 \quad khi \quad \lambda_\tau < 0,84 \tag{58}$$

$$\lambda_\tau = \sqrt{\frac{f_y}{k_\tau \times \sigma_e \times \sqrt{3}}} \quad (59)$$

Trong đó:

f_y giới hạn chảy nhỏ nhất của vật liệu tấm;

σ_e ứng suất tham chiếu, tính theo công thức (53);

k_τ hệ số ổn định, tính theo các công thức ở Bảng 16 (khi tấm được ngàm tất cả các cạnh).

Bảng 16 – Hệ số ổn định k_τ

α	k_τ
α > 1	$k_\tau = 5{,}34 + \frac{4}{\alpha^2}$
α ≤ 1	$k_\tau = 4 + \frac{5{,}34}{\alpha^2}$

7.4 Tiến hành kiểm nghiệm

7.4.1 Phần tử chịu nén

Đối với phần tử đang xem xét, phải chứng minh được:

$$N_{Sd} \le N_{Rd} \quad (60)$$

Trong đó:

N_{Sd} tải trọng nén tính được;

N_{Rd} tải trọng nén giới hạn khi tính toán, xác định theo 7.2.2.

7.4.2 Tấm thành mỏng

7.4.2.1 Tấm thành mỏng chịu ứng suất nén dọc hoặc nén ngang

Đối với tấm thành mỏng đang xem xét, phải chứng minh được:

$$|\sigma_{Sd,x}| \le f_{b,Rd,x} \text{ và } |\sigma_{Sd,y}| \le f_{b,Rd,y} \quad (61)$$

Trong đó:

$\sigma_{Sd,x}$, $\sigma_{Sd,y}$ ứng suất nén tính được σ_x hoặc σ_y;

$f_{b,Rd,x}$, $f_{b,Rd,y}$ ứng suất nén giới hạn khi tính toán, xác định theo 7.3.2 và 7.3.3.

7.4.2.2 Tấm thành mỏng chịu ứng suất cắt

Đối với tấm thành mỏng đang xem xét, phải chứng minh được:

$$\tau_{Sd} \le f_{b,Rd,\tau} \tag{62}$$

Trong đó:

τ_{Sd} ứng suất cắt tính được;

$f_{b,Rd,\tau}$ ứng suất cắt giới hạn khi tính toán, xác định theo 7.3.4.

7.4.2.3 Tấm thành mỏng chịu ứng suất pháp đa trục và ứng suất cắt

Đối với tấm thành mỏng chịu ứng suất pháp đa trục (ứng suất dọc và/hoặc ngang) và ứng suất cắt thì ngoài việc kiểm nghiệm các thành phần ứng suất riêng rẽ theo 7.4.2.1 và 7.4.2.2 còn phải chứng minh thêm điều kiện sau:

$$\left(\frac{|\sigma_{Sd,x}|}{f_{b,Rd,x}}\right)^{e_1} + \left(\frac{|\sigma_{Sd,y}|}{f_{b,Rd,y}}\right)^{e_2} - V \times \left(\frac{|\sigma_{Sd,x}| \times |\sigma_{Sd,y}|}{f_{b,Rd,x} \times f_{b,Rd,y}}\right)^{e_3} \le 1 \tag{63}$$

Trong đó:

$$e_1 = 1 + \kappa_x^4 \tag{64}$$

$$e_2 = 1 + \kappa_y^4 \tag{65}$$

$$e_3 = 1 + \kappa_x \times \kappa_y \times \kappa_\tau^2 \tag{66}$$

với κ_x xác định theo 7.3.2, κ_y xác định theo 7.3.3 và κ_τ xác định theo 7.3.4;

$$\begin{aligned} V &= (\kappa_x \times \kappa_y)^6 \quad khi \quad \sigma_{Sd,x} \times \sigma_{Sd,y} \ge 0 \\ V &= -1 \qquad\quad khi \quad \sigma_{Sd,x} \times \sigma_{Sd,y} < 0 \end{aligned} \tag{67}$$

Phụ lục A
(tham khảo)

Lực cắt giới hạn khi tính toán $F_{v,Rd}$ cho mỗi bu lông và mỗi mặt phẳng cắt đối với các mối ghép có nhiều mặt phẳng cắt

Bảng A.1 và Bảng A.2 cho các giá trị lực cắt giới hạn khi tính toán tùy thuộc vào đường kính thân bu lông, vật liệu bu lông và không phụ thuộc vào thiết kế chi tiết của bu lông.

Bảng A.1 – Lực cắt giới hạn khi tính toán $F_{v,Rd}$ mỗi bu lông và mỗi mặt phẳng cắt đối với các mối ghép có nhiều mặt phẳng cắt
(mối ghép khít: thân bu lông ghép không có khe hở với lỗ trên tấm ghép)

Bu lông	Đường kính thân bu lông mm	$F_{v,Rd}$ kN				
		Vật liệu bu lông với γ_{Rb} = 1,1				
		4.6	5.6	8.8	10.9	12.9
M12	13	16,7	20,9	44,6	62,8	75,4
M16	17	28,6	35,7	76,2	107,2	128,6
M20	21	43,5	54,4	116,2	163,2	196,1
M22	23	52,2	65,3	139,4	196,0	235,2
M24	25	61,8	77,3	164,9	231,9	278,3
M27	28	77,6	97,0	206,9	291,0	349,2
M30	31	95,1	111,8	253,6	356,6	428,0

Bảng A.2 – Lực cắt giới hạn khi tính toán $F_{v,Rd}$ cho mỗi bu lông và mỗi mặt phẳng cắt đối với các mối ghép có nhiều mặt phẳng cắt (mối ghép tiêu chuẩn)

Bu lông	Đường kính thân bu lông mm	$F_{v,Rd}$ kN				
		Vật liệu bu lông với $\gamma_{Rb} = 1,1$				
		4.6	5.6	8.8	10.9	12.9
M12	12	14,2	17,8	37,9	53,4	64,1
M16	16	25,3	31,6	67,5	94,9	113,9
M20	20	39,5	49,4	105,5	148,4	178,0
M22	22	47,8	59,8	127,6	179,5	215,4
M24	24	56,9	71,2	151,9	213,6	256,4
M27	27	72,1	90,1	192,3	270,4	324,5
M30	30	89,0	113,3	237,4	333,9	400,6

Phụ lục B

(tham khảo)

Bu lông được siết chặt

Các kích thước bu lông trong Bảng B.1 và B.2 tương ứng với dãy tiêu chuẩn ren hệ mét và có bước phù hợp với ISO 262, *ISO general purpose metric screw threads – Selected sizes for screws, bolts and nuts (Ren hệ mét ISO công dụng chung – Chọn kích thước cho vít, bu lông và đai ốc)*

Bảng B.1 – Mô men siết (tính bằng Nm) để đạt mức lực siết cho phép lớn nhất 0,7xF_y

Cỡ bu lông	Cấp độ bền của bu lông		
	8.8	10.9	12.9
M12	86	122	145
M14	136	190	230
M16	210	300	300
M18	290	410	495
M20	410	590	710
M22	560	790	950
M24	710	1 000	1200
M27	1 040	1 460	1 750
M30	1 410	2 000	2 400
M33	1 010	2 700	3 250
M36	2 460	3 500	4 200
CHÚ THÍCH: Hệ số ma sát μ = 0,14 được giả định khi tính mô men siết. Đối với các giá trị hệ số ma sát khác thì lực siết cần điều chỉnh lại cho thích hợp.			

Bảng B.2 – Lực trượt giới hạn khi tính toán $F_{s,Rd}$ cho mỗi bu lông tại mỗi bề mặt ma sát khi sử dụng lực siết tính toán $F_{p,d} = 0,7 \times f_{yb} \times A_s$

Bu lông	Tiết diện dùng để tính ứng suất A_s mm²	Lực siết tính toán $F_{p,d}$ kN			Lực trượt giới hạn khi tính toán $F_{s,Rd}$ (kN) khi $\gamma_m = 1,1$ và $\gamma_{ss} = 1,14$											
		Cấp độ bền của bu lông			Cấp độ bền của bu lông											
					8.8 hệ số ma sát				10.9 hệ số ma sát				12.9 hệ số ma sát			
		8.8	10.9	12.9	0.50	0.40	0.30	0.20	0.50	0.40	0.30	0.20	0.50	0.40	0.30	0.20
M12	84,3	37,8	53,1	63,7	15,1	12,1	9,1	6,0	21,2	17,0	12,7	8,5	25,5	20,4	15,3	10,2
M16	157,0	70,3	98,9	119,0	28,1	22,5	16,9	11,2	39,6	31,6	23,7	15,8	47,6	38,1	28,6	19,0
M20	245,0	110,0	154,0	185,0	44,0	35,2	26,4	17,6	61,6	49,3	37,0	24,6	74,0	59,2	44,4	29,6
M22	303,0	136,0	191,0	229,0	54,4	43,5	32,6	21,8	76,4	61,1	45,8	30,6	91,6	73,3	55,0	36,6
M24	353,0	158,0	222,0	267,0	63,2	50,6	37,9	25,3	88,8	71,0	53,3	35,5	107,0	85,4	64,1	42,7
M27	459,0	206,0	289,0	347,0	82,4	65,9	49,4	33,0	116,0	92,5	69,4	46,2	139,0	111,0	83,3	55,5
M30	561,0	251,0	353,0	424,0	100,0	80,3	60,2	40,2	141,0	113,0	84,7	56,5	170,0	136,0	102,0	67,8
M36	817,0	366,0	515,0	618,0	146,0	117,0	87,8	58,6	206,0	165,0	124,0	82,4	247,0	198,0	148,0	98,9

Phụ lục C
(quy định)

Ứng suất tính toán trong mối hàn, $\sigma_{w,Sd}$ và $\tau_{w,Sd}$

C.1 Mối hàn giáp mối

Ứng suất pháp $\sigma_{w,Sd}$ và ứng suất tiếp $\tau_{w,Sd}$ tính toán trong mối hàn được xác định theo:

$$\sigma_{w,Sd} = \frac{F_\sigma}{a_r \times l_r}, \quad \tau_{w,Sd} = \frac{F_\tau}{a_r \times l_r} \tag{C.1}$$

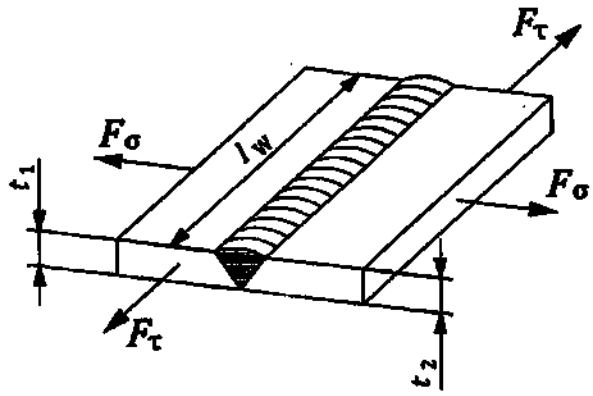
Trong đó:

F_σ lực gây ứng suất pháp (xem Hình C.1);

F_τ lực gây ứng suất tiếp (xem Hình C.1);

a_r chiều dày hiệu dụng của mối hàn;

l_r chiều dài hiệu dụng của mối hàn.



Hình C.1 – Mối hàn giáp mối

Chiều dày hiệu dụng của mối hàn tính theo

$a_r = \min(t_1, t_2)$ đối với các mối hàn ngấu toàn phần;

$a_r = 2 \times a_i$ đối với các mối hàn đối xứng hai mặt không ngấu toàn phần, với a_i là chiều dày của mối hàn mỗi bên.

CHÚ THÍCH: Các mối hàn một mặt không ngấu toàn phần không thuộc phạm vi của tiêu chuẩn này.

Trong trường hợp tổng quát, chiều dài hiệu dụng của mối hàn được lấy theo $l_r = l_w - 2 \times a_r$ (với các

mối hàn liên tục), trừ khi có biện pháp để đảm bảo toàn bộ chiều dài mối hàn là hiệu dụng, khi đó:

$l_r = l_w$

Trong đó:

l_w chiều dài của mối hàn (xem Hình C.1);

a_r chiều dày hiệu dụng của mối hàn;

t_1, t_2 chiều dày các chi tiết hàn.

C.2 Mối hàn góc (không vát mép)

Ứng suất pháp $\sigma_{w,Sd}$ và ứng suất tiếp $\tau_{w,Sd}$ tính toán trong mối hàn được xác định theo:

$$\sigma_{w,Sd} = \frac{F_\sigma}{a_{r1} \times l_{r1} + a_{r2} \times l_{r2}}, \quad \tau_{w,Sd} = \frac{F_\tau}{a_{r1} \times l_{r1} + a_{r2} \times l_{r2}} \tag{C.2}$$

Trong đó:

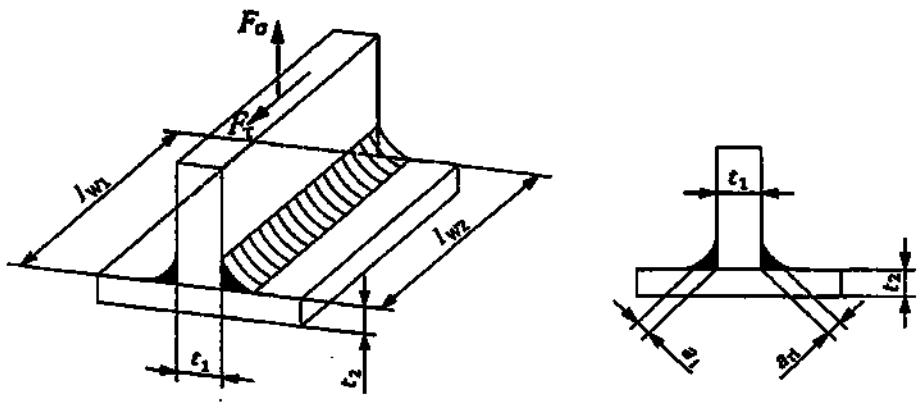
F_σ lực gây ứng suất pháp (xem Hình C.2);

F_τ lực gây ứng suất tiếp (xem Hình C.2);

a_{ri} chiều dày hiệu dụng của mối hàn (xem Hình C.2):

$a_{ri} = a_i$

l_{ri} chiều dài hiệu dụng của mối hàn.



Hình C.2 – Kích thước mối hàn

Chiều dày hiệu dụng của mối hàn bị giới hạn bởi $a_r \le 0{,}7 \times \min(t_1, t_2)$.

Chiều dài hiệu dụng của mối hàn: xem C.1.

Các mối hàn một phía có thể được sử dụng để chịu tải trọng như Hình C.2.

Đối với các mối hàn một phía, $\sigma_{w,Sd}$ và $\tau_{w,Sd}$ được tính toán theo cách tương tự, sử dụng các thông số thích hợp của mối hàn.

C.3 Mối hàn góc (cho kết cấu chữ T) có vát mép

Ứng suất pháp $\sigma_{w,Sd}$ và ứng suất tiếp $\tau_{w,Sd}$ tính toán trong mối hàn được xác định theo:

$$\sigma_{w,Sd} = \frac{F_\sigma}{a_{r1} \times l_{r1} + a_{r2} \times l_{r2}}, \quad \tau_{w,Sd} = \frac{F_\tau}{a_{r1} \times l_{r1} + a_{r2} \times l_{r2}} \tag{C.3}$$

Trong đó:

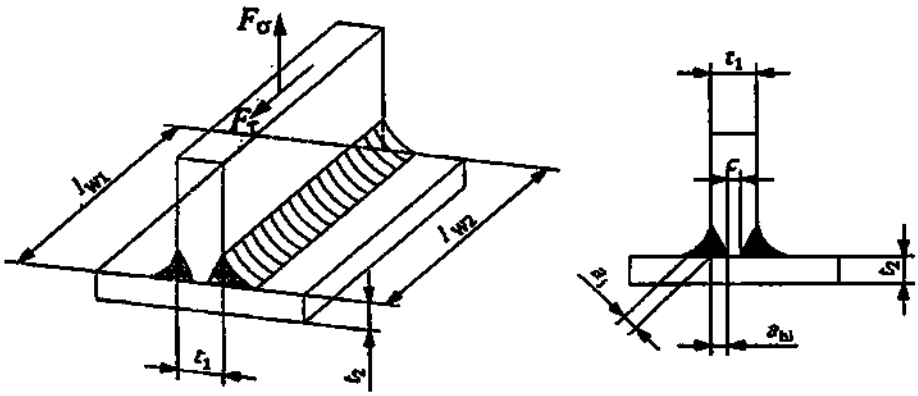
F_σ lực gây ứng suất pháp (xem Hình C.3);

F_τ lực gây ứng suất tiếp (xem Hình C.3);

a_{ri} chiều dày hiệu dụng của mối hàn (xem Hình C.3):

$$a_{ri} = a_i + a_{bi}$$

l_{ri} chiều dài hiệu dụng của mối hàn.



Hình C.3 - Kích thước mối hàn

Chiều dày hiệu dụng của mối hàn bị giới hạn bởi $a_r \le 0{,}7 \times \min(t_1, t_2)$.

Chiều dài hiệu dụng của mối hàn: xem C.1.

Các mối hàn một phía có thể được sử dụng để chịu tải trọng như Hình C.3.

Đối với các mối hàn một phía, $\sigma_{w,Sd}$ và $\tau_{w,Sd}$ được tính toán theo cách tương tự, sử dụng các thông số thích hợp của mối hàn.

C.3 Chiều dài phân bố hiệu dụng của mối hàn chịu lực tập trung

Để đơn giản, ứng suất pháp $\sigma_{w,Sd}$ và ứng suất tiếp $\tau_{w,Sd}$ tính toán trong mối hàn được xác định bằng cách sử dụng chiều dài phân bố hiệu dụng của mối hàn chịu lực tập trung:

$$l_r = 2 \times h_d \tan\kappa + \lambda \qquad \text{(C.4)}$$

Trong đó:

l_r chiều dài phân bố hiệu dụng;

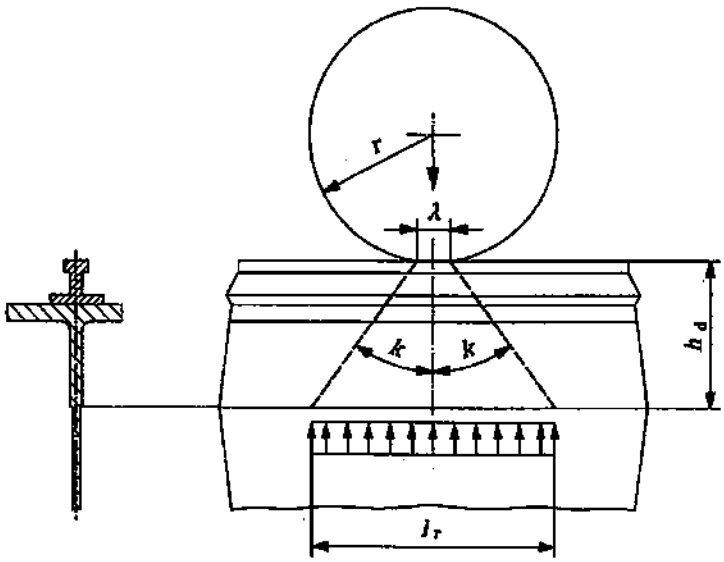
h_d khoảng cách giữa mối hàn và vùng tiếp xúc của tải trọng tác dụng;

λ chiều rộng vùng tiếp xúc theo chiều mối hàn; đối với bánh xe có thể lấy $\lambda = 0{,}2 \times r$, với $\lambda_{max} = 50$ mm,

r bán kính bánh xe;

2κ góc phân tán, phải lấy $\kappa \leq 45°$.

Xem Hình C.4.



Hình C.4 – Lực tập trung

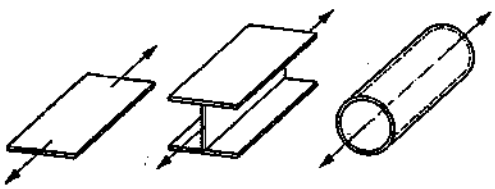
Có thể sử dụng các phương pháp khác để xác định ứng suất tính toán trong mối hàn, tuy nhiên các giá trị $\Delta\sigma_c$ và $\Delta\tau_c$ trong Phụ lục D được dựa trên các tính toán giới thiệu ở phần này.

Phụ lục D
(quy định)

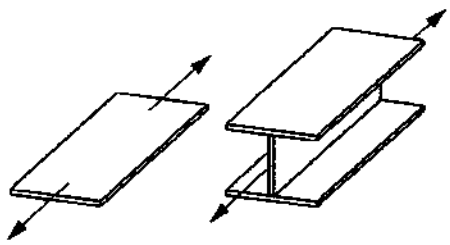
Giá trị của hệ số góc *m* và độ bền mỏi đặc trưng $\Delta\sigma_c$, $\Delta\tau_c$

Khi sử dụng thép có độ bền thấp thì độ bền mỏi của vật liệu cơ sở cho trong Bảng D.1 có thể điều chỉnh, ngay cả khi có các chi tiết khác như trong Bảng D.2 và D.3. Điều này không chỉ do ảnh hưởng của các giá trị $\Delta\sigma_c$ khác nhau mà còn do các giá trị khác nhau của hệ số góc m. Cấp tập trung ứng suất (NC) tham khảo cột đầu tiên của Phụ lục E (xem 6.2.1).

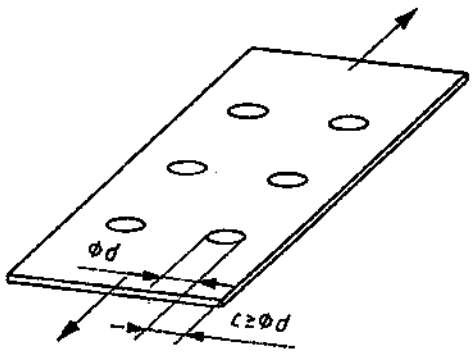
Bảng D.1 – Vật liệu cơ sở của các thành phần kết cấu

Chi tiết số	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\sigma_c$ N/mm²	Chi tiết kết cấu	Các yêu cầu
1.1	m = 5	 Tấm, thanh phẳng, thép hình cán chịu ứng suất pháp	Các yêu cầu chung: - Các bề mặt được cán - Không có tập trung ứng suất do khuyết tật hình học (ví dụ vết cắt, vết khuyết) - Độ nhám bề mặt yêu cầu trước khi xử lý, chẳng hạn bằng phun bi
	140	*Không phụ thuộc* f_y	- Trạng thái bề mặt phù hợp ISO 7788:1995, Bảng 1 - Cho phép hàn sửa chữa
	140	$180 \le f_y \le 220$	- Trạng thái bề mặt phù hợp ISO 7788:1995, Bảng 1 - Không hàn sửa chữa - Độ nhám bề mặt $R_z \le 100$ µm - Các cạnh được cán hoặc gia công cơ khí hoặc không có các cạnh tự do - Độ nhám bề mặt $R_z \le 60$ µm + 1 NC
	160	$220 < f_y \le 320$	
	180	$320 < f_y \le 500$	
	200	$500 < f_y$	

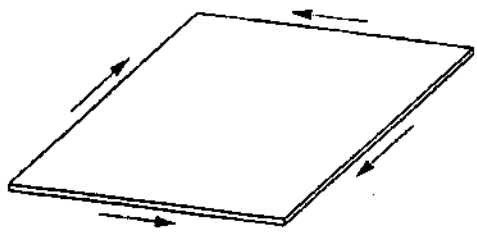
Bảng D.1 – Vật liệu cơ sở của các thành phần kết cấu *(tiếp theo)*

Chi tiết số	Δσc Δσc N/mm2	Chi tiết kết cấu	Các yêu cầu
	180	$180 \le f_y \le 220$	- Trạng thái bề mặt phù hợp ISO 7788:1995, Bảng 1 - Không hàn sửa chữa - Độ nhám bề mặt $R_z \le 20$ µm - Các cạnh được cán hoặc gia công cơ khí hoặc không có các cạnh tự do
	200	$220 < f_y \le 320$	
	225	$320 < f_y \le 500$	
	250	$500 < f_y \le 650$	
	280	$650 < f_y \le 900$	
	315	$900 < f_y$	
1.2	m = 5	 Tấm, thanh phẳng, thép hình cán chịu ứng suất pháp	Các yêu cầu chung: - Các bề mặt được cán - Các cạnh cắt bằng nhiệt - Không có tập trung ứng suất do khuyết tật hình học (ví dụ vết cắt, vết khuyết) - Độ nhám bề mặt yêu cầu trước khi xử lý, chẳng hạn bằng phun bi
	140	*Không phụ thuộc f_y*	- Trạng thái bề mặt phù hợp ISO 7788:1995, Bảng 1 - Cho phép hàn sửa chữa - Chất lượng các cạnh theo ISO 9013:2002, Bảng 5, Hạng 3
	140	$180 \le f_y \le 220$	- Trạng thái bề mặt phù hợp ISO 7788:1995, Bảng 1 - Chất lượng các cạnh theo ISO 9013:2002, Bảng 5, Mức 3 - Không hàn sửa chữa - Độ nhám bề mặt $R_z \le 100$ µm - Cắt bằng máy có điều khiển - Độ nhám bề mặt $R_z \le 60$ µm và chất lượng các cạnh theo ISO 9013:2002, Bảng 5, Hạng 2 + 1 NC
	160	$220 < f_y \le 500$	
	180	$500 < f_y$	

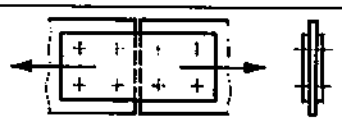
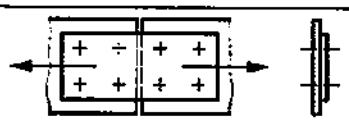
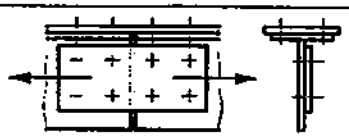
Bảng D.1 – Vật liệu cơ sở của các thành phần kết cấu *(tiếp theo)*

Chi tiết số	Δσc Δσc N/mm2	Chi tiết kết cấu	Các yêu cầu
	160	$180 \le f_y \le 220$	- Trạng thái bề mặt phù hợp ISO 7788:1995, Bảng 1 - Chất lượng các cạnh theo ISO 9013:2002, Bảng 5, Hạng 1 - Không hàn sửa chữa - Độ nhám bề mặt $R_z \le 100$ µm - Loại bỏ vẩy cán trước khi cắt - Cắt bằng máy có điều khiển
	180	$220 < f_y \le 320$	
	200	$320 < f_y \le 500$	
	225	$500 < f_y \le 650$	
	250	$650 < f_y \le 900$	
	280	$900 < f_y$	
1.3	m = 5	 Các cạnh lỗ trên tấm chịu ứng suất pháp	- Ứng suất danh nghĩa tính theo tiết diện tịnh (tiết diện thực tế) - Lỗ không cắt bằng nhiệt - Có thể có bu lông, khi bu lông chịu tải đến 20 % độ bền đối với các mối ghép chịu cắt/dập hoặc đến 10 % đối với các mối ghép chống trượt
	80	*Không phụ thuộc* f_y	- Có thể đột lỗ
	100	$180 \le f_y \le 220$	- Lỗ được gia công cơ khí hoặc cắt bằng nhiệt với chất lượng theo ISO 9013:2002, Bảng 5, Hạng 3 - Không đột lỗ - Loại bỏ gờ trên miệng lỗ - Bề mặt cán phù hợp ISO 7788:1995, Bảng 1 - Không hàn sửa chữa - Độ nhám bề mặt $R_z \le 100$ µm
	112	$220 < f_y \le 320$	
	125	$320 < f_y \le 500$	
	140	$500 < f_y \le 650$	
	160	$650 < f_y$	

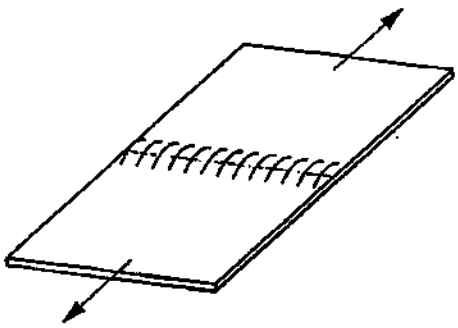
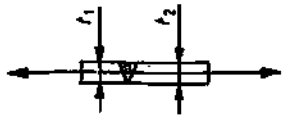
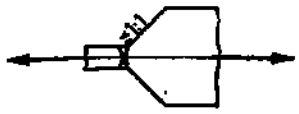
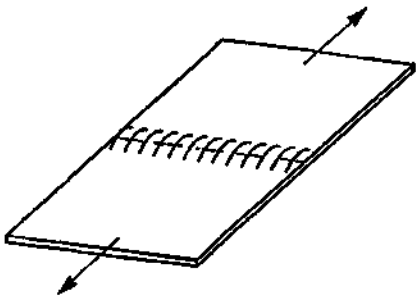
Bảng D.1 – Vật liệu cơ sở của các thành phần kết cấu *(kết thúc)*

Chi tiết số	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\sigma_c$ N/mm²	Chi tiết kết cấu	Các yêu cầu
1.4	m = 5	 Tấm, thanh phẳng, thép hình cán chịu ứng suất tiếp	Các yêu cầu chung: - Các bề mặt được cán - Không có tập trung ứng suất do khuyết tật hình học (ví dụ vết cắt, vết khuyết) - Độ nhám bề mặt yêu cầu trước khi xử lý, chẳng hạn bằng phun bi
	90	*Không phụ thuộc f_y*	- Trạng thái bề mặt phù hợp ISO 7788:1995, Bảng 1 - Cho phép hàn sửa chữa
	90	$180 \le f_y \le 220$	- Trạng thái bề mặt phù hợp ISO 7788:1995, Bảng 1 - Không hàn sửa chữa - Độ nhám bề mặt $R_z \le 100$ µm - Các cạnh được cán hoặc gia công cơ khí hoặc không có các cạnh tự do - Độ nhám bề mặt $R_z \le 60$ µm + 1 NC
	100	$220 < f_y \le 320$	
	112	$320 < f_y \le 500$	
	125	$500 < f_y$	
	112	$180 \le f_y \le 220$	- Trạng thái bề mặt phù hợp ISO 7788:1995, Bảng 1 - Không hàn sửa chữa - Độ nhám bề mặt $R_z \le 20$ µm - Các cạnh được gia công cơ khí hoặc không có các cạnh tự do
	125	$220 < f_y \le 320$	
	140	$320 < f_y \le 500$	
	160	$500 < f_y \le 650$	
	180	$650 < f_y \le 900$	
	200	$900 < f_y$	

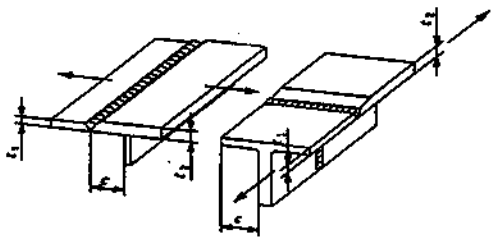
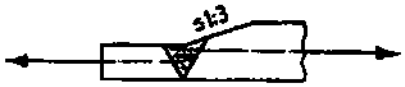
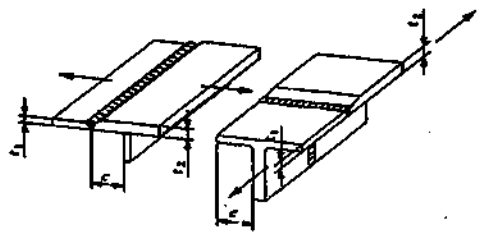
Bảng D.2 – Chi tiết trong mối ghép không hàn

Chi tiết số	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\sigma_c$ N/mm²	Chi tiết kết cấu		Các yêu cầu
2.1	m = 5	Cắt hai phía		- Không yêu cầu kiểm nghiệm độ bền mỏi cho các mối ghép bu lông chống trượt bằng ma sát - Ứng suất danh nghĩa tính theo tiết diện tinh (tiết diện thực tế)
		Cắt một phía		
		Cắt một phía có hỗ trợ (ví dụ)		
		Các chi tiết có lỗ trong mối ghép bu lông chống trượt chịu ứng suất pháp		
	160	$f_y \leq 275$		
	180	$275 < f_y$		
2.2	m = 5	Các chi tiết có lỗ trong mối ghép chịu cắt/dập, ứng suất pháp Cắt hai phía hoặc một phía có hỗ trợ		- Ứng suất danh nghĩa tính theo tiết diện tinh
	180	Ứng suất pháp		
2.3	m = 5	Các chi tiết có lỗ trong mối ghép chịu cắt/dập, ứng suất pháp Cắt hai phía hoặc một phía có hỗ trợ		- Ứng suất danh nghĩa tính theo tiết diện tinh
	125	Ứng suất pháp		
2.4	m = 5	Bu lông lắp khít trong các mối ghép cắt hai phía hoặc một phía có hỗ trợ		- Giả thiết ứng suất phân bố đều
	125	Ứng suất tiếp ($\Delta\tau_c$)		
	355	Ứng suất dập ($\Delta\sigma_c$)		
2.5	m = 5	Bu lông lắp khít trong các mối ghép cắt một phía		- Giả thiết ứng suất phân bố đều
	100	Ứng suất tiếp ($\Delta\tau_c$)		
	250	Ứng suất dập ($\Delta\sigma_c$)		
2.6	m = 3	Bu lông có ren chịu kéo (cấp 8.8 hoặc tốt hơn)		- $\Delta\sigma$ được tính theo tiết diện tính ứng suất A_s, sử dụng ΔF_b (xem 5.2.3.3)
	50	Ren gia công cơ khí		
	63	Ren cán lớn hơn M30		
	71	Ren cán M30 hoặc nhỏ hơn		

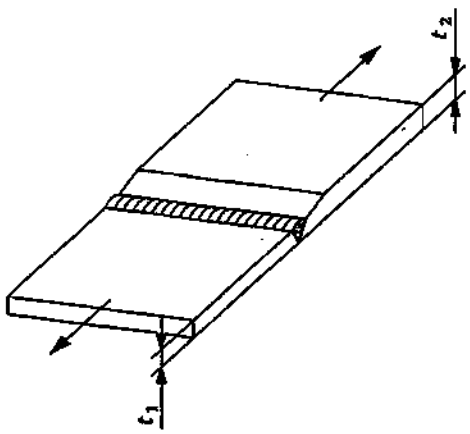
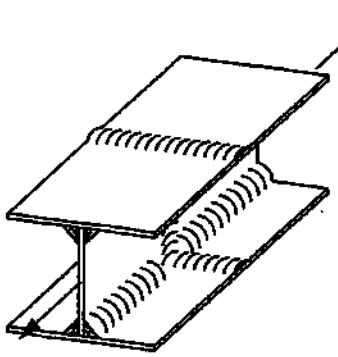
Bảng D.3 – Chi tiết hàn

Chi tiết số	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\sigma_c$ N/mm²	Chi tiết kết cấu	Các yêu cầu
3.1	m = 3	 Mối hàn giáp mối đối xứng, ứng suất pháp ngang mối hàn	Các điều kiện cơ bản: - Các tấm hàn đặt đối xứng - Hàn ngấu toàn phần - Ứng suất dư trên các tấm ở mức bình thường - Sai lệch góc < 1°  $t_1 = t_2$ hoặc độ dốc < 1:3 Các điều kiện đặc biệt: - Các chi tiết có ứng suất dư đáng kể (ví dụ mối hàn giữa các chi tiết bị khống chế độ co) –1NC -2NC  –4NC –4NC
	140	Hàn giáp mối, mức chất lượng B*	
	125	Hàn giáp mối, mức chất lượng B	
	112	Hàn giáp mối, mức chất lượng C	
3.2	m = 3	 Mối hàn giáp mối đối xứng, ứng suất pháp ngang mối hàn	Các điều kiện cơ bản: - Các tấm hàn đặt đối xứng - Hàn ngấu toàn phần - Ứng suất dư trên các tấm ở mức bình thường - sai lệch góc < 1° Các điều kiện đặc biệt: - Các chi tiết có ứng suất dư đáng kể (ví dụ mối hàn giữa các chi tiết bị khống chế độ co) –1NC
	80	Hàn giáp mối trên tấm lót được giữ lại, mức chất lượng C	

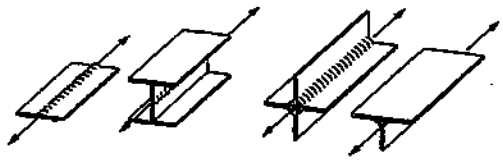
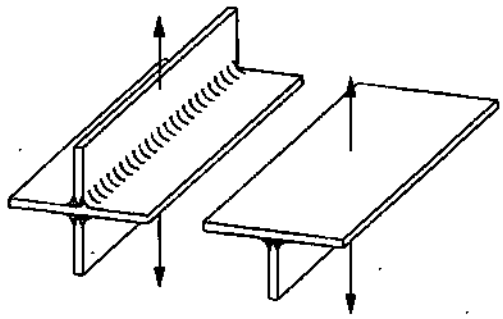
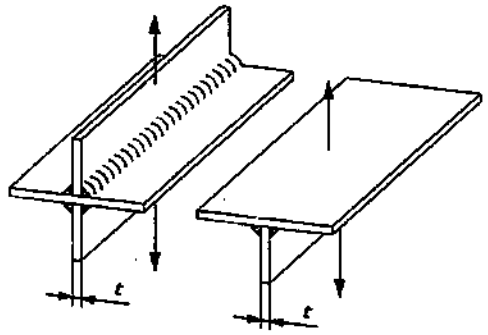
Bảng D.3 – Chi tiết hàn *(tiếp theo)*

Chi tiết số	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\sigma_c$ N/mm²	Chi tiết kết cấu	Các yêu cầu
3.3	m = 3	 Mối hàn giáp mối không đối xứng, có hỗ trợ, ứng suất pháp ngang mối hàn	Các điều kiện cơ bản: - Hàn ngấu toàn phần - Hỗ trợ song song với mối hàn: $e < 2\ t_2 + 10$ mm - Hỗ trợ vuông góc với mối hàn: $e < 12\ t_2$ - Ứng suất dư trên các tấm ở mức bình thường  độ dốc < 1:3; $t_2 - t_1 \leq 4$ mm Các điều kiện đặc biệt: - Các chi tiết có ứng suất dư đáng kể (ví dụ mối hàn giữa các chi tiết bị khống chế độ co) –1NC - Quan hệ giữa độ dốc và chênh lệch chiều dày các tấm: Chênh lệch $t_2 - t_1$ (mm) *Độ dốc* ≤4 ≤10 ≤50 >50 ≤1:3 – –1NC –1NC –2NC ≤1:3 –1NC –2NC –2NC –2NC ≤1:3 –1NC –2NC –2NC –3NC >1:1 –2NC –2NC –3NC –3NC
	125	Hàn giáp mối, mức chất lượng B*	
	112	Hàn giáp mối, mức chất lượng B	
	100	Hàn giáp mối, mức chất lượng C	
3.4	m = 3	 Mối hàn giáp mối không đối xứng, có hỗ trợ, ứng suất pháp ngang mối hàn	Các điều kiện cơ bản: - Hàn ngấu toàn phần - Hỗ trợ song song với mối hàn: $e < 2\ t_2 + 10$ mm - Hỗ trợ vuông góc với mối hàn: $e < 12\ t_2$- sai lệch góc < 1° - Ứng suất dư trên các tấm ở mức bình thường Các điều kiện đặc biệt: - Các chi tiết có ứng suất dư đáng kể (ví dụ mối hàn giữa các chi tiết bị khống chế độ co) –1NC - $t_2 - t_1 > 10$ mm -1NC
	80	Hàn giáp mối trên trên tấm lót được giữ lại, mức chất lượng C	

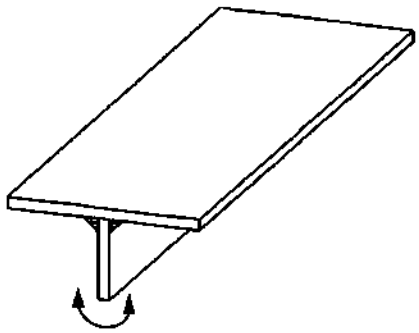
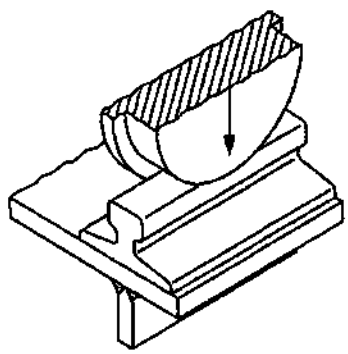
Bảng D.3 – Chi tiết hàn *(tiếp theo)*

Chi tiết số	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\sigma_c$ N/mm²	Chi tiết kết cấu	Các yêu cầu
3.5	m = 3	 Mối hàn giáp mối không đối xứng, ứng suất ngang mối hàn	Các điều kiện cơ bản: - Hàn ngấu toàn phần - Ứng suất dư trên các tấm ở mức bình thường độ dốc ≤ 1:1 độ dốc tại mối hàn hoặc vật liệu cơ sở $t_1/t_2 > 0,84$ Các điều kiện đặc biệt: - Các chi tiết có ứng suất dư đáng kể (ví dụ mối hàn giữa các chi tiết bị khống chế độ co) (∠ > 1:1) –1NC (∠ > 1:1) –2NC
	100	Hàn giáp mối, mức chất lượng B*	- $0,84 \geq t_1/t_2 > 0,74$ –1NC
	90	Hàn giáp mối, mức chất lượng B	- $0,74 \geq t_1/t_2 > 0,63$ –2NC
	80	Hàn giáp mối, mức chất lượng C	- $0,63 \geq t_1/t_2 > 0,50$ –3NC - $0,50 \geq t_1/t_2 > 0,40$ –4NC
3.6	m = 3	 Mối hàn giáp mối cắt ngang các mối hàn khác, ứng suất ngang mối hàn	Các điều kiện cơ bản: - Ứng suất dư trên các chi tiết ở mức bình thường
	125	Hàn giáp mối, mức chất lượng B*	
	100	Hàn giáp mối, mức chất lượng B	
	90	Hàn giáp mối, mức chất lượng C	

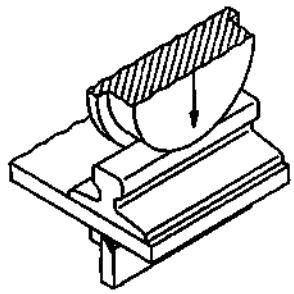
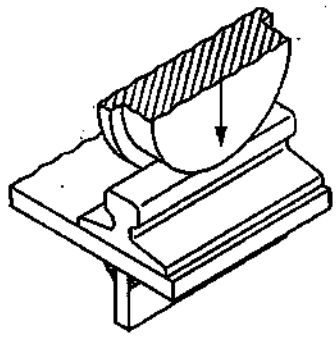
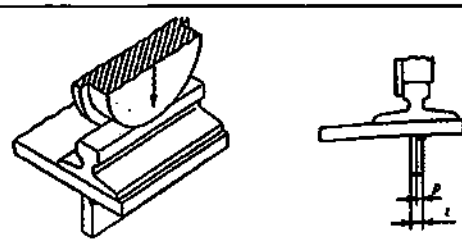
Bảng D.3 – Chi tiết hàn *(tiếp theo)*

Chi tiết số	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\sigma_c$ N/mm²	Chi tiết kết cấu	Các yêu cầu
3.7	m = 3	 Ứng suất pháp dọc mối hàn	Các điều kiện đặc biệt: - Không có sự bất thường tại các điểm bắt đầu/kết thúc +1NC - Mối hàn bị khống chế độ cơ giãn –1NC
	180	Hàn liên tục, mức chất lượng B	
	140	Hàn liên tục, mức chất lượng C	
	80	Hàn ngắt quãng, mức chất lượng C	
3.8	m = 3	 Hàn các kết cấu cắt chéo hoặc chữ T, mối hàn giáp mối, ứng suất pháp dọc mối hàn	Các điều kiện cơ bản: - Hàn liên tục - Mối hàn ngấu toàn phần Các điều kiện đặc biệt: - Hàn tự động, không có các điểm khởi đầu +1NC - Mối hàn bị khống chế độ co giãn –1NC
	112	Miệng hàn K, mức chất lượng B*	
	100	Miệng hàn K, mức chất lượng B	
	80	Miệng hàn K, mức chất lượng C	
	71	Miệng hàn V, có tấm lót, mức chất lượng C	
3.9	m = 3	 Hàn các kết cấu cắt chéo hoặc chữ T, mối hàn góc hai phía đối xứng	Các điều kiện cơ bản: - Hàn liên tục Các điều kiện đặc biệt: - Hàn tự động, không có các điểm khởi đầu +1NC - Mối hàn bị khống chế độ co giãn –1NC
	45	Ứng suất tại họng (phân giác) mối hàn	$\sigma_w = F/(2 \times a_w \times l)$ (xem Phụ lục C)
	71	Mức chất lượng B	Ứng suất trong tấm chịu tải tại chân mối hàn
	63	Mức chất lượng C	

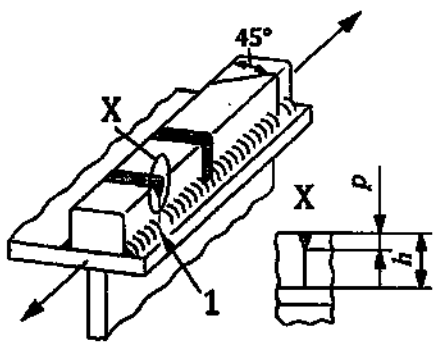
Bảng D.3 – Chi tiết hàn *(tiếp theo)*

Chi tiết số	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\sigma_c$ N/mm²	Chi tiết kết cấu	Các yêu cầu
3.10	m = 3	 Hàn các kết cấu chữ T, chịu mô men uốn	
	45	Ứng suất tại họng mối hàn	Ứng suất tính bằng cách áp dụng mô men uốn và có tính đến hình dáng mối hàn
	80	Ứng suất trong tấm chịu tải tại chân mối hàn, mức chất lượng B	
	71	Ứng suất trong tấm chịu tải tại chân mối hàn, mức chất lượng C	
3.11	m = 3	 Hàn hai mặt, ngấu toàn phần, chịu lực nén ngang (ví dụ từ bánh xe), ứng suất tính tại tấm thành	
	112	Mức chất lượng B	
	100	Mức chất lượng C	

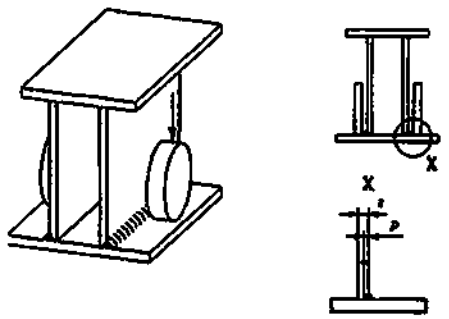
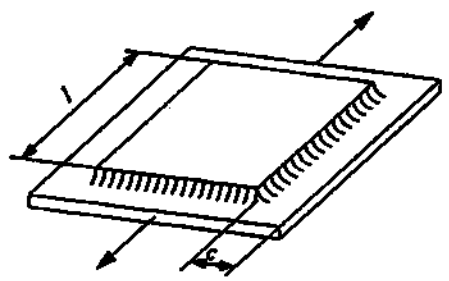
Bảng D.3 – Chi tiết hàn *(tiếp theo)*

Chi tiết số	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\sigma_c$ N/mm²	Chi tiết kết cấu	Các yêu cầu
3.12	m = 3	 Hàn ngấu toàn phần (có tấm lót), chịu lực nén ngang (ví dụ từ bánh xe), ứng suất tính tại tấm thành	
	90	Mức chất lượng B	
	80	Mức chất lượng C	
3.13	m = 3	 Hàn góc hai phía, chịu lực nén ngang (ví dụ từ bánh xe), ứng suất tính tại tấm thành	Chiều dày tấm thành t: $0,5 \times t \leq a \leq 0,7 \times t$ với a là kích thước họng mối hàn, phù hợp với Phụ lục C
	71	Mức chất lượng B, C	
3.14	m = 3	 Hàn ngấu một phần, chịu lực nén ngang (ví dụ từ bánh xe), ứng suất tính tại tấm thành	$0,5 \times t \leq a \leq 0,7 \times t$ với a xác định theo Phụ lục C $p \geq 1$ mm khi $t \leq 6$ mm $p \geq t/4$ khi $t > 6$ mm
	71	Mức chất lượng B, C	

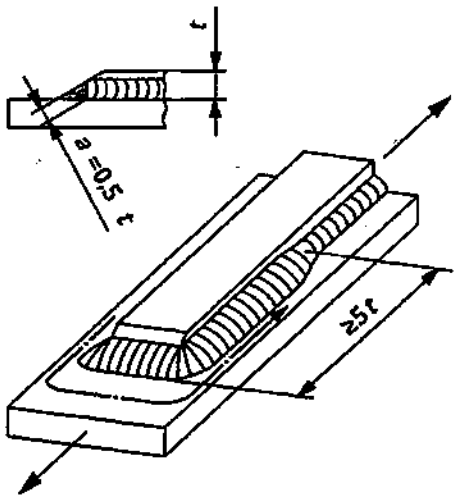
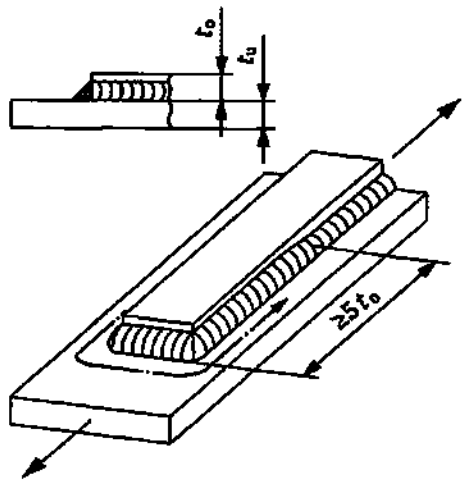
Bảng D.3 – Chi tiết hàn *(tiếp theo)*

Chi tiết số	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\sigma_c$ N/mm²	Chi tiết kết cấu	Các yêu cầu
3.15	m = 3	 Tấm có ray hàn trên nó, các mối nối ray không phải là mối hàn giáp mối hoặc là mối hàn giáp mối ngấu một phần; ứng suất tính tại tấm	Các điều kiện cơ bản: - Tất cả các mối hàn mức chất lượng C hoặc tốt hơn Các điều kiện đặc biệt: - Mối hàn (1) liên tục trên nối ray ở cả hai bên với chiều dài ít nhất bằng ba lần chiều cao *h* của ray +1NC
	45	Mối nối ray được cắt vuông góc hoặc với góc bất kỳ, ví dụ 45°, p = 0	
	56	Chỉ có một mối hàn trên đỉnh ray, $h > p \geq 0{,}3 \times h$	
	71	Mối hàn trên đỉnh và hai phía bên của ray, $h > p \geq 0{,}2 \times h$	

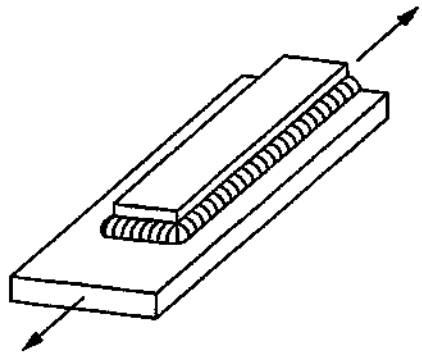
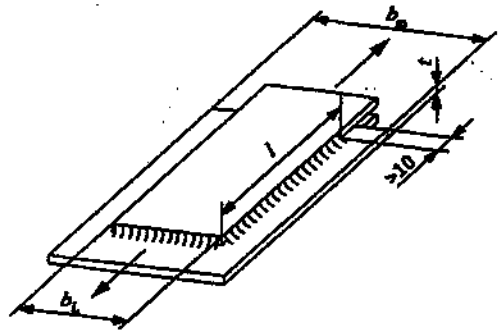
Bảng D.3 – Chi tiết hàn *(tiếp theo)*

Chi tiết số	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\sigma_c$ N/mm²	Chi tiết kết cấu	Các yêu cầu
3.16	m = 3	 Hàn ngấu một phần, chịu lực nén ngang (ví dụ từ bánh xe treo), ứng suất tính tại tấm thành	Các điều kiện cơ bản: - Mức chất lượng C - *a* và *p* phù hợp với Điều C.3 Các điều kiện đặc biệt: - Mối hàn góc có xử lý miệng hàn và mức chất lượng B +1NC
	63	$p \geq 1$ mm khi $t \leq 6$ mm; $p \geq t/4$ khi $t > 6$ mm; $0,5 \times t \leq a \leq 0,7 \times t$	
	56	$p \geq 1$ mm khi $t > 6$ mm; $0,6 \times t \leq a \leq 0,7 \times t$	
	50	Mối hàn góc không xử lý miệng hàn $0,6 \times t \leq a \leq 0,7 \times t$	
	40	Mối hàn góc không xử lý miệng hàn $0,5 \times t \leq a \leq 0,6 \times t$	
3.17	m = 3	 Tấm liền, hàn táp thêm một tấm khác	Các điều kiện cơ bản: - Mức chất lượng C - Mối hàn liên tục - Khoảng cách giữa chân mối hàn và viền tấm liền lớn hơn 10 mm Các điều kiện đặc biệt: - Mức chất lượng B* +2NC - Mức chất lượng B +1NC - Mức chất lượng D –1NC - Kích thước $c < 10$ mm –1NC
	80	$l \leq 50$ mm	
	71	50 mm < $l \leq$ 100 mm	
	63	$l >$ 100 mm	

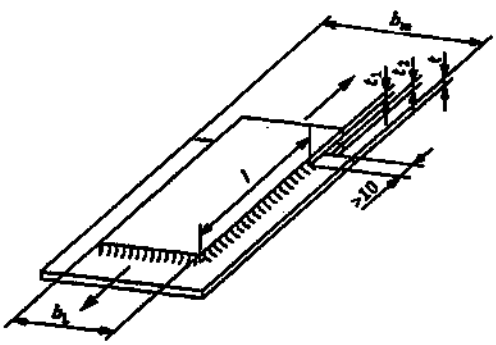
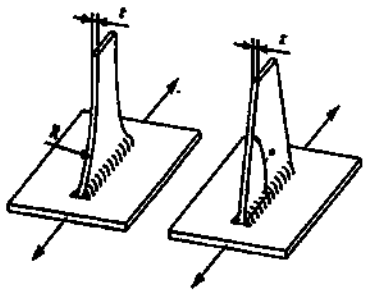
Bảng D.3 – Chi tiết hàn *(tiếp theo)*

Chi tiết số	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\sigma_c$ N/mm²	Chi tiết kết cấu	Các yêu cầu
3.18	m = 3	 Tấm liền hàn với tấm bích chịu tải, ứng suất ở tấm liền tại cuối mối ghép	Các điều kiện cơ bản: - Hàn liên tục, mối hàn chồng hoặc giáp mối
	112	Tấm bích vát cạnh ≤ 1:3; các mối hàn bên và cuối tấm bích có mức chất lượng B*	
	100	Tấm bích vát cạnh ≤ 1:2; các mối hàn bên và cuối tấm bích có mức chất lượng B*	
3.19	m = 3	 Tấm liền hàn với tấm bích chịu tải, ứng suất ở tấm liền tại cuối mối ghép	Các điều kiện cơ bản: - Hàn liên tục, mối hàn chồng hoặc giáp mối - $t_0 \leq 1{,}5t$
	80	Các mối hàn có mức chất lượng B*	

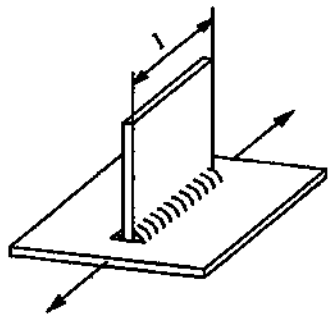
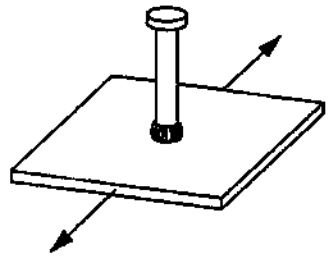
Bảng D.3 – Các chi tiết hàn *(tiếp theo)*

Chi tiết số	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\sigma_c$ N/mm²	Chi tiết kết cấu	Các yêu cầu
3.20	m = 3	 Tấm liền hàn với tấm bích chịu tải, ứng suất ở tấm liền tại cuối mối ghép	Các điều kiện cơ bản: - Hàn liên tục, mối hàn chồng hoặc giáp mối
	63	Mức chất lượng B	
	56	Mức chất lượng C	
3.21	m = 3	 Hàn các tấm chồng lên nhau, tấm chính	Các điều kiện cơ bản: - Diện tích tính ứng suất xác định theo: $A_s \le t \times l_r$ $l_r = \min(b_m, b_L + l)$ (xem thêm chi tiết No. 3.32)
	80	Mức chất lượng B*	
	71	Mức chất lượng B	
	63	Mức chất lượng C	

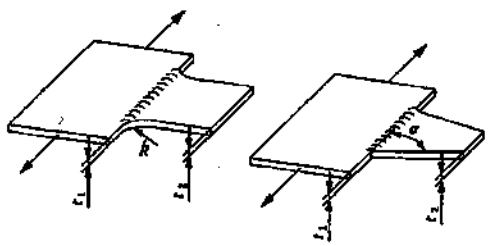
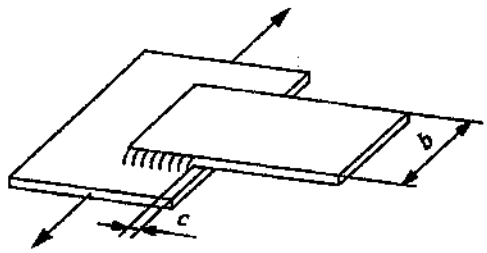
Bảng D.3 – Chi tiết hàn *(tiếp theo)*

Chi tiết số	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\sigma_c$ N/mm²	Chi tiết kết cấu	Các yêu cầu
3.22	m = 3	 Hàn các tấm chồng lên nhau, các tấm táp	Các điều kiện cơ bản: - Diện tích tính ứng suất xác định theo: $A_L = b_L \times (t_1 + t_2)$
	50		
3.23	m = 3	 Tấm liền, hàn dọc với tấm đứng có phần đầu được lượn tròn hoặc vát	Các điều kiện cơ bản: - $R \geq 50$ mm; $\alpha \leq 60°$ - Hàn kiểu giáp mối hoặc hàn chồng cả hai bên
	90	Mức chất lượng B*	R ≥ 150 mm hoặc $\alpha \leq 45°$
	80	Mức chất lượng B	
	71	Mức chất lượng C	

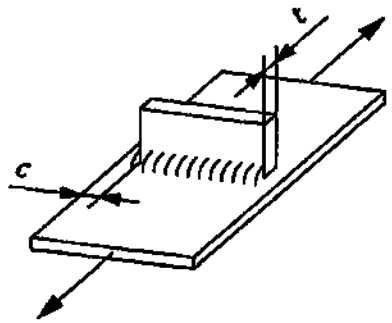
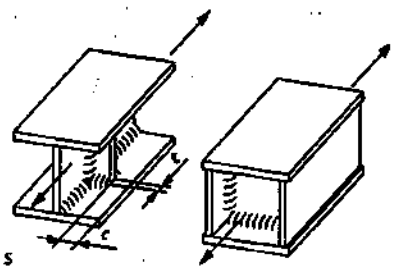
Bảng D.3 – Chi tiết hàn *(tiếp theo)*

Chi tiết số	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\sigma_c$ N/mm²	Chi tiết kết cấu	Các yêu cầu
3.24	m = 3	 Tấm liền, hàn với tấm đứng có phần đầu vuông góc	Các điều kiện cơ bản: - Hàn góc cả hai bên - Mức chất lượng B hoặc C Điều kiện đặc biệt: - Hàn góc một phía –1NC - Mức chất lượng D –1NC
	80	$l \leq 50$ mm	
	71	50 mm < $l \leq$ 100 mm	
	63	100 mm < $l \leq$ 300 mm	
	56	$l >$ 300 mm	
3.25	m = 3	 Tấm liền hàn với chi tiết tròn (đinh tán, bu lông, ống, v.v...)	Các điều kiện cơ bản: - Mối hàn góc tròn vòng
	80	Mức chất lượng C hoặc tốt hơn	

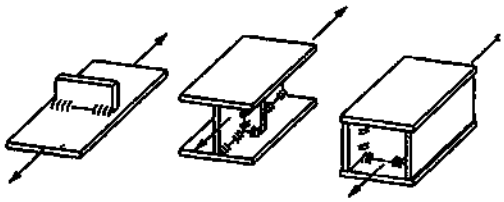
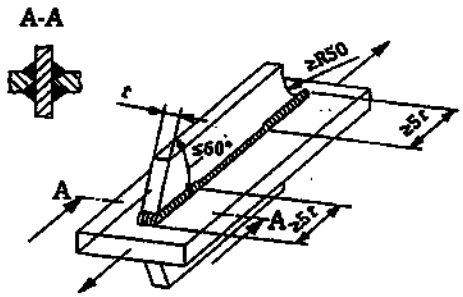
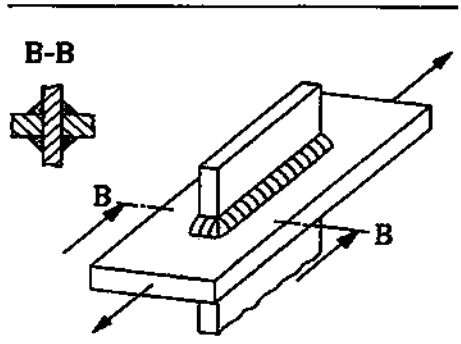
Bảng D.3 – Chi tiết hàn *(tiếp theo)*

Chi tiết số	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\sigma_c$ N/mm²	Chi tiết kết cấu	Các yêu cầu
3.26	m = 3	 Tấm liền, cạnh bên hàn với tấm có phần đầu được lượn tròn hoặc vát	Các điều kiện cơ bản: - $R \geq 50$ mm; $\alpha \leq 60°$ - Hàn kiểu giáp mối hoặc hàn chồng cả hai bên Điều kiện đặc biệt: - $R < 50$mm hoặc $\alpha > 60°$ –2NC - Phần cuối đường hàn trong khoảng ít nhất $5t_2$ được hàn ngấu toàn phần +1NC
	90	Mức chất lượng B*	R ≥ 150 mm hoặc $\alpha \leq 45°$
	80	Mức chất lượng B	
	71	Mức chất lượng C	
3.27	m = 3	 Tấm liền, hàn với tấm táp	Các điều kiện cơ bản: - $c \geq 10$ mm - Mức chất lượng C Điều kiện đặc biệt: - Mức chất lượng B và $b \leq 50$ mm +1NC - Mức chất lượng D –1NC - $c < 10$ mm –1NC
	80	$b \leq 50$ mm	
	71	50 mm < $b \leq 100$ mm	
	63	$b > 100$ mm	

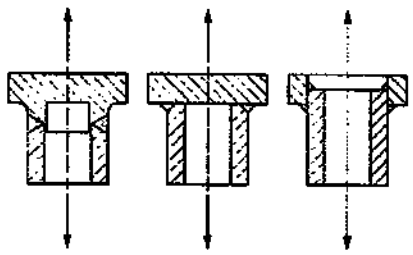
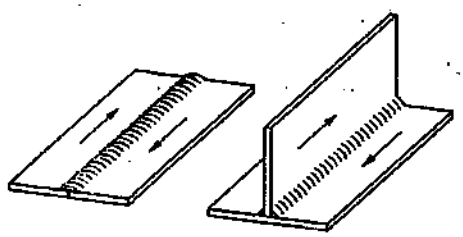
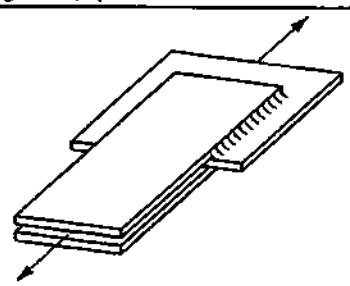
Bảng D.3 – Chi tiết hàn *(tiếp theo)*

Chi tiết số	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\sigma_c$ N/mm²	Chi tiết kết cấu	Các yêu cầu
3.28	m = 3	 Tấm liền, hàn với tấm ngang	Các điều kiện cơ bản: - Chiều dày tấm $t \leq 12$ mm - $c \geq 10$ mm - Mức chất lượng D không cho phép với kiểu hàn K Điều kiện đặc biệt: - Tấm dày $t > 12$ mm (chỉ áp dụng hàn góc hai phía) –1NC - $c < 10$ mm –1NC - Kiểu hàn K thay thế cho hàn góc hai phía +1NC - Mức chất lượng D thay cho mức chất lượng C –1NC
	112	Hàn góc hai phía, mức chất lượng B*	
	100	Hàn góc hai phía, mức chất lượng B	
	90	Hàn góc hai phía, mức chất lượng C	
	71	Hàn góc một phía, mức chất lượng B,C	
	71	Hàn ngấu một phần trên tấm lót được giữ lại, miệng hàn V, mức chất lượng B,C	
3.29	m = 3	 Tấm liền, hàn các tấm tăng cứng ngang	Các điều kiện cơ bản: - Chiều dày tấm $t \leq 12$ mm - $c \geq 10$ mm Điều kiện đặc biệt: - Tấm dày $t > 12$ mm (chỉ áp dụng hàn góc hai phía) –1NC - $c < 10$ mm –1NC - Kiểu hàn K thay thế cho hàn góc hai phía +1NC - mức chất lượng D thay cho mức chất lượng C –1NC
	112	Hàn góc hai phía, mức chất lượng B*	
	100	Hàn góc hai phía, mức chất lượng B	
	90	Hàn góc hai phía, mức chất lượng C	
	71	Hàn góc một phía, mức chất lượng B,C	
	71	Hàn ngấu một phần trên tấm lót được giữ lại, miệng hàn V, mức chất lượng B,C	

Bảng D.3 – Chi tiết hàn *(tiếp theo)*

Chi tiết số	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\sigma_c$ N/mm²	Chi tiết kết cấu	Các yêu cầu
3.30	m = 3	 Tấm liền, hàn với tấm ngang hoặc với các tấm tăng cứng ngang	
	63	Mức chất lượng C	
	50	Mức chất lượng D	
3.31	m = 3	 Tấm liền, hàn với tấm dọc xuyên qua lỗ	Các điều kiện cơ bản: - $R \geq 50$ mm, $\alpha \leq 60°$ Điều kiện đặc biệt: - $R \geq 100$ mm, $\alpha \leq 45°$ +1NC - Phần cuối đường hàn trong khoảng ít nhất 5*t* được hàn ngấu toàn phần +2NC
	80	Tấm hàn được vát hoặc lượn tròn	
3.32	m = 3	 Tấm liền, hàn với tấm dọc xuyên qua lỗ	
	56	Các chi tiết có đầu cuối vuông góc	

Bảng D.3 – Chi tiết hàn *(kết thúc)*

Chi tiết số	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\sigma_c$ N/mm²	Chi tiết kết cấu	Các yêu cầu
3.33	m = 3	 Ống chịu lực dọc và mô men uốn, ứng suất pháp tính cho ống	Các điều kiện cơ bản: - Mức chất lượng C - Hàn giáp mối ngấu toàn phần - Chiều dày mối hàn góc a > 0,7 lần chiều dày ống - Chiều dày bích lớn hơn hai lần chiều dày ống (hình giữa) Điều kiện đặc biệt: - Mức chất lượng B +1NC - Mức chất lượng B* +2NC
	80	Hàn giáp mối, ống trụ (như hình a)	
	63	Hàn giáp mối, ống trụ (như hình b)	
	56	Hàn giáp mối, ống chữ nhật (như hình b)	
	45	Hàn góc hai mặt, ống trụ (như hình c)	
	40	Hàn góc hai mặt, ống chữ nhật (như hình c)	
3.34	m = 5	 Hàn giáp mối liên tục, hàn góc một hoặc hai phía chịu dòng cắt phân bố đều	Các điều kiện cơ bản: - Mức chất lượng C - Chi tiết có ứng suất dư bình thường Điều kiện đặc biệt: - Các chi tiết có ứng suất dư đáng kể (ví dụ mối hàn giữa các chi tiết bị khống chế độ co) –1NC - Không có các điểm bắt đầu +1NC
	112	Hàn ngấu toàn phần	
	90	Hàn ngấu một phần	
3.35	m = 5	 Hàn các tấm chồng nhau, chịu cắt có tập trung ứng suất	Các điều kiện cơ bản: - Tải trọng được giả thiết chỉ truyền dọc theo mối hàn
	71	Mức chất lượng B	
	63	Mức chất lượng C	

Phụ lục E
(quy định)

Giá trị tính toán của khoảng thay đổi ứng suất giới hạn khi tính toán $\Delta\sigma_{Rd}$

Xem các Bảng E.1 và E.2. Các dòng thể hiện cấp tập trung ứng suất (NC) cho các điều kiện cơ bản: +1NC lấy lên một dòng; –1NC lấy xuống một dòng.

Bảng E.1 – Chi tiết có $m = 3$ và $\gamma_{mf} = 1,25$

NC $\Delta\sigma_c$ N/mm²	$\Delta\sigma_c$ N/mm²									
	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
355	1420,0	1127,1	894,5	713,7	568,0	450,8	357,8	284,0	225,4	178,9
315	1260,0	1000,1	793,8	633,3	504,0	400,0	317,5	252,0	200,0	158,8
280	1120,0	888,9	705,8	562,9	448,0	355,6	282,2	224,0	177,8	141,1
250	1000,0	793,7	630,0	502,6	400,0	317,5	252,0	200,0	168,7	126,0
225	900,0	714,3	567,0	452,4	360,0	285,7	226,8	180,0	142,9	113,4
200	800,0	635,0	504,0	402,1	320,0	254,0	201,6	160,0	127,0	100,8
180	720,0	571,5	453,6	361,9	288,0	228,6	181,4	144,0	114,3	90,7
160	640,0	508,0	403,2	321,7	256,0	203,2	161,3	128,0	101,6	80,6
140	560,0	444,5	352,8	281,5	224,0	177,8	141,1	112,0	88,9	70,6
125	500,0	396,9	315,0	251,3	200,0	158,7	126,0	100,0	79,4	63,0
112	448,0	355,6	282,2	225,2	179,2	142,2	112,9	89,6	71,1	56,4
100	400,0	317,5	252,0	201,1	160,0	127,0	100,8	80,0	63,5	50,4
90	360,0	285,7	226,8	180,9	144,0	114,3	90,7	72,0	57,1	45,4
80	320,0	254,0	201,6	160,8	128,0	101,6	80,6	64,0	50,8	40,3
71	284,0	225,4	178,9	142,7	113,6	90,2	71,6	56,8	45,1	35,8
63	252,0	200,0	158,8	126,7	100,8	80,0	63,5	50,4	40,0	31,8
56	224,0	177,8	141,1	112,6	89,6	71,1	56,4	44,8	35,6	28,2
50	200,0	158,7	126,0	100,5	80,0	63,5	50,4	40,0	31,7	25,2
45	180,0	142,9	113,4	90,5	72,0	57,1	45,4	36,0	28,6	22,7
40	160,0	127,0	100,8	80,4	64,0	50,8	40,3	32,0	25,4	20,2
36	144,0	114,3	90,7	72,4	57,6	45,7	36,3	28,8	22,9	18,1
32	128,0	101,6	80,6	64,3	51,2	40,6	32,3	25,6	20,3	16,1
28	112,0	88,9	70,6	56,3	44,8	35,6	28,2	22,4	17,8	14,1
25	100,0	79,4	63,0	50,3	40,0	31,7	25,2	20,0	15,9	12,6

Bảng E.1 – Chi tiết có $m = 5$ và $\gamma_{mf} = 1,25$

NC $\Delta\sigma_c$ N/mm²	$\Delta\sigma_c$ N/mm²									
	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
355	745,9	649,4	565,3	493,7	430,5	374,7	326,2	284,0	247,2	215,2
315	661,9	576,2	501,6	438,1	382,0	332,5	289,5	252,0	219,4	191,0
280	588,3	512,2	445,9	389,4	339,5	295,6	257,3	224,0	195,0	169,8
250	525,3	457,3	398,1	347,7	303,1	263,9	229,7	200,0	174,1	151,6
225	472,8	411,6	358,3	312,9	272,8	237,5	206,8	180,0	156,7	136,4
200	420,2	365,8	318,5	278,1	242,5	211,1	183,8	160,0	139,3	121,3
180	378,2	329,3	286,6	250,3	218,3	190,0	165,4	144,0	125,4	109,1
160	336,2	292,7	254,8	222,5	194,0	168,9	147,0	128,0	111,4	97,0
140	294,2	256,1	222,9	194,7	169,8	147,8	128,7	112,0	97,5	84,9
125	262,7	228,7	199,1	173,8	151,6	132,0	114,9	100,0	87,1	75,8
112	235,3	204,9	178,4	155,8	135,8	118,2	102,9	89,6	78,0	67,9
100	210,1	182,9	159,2	139,1	121,3	105,6	91,9	80,0	69,6	60,6
90	189,1	164,6	143,3	125,2	109,1	95,0	82,7	72,0	62,7	54,6
80	168,1	146,3	127,4	111,3	97,0	84,4	73,5	64,0	55,7	48,5
71	149,2	129,9	113,1	98,7	86,1	74,9	65,2	56,8	49,4	43,0
63	132,4	115,2	100,3	87,6	76,4	66,5	57,9	50,4	43,9	38,2
56	117,7	102,4	89,2	77,9	67,9	59,1	51,5	44,8	39,0	34,0
50	105,1	91,5	79,6	69,5	60,6	52,8	45,9	40,0	34,8	30,3
45	94,6	82,3	71,7	62,6	54,6	47,5	41,4	36,0	31,3	27,3
40	84,0	73,2	63,7	55,6	48,5	42,2	36,8	32,0	27,9	24,3
36	75,6	65,9	57,3	50,1	43,7	38,0	33,1	28,8	25,1	21,8
32	67,2	58,5	51,0	44,5	38,8	33,8	29,4	25,6	22,3	19,4
28	58,8	51,2	44,6	38,9	34,0	29,6	25,7	22,4	19,5	17,0
25	52,5	45,7	39,8	34,8	30,3	26,4	23,0	20,0	17,4	15,2

Phụ lục F

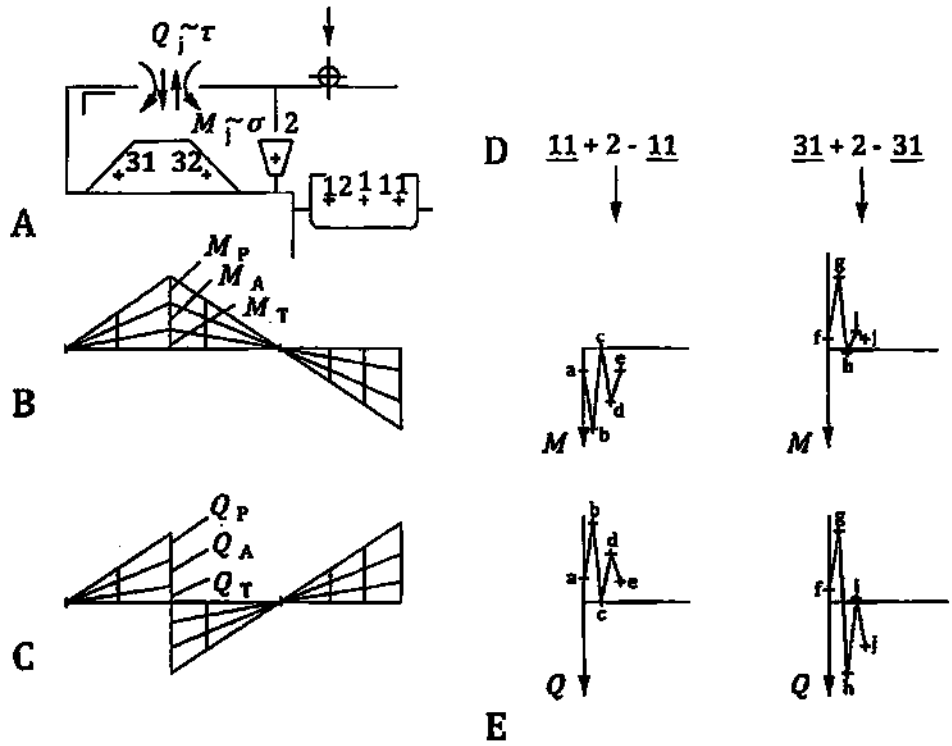
(tham khảo)

Đánh giá các chu trình ứng suất – Ví dụ

Quá trình ứng suất tại một điểm đã chọn trên kết cấu phụ thuộc vào các tải trọng, chiều và vị trí của chúng trong khi sử dụng cần trục, cũng như cấu hình của cần trục.

Tổng số các chu trình làm việc trong suốt tuổi thọ có ích của cần trục có thể phân thành một số công đoạn điển hình, với số chu trình làm việc tương ứng với các công đoạn này. Mỗi công đoạn có thể được đặc trưng bằng tổ hợp cụ thể của cấu hình cần trục với sự tiếp nối của các chuyển động có chủ đích.

Để đánh giá trình tự của các ứng suất cực trị xuất hiện trong quá trình thực hiện một công đoạn bất kỳ thì phải xác định trình tự chịu tải tương ứng, tức là giá trị, chiều và vị trí của tất cả các tải trọng. Hình F.1 minh hoạ các trình tự chuyển động khác nhau của cầu dỡ tải để thực hiện hai nhiệm vụ: di chuyển tải từ tàu (điểm 11) đến phễu chứa (điểm 2) và di chuyển tải từ kho chứa (điểm 31) đến phễu chứa (điểm 2).



CHÚ DẪN: A Hệ thống

B Đường ảnh hưởng của mômen uốn tại điểm (tiết diện) đã chọn *j*

B Đường ảnh hưởng của lực cắt tại điểm (tiết diện) đã chọn *j*

D Trình tự các chuyển động

E Các cực trị của mômen uốn M và lực cắt Q ($\phi_2 = 1$) trong quá trình di chuyển

(T là ảnh hưởng của xe con, P là của tải trọng nâng và A là của thiết bị mang tải)

Hình F.1 – Ví dụ về sự thay đổi ứng suất do sự chuyển động của tải trọng đối với các công đoạn của cầu dỡ tải

Trong sơ đồ mô tả cho mỗi nhiệm vụ thực hiện, các ký hiệu có ý nghĩa như sau:

- Đi kèm với dấu "+" là các chuyển động làm việc (có tải), đi kèm dấu "-" là các chuyển động không tải (chỉ có trọng lượng bản thân);
- Các số được gạch chân là khi gầu ngoạm (thiết bị mang tải) tiếp đất.

Các đường ảnh hưởng (thể hiện ảnh hưởng của tải trọng và vị trí của nó) đối với mô men uốn M_j và lực cắt Q_j tại điểm đã chọn *j* được minh hoạ cho các loại tải trọng khác nhau (chỉ số T là tải trọng do khối lượng bản thân xe con, P – tải trọng có ích, A – tải trọng do khối lượng thiết bị mang tải, ví dụ gầu ngoạm).

Việc mô tả các điểm nổi bật của sự biến thiên mômen uốn và lực cắt có thể xem tại Bảng F.1.

Bảng F.1 – Mô tả các điểm nổi bật của sự biến thiên mômen uốn và lực cắt

Điểm	Vị trí xe con	Vị trí gầu	Tải tác động
A	11	Tiếp đất	T
B	11	Nâng	T, A, P
C	2	Nâng	T, A, P và T, A khi tải được dỡ
D	11	Nâng	T, A
E	11	Tiếp đất	T
F	11	Tiếp đất	T
G	31	Nâng	T, A, P
H	2	Nâng	T, A, P và T, A khi tải được dỡ
I	31	Nâng	T, A
J	31	Tiếp đất	T

Trình tự của ứng suất do mô men uốn M_i [$\sigma(t)$ = ứng suất uốn chung] và do lực cắt Q_i [$\tau(t)$ = ứng suất cắt chung] có thể xác định trực tiếp từ các đường ảnh hưởng.

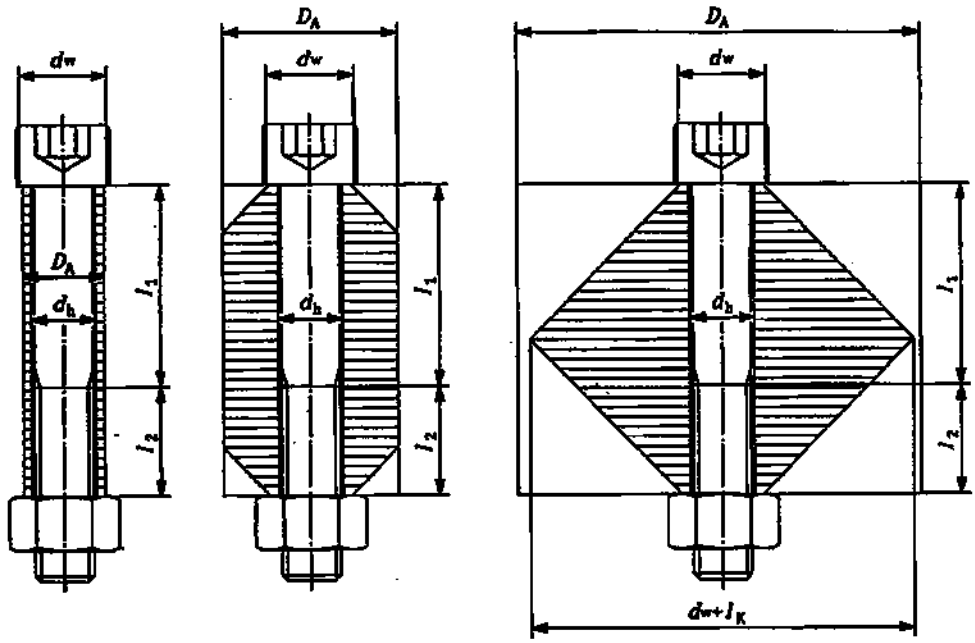
Từ quá trình thu được gồm các cực trị của ứng suất, các chu trình ứng suất có thể được xác định thông qua các phương pháp đếm dòng mưa hoặc bể chứa.

Quá trình ứng suất đầy đủ được thực hiện bằng cách tổng hợp tất cả các quá trình con nhận được từ các trình tự chuyển động đối với các công đoạn khác nhau.

Phụ lục G
(tham khảo)

Tính độ cứng đối với mối ghép chịu kéo

Phụ lục này áp dụng cho các trường hợp lý thuyết như thể hiện trên Hình G.1 để xác định độ cứng của các phần tử khi tính các mối ghép bu lông chịu kéo. Các bu lông cạnh nhau hoặc/và cách đặt ngoại lực lên hệ thống có ảnh hưởng lớn lên tải trọng phụ tác động lên bu lông và phải tính đến trong thiết kế.



Hình G.1 – Loại mối ghép chịu tải trọng kéo

Độ cứng của mối ghép chịu kéo có thể được tính toán như sau.

Độ cứng của các chi tiết ghép tính theo:

$$K_c = \frac{E}{l_k} \times A_{eq} \qquad (G.1)$$

Trong đó:

K_c Độ cứng của các tấm bích;

E Mô đun đàn hồi;

l_k Chiều dài hiệu dụng của phần kẹp chặt;

$$l_k = l_1 + l_2$$

A_{eq} Diện tích tương đương sử dụng trong tính toán.

Diện tích A_{eq} phụ thuộc vào D_A (xem Hình G.1).

Khi $D_A < d_w$:

$$A_{eq} = \frac{\pi}{4} \times \left(D_A^2 - d_h^2\right) \quad \text{(G.2)}$$

Khi $d_w \le D_A \le d_w + l_k$:

$$A_{eq} = \frac{\pi}{4} \times \left(D_A^2 - d_h^2\right) + \frac{\pi}{8} \times d_w \times \left(D_A - d_w\right) \times \left[\left(\sqrt[3]{\frac{l_k \times d_w}{D_A^2}} + 1\right)^2 - 1\right] \quad \text{(G.3)}$$

Khi $d_w + l_k < D_A$:

$$A_{eq} = \frac{\pi}{4} \times \left(d_w^2 - d_h^2\right) + \frac{\pi}{8} \times l_k \times d_w \times \left[\left(\sqrt[3]{\frac{l_k \times d_w}{\left(l_k + d_w\right)^2}} + 1\right)^2 - 1\right] \quad \text{(G.4)}$$

Trong đó:

D_A Đường kính của hình trụ ghép;

d_w Đường kính vùng tiếp xúc của đầu bu lông;

A_{eq} Diện tích tương đương sử dụng trong tính toán;

d_h Đường kính lỗ;

l_k Chiều dài hiệu dụng của phần kẹp chặt.

Độ cứng của bu lông được tính theo:

$$\frac{1}{K_b} = \frac{1}{E} \times \left(\frac{4 \times (l_1 + 0{,}4 \times d)}{\pi d^2} + \frac{l_2 + 0{,}5 \times d}{A_r}\right) \quad \text{(G.5)}$$

Trong đó:

K_b Độ cứng của bu lông;

E Mô đun đàn hồi;

l_1 Chiều dài chịu kéo hiệu dụng phần không có ren;

l_2 Chiều dài chịu kéo hiệu dụng phần có ren;

d Đường kính thân bu lông;

A_r Đường kính chân ren.

Theo hình dạng các chi tiết ghép, ngoại lực sẽ tác động lên bu lông theo các cách khác nhau: gần ngay đầu bu lông, như thể hiện trên Hình G.2 a); nằm giữa đầu bu lông và mặt ghép như Hình G.2 b) hoặc gần ngay mặt ghép như Hình G.2 c). Điều này có thể phải xem xét khi tính toán tỉ số độ cứng của mối ghép thông qua hệ số α:

$$\Phi = \alpha_L \times \frac{K_b}{K_b + K_c} \quad \text{(G.6)}$$

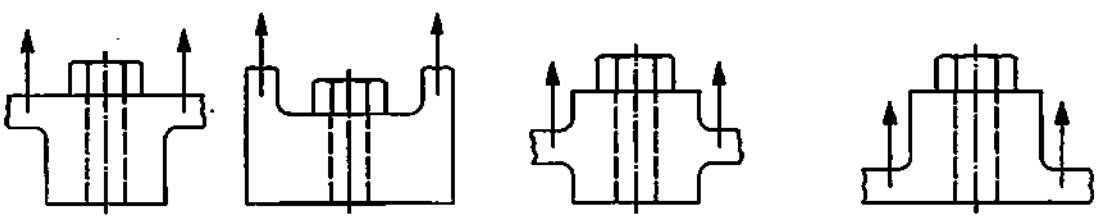
Trong đó:

Φ Tỉ số độ cứng;

K_b Độ cứng của bu lông;

K_c Độ cứng của các chi tiết ghép;

α_L Hệ số ảnh hưởng của cách đặt tải trọng (xem Hình G.2).



a) α_L = 0,9 ...1 b) α_L = 0,6 c) α_L = 0,3

Hình G.2 – Giá trị cho hệ số α_L phụ thuộc vào hình dạng mối ghép

Trường hợp minh hoạ trên Hình G.2 a) là các mối ghép ren phổ biến trong cần trục. Các giá trị chính xác hơn có thể tìm thấy trong các tài liệu chuyên sâu. Trong các trường hợp khi cách đặt tải không được chỉ định rõ, có thể sử dụng giả thiết nghiêng về an toàn α_L = 1. Trong các trường hợp tỉ số Φ được xác định thông qua phân tích phần tử hữu hạn thì tỉ số α_L sẽ là một phần đã được đưa vào để phân tích và trong công thức (G.6) phải lấy tỉ số α_L = 1.

Thư mục tài liệu tham khảo

[1] ISO 630 (tất cả các phần), *Structural steels (Thép kết cấu).*

[3] TCVN 11229-1 (ISO 4950-1), *Thép tấm và thép băng rộng giới hạn chảy cao – Phần 1: Yêu cầu chung.*

[3] TCVN 11234-1:2015 (ISO 4951-1:2001), *Thép thanh và thép hình giới hạn chảy cao – Phần 1: Yêu cầu chung khi cung cấp.*

[4] TCVN 11234-2:2015 (ISO 4951-2:2001), *Thép thanh và thép hình giới hạn chảy cao – Phần 2: Điều kiện cung cấp đối với thép thường hoá, thép cán thường hoá và thép cán.*

[5] TCVN 11234-3:2015 (ISO 4951-3:2001), *Thép thanh và thép hình giới hạn chảy cao – Phần 3: Điều kiện cung cấp đối với thép cán cơ nhiệt.*

[6] TCVN 11233-1:2015 (ISO 6930-1:2001), *Thép tấm và thép băng rộng giới hạn chảy cao dùng cho tạo hình nguội – Phần 1: Điều kiện cung cấp đối với thép cán cơ nhiệt.*

[7] ISO 10721-1:1997, *Steel structures – Part 1: Material and design (Kết cấu thép – Phần 1: Vật liệu và thiết kế).*

[8] IIW document XIII-1965r14-03/XV-1127/r14-03, *Recommendations for fatigue design of welded joints (Hot Spot Stress Method)*[1] *[văn bản XIII-1965r14-03/XV-1127/r14-03 của IIW – Các khuyến nghị về tính toán mỏi của mối ghép hàn (phương pháp ứng suất tại điểm nóng)].*

---

[1] Viện Quốc tế về Hàn (IIW).