

TCVN X1993-1-10:202x

**THIẾT KẾ KẾT CẤU THÉP - PHẦN 1-10: ĐỘ DAI VÀ
TÍNH CHẤT THEO CHIỀU DÀY CỦA VẬT LIỆU**

Design of steel structures. Part 1-10: Material toughness and through-thickness properties

DỰ THẢO

Hà Nội - 2024

Lời nói đầu

TCVN X1993-1-10:202x được xây dựng trên cơ sở tham khảo tiêu chuẩn *BS EN 1993-1-10:2005 Design of steel structures – Part 1-10: Material toughness and through-thickness properties*

TCVN ... do Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng biên soạn, Bộ Xây dựng đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

MỤC LỤC

Lời nói đầu	3
1 Quy định chung	7
1.1 Phạm vi áp dụng	7
1.2 Tiêu chuẩn viện dẫn	7
1.3 Thuật ngữ và định nghĩa	8
1.4 Ký hiệu	9
2 Lựa chọn vật liệu theo độ dai kháng nứt	9
2.1 Quy định chung	9
2.2 Quy trình	10
2.3 Giá trị chiều dày cho phép lớn nhất	12
2.4 Đánh giá theo cơ học rạn nứt	14
3 Lựa chọn vật liệu theo tính chất xuyên chiều dày	15
3.1 Quy định chung	15
3.2 Quy trình	16
Phụ lục Quốc gia	19
NA.1 Phạm vi	19
NA.2 Thông số do quốc gia xác định	19
NA.2. Quy trình [TCVN X1993-1-10:202X, 2.2(5)]	19
NA.3 Tham chiếu đến thông tin bổ sung không mâu thuẫn	22
Tài liệu tham khảo	22

Thiết kế kết cấu thép – Phần 1-10: Độ dai và tính chất theo chiều dày của vật liệu

Design of steel structures – Part 1-10: Material toughness and through-thickness properties

1 Quy định chung

1.1 Phạm vi áp dụng

- (1) Tiêu chuẩn TCVN X1993-1-10 bao gồm các hướng dẫn để lựa chọn thép theo độ dai kháng nứt và tính chất xuyên chiều dày của cấu kiện hàn, là loại cấu kiện có nguy cơ cao bị xé theo lớp trong quá trình chế tạo.
- (2) Chương 2 áp dụng cho thép S235 đến S690. Tuy nhiên, chương 3 chỉ áp dụng cho thép S235 đến S460.

CHÚ THÍCH: TCVN X1993-1-1 chỉ áp dụng cho thép S235 đến S460.

- (3) Các quy tắc và hướng dẫn nêu trong chương 2 và 3 giả định rằng việc thi công được thực hiện theo EN 1090.

1.2 Tiêu chuẩn viện dẫn

- (1) Các tài liệu viện dẫn sau 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).

EN 1011-2	Hàn – Kiến nghị về vật liệu kim loại hàn: Phần 2 – Hàn hồ quang thép ferit (Welding. Recommendations for welding of metallic materials: Part 2: Arc welding of ferritic steels)
TCVN XXXX	Thi công kết cấu thép (EN 1090)
TCVN X1990	Cơ sở thiết kế kết cấu
TCVN X1991	Tác động lên kết cấu
TCVN 9386	Thiết kế công trình chịu động đất
EN 10002	Kiểm tra độ bền kéo của vật liệu kim loại (Tensile testing of metallic materials)
EN 10025	Các sản phẩm thép kết cấu cán nóng (Hot rolled products of structural steels)
EN 10045-1	Vật liệu kim loại – Thí nghiệm va chạm Charpy – Phần 1: Phương pháp thí

TCVN X1993-1-10:202x

nghiệm

EN 10160	Thí nghiệm siêu âm cho sản phẩm thép dạng phẳng có chiều dày lớn hơn hoặc bằng 6 mm (phương pháp phản xạ)
EN 10164	Thép kết cấu cải thiện khả năng biến dạng theo phương vuông góc với bề mặt sản phẩm – Yêu cầu kỹ thuật về vận chuyển
EN 10210-1	Thép kết cấu tiết diện rỗng gia công nóng sử dụng phi hợp kim và tinh thể mịn – Phần 1: Yêu cầu kỹ thuật về vận chuyển
EN 10219-1	Thép kết cấu tiết diện rỗng hàn và gia công nguội bằng phi hợp kim và tinh thể mịn – Phần 1: Yêu cầu kỹ thuật về vận chuyển

1.3 Thuật ngữ và định nghĩa

1.3.1

Giá trị KV (KV-value)

Giá trị KV (khe V-Charpy) là năng lượng va chạm, tính theo Joule [J], cần để làm rạn nứt mẫu thí nghiệm khe V-Charpy tại nhiệt độ thí nghiệm T . Các tiêu chuẩn sản phẩm thép thường chỉ định mẫu thí nghiệm không được hư hỏng khi năng lượng va chạm nhỏ hơn 27J tại nhiệt độ thí nghiệm chỉ định T .

1.3.2

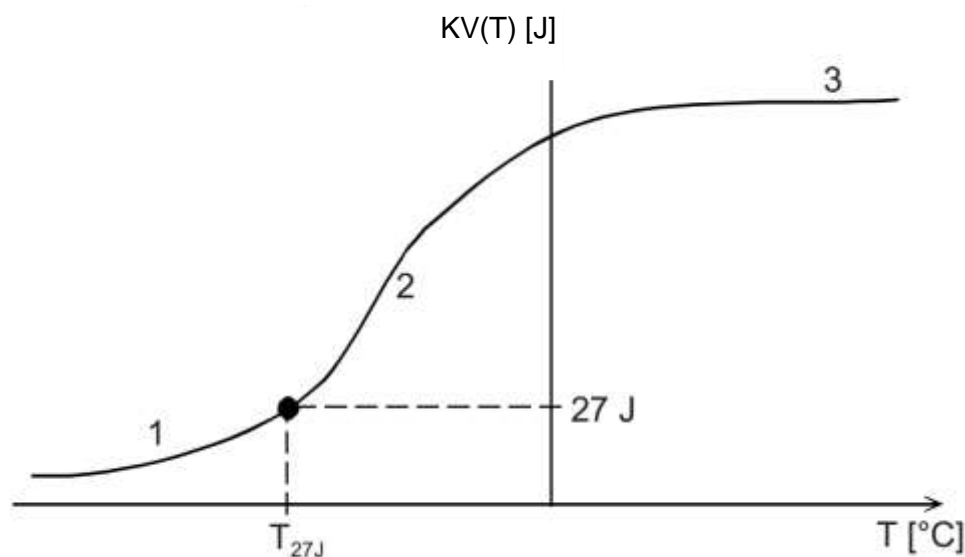
Vùng chuyển tiếp (Transition region)

Là vùng trên đồ thị độ dai – nhiệt độ thể hiện quan hệ KV(T) trong đó độ dai giảm khi nhiệt độ giảm và dạng phá hoại thay đổi từ dẻo sang giòn. Giá trị nhiệt độ T_{27J} yêu cầu trong tiêu chuẩn sản phẩm được đặt ở vùng dưới của khu vực này.

1.3.3

Vùng phía trên (Upper shelf region)

Là vùng trên đồ thị độ dai – nhiệt độ mà phần tử thép thể hiện ứng xử đàn dẻo với các dạng phá hoại dẻo bất kể sự có mặt của các khuyết tật nhỏ và sự không liên tục của đường hàn khi chế tạo.



1 vùng phía dưới
2 vùng chuyển tiếp
3 vùng phía trên

Hình 1.1 - Quan hệ giữa năng lượng va đập và nhiệt độ

1.3.4

T_{27J}

Nhiệt độ mà năng lượng nhỏ nhất KV không nhỏ hơn 27J trong một thí nghiệm va chạm khe Charpy

1.3.5

Giá trị Z (Z-value)

Việc giảm diện tích ngang trong thí nghiệm kéo (xem EN 10002) của độ dẻo theo chiều dày của mẫu thử, đo bằng tỷ lệ phần trăm.

1.3.6

Giá trị K_{Ic} (K_{Ic} - value)

Biến dạng (tương đối) phẳng rạn nứt dẻo của ứng xử đàn hồi tuyến tính, đo bằng $N/mm^{3/2}$.

CHÚ THÍCH: Hai đơn vị thay thế được quốc tế công nhận cho hệ số tập trung ứng suất K là $N/mm^{3/2}$ và $MPa\sqrt{m}$ (ví dụ $MN/m^{3/2}$), trong đó $1N/mm^{3/2} = 0,032MPa\sqrt{m}$.

1.3.7

Mức độ tạo hình nguội (Degree of cold forming)

Biến dạng (tương đối) vĩnh viễn hình thành do tạo hình nguội, đo bằng tỷ lệ phần trăm.

1.4 Ký hiệu

KV(T)	Năng lượng va đập trong thí nghiệm tại nhiệt độ T của mẫu thử khe V-Charpy, tính bằng Joule [J]
K	Hệ số mật độ ứng suất
Z	Giá trị cấp chất lượng Z [%]
T	Nhiệt độ [°C]
T_{Ed}	Nhiệt độ tham chiếu
δ	Chuyển vị mở đầu vết nứt (CTOD) tính bằng mm được đo trên mẫu nhỏ để thiết lập độ dai kháng nứt đàn dẻo
J	Giá trị độ dai kháng nứt đàn dẻo (giá trị tích phân J) tính bằng N/mm được xác định bằng tích phân theo đường hoặc mặt bao quanh mặt trước vết nứt từ bề mặt vết nứt này sang bề mặt vết nứt khác
K_{Ic}	Độ dai kháng nứt đàn hồi biến dạng phẳng cho ứng xử đàn hồi tuyến tính, đo bằng $N/mm^{3/2}$
ϵ_{cf}	Mức độ tạo hình nguội (DCF), đo bằng tỷ lệ phần trăm
σ_{Ed}	Ứng suất tương ứng với nhiệt độ tham chiếu T_{Ed}

2 Lựa chọn vật liệu theo độ dai kháng nứt

2.1 Quy định chung

TCVN X1993-1-10:202x

- (1) Hướng dẫn trong chương 2 cần được sử dụng cho việc lựa chọn vật liệu cho công trình mới. Hướng dẫn này bao gồm việc đánh giá vật liệu đang sử dụng. Các quy định cần được sử dụng để lựa chọn cấp bền phù hợp của vật liệu thép trong danh mục sản phẩm thép theo tiêu chuẩn được liệt kê trong TCVN X1993-1-1.
- (2) Các quy định được áp dụng cho cấu kiện chịu kéo, cấu kiện chịu ứng suất kéo do hàn và mỗi trong một số phần của chu kỳ ứng suất là chịu kéo.

CHÚ THÍCH: Các quy định này thiên về an toàn đối với cấu kiện không chịu kéo, hàn hoặc mỗi. Trong trường hợp như vậy, việc đánh giá sử dụng cơ học rạn nứt có thể thích hợp, xem 2.4. Độ dai kháng nứt có thể không cần chỉ định đối với các cấu kiện chỉ chịu nén.

- (3) Phải áp dụng các quy tắc cho các đặc trưng vật liệu được chỉ định cho chất lượng độ dai trong các tiêu chuẩn sản phẩm thép có liên quan. Không được sử dụng vật liệu có cấp thấp hơn, ngay cả khi kết quả thí nghiệm cho thấy sự phù hợp với cấp thép chỉ định.

2.2 Quy trình

- (1) Cấp bền của thép được lựa chọn có xét đến các nội dung sau:
 - (i) Đặc trưng của vật liệu thép:
 - Cường độ chảy dẻo phụ thuộc chiều dày của vật liệu $f_y(t)$
 - Chất lượng độ dai thông qua giá trị T_{27J} hoặc T_{40J}
 - (ii) Đặc trưng của cấu kiện:
 - Hình dạng và chi tiết của cấu kiện
 - Sự tập trung ứng suất theo các chi tiết trong TCVN X1993-1-9
 - Chiều dày cấu kiện (t)
 - Các giả thiết thích hợp về lỗi chế tạo (ví dụ vết nứt xuyên chiều dày hoặc vết nứt bề mặt dạng bán elip)
 - (iii) Tình huống thiết kế:
 - Nhiệt độ thiết kế của cấu kiện thấp nhất
 - Ứng suất lớn nhất do tác động thường xuyên hoặc cường bức gây ra trong các điều kiện thiết kế được miêu tả tại (4)
 - Ứng suất dư
 - Giả thiết sự phát triển vết nứt do tải trọng mỏi trong khoảng thời gian kiểm tra (nếu liên quan)
 - Tốc độ biến dạng $\dot{\epsilon}$ do tác động bất thường (nếu liên quan)
 - Mức độ tạo hình nguội (ϵ_{cf}) (nếu liên quan)
- (2) Độ dày của cấu kiện thép để kháng rạn nứt được xác định theo 2.3 và Bảng 2.1.
- (3) Các phương pháp thay thế có thể sử dụng để xác định độ dai yêu cầu bao gồm:
 - Phương pháp cơ học rạn nứt:

Trong phương pháp này, giá trị thiết kế của độ dai yêu cầu không được vượt quá giá trị thiết kế của tính chất độ dai.
 - Phương pháp phân tích số:

Có thể được thực hiện bằng cách sử dụng một hoặc nhiều mẫu thử có kích thước lớn. Để đạt được kết quả phù hợp, mô hình phải được xây dựng và gia tải theo cách tương tự với kết cấu thực tế.

(4) Các điều kiện thiết kế sau đây phải được sử dụng:

(i) Các tác động phải phù hợp với các tổ hợp sau:

$$E_d = E\{A[T_{Ed}] + \sum G_K + \psi_1 Q_{K1} + \sum \psi_{2,i} Q_{Ki}\} \quad (2.1)$$

trong đó tác động chủ đạo A là nhiệt độ tham chiếu T_{Ed} ảnh hưởng đến độ dai của vật liệu cấu kiện đang xét và cũng có thể gây ra ứng suất do việc ngăn cản chuyển vị. $\sum G_K$ là tác động thường xuyên, và $\psi_1 Q_{K1}$ là giá trị ngắn hạn của tải trọng tạm thời và $\psi_{2,i} Q_{Ki}$ là giá trị dài hạn của tải trọng tạm thời, khống chế mức ứng suất trong vật liệu.

(ii) Hệ số tổ hợp ψ_1 và ψ_2 phải phù hợp với TCVN X1990.

(iii) Ứng suất tác dụng lớn nhất σ_{Ed} phải là ứng suất danh định tại vị trí mà rạn nứt có khả năng bắt đầu. σ_{Ed} cần được tính toán cho trạng thái giới hạn về sử dụng có xét đến tất cả các tổ hợp của tác động thường xuyên và tạm thời được định nghĩa trong các phần thích hợp của TCVN X1991.

CHÚ THÍCH 1: Các tổ hợp trên được xem là tương đương với tổ hợp bất thường, bởi giả thiết nhiệt độ thấp nhất, kích thước lỗi, vị trí lỗi và đặc trưng vật liệu xảy ra đồng thời.

CHÚ THÍCH 2: σ_{Ed} có thể bao gồm các ứng suất do sự ngăn chặn dịch chuyển khi thay đổi nhiệt độ gây ra.

CHÚ THÍCH 3: Do tác động chủ đạo là nhiệt độ tham chiếu T_{Ed} , ứng suất tác dụng lớn nhất σ_{Ed} thường không vượt quá 75 % cường độ chảy dẻo.

(5) Nhiệt độ tham chiếu T_{Ed} tại vị trí có khả năng xảy ra rạn nứt có thể xác định theo công thức sau:

$$T_{Ed} = T_{md} + \Delta T_r + \Delta T_\sigma + \Delta T_R + \Delta T_\varepsilon + \Delta T_{\varepsilon_{cf}} \quad (2.2)$$

trong đó:	T_{md}	là nhiệt độ không khí thấp nhất ứng với chu kỳ lặp chỉ định, xem TCVN X1991-1-5;
	ΔT_r	là điều chỉnh cho sự tổn hao do bức xạ, xem TCVN X1991-1-5;
	ΔT_σ	là điều chỉnh cho ứng suất, cường độ chảy dẻo của vật liệu, không hoàn chỉnh nứt và hình dạng, kích thước cấu kiện, xem 2.4(3);
	ΔT_R	là mức độ an toàn, nếu yêu cầu, để phản ánh mức độ tin cậy cho các ứng dụng công năng khác nhau;
	ΔT_ε	là điều chỉnh liên quan đến tốc độ biến dạng (tương đối) khác với tốc độ biến dạng tham chiếu ε_0 (xem công thức 2.3);
	$\Delta T_{\varepsilon_{cf}}$	là điều chỉnh cho mức độ tạo hình nguội ε_{cf} (xem công thức 2.4).

CHÚ THÍCH 1: Giá trị của ΔT_R dùng để điều chỉnh T_{Ed} cho các yêu cầu về độ tin cậy khác có thể được quy định trong Phụ lục Quốc gia. Khuyến nghị lấy $\Delta T_R = 0^\circ\text{C}$, khi sử dụng các giá trị lập bảng theo 2.3.

CHÚ THÍCH 2: Khi xác định các giá trị lập bảng trong 2.3, một đường cong chuẩn của sự thay đổi nhiệt độ ΔT_σ được sử dụng, đã bao hết các giá trị thiết kế của hàm mật độ ứng suất $[K]$ do ứng suất σ_{Ed} gây ra và ứng suất dư, đồng thời bao gồm cả tương quan Wallin-Sanz giữa hàm mật độ ứng suất $[K]$ và nhiệt độ T . Giá trị $\Delta T_\sigma = 0^\circ\text{C}$ có thể được giả định khi sử dụng các giá trị được lập bảng theo 2.3.

TCVN X1993-1-10:202x

CHÚ THÍCH 3: Phụ lục Quốc gia có thể đưa ra giá trị lớn nhất của phạm vi giữa T_{Ed} và nhiệt độ thử, cũng như phạm vi của σ_{Ed} mà giá trị của chiều dày cho phép trong Bảng 2.1 có thể bị giới hạn.

CHÚ THÍCH 4: Việc áp dụng Bảng 2.1 có thể bị giới hạn trong Phụ lục Quốc gia để sử dụng thép có cấp bền đến S460.

(6) Ứng suất tham chiếu σ_{Ed} cần được xác định bằng một phân tích đàn hồi có kể đến hiệu ứng bậc 2 do biến dạng.

2.3 Giá trị chiều dày cho phép lớn nhất

2.3.1 Quy định chung

(1) Bảng 2.1 đưa ra chiều dày cho phép lớn nhất của cấu kiện theo cấp thép, chất lượng độ dai của chúng, thể hiện qua giá trị KV, độ lớn của ứng suất tham chiếu [σ_{Ed}] và nhiệt độ tham chiếu [T_{Ed}].

(2) Các giá trị trong bảng được lập theo các giả thiết sau:

- các giá trị thỏa mãn yêu cầu về độ tin cậy của TCVN X1990 đối với chất lượng chung của vật liệu
- sử dụng tốc độ biến dạng (tương đối) tham chiếu là $\dot{\varepsilon}_0 = 4 \times 10^{-4}$ /s. Giá trị này kể đến được phần lớn các hiệu ứng tác động động của tình huống thiết kế tạm thời và dài hạn. Với các tốc độ biến dạng khác $\dot{\varepsilon}$ (ví dụ như tải trọng va chạm), có thể sử dụng các giá trị trong bảng bằng cách triết giảm T_{Ed} một lượng $\Delta T_{\dot{\varepsilon}}$ xác định theo công thức sau:

$$\Delta T_{\dot{\varepsilon}} = -\frac{1440-f_y(t)}{550} \times \left(\ln \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0}\right)^{1,5} [^{\circ}\text{C}] \quad (2.3)$$

- giả thiết $\varepsilon_{cf} = 0\%$ với vật liệu không tạo hình nguội. Để sử dụng cho vật liệu thép tạo hình nguội không lão hóa, giá trị trong bảng có thể được sử dụng bằng cách điều chỉnh T_{Ed} một lượng $\Delta T_{\varepsilon_{cf}}$ xác định theo công thức sau:

$$\Delta T_{\varepsilon_{cf}} = -3 \times \varepsilon_{cf} [^{\circ}\text{C}] \quad (2.4)$$

- các giá trị độ dai danh nghĩa như T_{27J} được dựa theo các tiêu chuẩn sản phẩm sau: EN 10025, EN 10210-1, EN 10219-1
- đối với các giá trị khác, sử dụng mối tương quan sau:

$$\begin{aligned} T_{40J} &= T_{27J} + 10 [^{\circ}\text{C}] \\ T_{30J} &= T_{27J} + 0 [^{\circ}\text{C}] \end{aligned} \quad (2.5)$$

- đối với các cấu kiện chịu mỏi, tất cả các danh mục chi tiết cho các loại ứng suất danh nghĩa được đề cập trong TCVN X1993-1-9

CHÚ THÍCH: Mỗi được xét đến bằng cách áp dụng tải trọng mỏi lên cấu kiện với giả thiết có khuyết tật ban đầu. Các hư hỏng được giả thiết bằng $\frac{1}{4}$ tổng hư hỏng do mỏi xác định theo TCVN X1993-1-9. Các tiếp cận này cho phép đánh giá số “chu kỳ an toàn” nhỏ nhất giữa các lần kiểm tra trong giai đoạn sử dụng khi cần chỉ rõ khả năng chịu hư hỏng theo TCVN X1993-1-9. Số lượng yêu cầu [n] của số lần kiểm tra trong quá trình sử dụng có quan hệ với các hệ số riêng γ_{Ff} và γ_{Mf} áp dụng trong thiết kế mỏi theo TCVN X1993-1-9 theo công thức:

$$n = \frac{4}{(\gamma_{Ff}\gamma_{Mf})^m} - 1$$

trong đó $m = 5$ áp dụng cho kết cấu có tuổi thọ dài như cầu.

“Chu kỳ an toàn” giữa các đợt kiểm tra trong giai đoạn sử dụng có thể bao gồm toàn bộ tuổi thọ thiết kế của kết cấu.

2.3.2 Xác định chiều dày cấu kiện lớn nhất cho phép

(1) Bảng 2.1 đưa ra các giá trị lớn nhất cho phép của chiều dày cấu kiện theo ba mức ứng suất được biểu thị theo tỷ lệ với cường độ chảy dẻo danh định:

$$\begin{aligned}
 \text{a) } \sigma_{Ed} &= 0,75f_y(t)[N/mm^2] \\
 \text{b) } \sigma_{Ed} &= 0,50f_y(t)[N/mm^2] \\
 \text{c) } \sigma_{Ed} &= 0,25f_y(t)[N/mm^2]
 \end{aligned}
 \tag{2.6}$$

trong đó $f_y(t)$ được xác định theo công thức:

$$f_y(t) = f_{y,nom} - 0,25 \frac{t}{t_0} [N/mm^2]$$

với t là chiều dày của bản, tính bằng mm.

$$t_0 = 1 \text{ mm}$$

hoặc lấy giá trị R_{eH} từ các tiêu chuẩn thép liên quan.

Các giá trị được lập bảng ứng với lựa chọn của 7 giá trị nhiệt độ tham chiếu là: +10, 0, -10, -20, -30, -40 và -50 °C.

Bảng 2.1: Giá trị cho phép lớn nhất của chiều dày t của cấu kiện (mm)

Cấp thép	Cấp phụ	KV		Nhiệt độ tham chiếu T_{Ed} [°C]																					
				10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	
		ở T [°C]	J_{min}	$\sigma_{Ed} = 0,75f_y(t)$						$\sigma_{Ed} = 0,50f_y(t)$						$\sigma_{Ed} = 0,25f_y(t)$									
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60	
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75	
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100	
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	10	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70	
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95	
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110	
S355	ML,NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145	
	JR	20	27	40	35	25	20	15	10	65	55	45	40	30	25	25	110	95	80	70	60	55	45		
	J0	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60	
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80	
	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95	
S420	ML,NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130	
	M,N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85	
S460	ML,NL	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120	
	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70	
	M,N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80	
	QL	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95	
	ML,NL	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115	
S690	QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130	
	Q	0	40	40	30	25	20	15	10	10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	60	50	45	
	Q	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	80	65	55	45	35	30	20	140	120	100	85	75	60	50	
	QL	-20	40	60	50	40	30	25	20	15	95	80	65	55	45	35	30	165	140	120	100	85	75	60	
	QL	-40	30	75	60	50	40	30	25	20	115	95	80	65	55	45	35	190	165	140	120	100	85	75	
	QL1	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	135	115	95	80	65	55	45	200	190	165	140	120	100	85	
QL1	-60	30	110	90	75	60	50	40	30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100		

CHÚ THÍCH 1: Có thể sử dụng nội suy tuyến tính cho Bảng 2.1. Trong phần lớn các ứng dụng, sẽ yêu cầu giá trị σ_{Ed} nằm giữa $\sigma_{Ed} = 0,75f_y(t)$ và $\sigma_{Ed} = 0,50f_y(t)$. $\sigma_{Ed} = 0,25f_y(t)$ được cung cấp cho mục đích nội suy. Không được sử dụng phép ngoại suy ngoài các giá trị cực hạn.

CHÚ THÍCH 2: Để đặt hàng các sản phẩm làm từ thép S690, cần đưa ra nhiệt độ thử T_{KV} .

CHÚ THÍCH 3: Bảng 2.1 đưa ra các giá trị được đảm bảo của KV theo phương cán của sản phẩm.

2.4 Đánh giá theo cơ học rạn nứt

(1) Để đánh giá theo phương pháp số bằng cơ học rạn nứt, độ dai yêu cầu và đặc trưng độ dai thiết kế của vật liệu được biểu diễn thông qua giá trị CTOD, giá trị J, K_{IC} , hoặc giá trị KV và phải được so sánh bằng phương pháp cơ học rạn nứt phù hợp.

(2) Nhiệt độ tham chiếu phải thỏa mãn điều kiện sau:

$$T_{Ed} \geq T_{Rd} \quad (2.7)$$

trong đó: T_{Ed} là nhiệt độ mà ở đó mức độ an toàn của độ dai kháng nứt có thể được dựa vào theo các điều kiện được đánh giá.

(3) Cơ chế hư hỏng tiềm tàng có thể được mô hình bằng khuyết tật phù hợp làm giảm bớt tiết diện thực của vật liệu để dễ gây ra hư hỏng do rạn nứt tại tiết diện giảm yếu. Khuyết tật phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

- vị trí và hình dạng phải phù hợp với trường hợp vết khắc được xem xét. Có thể sử dụng bảng phân loại mỗi theo TCVN X1993-1-9 để chọn vị trí vết nứt phù hợp.
- đối với các cấu kiện không chịu tải, kích thước của khuyết tật phải là mức lớn nhất mà có thể bị bỏ sót trong các kiểm tra thực hiện theo EN 1090. Khuyết tật giả định phải ở vị trí tập trung ứng suất bất lợi.
- đối với các cấu kiện dễ bị mỏi, kích thước của khuyết tật phải bao gồm khuyết tật ban đầu được phát triển dần do mỏi. Kích thước của vết nứt ban đầu phải được lựa chọn sao cho giá trị nhỏ nhất có thể phát hiện được bằng phương pháp kiểm tra theo EN 1090. Sự phát triển của vết nứt do mỏi cần được tính toán theo mô hình cơ học rạn nứt phù hợp trong suốt tuổi thọ thiết kế an toàn hoặc khoảng thời gian kiểm tra (có liên quan).

(4) Nếu một chi tiết kết cấu không thể phân loại theo TCVN X1993-1-9 hoặc nếu có phương pháp nghiêm ngặt hơn được sử dụng để thu được kết quả tốt hơn so với Bảng 2.1, cần tiến hành việc kiểm chứng bằng thí nghiệm rạn nứt thực tế trên mẫu thí nghiệm tỷ lệ lớn.

CHÚ THÍCH: Đánh giá về kết quả thí nghiệm có thể được thực hiện theo phương pháp quy định tại phụ lục D của EN 1090.

3 Lựa chọn vật liệu theo tính chất xuyên chiều dày

3.1 Quy định chung

(1) Việc lựa chọn cấp chất lượng cần được lựa chọn theo Bảng 3.1 phụ thuộc vào hậu quả khi bị “xé theo lớp”.

Bảng 3.1: Lựa chọn cấp chất lượng

Cấp	Hướng dẫn áp dụng
1	Tất cả các sản phẩm thép và tất cả chiều dày liệt kê trong các tiêu chuẩn cho tất cả các ứng dụng
2	Một số sản phẩm thép và chiều dày liệt kê trong các tiêu chuẩn và/hoặc một số ứng dụng được liệt kê

CHÚ THÍCH: Phụ lục Quốc gia có thể lựa chọn cấp liên quan. Khuyến nghị sử dụng cấp 1.

(2) Tùy thuộc vào cấp chất lượng lựa chọn từ Bảng 3.1, cần thỏa mãn một trong hai điều kiện sau:

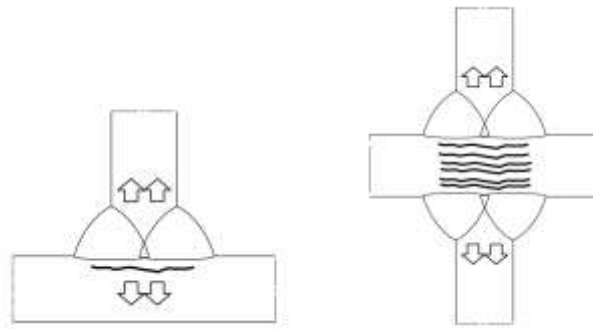
- Các tính chất xuyên chiều dày của vật liệu thép phải được chỉ định từ EN 10164, hoặc
- Việc kiểm tra sau chế tạo phải được thực hiện để xác định sự xé theo lớp có xảy ra hay không.

(3) Cần xét đến các nội dung sau khi lựa chọn tổ hợp các bộ phận thép hoặc liên kết để bảo vệ chống xé theo lớp:

- Mức độ nghiêm trọng tại vị trí có ứng suất kéo và số bậc siêu tĩnh.
- Biến dạng theo phương chiều dày trong phần tử có liên kết. Biến dạng này sẽ tăng khi kim loại hàn co lại khi nguội. Nó sẽ tăng lên rất nhiều khi chuyển vị tự do bị ngăn cản bởi các phần khác của kết cấu.

TCVN X1993-1-10:202x

- Đặc trưng của chi tiết mối nối, đặc biệt là các mối hàn hình chữ thập, chữ T hoặc mối hàn góc. Ví dụ, tại các vị trí trong Hình 3.1, tấm nằm ngang có thể có độ dẻo kém theo phương xuyên chiều dày. Tấm dễ bị xé theo lớp nếu biến dạng tại nút có phương xuyên qua chiều dày của vật liệu, sẽ xảy ra nếu mặt giao song song với mặt của vật liệu và biến dạng co gây ra vuông góc với phương cán của vật liệu. Mối hàn càng lớn thì độ nhạy càng lớn.
- Tính chất hóa học của vật liệu chịu ứng suất ngang. Trong trường hợp mức lưu huỳnh cao, ngay cả khi dưới giới hạn tiêu chuẩn sản phẩm thép bình thường, vẫn có thể làm tăng việc xé theo lớp.



Hình 3.1: Hiện tượng xé theo lớp

(4) Độ nhạy của vật liệu được xác định bằng cách đo chất lượng độ dẻo theo chiều dày theo EN 10164, được biểu thị bằng cấp chất lượng theo giá trị Z .

CHÚ THÍCH 1: Sự xé theo lớp do rạn nứt trong vật liệu khi hàn thường trở nên rõ ràng khi kiểm tra siêu âm. Nguy cơ bị xé thường ở mối nối chữ thập, chữ T, mối nối góc và các đường hàn thấu hoàn toàn.

CHÚ THÍCH 2: Hướng dẫn về việc tránh bị xé theo lớp khi hàn được cho trong EN 1011-2.

3.2 Quy trình

(1) Có thể bỏ qua “xé theo lớp” nếu thỏa mãn điều kiện sau:

$$Z_{Ed} \leq Z_{Rd} \tag{3.1}$$

trong đó: Z_{Ed} là giá trị Z thiết kế cần thiết gây ra bởi độ lớn của biến dạng do sự ngăn cản kim loại co khi hàn;

Z_{Rd} là giá trị Z thiết kế cho phép của vật liệu theo EN 10164, ví dụ Z15, Z25 hoặc Z35.


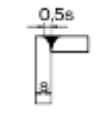



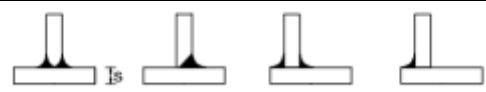

(2) Giá trị thiết kế yêu cầu của Z_{Ed} có thể xác định theo công thức sau:

$$Z_{Ed} = Z_a + Z_b + Z_c + Z_d + Z_e \tag{3.2}$$

trong đó các giá trị Z_a, Z_b, Z_c, Z_d và Z_e được cho trong Bảng 3.2.

Bảng 3.2: Tiêu chí ảnh hưởng giá trị mục tiêu của Z_{Ed}

a)	Chiều cao đường hàn liên quan với biến dạng do kim loại co	Chiều dày hữu hiệu của đường hàn a_{eff} (xem Hình 3.2)	Chiều cao a của đường hàn góc	Z_i
		$a_{eff} \leq 7\text{mm}$	$a = 5\text{ mm}$	$Z_a = 0$
		$7 < a_{eff} \leq 10\text{mm}$	$a = 7\text{ mm}$	$Z_a = 3$

		$10 < a_{\text{eff}} \leq 20\text{mm}$	$a = 14 \text{ mm}$	$Z_a = 6$
		$20 < a_{\text{eff}} \leq 30\text{mm}$	$a = 21 \text{ mm}$	$Z_a = 9$
		$30 < a_{\text{eff}} \leq 40\text{mm}$	$a = 28 \text{ mm}$	$Z_a = 12$
		$40 < a_{\text{eff}} \leq 50\text{mm}$	$a = 35 \text{ mm}$	$Z_a = 15$
		$50 < a_{\text{eff}}$	$a > 35 \text{ mm}$	$Z_a = 15$
b)	Hình dạng và vị trí của đường hàn trong liên kết chữ T, chữ thập và liên kết góc			$Z_b = -25$
		Mối nối góc 		$Z_b = -10$
		Đường hàn góc hàn một lần $Z_a = 0$ hoặc đường hàn góc với $Z_a > 1$ với vật liệu hàn có cường độ thấp 		$Z_b = -5$
		Đường hàn góc hàn nhiều lần 		$Z_b = 0$
		đường hàn thấu một phần và hoàn toàn với trình tự hàn phù hợp để giảm hiệu ứng co ngán 		$Z_b = 3$
		đường hàn thấu một phần và hoàn toàn 		$Z_b = 5$
		Mối nối góc 		$Z_b = 8$
c)	Ảnh hưởng của chiều dày vật liệu s đến sự ngán cân do co	$s \leq 10\text{mm}$		$Z_c = 2^*$
		$10 < s \leq 20\text{mm}$		$Z_c = 4^*$
		$20 < s \leq 30\text{mm}$		$Z_c = 6^*$
		$30 < s \leq 40\text{mm}$		$Z_c = 8^*$
		$40 < s \leq 50\text{mm}$		$Z_c = 10^*$
		$50 < s \leq 60\text{mm}$		$Z_c = 12^*$
		$60 < s \leq 70\text{mm}$		$Z_c = 15^*$
		$70 < s$		$Z_c = 15^*$
d)	Ngán cản co sau hàn của các phần khác của kết cấu	Ngán cản thấp: Có thể tự do co lại (ví dụ như mối nối chữ T)		$Z_d = 0$
		Ngán cản vừa: Ngán cản tự do co lại (ví dụ miếng cứng trong dầm hộp)		$Z_d = 3$
		Ngán cản cao: Không thể tự do co lại (ví dụ sườn trong sàn tấm trực giao)		$Z_d = 5$
e)	Ảnh hưởng của gia nhiệt trước	Không gia nhiệt trước		$Z_e = 0$
		Gia nhiệt trước $\geq 100^\circ\text{C}$		$Z_e = -8$
* Có thể giảm 50 % cho vật liệu chịu ứng suất nén theo phương xuyên chiều dày khi tải trọng tĩnh chiếm ưu thế.				



Hình 3.2: Chiều cao hữu hiệu của đường hàn a_{eff} do co ngót

(3) Cấp Z_{Rd} thích hợp theo EN 10164 có thể có được bằng việc áp dụng việc phân loại phù hợp.

CHÚ THÍCH: Việc phân loại xem TCVN X1993-1-1 và từ TCVN X1993-2 đến TCVN X1993-6.

Phụ lục Quốc gia

Kèm theo TCVN X1993-1-10:202x

Thiết kế kết cấu thép – Phần 1-10: Độ dai và tính chất theo chiều dày của vật liệu

NA.1 Phạm vi

Phụ lục quốc gia này cho:

a) Các quyết định đối với các thông số do quốc gia xác định được mô tả trong các mục và phụ lục sau đây của TCVN X1993-1-10:202x:

- 2.2(5)
- 3.1(1)

b) Tham chiếu đến thông tin bổ sung không mâu thuẫn.

NA.2 Thông số do quốc gia xác định**NA.2. Quy trình [TCVN X1993-1-10:202X, 2.2(5)]****NA.2.1.1 Yêu tố an toàn****NA.2.1.1.1 Các yếu tố ảnh hưởng đến an toàn cấu kiện:**Giá trị của ΔT_R cần được lấy từ phương trình sau:

$$\Delta T_R = \Delta T_{RD} + \Delta T_{RG} + \Delta T_{RT} + \Delta T_{R\sigma} + \Delta T_{Rs}$$

Trong đó:

 ΔT_{RD} là một điều chỉnh cho loại chi tiết (xem **NA.2.1.1.2**); ΔT_{RG} là một điều chỉnh của tập trung ứng suất tổng (xem **NA.2.1.1.3**); ΔT_{RT} là một điều chỉnh cho nhiệt độ thí nghiệm Charpy (xem **NA.2.1.1.4**); $\Delta T_{R\sigma}$ là một điều chỉnh cho mức độ ứng suất tác dụng (xem **NA.2.1.1.5**); ΔT_{Rs} là một điều chỉnh cho cấp cường độ (xem **NA.2.1.1.6**).Quá trình từ **NA.2.1.1.2** đến **NA.2.1.1.6** cho ΔT_R phù hợp với $\Delta T_\sigma = 0$ °C.Tham chiếu cho hướng dẫn đưa ra các giá trị cho phép tối đa được khuyến nghị của độ dày t cho nhiệt độ tham chiếu dưới -50 °C được đưa ra trong NA.3.**NA.2.1.1.2 Điều chỉnh cho các loại chi tiết, ΔT_{RD}** Giá trị của $\Delta T_{RD} = 0$ cần được sử dụng trừ trường hợp sau :

a) Chi tiết không hàn:

- Cho thép cán không hàn, bề mặt gia công, giá trị của $\Delta T_{RD} = +30$ °C cần được sử dụng;
- Cho các mối nối chốt cơ khí không hàn hoặc các cạnh cắt bằng hàn xì, một giá trị của $\Delta T_{RD} = +20$ °C cần được sử dụng

b) Chi tiết hàn:

TCVN X1993-1-10:202x

- Cho các chi tiết liên kết hàn, giá trị $\Delta T_{RD} = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ cần được sử dụng, trừ những vị trí cho trong bảng NA.1 sau đây:

Bảng NA.1 Giá trị ΔT_{RD} của vị trí hàn cụ thể

Cấu kiện hay chi tiết	Vị trí ban đầu	Kích thước phần đính kèm ^{A)}		ΔT_{RD} ($^{\circ}\text{C}$)
		Chiều dài (mm) ^{B)}	Bề rộng (mm) ^{C)}	
Hàn	Chân hàn theo phương ngang	>150	≤ 50	-20
			>50	-30
Cấu kiện chế tạo từ tấm	Mối hàn đối đầu ngang ^{D)}			-20
Tiết diện cán	Mối hàn đối đầu ngang ^{D)}			-30

A) Đo tổng thể giữa chân mối hàn trên cấu kiện liên quan
 B) Đo theo hướng ứng suất kéo
 C) Đo theo hướng vuông góc ứng suất kéo
 D) Chỉ áp dụng cho các mối hàn nối toàn tiết diện, không áp dụng cho các mối hàn nối các tấm riêng lẻ trước khi lắp ráp

NA.2.1.1.3 Điều chỉnh cho tập trung ứng suất tổng, ΔT_{Rg}

Giá trị của ΔT_{Rg} cần được áp dụng cho những vị trí xuất hiện vết nứt trong vùng có tập trung ứng suất tổng theo bảng NA.2

Bảng NA.2 Giá trị của ΔT_{Rg} theo hệ số tập trung ứng suất tổng
Đơn vị theo độ ($^{\circ}\text{C}$)

Hệ số tập trung ứng suất	ΔT_{Rg}
1	0
1,5	-10
2	-20
3	-30

NA.2.1.1.4 Điều chỉnh cho nhiệt độ kiểm tra Charpy, ΔT_{RT}

Giá trị của ΔT_{RT} theo sự khác nhau giữa nhiệt độ thí nghiệm Charpy T và nhiệt độ nhỏ nhất của kết cấu thép ($T_{md} + \Delta T_r$) cần được lấy cho trong bảng NA.3.

Bảng NA.3 Giá trị của ΔT_{RT} theo sự khác nhau giữa thí nghiệm Charpy và nhiệt độ sử dụng tối thiểu

Đơn vị tính bằng độ (°C)

Áp dụng	$T - (T_{md} + \Delta T_r)^{A)}$	$\Delta T_{RT}^{A)}$
Chung (ngoại trừ cầu theo EN 1993-2)	≤ 20	0
	25	-10
	30	-20
	35	-30
	$>35 \leq 40$	-40 hạn chế sử dụng ^{B), C)}
	>40	>40 Không cho phép ^{B)}
Cầu theo EN 1993-2	≤ 20	0
	>20	Không cho phép ^{B)}

A) Các giá trị trung gian cần được xác định bằng nội suy tuyến tính.
 B) Xem **NA.2.1.2**.
 C) Các loại liên kết hàn khi $\Delta T_{RD} + \Delta T_{R\sigma} < 0$ °C hoặc $\Delta T_{Rg} < 0$ °C không nên sử dụng chịu kéo nếu $T - (T_{md} + \Delta T_r) > 35$ °C (xem tương ứng bảng NA.1 và NA.2). Không loại liên kết hàn nào được sử dụng trong chịu kéo trong điều kiện nhiệt độ $\Delta T_{\varepsilon} < 0$ °C (xem TCVN X1993-1-10:202X, **2.2** và **2.3**).

NA.2.1.1.5 Điều chỉnh cho ứng suất tác dụng, $\Delta T_{R\sigma}$

Với $\sigma_{Ed} = 0.75f_y(t)$, $\Delta T_{R\sigma}$ có thể lấy bằng 0. Đối với $\sigma_E < 0.75f_y(t)$, giá trị $0.75f_y(t)$ cần được sử dụng, nhưng điều chỉnh bằng cách sử dụng giá trị $\Delta T_{R\sigma}$ cho các giá trị thấp hơn của σ_{Ed} như cho trong bảng NA.4. Nội suy tuyến tính có thể được sử dụng cho các giá trị trung gian của σ_{Ed} trong bảng NA.4.

Bảng NA.4 Giá trị của $\Delta T_{R\sigma}$ cho ứng suất chịu kéo lớn nhất thấp hơn $0.75f_y(t)$

Đơn vị theo độ (°C)

σ_{Ed}	$\Delta T_{R\sigma}$
$0,5f_y(t)$	0
$0,3f_y(t)$	+10
$0,15f_y(t)$	+20
≤ 0	+30

NA.2.1.1.6 Điều chỉnh cho mác thép, ΔT_{Rs}

Giá trị của ΔT_{Rs} cần được lấy như trong bảng NA.5.

Đơn vị là độ (°C)

Mác Thép	ΔT_{Rs}
<S355	+10
S355	0
>S355	-10

NA.2.1.2 Thí nghiệm Charpy và nhiệt độ tham chiếu và ứng suất áp dụng**NA.2.1.2.1 Thí nghiệm Charpy và nhiệt độ tham chiếu**

Phạm vi tối đa giữa T_{Ed} và nhiệt độ thí nghiệm Charpy T cần được giới hạn sao cho các giá trị được đề xuất trong bảng NA.3 đạt được.

NA.2.1.2.2 Miền của σ_{Ed}

Việc sử dụng Bảng 2.1 cần được giới hạn ở các giá trị của t được đưa ra cho $\sigma_{Ed} = 0.75f_y(t)$. Cho giá trị khác của σ_{Ed} , xem NA.2.1.1.5.

NA.2.1.3 Giới hạn mác thép

Bảng 2.1 có thể được sử dụng cho các loại thép lên đến S690 (theo các khuyến nghị được đưa ra trong NA.2.1.1.6).

NA.2.2 Phân loại chất lượng theo đặc tính theo độ dày [TCVN X1993-1-10:202X, 3.1(1)]

Lớp 2 cần được sử dụng. Tham khảo hướng dẫn thiết kế được đưa ra trong NA.3

NA.3 Tham chiếu đến thông tin bổ sung không mâu thuẫn

Hướng dẫn bổ sung về độ dẻo dai và đặc trưng theo độ dày được đưa ra trong PD 6695-1-10.

Tài liệu tham khảo**Tiêu chuẩn**

Đối với các tài liệu tham khảo có ghi năm ban hành, chỉ có phiên bản được trích dẫn được áp dụng. Đối với các tài liệu tham khảo không ghi năm ban hành, phiên bản mới nhất của tài liệu tham khảo (bao gồm mọi sửa đổi) được áp dụng.

PD 6695-1-10 Khuyến nghị thiết kế kết cấu theo BS EN 1993-1-10

BS EN 1993-2, Eurocode 3 – Thiết kế kết cấu thép – Phần 2: CầuThép.