

TCVN X1993-1-2:202x

**THIẾT KẾ KẾT CẤU THÉP – PHẦN 1-2: QUY ĐỊNH
CHUNG – THIẾT KẾ KẾT CẤU CHỊU LỬA**

Design of steel structures – Part 1-2: General rules - Structural fire design

DỰ THẢO

Hà Nội - 2024

Lời nói đầu

TCVN X1993-1-2:202x được xây dựng trên cơ sở tham khảo tiêu chuẩn *EN 1993-1-2:2005 Eurocode 3: Design of steel structures — Part 1-2: General rules — Structural fire design*.

TCVN X1993-1-2:202x 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	7
1.1.1 Phạm vi của TCVN XXXX	7
1.1.2 Phạm vi của TCVN X1993-1-2	8
1.2 Tài liệu viện dẫn	8
1.3 Các giả thiết	9
1.4 Phân loại giữa các nguyên tắc và quy định áp dụng	9
1.5 Thuật ngữ và định nghĩa	9
1.5.1 Các thuật ngữ đặc biệt liên quan đến thiết kế nói chung	10
1.5.2 Các thuật ngữ liên quan đến tác động nhiệt	10
1.5.3 Các thuật ngữ liên quan đến vật liệu và sản phẩm	10
1.5.4 Các thuật ngữ liên quan đến tính toán truyền nhiệt	11
1.5.5 Các thuật ngữ liên quan đến phân tích ứng xử cơ học	11
1.6 Ký hiệu	12
2. Cơ sở thiết kế	17
2.1 Các yêu cầu	17
2.1.1 Các yêu cầu cơ bản	17
2.1.2 Tác động của đám cháy danh định	17
2.1.3 Tác động của đám cháy tham số	18
2.2 Tải trọng tác động	18
2.3 Giá trị thiết kế của các tính chất vật liệu	18
2.4 Các phương pháp kiểm tra	19
2.4.1 Quy định chung	19
2.4.2 Phân tích cấu kiện	19
2.4.3 Phân tích một phần kết cấu	21
2.4.4 Phân tích kết cấu tổng thể	22
3. Các tính chất của vật liệu	22
3.1 Tổng quát	22
3.2 Tính chất cơ học của thép các bon	22
3.2.1 Tính chất về cường độ và biến dạng	22
3.2.2 Khối lượng riêng	26
3.3 Các tính chất cơ học của thép không gỉ	26
3.4 Các tính chất nhiệt	26

3.4.1 Thép các bon.....	26
3.4.2 Thép không gỉ.....	29
3.4.3 Vật liệu bảo vệ chịu lửa	29
4. Thiết kế kết cấu chịu lửa.....	29
4.1 Quy định chung.....	29
4.2 Các phương pháp tính toán đơn giản	30
4.2.1 Quy định chung	30
4.2.2 Phân loại tiết diện ngang	31
4.2.5 Sự tăng nhiệt độ trong kết cấu thép	41
4.3 Các phương pháp tính toán nâng cao.....	48
4.3.1 Cơ sở tính toán	48
4.3.2 Ứng xử nhiệt học	48
4.3.3 Ứng xử cơ học.....	48
4.3.4 Kiểm tra tính đúng đắn của mô hình tính toán nâng cao.....	49
Phụ lục A (quy định) Biến dạng cứng hóa của thép các bon ở nhiệt độ cao	50
Phụ lục B (quy định) Nhiệt lượng truyền đến các cấu kiện thép bên ngoài	52
Phụ lục C (Tham khảo) Thép không gỉ	72
Phụ lục D (Tham khảo) Liên kết	84
Phụ lục E (Tham khảo) Tiết diện ngang loại 4	88
Phụ lục Quốc gia	91
NA.1 Phạm vi:	91
NA.2 Thông số do quốc gia xác định	91
NA.2.1 Tổng quát.....	91
NA.2.2 Hệ số riêng cho tình huống cháy – Đặc tính cơ học, $\gamma_{M,fi}$ [TCVN X1993-1-2:202X, 2.3(1)].	91
NA.2.3 Hệ số riêng cho tình huống cháy - Đặc tính nhiệt, $\gamma_{M,fi}$ [TCVN X1993-1-2:202X, 2.3(2)]....	91
NA.2.4 Sử dụng các mô hình tính toán nâng cao [TCVN X1993-1-2:202X, 4.1(2)]	91
NA.2.5 Giới hạn nhiệt độ cho tiết diện ngang loại 4 [TCVN X1993-1-2:202X, 4.2.3.6(1)]	91
NA.2.6 Bảng 4.1- giá trị mặc định cho nhiệt độ cực hạn [TCVN X1993-1-2:202X, 4.2.4(2)]	92
NA.3 Quyết định về tình trạng phụ lục tham khảo.....	92
NA.3.1 TCVN X1993-1-2:202X, Phụ lục C	92
NA.3.2 TCVN X1993-1-2:202X, Phụ lục D	92
NA.3.3 TCVN X1993-1-2:202X, Phụ lục E	92
NA.4 Tham chiếu đến thông tin bổ sung không mâu thuẫn	93

Thiết kế kết cấu thép– Phần 1-2: Quy định chung - Thiết kế kết cấu chịu lửa

Design of steel structures – Part 1-2: General rules - Structural fire design

1. Quy định chung

1.1 Phạm vi

1.1.1 Phạm vi của TCVN X1993

(1) TCVN X1993 áp dụng cho thiết kế nhà và công trình dân dụng bằng kết cấu thép. Tiêu chuẩn này tuân thủ các nguyên tắc và yêu cầu về an toàn và giới hạn sử dụng của các kết cấu, cơ sở thiết kế và kiểm tra kết cấu được đưa ra trong TCVN X1990 - Cơ sở thiết kế kết cấu.

(2) TCVN X1993 chỉ liên quan đến các yêu cầu về sức kháng, giới hạn sử dụng, độ bền và khả năng chống cháy của kết cấu thép. Các yêu cầu khác, ví dụ liên quan đến cách nhiệt hoặc cách âm, không được xem xét.

(3) TCVN X1993 cần được sử dụng đồng thời với:

TCVN X1990 Cơ sở thiết kế kết cấu

TCVN X1991 Tác động lên các kết cấu, tất cả các phần liên quan

Tiêu chuẩn EN cho các sản phẩm xây dựng liên quan đến kết cấu thép

TCVN XXXX (EN 1090) "Thi công kết cấu thép"

TCVN 9386 "Thiết kế kết cấu chịu động đất", nơi kết cấu thép được xây dựng trong vùng chịu động đất

(4) TCVN X1993 được chia thành sáu phần:

TCVN X1993-1 Thiết kế kết cấu thép: Các quy định chung.

EN 1993-2 Thiết kế kết cấu thép: Cầu thép.

TCVN X1993-3 Thiết kế kết cấu thép: Tháp, cột và ống khói.

TCVN X1993-4 Thiết kế kết cấu thép: Silo, bể chứa và đường ống.

TCVN X1993-5 Thiết kế kết cấu thép: Cọc.

TCVN X1993-6 Thiết kế kết cấu thép: Kết cấu đỡ cần trục .

1.1.2 Phạm vi của TCVN X1993-1-2

(1) TCVN X1993-1-2 đưa ra các quy định thiết kế cho kết cấu thép khi chịu tác dụng của lửa trong tình huống sự cố và được biên soạn để sử dụng kết hợp với TCVN XXXX-1-1 và TCVN X1991-1-2. TCVN X1993-1-2 chỉ đưa ra những khác biệt hoặc bổ sung so với trường hợp kết cấu ở điều kiện nhiệt độ thường.

(2) TCVN X1993-1-2 chỉ xét đến các giải pháp bảo vệ chịu lửa thụ động.

(3) TCVN X1993-1-2 áp dụng đối với kết cấu thép yêu cầu khả năng chịu lực nếu chịu tác động của lửa, với mục đích tránh sự sụp đổ sớm của kết cấu.

CHÚ THÍCH: Phần này không bao gồm các quy định cho cấu kiện ngăn cháy.

(4) TCVN X1993-1-2 đưa ra những nguyên tắc và những quy định áp dụng để thiết kế kết cấu đáp ứng được các yêu cầu về khả năng chịu lực và công năng sử dụng.

(5) TCVN X1993-1-2 áp dụng đối với các kết cấu, hoặc các bộ phận của kết cấu, trong phạm vi áp dụng và được thiết kế phù hợp với TCVN XXXX-1.

(6) Các phương pháp đưa ra có thể áp dụng cho các loại kết cấu thép cấp S235, S275, S355, S420 và S460 của EN 10025 và mọi mức thép quy định trong EN 10210 và EN 10219.

(7) Các phương pháp đưa ra cũng được áp dụng cho cấu kiện thép tạo hình nguội và cán trong phạm vi của TCVN XXXX-1-3.

(8) Các phương pháp đưa ra được áp dụng cho các loại thép mà tính chất vật liệu ở nhiệt độ cao được quy định, dựa trên các tiêu chuẩn tương thích với các tiêu chuẩn thiết kế TCVN X1993.

(9) Các phương pháp đưa ra cũng được áp dụng cho cấu kiện thép không gỉ và cán trong phạm vi của TCVN X1993-1-4.

CHÚ THÍCH: Khả năng chịu lửa của kết cấu liên hợp thép và bê tông, xem TCVN X1994-1-2.

1.2 Tài liệu 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 10025 Thép kết cấu cán nóng;

EN 10210, Thép kết cấu không hợp kim và hạt mịn tiết diện rỗng hoàn thiện nóng;

Phần 1: Điều kiện kỹ thuật khi cung cấp;

EN 10219 Thép kết cấu không hợp kim và hạt mịn tiết diện rỗng tổ hợp bằng phương pháp hàn tạo hình nguội;

Phần 1: Điều kiện kỹ thuật khi cung cấp;

EN 1363 Khả năng chịu lửa: Các yêu cầu chung;

EN 13501 Phân loại khả năng chịu lửa của cấu kiện nhà và sản phẩm xây dựng

Phần 2 Phân loại các dữ liệu sử dụng dựa trên kết quả thí nghiệm chịu lửa

EN 13381 Thí nghiệm khả năng chịu lửa của cấu kiện xây dựng

Phần 1: Phương pháp thí nghiệm xác định khả năng bảo vệ chịu lửa cho cấu kiện chịu lực: bởi màng bảo vệ theo phương ngang;

Phần 2: Phương pháp thí nghiệm xác định khả năng bảo vệ chịu lửa cho cấu kiện chịu lực: bởi màng bảo vệ theo phương đứng;

Phần 4: Phương pháp thí nghiệm xác định khả năng bảo vệ chịu lửa cho cấu kiện chịu lực: bởi cấu kiện thép được bảo vệ chịu lửa;

TCVN X1990 Cơ sở thiết kế kết cấu;

TCVN X1991 Tải trọng tác động;

Phần 1-2: Tải trọng tác động lên kết cấu chịu lửa

TCVN XXXX Thiết kế kết cấu thép

Phần 1-1: Quy định chung và quy định cho nhà

Phần 1-3: Quy định chung – Quy định bổ sung cho cấu kiện và tấm tạo hình nguội

Phần 1-4: Quy định chung – Quy định bổ sung cho thép không gỉ

Phần 1-8: Thiết kế nút

EN 1994 Thiết kế kết cấu liên hợp thép và bê tông;

Phần 1-2: Những quy định chung: Thiết kế kết cấu chịu lửa

ISO 1000 Hệ thống đơn vị quốc tế

1.3 Các giả thiết

(1) Ngoài các giả thiết chung của TCVN X1990 cần áp dụng các giả thiết sau đây:

Tất cả hệ thống bảo vệ chịu lửa thụ động được sử dụng trong thiết kế phải được bảo trì phù hợp.

1.4 Phân loại giữa các nguyên tắc và quy định áp dụng

(1) Áp dụng các quy định trong TCVN X1990 mục 1.4 và TCVN X1991-1-2.

1.5 Thuật ngữ và định nghĩa

(1) Áp dụng các quy định trong TCVN X1990 mục 1.5.

(2) Các thuật ngữ được sử dụng trong TCVN X1993-1-2 có ý nghĩa như sau:

1.5.1 Các thuật ngữ đặc biệt liên quan đến thiết kế chung

1.5.1.1

Khung giằng (Braced frame)

Khung được phân loại là khung giằng nếu khả năng chống xoay của khung được hỗ trợ bởi hệ thống giằng chịu tải trọng theo phương ngang trong mặt phẳng, hệ giằng này đủ cứng để có thể giả thiết rằng nó chịu toàn bộ tải trọng theo phương ngang.

1.5.1.2

Phần của kết cấu (part of structure)

Phần riêng biệt được tách ra từ một kết cấu hoàn chỉnh, với các điều kiện gối tựa và điều kiện biên thích hợp.

1.5.2 Các thuật ngữ liên quan đến tác động nhiệt

1.5.2.1

Đường cong nhiệt độ theo thời gian tiêu chuẩn (standard temperature-time curve)

Đường cong danh định được định nghĩa trong EN 13501-2 để đại diện cho mô Hình Của một đám cháy phát triển hoàn toàn trong một khoang cháy.

1.5.3 Các thuật ngữ liên quan đến vật liệu và sản phẩm

1.5.3.1

Thép cac bon (Carbon steel)

Trong tiêu chuẩn này: các loại mác thép phù hợp trong TCVN XXXX-1-1, trừ thép không gỉ.

1.5.3.2

Vật liệu bảo vệ chịu lửa (fire protection material)

Bất kỳ vật liệu hay tổ hợp các vật liệu được sử dụng để tăng khả năng chịu lửa của một cấu kiện chịu lực.

1.5.3.3

Thép không gỉ (stainless steel)

Các loại thép được viện dẫn trong TCVN X1993-1-4.

1.5.4 Các thuật ngữ liên quan đến tính toán truyền nhiệt

1.5.4.1

Hệ số hình dạng (configuration factor)

Hệ số hình dạng của sự truyền nhiệt bức xạ từ bề mặt A tới bề mặt B được xác định bởi phần năng lượng bức xạ truyền tới bề mặt B trong tổng số năng lượng bức xạ phát ra từ bề mặt A.

1.5.4.2

Hệ số truyền nhiệt đối lưu (convective heat transfer coefficient)

Dòng nhiệt đối lưu truyền đến một bộ phận do sự chênh lệch giữa nhiệt độ khối của khí bao quanh một bề mặt của bộ phận đang xét và nhiệt độ của chính các bề mặt đó.

1.5.4.3

Độ phát xạ nhiệt (emissivity)

Bằng độ hấp thụ nhiệt của một bề mặt, tức là tỷ số giữa lượng nhiệt bức xạ được hấp thụ bởi một bề mặt đó và lượng nhiệt bức xạ được hấp thụ bởi bề mặt của vật đen tuyệt đối.

1.5.4.4

Thông lượng nhiệt hấp thụ (net heat flux)

Năng lượng được các cấu kiện hấp thụ hoàn toàn tính trên một đơn vị diện tích và trong một đơn vị thời gian.

1.5.4.5

Hệ số tiết diện (section factor)

Đối với cấu kiện thép, là tỷ số giữa diện tích bề mặt tiếp xúc và thể tích của cấu kiện; đối với cấu kiện kín, là tỷ số giữa diện tích bề mặt bên trong và thể tích của cấu kiện.

1.5.4.6

Hệ số tiết diện hộp (box value of section factor)

Tỷ số giữa diện tích bề mặt tiếp xúc của hộp giới hạn danh định và thể tích của cấu kiện.

1.5.5 Các thuật ngữ liên quan đến phân tích ứng xử cơ học

1.5.5.1

Nhiệt độ tới hạn của cấu kiện thép kết cấu (critical temperature of a structural steel member)

Với mức tải trọng cho trước, nhiệt độ mà tại đó xảy ra trạng thái phá hoại ở cấu kiện thép dưới tác dụng của nhiệt độ phân bố đều.

1.5.5.2

Giới hạn chảy hiệu dụng (effective yield strength)

Tại một giá trị nhiệt độ, giới hạn chảy hiệu dụng là giá trị ứng suất tại đó quan hệ ứng suất biến dạng của thép được phân chia và tạo thành một khoảng chảy dẻo.

1.6 Ký hiệu

(1) Những ký hiệu sau được sử dụng bổ sung cho tiêu chuẩn TCVN X1993-1-2

Chữ cái la tinh viết hoa

A_i	diện tích phần tiết diện ngang có nhiệt độ θ_i
A_m	diện tích bề mặt tiếp xúc của cấu kiện trên một đơn vị chiều dài
A_m / V	hệ số tiết diện của phần cấu kiện thép không được bảo vệ
C_i	hệ số bảo vệ của mặt thứ i của cấu kiện
A_p	diện tích tương ứng của bề mặt của vật liệu bảo vệ chịu lửa trên một đơn vị chiều dài của cấu kiện [m^2/m]
E_a	giá trị mô đun đàn hồi của thép ở nhiệt độ thường
$E_{a,\theta}$	giá trị mô đun đàn hồi của thép ở nhiệt độ cao, θ_a
$E_{fi,d}$	hiệu ứng thiết kế của tác động trong tình huống thiết kế chịu lửa, xác định theo TCVN X1991-1-2, bao gồm cả hiệu ứng giãn nở và biến dạng nhiệt
$F_{b,Rd}$	sức kháng ép mặt thiết kế của bu lông
$F_{b,t,Rd}$	sức kháng ép mặt thiết kế của bu lông khi chịu lửa
$F_{v,Rd}$	sức kháng cắt thiết kế của bu lông trên mặt phẳng cắt tính toán giả thiết rằng mặt phẳng cắt đi qua phần ren của bu lông
$F_{v,t,Rd}$	sức kháng cắt thiết kế của bu lông khi chịu lửa
$F_{w,Rd}$	sức kháng thiết kế trên đơn vị chiều dài của đường hàn góc
$F_{w,t,Rd}$	sức kháng thiết kế trên đơn vị chiều dài của đường hàn góc khi chịu lửa
G_k	giá trị đặc trưng của tải trọng dài hạn
I_f	thông lượng nhiệt bức xạ từ một lỗ mở

I_z	thông lượng nhiệt bức xạ từ ngọn lửa
$I_{z,i}$	thông lượng nhiệt bức xạ từ ngọn lửa đến mặt thứ i của cột
L	chiều dài hình học của cột tại tầng tương ứng
$M_{b,fi,t,Rd}$	sức kháng mô men thiết kế do mất ổn định tại thời điểm t
$M_{fi,t,Rd}$	sức kháng mô men thiết kế tại thời điểm t
$M_{fi,\theta,Rd}$	sức kháng mô men thiết kế của tiết diện ngang tại nhiệt độ phân bố đều θ_a mà bằng với nhiệt độ phân bố đều θ_a tại thời điểm t trong một tiết diện ngang không chịu ảnh hưởng nhiệt độ của gối tựa
M_{Rd}	bằng mô men sức kháng dẻo thiết kế của tiết diện nguyên $M_{pl,Rd}$ ở nhiệt độ thường, hoặc bằng mô men sức kháng đàn hồi thiết kế của tiết diện nguyên $M_{el,Rd}$ ở nhiệt độ thường
$N_{b,fi,t,Rd}$	sức kháng mất ổn định thiết kế tại thời điểm t của cấu kiện chịu nén
N_{Rd}	sức kháng thiết kế của tiết diện ở nhiệt độ thường $N_{pl,Rd}$, theo TCVN XXXX-1-1
$N_{fi,\theta,Rd}$	sức kháng thiết kế của cấu kiện chịu kéo chịu nhiệt độ phân bố đều θ_a
$N_{fi,t,Rd}$	sức kháng thiết kế của cấu kiện chịu kéo tại thời điểm t với nhiệt độ phân bố không đều trên tiết diện ngang
$Q_{k,1}$	tải trọng chính thay đổi
$R_{fi,d,t}$	sức kháng thiết kế trong tình huống thiết kế chịu lửa
$R_{fi,d,0}$	giá trị của $R_{fi,d,t}$ tại thời điểm $t = 0$
T_f	nhiệt độ của đám cháy [K]
T_o	nhiệt độ của lửa tại lỗ mở [K]
T_x	nhiệt độ của đầu ngọn lửa [813K]
T_z	nhiệt độ của ngọn lửa [K]
$T_{z,1}$	nhiệt độ của ngọn lửa [K] theo Phụ lục B của TCVN X1991-1-2, vị trí đáy dầm
$T_{z,2}$	nhiệt độ của ngọn lửa [K] theo Phụ lục B của TCVN X1991-1-2, vị trí đỉnh (mặt trên) dầm
V	thể tích của cấu kiện trên một đơn vị chiều dài
$V_{fi,t,Rd}$	sức kháng cắt thiết kế tại thời điểm t
V_{Rd}	sức kháng cắt thiết kế của tiết diện ngang nguyên tại nhiệt độ thường, theo TCVN XXXX-1-1

X_k giá trị đặc trưng về cường độ hoặc biến dạng (f_k hoặc E_k) ở nhiệt độ thường theo

TCVN XXXX-1-1

Chữ cái la tinh viết thường

a_z khả năng hấp thụ của ngọn lửa

c nhiệt dung riêng

c_a nhiệt dung riêng của thép

c_p nhiệt dung riêng không phụ thuộc vào nhiệt độ của vật liệu bảo vệ chịu lửa

d_i kích thước tiết diện ngang mặt thứ i của cấu kiện

d_p độ dày của vật liệu bảo vệ chịu lửa

d_f độ dày của lớp vật liệu bảo vệ chịu lửa ($d_f = 0$ đối với cấu kiện không có lớp bảo vệ chịu lửa)

$f_{p,\theta}$ giới hạn tỉ lệ của thép ở nhiệt độ cao θ_a

f_y giới hạn chảy của thép ở nhiệt độ 20°C

$f_{y,\theta}$ giới hạn chảy hiệu dụng của thép ở nhiệt độ θ_a

$f_{y,i}$ giới hạn chảy danh định f_y cho phần diện tích A_i với giá trị dương cho phần chịu nén so với trục trung hòa dẻo và giá trị âm cho phần chịu kéo.

$f_{u,\theta}$ giới hạn cực hạn ở nhiệt độ cao, có kể đến biến cứng.

$h_{\text{net},d}$ giá trị thiết kế của thông lượng nhiệt hấp thụ qua một đơn vị diện tích bề mặt

h_z chiều cao của đỉnh ngọn lửa so với đáy dầm

i chỉ số mặt thứ (1), (2), (3) và (4) của cột

$k_{b,\theta}$ hệ số giảm của bu lông ở nhiệt độ xác định

$k_{E,\theta}$ hệ số giảm cho độ dốc của khoảng đàn hồi tuyến tính ở nhiệt độ θ_a tại thời điểm t , từ Điều 3

$k_{E,\theta,\text{com}}$ hệ số giảm cho độ dốc của khoảng đàn hồi tuyến tính ở nhiệt độ lớn nhất của bản cánh chịu nén $\theta_{a,\text{com}}$ tại thời điểm t , từ Điều 3

k_{sh} hệ số điều chỉnh do hiệu ứng bóng

k_θ giá trị tương đối của cường độ hoặc biến dạng của thép tại nhiệt độ θ_a

k_θ hệ số giảm của cường độ hoặc biến dạng ($X_{k,\theta} / X_k$), phụ thuộc vào nhiệt độ của vật liệu, xem Điều 3

$k_{w,\theta}$ hệ số giảm cường độ cho đường hàn

$k_{y,\theta}$ hệ số giảm cho giới hạn chảy của thép ở nhiệt độ θ_a tại thời điểm t , từ Điều 3

$k_{y,\theta,com}$ hệ số giảm cho giới hạn chảy của thép ở nhiệt độ lớn nhất của bản cánh chịu nén $\theta_{a,com}$ tại thời điểm t , từ Điều 3

$k_{y,\theta,i}$ hệ số giảm cho giới hạn chảy của thép ở nhiệt độ θ_i

$k_{y,\theta,max}$ hệ số giảm cho giới hạn chảy của thép ở nhiệt độ lớn nhất của thép $\theta_{a,max}$ tại thời điểm t , từ Điều 3

$k_{y,\theta,web}$ hệ số giảm cho giới hạn chảy của thép ở nhiệt độ θ_{web} của thép, xem Điều 3

k_y hệ số tương tác

k_z hệ số tương tác

k_{LT} hệ số tương tác

m số lượng lỗ mở ở phía m

n số lượng lỗ mở ở phía n

l chiều dài ở 20°C; khoảng cách đo từ lỗ mở, đo dọc theo trục ngọn lửa

l_{fi} chiều dài tính toán của cột trong tình huống thiết kế chịu lửa

s khoảng cách theo phương ngang từ tâm cột đến tường của khoang cháy

t thời gian tiếp xúc với lửa

w_i bề rộng của lỗ mở

z_i khoảng cách từ trục trung hòa dẻo đến trọng tâm của diện tích phân tố A_i

Chữ cái la tinh viết hoa

Δt khoảng thời gian

ΔI giãn nở do nhiệt

$\Delta \theta_{g,t}$ mức tăng nhiệt độ không khí trong khoảng thời gian Δt

$\phi_{f,i}$ hệ số hình dạng của mặt i cho một lỗ mở

ϕ_f hệ số hình dạng tổng thể của cấu kiện do truyền nhiệt bức xạ từ một lỗ mở

ϕ_z hệ số hình dạng tổng thể của cấu kiện do truyền nhiệt bức xạ từ một ngọn lửa

$\phi_{z,i}$ hệ số hình dạng của mặt thứ i cấu kiện do truyền nhiệt bức xạ từ một ngọn lửa

$\phi_{z,m}$ hệ số hình dạng tổng thể của cột do truyền nhiệt từ ngọn lửa phía m

$\phi_{z,n}$ hệ số hình dạng tổng thể của cột do truyền nhiệt từ ngọn lửa phía n

Chữ cái la tinh viết thường

α hệ số truyền nhiệt do đối lưu

β_M hệ số mô men phân bố đều tương đương

γ_G hệ số riêng của tải trọng dài hạn

γ_{M2} hệ số riêng ở nhiệt độ thường

$\gamma_{M,fi}$ hệ số riêng liên quan đến tính chất vật liệu, cho tình huống thiết kế chịu lửa

$\gamma_{Q,1}$ hệ số riêng của tải trọng thay đổi thứ nhất

ε_f độ phát xạ nhiệt của ngọn lửa; độ phát xạ nhiệt của một lỗ mở

ε_z độ phát xạ nhiệt của ngọn lửa

$\varepsilon_{z,m}$ độ phát xạ nhiệt toàn phần của ngọn lửa bên phía m

$\varepsilon_{z,n}$ độ phát xạ nhiệt toàn phần của ngọn lửa bên phía n

ξ hệ số giảm của tải trọng thường xuyên bất lợi G

η_{fi} hệ số giảm của tải trọng thiết kế trong tình huống thiết kế chịu lửa

θ nhiệt độ

θ_a nhiệt độ của thép [°C]

$\theta_{a,cr}$ nhiệt độ tới hạn của thép

$\theta_{g,t}$ nhiệt độ của khí bao quanh ở thời điểm t

θ_{web} nhiệt độ trung bình trong bản bụng của tiết diện

θ_i nhiệt độ của tiết diện phân tố A_i

κ hệ số điều chỉnh

κ_1 hệ số điều chỉnh cho trường hợp nhiệt độ không đều trên tiết diện ngang

κ_2 hệ số điều chỉnh cho trường hợp nhiệt độ không dọc theo dầm

λ hệ số dẫn nhiệt

λ_i bề rộng ngọn lửa của lỗ mở i

λ_p	hệ số dẫn nhiệt của hệ bảo vệ chịu lửa
λ_f	hệ số dẫn nhiệt hiệu dụng của vật liệu bảo vệ chịu lửa
μ_0	mức độ sử dụng tại thời điểm $t = 0$
σ	Hệ số Stefan Boltzmann [$5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$]
ρ_a	khối lượng riêng của thép
ρ_p	khối lượng riêng của vật liệu bảo vệ chịu lửa
χ_{fi}	hệ số giảm do mất ổn định khi uốn trong tình huống thiết kế chịu lửa
$\chi_{LT,fi}$	hệ số giảm do mất ổn định khi xoắn ngang trong tình huống thiết kế chịu lửa
$\chi_{min,fi}$	giá trị nhỏ nhất của $\chi_{y,fi}$ và $\chi_{z,fi}$
$\chi_{z,fi}$	hệ số giảm do mất ổn định khi uốn quanh trục z trong tình huống thiết kế chịu lửa
$\chi_{y,fi}$	hệ số giảm do mất ổn định khi uốn quanh trục y trong tình huống thiết kế chịu lửa
ψ_{fi}	hệ số tổ hợp cho tải trọng thường xuyên, cho bởi $\psi_{1,1}$ và $\psi_{2,1}$

2. Cơ sở thiết kế

2.1 Các yêu cầu

2.1.1 Các yêu cầu cơ bản

(1) P Khi cần tuân thủ các yêu cầu về khả năng làm việc trong điều kiện chịu lửa, kết cấu thép phải được thiết kế và xây dựng để chúng có thể duy trì khả năng chịu tải trong suốt thời gian chịu lửa quy định.

(2) Tiêu chí biến dạng nên được áp dụng ở những vị trí cần được bảo vệ hoặc vị trí mà tiêu chí thiết kế cho cấu kiện ngăn chia yêu cầu kể đến sự biến dạng của cấu kiện chịu lực.

(3) Ngoại trừ trong (2), không cần xét đến sự biến dạng của kết cấu chịu lực trong các trường hợp sau:

- sự hiệu quả của các biện pháp bảo vệ đã được đánh giá theo như 3.4.3
- các cấu kiện ngăn chia đáp ứng đầy đủ các yêu cầu chịu lửa dưới tác động của đám cháy tiêu chuẩn.

2.1.2 Tác động của đám cháy danh định

(1) Trong điều kiện chịu lửa tiêu chuẩn, các cấu kiện phải tuân theo các tiêu chí R như sau:

- cấu kiện chỉ chịu lực: độ bền cơ học (tiêu chí R)

(2) Tiêu chí “R” được xem là thỏa mãn khi chức năng chịu lực được duy trì trong suốt thời gian chịu lửa yêu cầu.

(3) Đối với đường quan hệ đám cháy hydrocacbon, cũng áp dụng các tiêu chí tương tự như trên, tuy nhiên việc tham chiếu tới đường cong đặc trưng này được đánh dấu bằng các chữ cái “HC”.

2.1.3 Tác động của đám cháy tham số

(1) Chức năng chịu lực được đảm bảo không xảy ra sự sụp đổ trong toàn bộ thời gian của đám cháy bao gồm cả giai đoạn suy tàn của đám cháy hoặc trong toàn bộ thời gian chịu lửa yêu cầu.

2.2 Tải trọng tác động

(1) Những tác động cơ học và tác động nhiệt được lấy theo TCVN X1991-1-2.

(2) Cùng với TCVN X1991-1-2, hệ số phát xạ nhiệt của bề mặt thép có thể lấy bằng 0,7 đối với thép các bon và bằng 0,4 đối với thép không gỉ theo phụ lục C.

2.3 Giá trị thiết kế của các tính chất vật liệu

(1) Giá trị thiết kế của các tính chất cơ học (cường độ và biến dạng) của vật liệu $X_{d,fi}$ được xác định như sau:

$$X_{d,fi} = k_{\theta} X_k / \gamma_{M,fi} \quad (2.1)$$

trong đó:

X_k là giá trị đặc trưng của cường độ hoặc biến dạng (thông thường là f_k hoặc E_k) khi ở nhiệt độ thường theo TCVN XXXX-1-1;

k_{θ} là hệ số giảm cường độ hoặc biến dạng ($X_{k,\theta} / X_k$), phụ thuộc vào nhiệt độ của vật liệu; xem Điều 3;

$\gamma_{M,fi}$ hệ số riêng liên quan đến tính chất vật liệu, cho tình huống thiết kế chịu lửa

CHÚ THÍCH: Đối với các tính chất cơ học của thép, giá trị cho hệ số riêng sử dụng trong điều kiện chịu lửa xem trong Phụ lục quốc gia. Giá trị khuyến nghị $\gamma_{M,fi} = 1.0$.

(2) Giá trị thiết kế của các tính chất nhiệt học của vật liệu $X_{d,fi}$ được định nghĩa như sau:

- Nếu tính chất tăng lên thì an toàn hơn:

$$X_{d,fi} = \frac{X_{k,\theta}}{\gamma_{M,fi}} \quad (2.2a)$$

Nếu tính chất tăng lên thì kém an toàn hơn:

$$X_{d,fi} = \gamma_{M,fi} X_{k,\theta} \quad (2.2b)$$

trong đó:

$X_{k,\theta}$ là giá trị của tính chất vật liệu trong thiết kế cháy, thường phụ thuộc vào nhiệt độ của vật liệu, xem Điều 3;

$\gamma_{M,fi}$ hệ số riêng liên quan đến tính chất vật liệu, cho tình huống thiết kế chịu lửa.

CHÚ THÍCH: Đối với đặc tính nhiệt của thép, giá trị cho hệ số riêng được sử dụng trong điều kiện chịu lửa xem trong Phụ lục quốc gia. Giá trị khuyến nghị $\gamma_{M,fi} = 1.0$.

2.4 Các phương pháp kiểm tra

2.4.1 Quy định chung

(1) Mô Hình Của một hệ kết cấu được sử dụng để thiết kế theo TCVN XXXX -1-2 phải phản ánh được khả năng làm việc theo dự kiến của kết cấu đó khi chịu lửa.

CHÚ THÍCH: Các quy định trong TCVN X1993-1-2 chỉ áp dụng cho đám cháy danh định được nêu trong các điều khoản liên quan.

(2) P Kết cấu phải được kiểm tra trong khoảng thời gian chịu lửa t:

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t} \quad (2.3)$$

trong đó:

$E_{fi,d}$ là giá trị thiết kế của các tác động trong tình huống thiết kế chịu lửa, được xác định theo TCVN X1991-1-2, bao gồm cả các hiệu ứng của sự giãn nở và biến dạng nhiệt;

$R_{fi,d,t}$ là độ bền thiết kế tương ứng trong tình huống thiết kế chịu lửa.

(3) Việc phân tích sự làm việc của kết cấu trong điều kiện chịu lửa được thực hiện theo mục 5.1.4(2) của TCVN X1990.

CHÚ THÍCH 1: Để phân tích cấu kiện, xem 2.4.2;

Để phân tích một phần của kết cấu, xem 2.4.3;

Để phân tích kết cấu tổng thể, xem 2.4.4.

CHÚ THÍCH 2: Để kiểm tra yêu cầu về khả năng chịu lửa tiêu chuẩn, chỉ cần thực hiện tính toán cấu kiện.

(4) Một phương pháp tính toán chịu lửa tương đương khác có thể áp dụng dựa trên các kết quả thử nghiệm cháy hoặc dựa vào sự kết hợp giữa thử nghiệm cháy và tính toán.

2.4.2 Phân tích cấu kiện

(1) Ảnh hưởng của các tác động cần được xác định tại thời điểm $t = 0$ sử dụng các hệ số tổ hợp $\psi_{1,1}$ hoặc $\psi_{2,1}$ theo TCVN X1991-1-2, 4.3.1.

(2) Để đơn giản tính toán, ảnh hưởng của các tác động $E_{d,fi}$ có thể được xác định từ các phân tích kết cấu ở nhiệt độ thường như sau:

$$E_{d,fi} = \eta_{fi} E_d \quad (2.4)$$

trong đó:

E_d là giá trị thiết kế của lực hoặc mômen tương ứng đối với thiết kế ở nhiệt độ thường cho tổ hợp cơ bản của các tác động (xem TCVN X1990);

η_{fi} là hệ số giảm cho tải trọng tính toán trong tình huống thiết kế chịu lửa.

(3) Hệ số giảm η_{fi} của tổ hợp tải trọng (6.10) trong TCVN X1990 được xác định như sau:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}} \quad (2.5)$$

hoặc đối với các tổ hợp tải trọng (6.10a) và (6.10b) trong TCVN X1990 sẽ là giá trị nhỏ hơn trong hai giá trị dưới đây:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}} \quad (2.5a)$$

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\xi \gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}} \quad (2.5b)$$

trong đó:

$Q_{k,1}$ là giá trị đặc trưng của tải trọng thay đổi;

G_k là giá trị đặc trưng của tải trọng dài hạn;

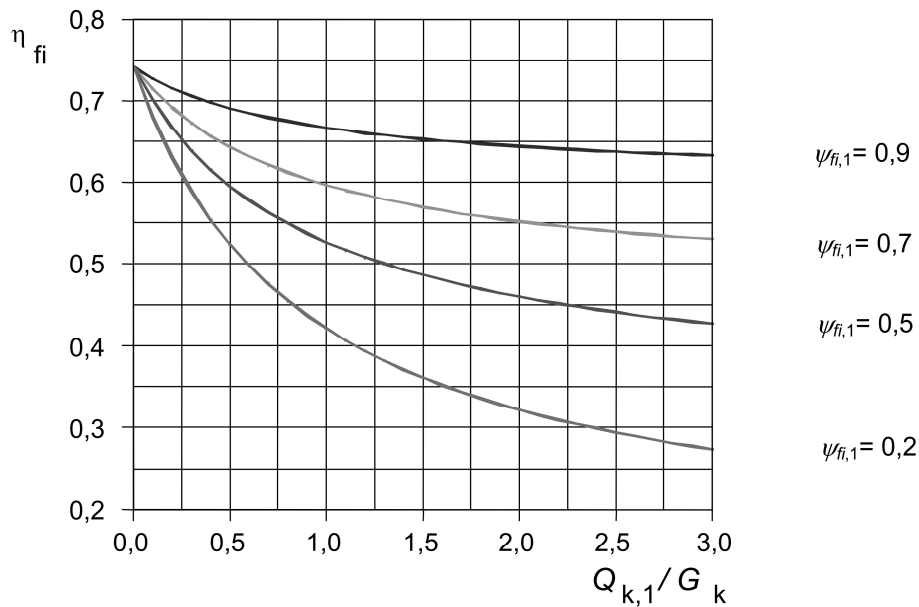
γ_G là hệ số riêng của tải trọng dài hạn;

$\gamma_{Q,1}$ là hệ số riêng của tải trọng thay đổi thứ nhất;

ψ_{fi} là hệ số tổ hợp, có thể là $\psi_{1,1}$ hoặc $\psi_{2,1}$, xem TCVN X1991-1-2;

ξ là hệ số giảm của tải trọng bất lợi dài hạn G_k .

CHÚ THÍCH 1: Một ví dụ về sự thay đổi của hệ số giảm η_{fi} phụ thuộc vào tỷ lệ tải trọng $Q_{k,1} / G_k$ cho các giá trị hệ số tổ hợp khác nhau $\psi_{fi} = \psi_{1,1}$ theo công thức (2.5), được thể hiện trong hình 2.1 với các giả thiết sau: với $\gamma_G = 1,35$ và $\gamma_Q = 1,5$. Các hệ số riêng được xác định trong các Phụ lục quốc gia tương ứng của TCVN X1990. Công thức (2.5a) và (2.5b) cho các giá trị lớn hơn không đáng kể.



Hình 2.1 - Sự biến thiên hệ số giảm η_{fi} theo tỷ số tải trọng $Q_{k,1} / G_k$

CHÚ THÍCH 2: Để đơn giản tính toán, có thể lấy $\eta_{fi} = 0,65$, ngoại trừ các tải trọng loại E trong TCVN X1991-1-1 (khu vực thường xuyên chất nhiều hàng hóa, kể cả khu vực lối vào), khi đó η_{fi} lấy bằng 0,7.

(4) Chỉ những ảnh hưởng của sự biến dạng nhiệt do sự thay đổi nhiệt độ trên tiết diện ngang là cần được xét đến. Những ảnh hưởng của sự giãn nở vì nhiệt theo phương dọc trục hoặc trong mặt phẳng tải trọng có thể được bỏ qua.

(5) Các điều kiện biên tại vị trí gối tựa và đầu mút của cấu kiện có thể được giả định là không đổi trong suốt thời gian chịu lửa.

(6) Các phương pháp tính toán đơn giản hoặc nâng cao được đưa ra lần lượt ở các mục 4.2 và 4.3 đều thích hợp để tính toán các cấu kiện trong điều kiện chịu lửa.

2.4.3 Phân tích một phần kết cấu

(1) Áp dụng mục 2.4.2(1)

(2) Một cách khác để phân tích kết cấu trong điều kiện chịu lửa tại thời điểm $t = 0$, phản lực tại các gối tựa và các nội lực và mômen ở biên của phần kết cấu đang xét có thể được xác định dựa vào tính toán kết cấu trong điều kiện nhiệt độ thường như được thể hiện trong 2.4.2.

(3) Sự tính toán một phần kết cấu cần được xác định dựa trên các giãn nở và biến dạng do nhiệt để sự tác động qua lại giữa các cấu kiện khác có thể được xác định gần đúng bởi các gối tựa và các điều kiện biên không phụ thuộc thời gian trong quá trình chịu lửa.

(4) Trong phạm vi tính toán của phần kết cấu, phải xét đến các hình thức phá hoại tương ứng trong điều kiện chịu lửa, các tính chất phụ thuộc vào nhiệt độ của vật liệu và độ cứng của cấu kiện, ảnh hưởng của sự giãn nở và biến dạng vì nhiệt (những tác động gián tiếp do chịu lửa).

(5) Giả thiết các điều kiện biên tại gối đỡ, các lực và mômen tại biên của một phần kết cấu không thay đổi trong suốt quá trình chịu lửa.

2.4.4 Phân tích kết cấu tổng thể

(1) Khi tiến hành phân tích kết cấu tổng thể trong điều kiện chịu lửa, phải xét đến các dạng phá hoại tương ứng trong điều kiện chịu lửa, các tính chất phụ thuộc vào nhiệt độ của vật liệu và độ cứng của cấu kiện cũng như các ảnh hưởng của sự giãn nở và biến dạng vì nhiệt (những tác động gián tiếp do chịu lửa).

3. Các tính chất của vật liệu

3.1 Tổng quát

(1) Các giá trị của tính chất vật liệu được đưa ra trong phần này được coi là các giá trị đặc trưng trừ khi được ghi rõ là giá trị thiết kế.

(2) Các tính chất cơ học của thép ở 20°C được lấy như trong TCVN XXXX-1-1 áp dụng cho tính toán ở điều kiện nhiệt độ thường.

3.2 Tính chất cơ học của thép các bon

3.2.1 Tính chất về cường độ và biến dạng

(1) Đối với tốc độ gia nhiệt từ 2 đến 50K/phút, xác định đặc trưng về cường độ và biến dạng của thép ở nhiệt độ cao theo quan hệ ứng suất-biến dạng được cho trong Hình 3.1.

CHÚ THÍCH: Đối với các quy định trong tiêu chuẩn này, cần giả thiết rằng tốc độ gia nhiệt thuộc khoảng xác định.

(2) Quan hệ cho trong Hình 3.1 được sử dụng để xác định khả năng chịu kéo, nén, mô men và cắt.

(3) Bảng 3.1 đưa ra các giá trị hệ số giảm cho quan hệ ứng suất-biến dạng của thép ở nhiệt độ cao trong Hình 3.1. Những hệ số giảm này được xác định như sau:

- giới hạn chảy hiệu dụng, tương quan với giới hạn chảy ở 20°C: $k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$

- tỉ lệ giới hạn, tương quan với giới hạn chảy ở 20°C: $k_{p,\theta} = f_{p,\theta} / f_y$

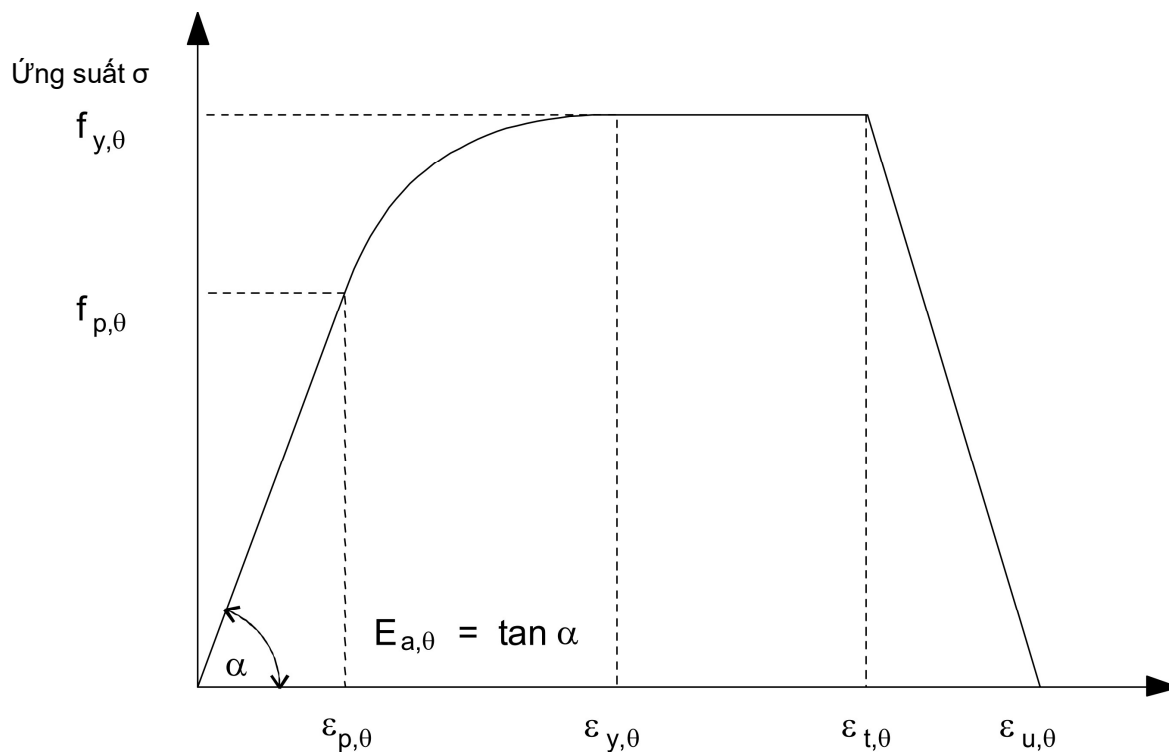
- độ dốc của khoảng đàn hồi tuyến tính, tương quan với mô đun đàn hồi ở 20°C: $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$

CHÚ THÍCH: Sự thay đổi của các hệ số giảm phụ thuộc vào nhiệt độ được minh họa trong Hình 3.2.

(4) Tương tự, đối với nhiệt độ thấp hơn 400°C, quan hệ ứng suất-biến dạng nêu ở (1) có thể mở rộng bởi lựa chọn biến dạng cứng hóa xác định theo Phụ lục A, cho các vị trí cục bộ và các cấu kiện mất ổn định không gây ra sự sụp đổ quá sớm.

Khoảng biến dạng	Ứng suất σ	Mô đun tiếp tuyến
------------------	-------------------	-------------------

$\varepsilon \leq \varepsilon_{p,\theta}$	$\varepsilon E_{a,\theta}$	$E_{a,\theta}$
$\varepsilon_{p,\theta} < \varepsilon < \varepsilon_{y,\theta}$	$f_{p,\theta} - c + (b/a) \left[a^2 - (\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon)^2 \right]^{0,5}$	$\frac{b(\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon)}{a \left[a^2 - (\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon)^2 \right]^{0,5}}$
$\varepsilon_{y,\theta} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{t,\theta}$	$f_{y,\theta}$	0
$\varepsilon_{t,\theta} < \varepsilon < \varepsilon_{u,\theta}$	$f_{y,\theta} \left[1 - (\varepsilon - \varepsilon_{t,\theta}) / (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon_{t,\theta}) \right]$	-
$\varepsilon = \varepsilon_{u,\theta}$	0,00	-
Tham số	$\varepsilon_{p,\theta} = f_{p,\theta} / E_{a,\theta} \quad \varepsilon_{y,\theta} = 0,02 \quad \varepsilon_{t,\theta} = 0,15 \quad \varepsilon_{u,\theta} = 0,20$	
Phương trình	$a^2 = (\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon_{p,\theta})(\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon_{p,\theta} + c / E_{a,\theta})$ $b^2 = c(\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon_{p,\theta})E_{a,\theta} + c^2$ $c = \frac{(f_{y,\theta} - f_{p,\theta})^2}{(\varepsilon_{y,\theta} - \varepsilon_{p,\theta})E_{a,\theta} - 2(f_{y,\theta} - f_{p,\theta})}$	



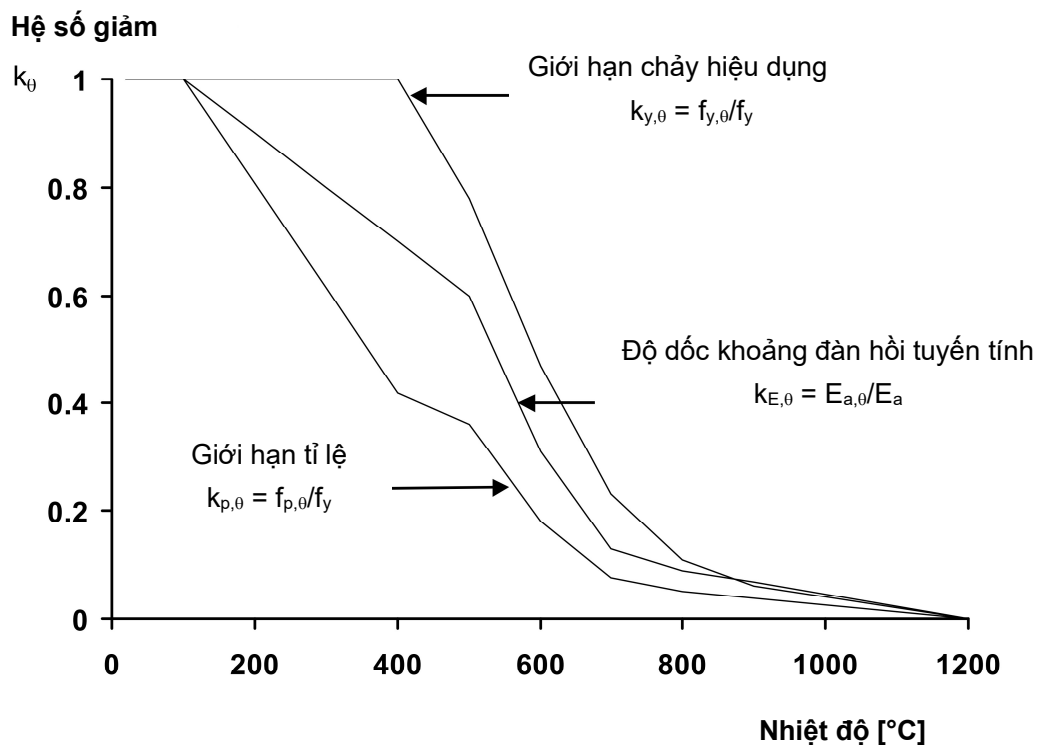
CHÚ DẪN: $f_{y,\theta}$ giới hạn chảy hiệu dụng;

$f_{p,\theta}$	giới hạn tỉ lệ;
$E_{a,\theta}$	độ dốc của khoảng đàn hồi tuyến tính;
$\varepsilon_{p,\theta}$	biến dạng tại giới hạn tỉ lệ;
$\varepsilon_{y,\theta}$	biến dạng chảy;
$\varepsilon_{t,\theta}$	biến dạng giới hạn của giới hạn chảy;
$\varepsilon_{u,\theta}$	biến dạng cực hạn;

Hình 3.1 – Quan hệ ứng suất-biến dạng của thép các bon ở nhiệt độ cao

Bảng 3.1 – Hệ số giảm quan hệ ứng suất-biến dạng của thép các bon ở nhiệt độ cao

Nhiệt độ của thép θ_a (°C)	Hệ số giảm tại nhiệt độ θ_a tương quan với giá trị f_y và E_a tại nhiệt độ 20 °C		
	Hệ số giảm (liên quan đến f_y) của giới hạn chảy hiệu dụng $k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$	Hệ số giảm (liên quan đến f_y) của giới hạn tỉ lệ $k_{p,\theta} = f_{p,\theta} / f_y$	Hệ số giảm (liên quan đến E_a) độ dốc của khoảng đàn hồi tuyến tính $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$
20	1,000	1,000	1,000
100	1,000	1,000	1,000
200	1,000	0,807	0,900
300	1,000	0,613	0,800
400	1,000	0,420	0,700
500	0,780	0,360	0,600
600	0,470	0,180	0,310
700	0,230	0,075	0,130
800	0,110	0,050	0,090
900	0,060	0,0375	0,0675
1000	0,040	0,0250	0,0450
1100	0,020	0,0125	0,0225
1200	0,000	0,0000	0,0000
CHÚ THÍCH: Nội suy tuyến tính để xác định các giá trị trung gian.			



Hình 3.2 – Hệ số giảm của quan hệ ứng suất-biến dạng của thép các bon ở nhiệt độ cao

3.2.2 Khối lượng riêng

(1) Khối lượng riêng của thép ρ_a có thể được xem là không thay đổi theo nhiệt độ. Có thể lấy như sau:

$$\rho_a = 7850 \text{ kg/m}^3$$

3.3 Các tính chất cơ học của thép không gỉ

(1) Tính chất cơ học của thép không gỉ có thể xác định theo phụ lục C.

3.4 Các tính chất nhiệt

3.4.1 Thép các bon

3.4.1.1 Độ giãn dài nhiệt

(1) Độ giãn dài tương đối do nhiệt của thép, $\Delta l / l$, được xác định như sau:

- Khi $20^\circ\text{C} \leq \theta_a < 750^\circ\text{C}$

$$\Delta l / l = 1,2 \times 10^{-5} \theta_a + 0,4 \times 10^{-8} \theta_a^2 - 2,416 \times 10^{-4} \quad (3.1a)$$

- Khi $750^\circ\text{C} \leq \theta_a \leq 860^\circ\text{C}$

$$\Delta l / l = 1,1 \times 10^{-2} \quad (3.1b)$$

- Khi $860^{\circ}\text{C} < \theta_a \leq 1200^{\circ}\text{C}$

$$\Delta l / l = 2 \times 10^{-5} \theta_a - 6,2 \times 10^{-3} \quad (3.1c)$$

trong đó:

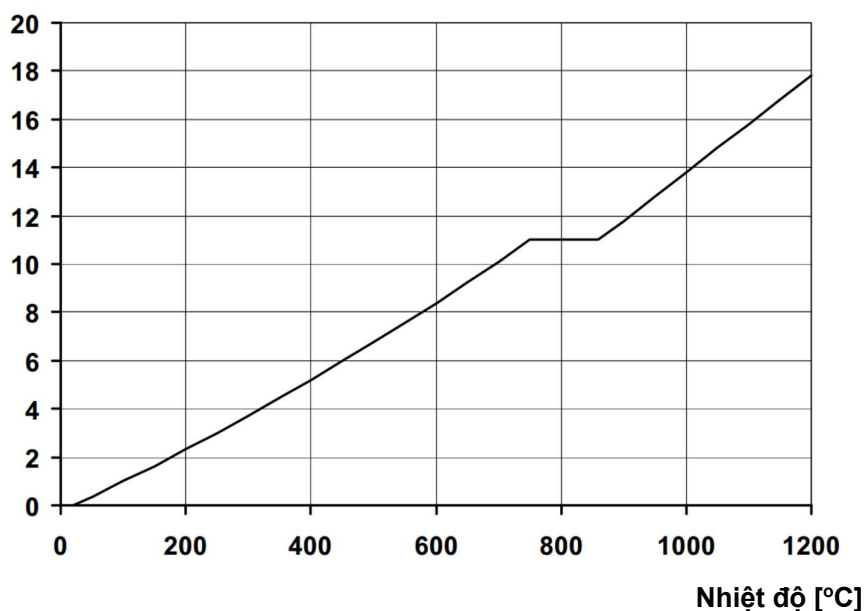
l là chiều dài ở 20°C ;

Δl là độ giãn dài do nhiệt;

θ_a là nhiệt độ của thép [$^{\circ}\text{C}$].

CHÚ THÍCH: Sự thay đổi của độ giãn dài tương đối theo nhiệt độ được minh họa trong Hình 3.3.

Độ giãn dài tương đối $\Delta l / l$ [$\times 10^{-3}$]



Hình 3.3 - Độ giãn dài tương đối do nhiệt của thép các bon như một hàm của nhiệt độ

3.4.1.2 Nhiệt dung riêng

(1) Nhiệt dung riêng của thép, c_a , được xác định như sau:

Khi $20^{\circ}\text{C} \leq \theta_a < 600^{\circ}\text{C}$

$$c_a = 425 + 7,73 \times 10^{-1} \theta_a - 1,69 \times 10^{-3} \theta_a^2 + 2,22 \times 10^{-6} \theta_a^3 \quad \text{J/kgK} \quad (3.2a)$$

Khi $600^{\circ}\text{C} \leq \theta_a < 735^{\circ}\text{C}$

$$c_a = 666 + \frac{13002}{738 - \theta_a} \quad \text{J/kgK} \quad (3.2b)$$

Khi $735^{\circ}\text{C} \leq \theta_a < 900^{\circ}\text{C}$

$$c_a = 545 + \frac{17820}{\theta_a - 731} \quad \text{J/kgK} \quad (3.2c)$$

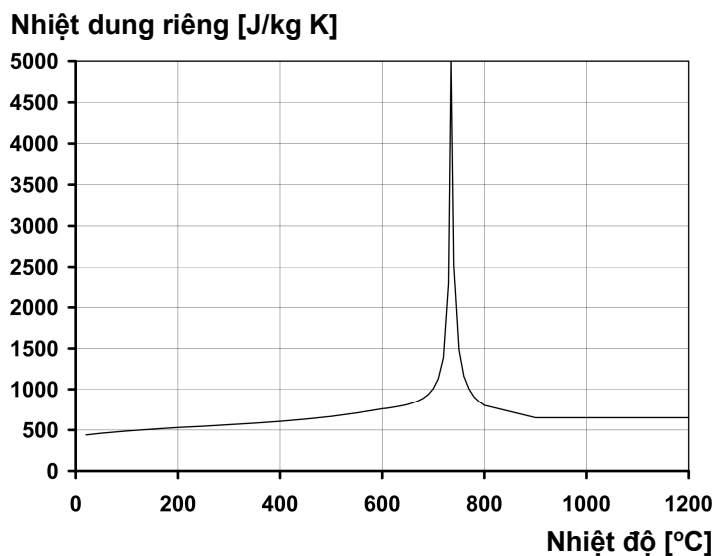
Khi $900^{\circ}\text{C} \leq \theta_a \leq 1200^{\circ}\text{C}$

$$c_a = 650 \quad \text{J/kgK} \quad (3.2d)$$

trong đó:

θ_a là nhiệt độ của thép [$^{\circ}\text{C}$].

CHÚ THÍCH: Sự thay đổi của nhiệt dung riêng theo nhiệt độ được minh họa trong Hình 3.4.



Hình 3.4 – Nhiệt dung riêng của thép các bon như một hàm của nhiệt độ

3.4.1.3 Hệ số dẫn nhiệt

(1) Hệ số dẫn nhiệt của thép, λ_a được xác định như sau:

Khi $20^{\circ}\text{C} \leq \theta_a < 800^{\circ}\text{C}$

$$\lambda_a = 54 - 3,33 \times 10^{-2} \theta_a \quad \text{W/mk} \quad (3.3a)$$

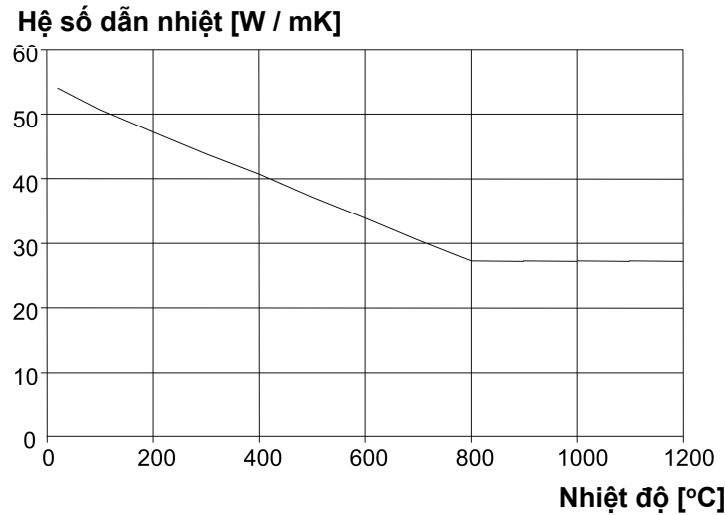
Khi $800^{\circ}\text{C} \leq \theta_a \leq 1200^{\circ}\text{C}$

$$\lambda_a = 27,3 \quad \text{W/mk} \quad (3.3b)$$

trong đó:

θ_a là nhiệt độ của thép [$^{\circ}\text{C}$].

CHÚ THÍCH: Sự thay đổi của hệ số dẫn nhiệt theo nhiệt độ được minh họa trong Hình 3.5.



Hình 3.5 - Hệ số dẫn nhiệt của thép như một hàm của nhiệt độ

3.4.2 Thép không gỉ

(1) Các tính chất về nhiệt của thép không gỉ có thể xác định theo Phụ lục C.

3.4.3 Vật liệu bảo vệ chịu lửa

(1) Các tính chất và công năng của vật liệu bảo vệ chịu lửa sử dụng trong thiết kế cần được đánh giá bằng các quy trình thí nghiệm phù hợp trong EN 13381-1, EN 13381-2 hoặc EN 13381-4.

CHÚ THÍCH: Các tiêu chuẩn này bao gồm các yêu cầu để vật liệu bảo vệ chịu lửa có thể giữ được sự đồng nhất và dính kết với kết cấu được bọc bảo vệ khi chịu lửa.

4. Thiết kế kết cấu chịu lửa

4.1 Quy định chung

(1) Phần này đưa ra những quy định dành cho kết cấu thép bao gồm:

- Không được bảo vệ;
- Được cách nhiệt bằng vật liệu bảo vệ chịu lửa;
- Được bảo vệ bằng màng nhiệt.

CHÚ THÍCH: Các phương pháp bảo vệ khác có thể dùng như bao bọc bằng nước hoặc bảo vệ một phần trong tường hoặc sàn.

(2) Khả năng chịu lửa được xác định bằng một hay nhiều phương pháp như sau:

- Bằng phương pháp tính toán đơn giản;

- Bằng phương pháp tính toán nâng cao;
- Bằng thử nghiệm.

CHÚ THÍCH: Việc quyết định sử dụng phương pháp tính toán nâng cao ở mỗi quốc gia có thể tham khảo Phụ lục của quốc gia đó.

(3) Phương pháp tính toán đơn giản là phương pháp tính toán rút gọn cho các cấu kiện đơn lẻ dựa trên các giả thiết thiên về an toàn.

(4) Phương pháp tính toán nâng cao là phương pháp tính toán theo thực tế cho các trường hợp cụ thể.

4.2 Các phương pháp tính toán đơn giản

4.2.1 Quy định chung

(1) Khả năng chịu lực của cấu kiện thép được giả thiết vẫn được duy trì sau khoảng thời gian t trong một đám cháy cho trước nếu:

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t} \quad (4.1)$$

trong đó:

$E_{fi,d}$ là các giá trị thiết kế của tải trọng tác động trong tình huống thiết kế chịu lửa, được xác định theo TCVN X1991-1-2;

$R_{fi,d,t}$ là khả năng chịu lực thiết kế tương ứng của cấu kiện thép, trong tình huống thiết kế chịu lửa, tại thời điểm t ;

(2) Sức kháng thiết kế $R_{fi,d,t}$ tại thời điểm t được xác định, với giả thuyết sự phân bố đều của nhiệt độ trên tiết diện ngang, bằng cách thay đổi sức kháng thiết kế ở nhiệt độ thường xác định từ TCVN XXXX-1-1, có xét đến các đặc trưng cơ học của thép ở nhiệt độ cao, xem 4.2.3.

CHÚ THÍCH: Trong 4.2.3, $R_{fi,d,t}$ trở thành $M_{fi,t,Rd}$, $N_{fi,t,Rd}$ v.v. (riêng biệt hoặc trong tổ hợp) và tương ứng với giá trị của $M_{fi,Ed}$, $N_{fi,Ed}$ v.v. đại diện cho $E_{fi,d}$.

(3) Nếu sử dụng phân bố nhiệt độ không đều, sức kháng thiết kế ở nhiệt độ thường xác định theo EN 1993-1-1 được thay đổi trên cơ sở của sự phân bố nhiệt độ này.

(4) Một cách khác thay thế cho (1), bằng cách sử dụng phân bố nhiệt độ đều, thực hiện tính toán kiểm tra trên từng vùng nhiệt độ, xem 4.2.4.

(5) Không cần kể đến phá hoại tiết diện thực ở lỗ chốt, nếu đảm bảo có một chốt (bu lông) ở mỗi lỗ, bởi vì nhiệt độ của thép tại liên kết là thấp hơn do có thêm các vật liệu khác.

(6) Khả năng chịu lửa của nút nút bu lông hoặc liên kết hàn có thể giả thiết rằng đảm bảo nếu các điều kiện sau được thỏa mãn:

1. Sức kháng nhiệt $(d_f / \lambda_f)_c$ của lớp bảo vệ chịu lửa của liên kết có thể bằng hoặc lớn hơn giá trị nhỏ nhất của sức kháng nhiệt $(d_f / \lambda_f)_m$ của lớp bảo vệ chịu lửa của các cấu kiện được liên kết;

trong đó:

d_f là chiều dày của lớp bảo vệ chịu lửa ($d_f = 0$ đối với cấu kiện không được bảo vệ);

λ_f là hệ số dẫn nhiệt hiệu dụng của vật liệu bảo vệ chịu lửa.

2. Mức độ huy động của nút cần bằng hoặc nhỏ hơn giá trị lớn nhất của mức độ huy động của bất kỳ cấu kiện được liên kết;

3. Sức kháng của nút ở nhiệt độ thường phải đáp ứng các yêu cầu trong EN 1993-1-8.

(7) Một cách khác thay thế cho phương pháp đã cho trong 4.2.1(6) khả năng chịu lửa của liên kết có thể được xác định theo phương pháp cho trong phụ lục D.

CHÚ THÍCH: Để đơn giản hóa, so sánh mức độ huy động trong các liên kết và các cấu kiện được liên kết có thể thực hiện ở nhiệt độ phòng.

4.2.2 Phân loại tiết diện ngang

(1) Để phục vụ các quy định thiết kế đơn giản hóa, tiết diện ngang được phân loại như trong thiết kế ở nhiệt độ thường với hệ số giảm ε như trong (4.2).

$$\varepsilon = 0,85 [235 / f_y]^{0,5} \quad (4.2)$$

trong đó:

f_y là giới hạn chảy tại 20°C.

CHÚ THÍCH 1: Xem TCVN XXXX-1-1.

CHÚ THÍCH 2: Hệ số giảm 0,85 kể đến ảnh hưởng do sự tăng nhiệt độ.

4.2.3 Sức kháng

4.2.3.1 Cấu kiện chịu kéo

(1) Sức kháng thiết kế $N_{f_i, \theta, Rd}$ của cấu kiện chịu kéo với nhiệt độ phân bố đều θ_a được xác định theo công thức sau:

$$N_{f_i, \theta, Rd} = k_{y, \theta} N_{Rd} [\gamma_{M, 0} / \gamma_{M, f_i}] \quad (4.3)$$

trong đó:

$k_{y, \theta}$ là hệ số giảm của giới hạn chảy của thép ở nhiệt độ θ_a , ở thời điểm t , xem Điều 3;

N_{Rd} là sức kháng thiết kế của tiết diện ngang $N_{pl,Rd}$ đối với thiết kế ở nhiệt độ thường, theo TCVN XXXX-1-1.

(2) Sức kháng thiết kế $N_{fi,t,Rd}$ tại thời điểm t của cấu kiện chịu kéo với phân bố nhiệt độ không đều trên tiết diện ngang được xác định từ:

$$N_{fi,t,Rd} = \sum_{i=1}^n A_i k_{y,\theta,i} f_y / \gamma_{M,fi} \quad (4.4)$$

trong đó:

A_i là diện tích phân tố của tiết diện ngang có nhiệt độ θ_i ;

$k_{y,\theta,i}$ là hệ số giảm của giới hạn chảy của thép ở nhiệt độ θ_i , xem Điều 3;

θ_i là nhiệt độ của phân tố A_i .

(3) Sức kháng thiết kế $N_{fi,t,Rd}$ tại thời điểm t của cấu kiện chịu kéo với phân bố nhiệt độ không đều có thể lấy thiên về an toàn bằng với sức kháng thiết kế $N_{fi,\theta,Rd}$ của cấu kiện chịu kéo với nhiệt độ phân bố đều θ_a bằng với nhiệt độ lớn nhất của thép $\theta_{a,max}$ tại thời điểm t .

4.2.3.2 Cấu kiện chịu nén có tiết diện ngang loại 1, loại 2 và loại 3

(1) Sức kháng mất ổn định thiết kế $N_{b,fi,t,Rd}$ tại thời điểm t của cấu kiện chịu nén có tiết diện ngang loại 1, loại 2 và loại 3 có nhiệt độ phân bố đều θ_a được xác định từ:

$$N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} A k_{y,\theta} f_y / \gamma_{M,fi} \quad (4.5)$$

trong đó:

χ_{fi} là hệ số giảm cho mất ổn định dạng uốn trong tình huống thiết kế chịu lửa;

$k_{y,\theta}$ là hệ số giảm từ Điều 3 của giới hạn chảy của thép khi thép ở nhiệt độ θ_a tại thời điểm t .

(2) Giá trị χ_{fi} có thể lấy bằng giá trị nhỏ hơn của $\chi_{y,fi}$ và $\chi_{z,fi}$ được xác định như sau:

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\varphi_{\theta} + \sqrt{\varphi_{\theta}^2 - \bar{\lambda}_{\theta}^2}} \quad (4.6)$$

Trong đó:

$$\varphi_{\theta} = \frac{1}{2} \left[1 + \alpha \bar{\lambda}_{\theta} + \bar{\lambda}_{\theta}^2 \right]$$

và

$$\alpha = 0,65 \sqrt{235 / f_y}$$

Độ mảnh không thứ nguyên $\bar{\lambda}_\theta$ tại nhiệt độ θ_a , cho bởi công thức:

$$\bar{\lambda}_\theta = \bar{\lambda} \left[k_{y,\theta} / k_{E,\theta} \right]^{0,5} \quad (4.7)$$

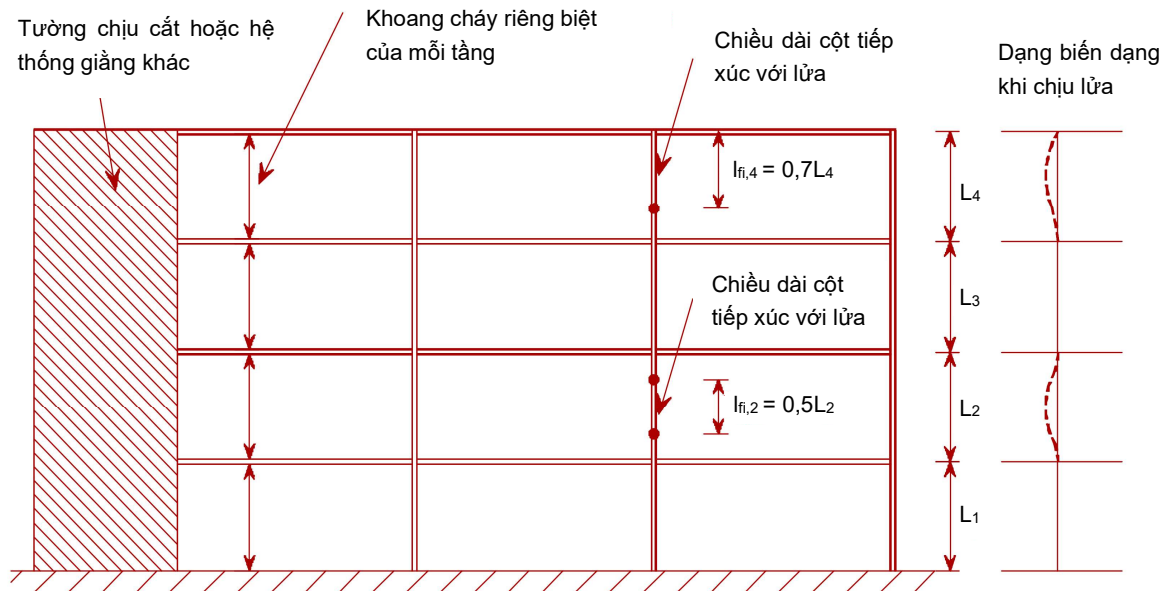
trong đó:

$k_{y,\theta}$ là hệ số giảm từ Điều 3 của giới hạn chảy của thép khi thép ở nhiệt độ θ_a tại thời điểm t ;

$k_{E,\theta}$ là hệ số giảm từ Điều 3 của độ dốc khoảng đàn hồi tuyến tính của thép ở nhiệt độ θ_a tại thời điểm t .

(3) Chiều dài tính toán l_{fi} của cột trong tình huống thiết kế chịu lửa nhìn chung có thể xác định như trong thiết kế ở nhiệt độ thường. Tuy nhiên, đối với khung có giằng chiều dài tính toán l_{fi} của cột có thể xác định bằng cách xem cột được cố định tại liên kết cứng hoặc nửa cứng với cột nằm ở khoang cháy bên trên và bên dưới, với điều kiện khả năng chịu lửa của các bộ phận của nhà ngăn chia khoang cháy đó không nhỏ hơn khả năng chịu lửa của cột.

(5) Trong trường hợp khung có giằng mà mỗi tầng chứa một khoang cháy riêng biệt có đủ khả năng chịu lửa, thì ở tầng trung gian chiều dài tính toán l_{fi} của cột liên tục có thể lấy bằng $l_{fi} = 0,5L$ và đối với tầng trên cùng chiều dài tính toán l_{fi} của cột liên tục có thể lấy bằng $l_{fi} = 0,7L$, trong đó L là chiều dài hình học của tầng liên quan, xem Hình 4.1.



Hình 4.1 – Chiều dài tính toán l_{fi} của cột trong khung được giằng

(6) Khi thiết kế cho trường hợp đám cháy danh định, sức kháng thiết kế $N_{b,fi,t,Rd}$ tại thời điểm t của cấu kiện chịu nén với nhiệt độ phân bố không đều có thể lấy bằng sức kháng thiết kế $N_{b,fi,\theta,Rd}$ của cấu kiện chịu nén với nhiệt độ phân bố đều θ_a bằng với nhiệt độ lớn nhất của thép $\theta_{a,max}$ tại thời điểm t .

4.2.3.3 Dầm có tiết diện ngang loại 1 và loại 2

(1) Sức kháng mô men thiết kế $M_{fi,\theta,Rd}$ của dầm có tiết diện ngang loại 1 và loại 2 với phân bố nhiệt độ đều θ_a có thể tính toán như sau:

$$M_{fi,\theta,Rd} = k_{y,\theta} [\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi}] M_{Rd} \quad (4.8)$$

trong đó:

M_{Rd} là sức kháng mô men thiết kế dẻo của tiết diện ngang nguyên ở nhiệt độ thường $M_{pl,Rd}$ theo EN1993-1-1 hay mô men thiết kế suy giảm của tiết diện ngang nguyên ở nhiệt độ thường, có kể đến hiệu ứng cắt nếu cần thiết, theo TCVN XXXX-1-1;

$k_{y,\theta}$ là hệ số giảm của giới hạn chảy của thép ở nhiệt độ θ_a , xem Điều 3.

(2) Sức kháng mô men thiết kế $M_{fi,t,Rd}$ tại thời điểm t của tiết diện ngang loại 1 và loại 2 với nhiệt độ phân bố không đều trên tiết diện ngang được xác định như sau:

$$M_{fi,t,Rd} = \sum_{i=1}^n A_i z_i k_{y,\theta,i} f_{y,i} / \gamma_{M,fi} \quad (4.9)$$

trong đó:

z_i là khoảng cách từ trục trung hòa dẻo đến trọng tâm của diện tích phân tố A_i ;

$f_{y,i}$ là giới hạn chảy danh định f_y của diện tích phân tố A_i lấy giá trị dương trên miền chịu nén của trục trung hòa dẻo và giá trị âm đối với miền chịu kéo;

A_i và $k_{y,\theta,i}$ được định nghĩa trong 4.2.3.1 (2).

(3) Một cách tương tự, sức kháng mô men thiết kế $M_{fi,t,Rd}$ tại thời điểm t tiết diện ngang loại 1 và loại 2 của cấu kiện với nhiệt độ phân bố không đều, được xác định như sau:

$$M_{fi,t,Rd} = M_{fi,\theta,Rd} / (\kappa_1 \kappa_2) \quad (4.10)$$

$$M_{fi,\theta,Rd} \leq M_{Rd}$$

trong đó:

$M_{fi,\theta,Rd}$ là sức kháng mô men thiết kế của tiết diện ngang với nhiệt độ phân bố đều θ_a bằng với nhiệt độ phân bố đều θ_a tại thời điểm t của tiết diện ngang không bị ảnh hưởng nhiệt bởi gối đỡ;

κ_1 là hệ số điều chỉnh cho trường hợp nhiệt độ không đều trên tiết diện ngang, xem (7);

κ_2 là hệ số điều chỉnh cho trường hợp nhiệt độ không đều dọc theo dầm, xem (8).

(4) Sức kháng mô men thiết kế do mất ổn định xoắn-ngang $M_{b,fi,t,Rd}$ tại thời điểm t của cấu kiện không bị hạn chế chuyển vị ngang có tiết diện ngang loại 1 và loại 2 được xác định như sau:

$$M_{b,fi,t,Rd} = \chi_{LT,fi} W_{pl,y} k_{y,\theta,com} f_y / \gamma_{M,fi} \quad (4.11)$$

trong đó:

$\chi_{LT,fi}$ là hệ số giảm cho mất ổn định xoắn-ngang trong tình huống thiết kế chịu lửa;

$k_{y,\theta,com}$ là hệ số giảm, từ Điều 3, của giới hạn chảy của thép ở nhiệt độ lớn nhất trong bản cánh chịu nén $\theta_{a,com}$ tại thời điểm t .

CHÚ THÍCH: Một cách thiên về an toàn, $\theta_{a,com}$ có thể giả thiết bằng với nhiệt độ phân bố đều θ_a .

(5) Giá trị $\chi_{LT,fi}$ có thể xác định theo các phương trình sau:

$$\chi_{LT,fi} = \frac{1}{\phi_{LT,\theta,com} + \sqrt{[\phi_{LT,\theta,com}]^2 - [\bar{\lambda}_{LT,\theta,com}]^2}} \quad (4.12)$$

trong đó:

$$\phi_{LT,\theta,com} = \frac{1}{2} \left[1 + \alpha \bar{\lambda}_{LT,\theta,com} + (\bar{\lambda}_{LT,\theta,com})^2 \right] \quad (4.13)$$

và

$$\alpha = 0,65 \sqrt{235 / f_y} \quad (4.14)$$

$$\bar{\lambda}_{LT,\theta,com} = \bar{\lambda}_{LT} [k_{y,\theta,com} / k_{E,\theta,com}]^{0,5} \quad (4.15)$$

trong đó:

$k_{E,\theta,com}$ là hệ số giảm, từ Điều 3, của độ dốc khoảng đàn hồi tuyến tính của thép ở nhiệt độ lớn nhất trong bản cánh chịu nén $\theta_{a,com}$ tại thời điểm t .

(6) Sức kháng cắt thiết kế $V_{fi,t,Rd}$ tại thời điểm t của tiết diện ngang loại 1 và loại 2 có thể được xác định như sau:

$$V_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta,web} V_{Rd} [\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi}] \quad (4.16)$$

trong đó:

V_{Rd} là sức kháng cắt của tiết diện ngang nguyên đối với thiết kế ở nhiệt độ thường theo TCVN XXXX-1-1;

θ_{web} là nhiệt độ trung bình trên bản bụng của tiết diện;

$k_{y,\theta,web}$ là hệ số giảm của giới hạn chảy của thép ở nhiệt độ θ_{web} , xem Điều 3.

(7) Giá trị hệ số điều chỉnh κ_1 cho trường hợp nhiệt độ phân bố không đều trên tiết diện ngang có thể lấy như sau:

- đối với dầm tiếp xúc lửa ở tất cả 4 mặt: $\kappa_1 = 1,0$

- đối với dầm không được bảo vệ và tiếp xúc lửa ở 3 mặt, với sàn bê tông hoặc liên hợp ở mặt thứ 4:
 $\kappa_1 = 0,7$

- đối với dầm được bảo vệ và tiếp xúc lửa ở 3 mặt, với sàn bê tông hoặc liên hợp ở mặt thứ 4:
 $\kappa_1 = 0,85$

(8) Giá trị hệ số điều chỉnh cho trường hợp nhiệt độ phân bố không đều dọc theo dầm κ_2 có thể lấy như sau:

- tại gối tựa tĩnh trung gian: $\kappa_2 = 0,85$

- trong các trường hợp khác: $\kappa_2 = 1,0$

4.2.3.4 Dầm có tiết diện ngang loại 3

(1) Sức kháng mô men thiết kế $M_{fi,t,Rd}$ tại thời điểm t của tiết diện ngang loại 3 với nhiệt độ phân bố đều có thể tính toán như sau:

$$M_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta} M_{Rd} [\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi}] \quad (4.17)$$

trong đó:

M_{Rd} là sức kháng mô men đàn hồi $M_{el,Rd}$ của tiết diện ngang nguyên đối với thiết kế ở nhiệt độ thường, theo EN1993-1-1, hoặc là sức kháng mô men suy giảm của tiết diện ngang nguyên kể đến hiệu ứng cắt nếu cần theo TCVN XXXX-1-1;

$k_{y,\theta}$ là hệ số giảm của giới hạn chảy của thép ở nhiệt độ θ_a , xem Điều 3.

(2) Sức kháng mô men thiết kế $M_{fi,t,Rd}$ tại thời điểm t của tiết diện ngang loại 3 với nhiệt độ phân bố không đều được xác định như sau:

$$M_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta,max} M_{Rd} [\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi}] / (\kappa_1 \kappa_2) \quad (4.18)$$

$$M_{fi,\theta,Rd} \leq M_{Rd}$$

trong đó:

M_{Rd} là sức kháng mô men đàn hồi $M_{el,Rd}$ của tiết diện ngang nguyên đối với thiết kế ở nhiệt độ thường theo TCVN XXXX-1-1, hoặc là sức kháng mô men suy giảm của tiết diện ngang nguyên kể đến hiệu ứng cắt nếu cần theo TCVN XXXX-1-1;

$k_{y,\theta,\max}$ là hệ số giảm của giới hạn chảy của thép ở nhiệt độ lớn nhất $\theta_{a,\max}$ tại thời điểm t ;

κ_1 là hệ số điều chỉnh cho trường hợp nhiệt độ không đều trên tiết diện ngang, xem 4.2.3.3(7);

κ_2 là hệ số điều chỉnh cho trường hợp nhiệt độ không đều dọc theo dầm, xem 4.2.3.3(8).

(3) Sức kháng mô men mất ổn định thiết kế $M_{b,fi,t,Rd}$ tại thời điểm t của một dầm không bị hạn chế chuyển vị ngang có tiết diện ngang loại 3 được xác định như sau:

$$M_{b,fi,t,Rd} = \chi_{LT,fi} W_{el,y} k_{y,\theta,com} f_y / \gamma_{M,fi} \quad (4.19)$$

trong đó:

$\chi_{LT,fi}$ lấy như trong 4.2.3.3(5).

CHÚ THÍCH: Một cách thiên về an toàn, $\theta_{a,com}$ có thể giả thiết bằng với nhiệt độ lớn nhất $\theta_{a,\max}$.

(4) Sức kháng cắt thiết kế $V_{fi,t,Rd}$ tại thời điểm t của tiết diện ngang loại 3 có thể được xác định như sau:

$$V_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta,web} V_{Rd} [\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi}] \quad (4.20)$$

trong đó:

V_{Rd} là sức kháng cắt của tiết diện ngang nguyên đối với thiết kế ở nhiệt độ thường theo TCVN XXXX-1-1.

4.2.3.5 Cấu kiện có tiết diện ngang loại 1, 2 hoặc 3, chịu uốn và nén dọc trục kết hợp

(1) Sức kháng mất ổn định thiết kế $R_{fi,t,d}$ tại thời điểm t của cấu kiện chịu uốn và nén dọc trục kết hợp có thể kiểm tra thỏa mãn biểu thức (4.21a) và (4.21b) đối với cấu kiện có tiết diện ngang loại 1 và loại 2, hoặc biểu thức (4.21c) và (4.21d) đối với cấu kiện có tiết diện ngang loại 3.

$$\frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{\min,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_y M_{y,fi,Ed}}{W_{pl,y} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_z M_{z,fi,Ed}}{W_{pl,z} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 1 \quad (4.21a)$$

$$\frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{z,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_{LT} M_{y,fi,Ed}}{\chi_{LT,fi} W_{pl,y} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_z M_{z,fi,Ed}}{W_{pl,z} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 1 \quad (4.21b)$$

$$\frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{\min,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_y M_{y,fi,Ed}}{W_{el,y} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_z M_{z,fi,Ed}}{W_{el,z} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 1 \quad (4.21c)$$

$$\frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{z,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_{LT} M_{y,fi,Ed}}{\chi_{LT,fi} W_{el,y} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_z M_{z,fi,Ed}}{W_{el,z} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 1 \quad (4.21d)$$

trong đó:

$\chi_{\min,fi}$ lấy như trong 4.2.3.2;

$\chi_{z,fi}$ lấy như trong 4.2.3.2;

$\chi_{LT,fi}$ lấy như trong 4.2.3.2(5);

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} N_{fi,Ed}}{\chi_{z,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 1 \quad \text{với} \quad \mu_{LT} = 0,15 \bar{\lambda}_{z,\theta} \beta_{M,LT} - 0,15 \leq 0,9;$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y N_{fi,Ed}}{\chi_{y,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 3;$$

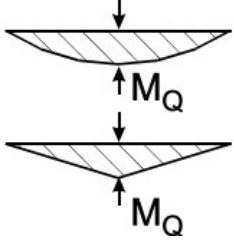
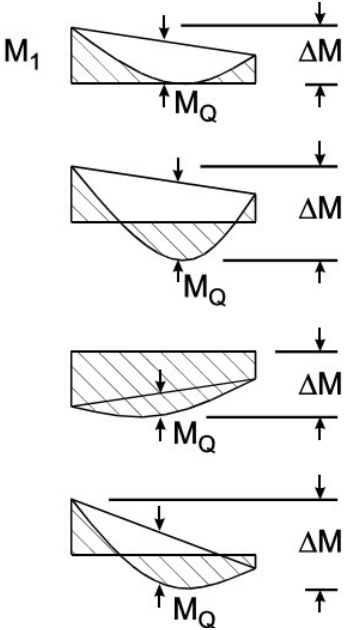
đối với trục chính: $\mu_y = (2\beta_{M,y} - 5)\bar{\lambda}_{y,\theta} + 0,44\beta_{M,y} + 0,29 \leq 0,8$ với $\bar{\lambda}_{y,20^\circ C} \leq 1,1$

$$k_z = 1 - \frac{\mu_z N_{fi,Ed}}{\chi_{z,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 3$$

đối với trục phụ $\mu_z = (1,2\beta_{M,z} - 3)\bar{\lambda}_{z,\theta} + 0,71\beta_{M,z} - 0,29 \leq 0,8$

CHÚ THÍCH: Với hệ số mô men đồng nhất tương đương β_M xem Hình 4.2.

Biểu đồ mô men	Hệ số mô men đồng nhất tương đương β_M
Mô men đầu mút 	$\beta_{M,\psi} = 1,8 - 0,7\psi$
Mô men do lực trong mặt phẳng gây ra	$\beta_{M,Q} = 1,3$ $\beta_{M,Q} = 1,4$

	
Mô men do lực trong mặt phẳng và mô men đầu mút gây ra 	$\beta_M = \beta_{M,y} + \frac{M_Q}{\Delta M} (\beta_{M,Q} - \beta_{M,y})$ $M_Q = \max M$ do chỉ tải trọng ngang gây ra $\Delta M = \max M$ đối với biểu đồ mô men không đổi dấu $\Delta M = \max M + \min M$ đối với biểu đồ mô men đổi dấu

Hình 4.2 – Hệ số mô men đồng nhất tương đương

4.2.3.6 Cấu kiện có tiết diện ngang loại 4

(1) Đối với cấu kiện có tiết diện ngang loại 4 hay các cấu kiện chịu kéo khác có thể giả thiết rằng 4.2.1(1) thỏa mãn nếu tại thời điểm t nhiệt độ của thép θ_a tại tiết diện ngang không lớn hơn θ_{crit} .

CHÚ THÍCH 1: Xem thêm phụ lục E.

CHÚ THÍCH 2: Nhiệt độ giới hạn θ_{crit} có thể được chọn theo phụ lục Quốc gia. Giá trị khuyến nghị $\theta_{crit} = 350^\circ\text{C}$.

4.2.4 Nhiệt độ tới hạn

(1) Một cách tương tự 4.2.3, có thể kiểm tra nhiệt độ từng vùng.

(2) Trừ khi kể đến tiêu chí biến dạng hoặc khi hiện tượng mất ổn định được xét đến, nhiệt độ tới hạn $\theta_{a,cr}$ của thép các bon theo 1.1.2(6) tại thời điểm t đối với nhiệt độ phân bố đều trong cấu kiện có thể được xác định đối với bất kỳ mức độ sử dụng μ_0 tại thời điểm $t = 0$ được xác định như sau:

$$\theta_{a,cr} = 39,19 \ln \left[\frac{1}{0,9674 \mu_0^{3,833}} - 1 \right] + 482 \quad (4.22)$$

Trong đó μ_0 không được lấy nhỏ hơn 0,013.

CHÚ THÍCH: Ví dụ của giá trị $\theta_{a,cr}$ tương ứng với giá trị μ_0 từ 0,22 đến 0,80 được cho trong Bảng 4.1.

(3) Đối với tiết diện ngang loại 1, loại 2 và loại 3 và đối với mọi cấu kiện chịu kéo, mức độ sử dụng μ_0 tại thời điểm t có thể được xác định như sau:

$$\mu_0 = E_{fi,d} / R_{fi,d,0} \quad (4.23)$$

trong đó:

$R_{fi,d,0}$ là giá trị của $R_{fi,d,t}$ tại thời điểm t , từ 4.2.3;

$E_{fi,d}$ và $R_{fi,d,t}$ được định nghĩa trong 4.2.1(1).

(4) Tương tự đối với cấu kiện chịu kéo, và đối với dầm khi mất ổn định xoắn-ngang khó có khả năng xảy ra, μ_0 được xác định thiên về an toàn như sau:

$$\mu_0 = \eta_{fi} [\gamma_{M,fi} / \gamma_{M0}] \quad (4.24)$$

trong đó:

η_{fi} là hệ số giảm được định nghĩa trong 2.4.2(3).

Bảng 4.1 – Nhiệt độ tới hạn $\theta_{a,cr}$ cho giá trị của hệ số sử dụng μ_0

μ_0	$\theta_{a,cr}$	μ_0	$\theta_{a,cr}$	μ_0	$\theta_{a,cr}$
0,22	711	0,42	612	0,62	549
0,24	698	0,44	605	0,64	543
0,26	685	0,46	598	0,66	537
0,28	674	0,48	591	0,68	531
0,30	664	0,50	585	0,70	526
0,32	654	0,52	578	0,72	520
0,34	645	0,54	572	0,74	514
0,36	636	0,56	566	0,76	508
0,38	628	0,58	560	0,78	502
0,40	620	0,60	554	0,80	496

CHÚ THÍCH: Phụ lục quốc gia có thể đưa ra những giá trị mặc định cho nhiệt độ tới hạn.

4.2.5 Sự phát triển nhiệt độ trong kết cấu thép

4.2.5.1 Cấu kiện thép bên trong không được bảo vệ

(1) Tương đương với sự phân bố nhiệt độ đều tại tiết diện ngang, sự tăng nhiệt trong cấu kiện không được bảo vệ $\Delta\theta_{a,t}$ trong khoảng thời gian Δt được xác định như sau:

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh} \frac{A_m / V}{c_a \rho_a} h_{net,d} \Delta t \quad (4.25)$$

trong đó:

k_{sh} là hệ số điều chỉnh cho hiệu ứng bóng, theo (2);

A_m / V là hệ số tiết diện cho cấu kiện thép không được bảo vệ $[1/m]$;

A_m là diện tích bề mặt cấu kiện trên một đơn vị chiều dài $[m^2/m]$;

V là thể tích cấu kiện trên một đơn vị chiều dài $[m^3/m]$;

c_a là nhiệt dung riêng của thép, xem Điều 3 $[J/kgK]$;

$\dot{h}_{\text{net,d}}$ là giá trị thiết kế của thông lượng nhiệt trên một đơn vị diện tích $[\text{W/m}^2]$;

Δt là khoảng thời gian (s);

ρ_a là khối lượng riêng của thép, xem Điều 3 $[\text{kg/m}^3]$.

(2) Đối với tiết diện ngang chữ I do tác động của đám cháy danh định, hệ số điều chỉnh cho hiệu ứng bóng có thể được xác định như sau:

$$k_{\text{sh}} = 0,9[A_m/V]_b / [A_m/V] \quad (4.26a)$$

trong đó:

$[A_m/V]_b$ là giá trị dạng hộp của hệ số tiết diện.

Trong những trường hợp khác, giá trị k_{sh} có thể được xác định như sau:

$$k_{\text{sh}} = [A_m/V]_b / [A_m/V] \quad (4.26b)$$

CHÚ THÍCH 1: Đối với tiết diện ngang có dạng cong lồi (ví dụ tiết diện Hình Chữ nhật hoặc hình tròn rỗng) chìm hoàn toàn trong lửa, hiệu ứng bóng không ảnh hưởng do đó hệ số điều chỉnh $k_{\text{sh}} = 1$.

CHÚ THÍCH 2: Bỏ qua hiệu ứng bóng (tức là $k_{\text{sh}} = 1$), cho kết quả thiên về an toàn.

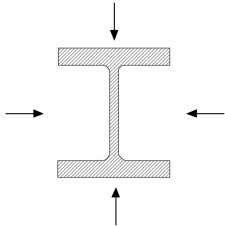
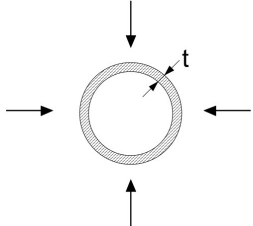
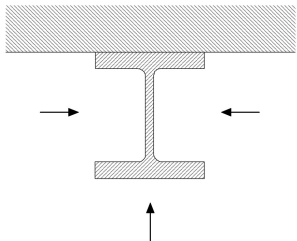
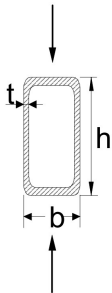
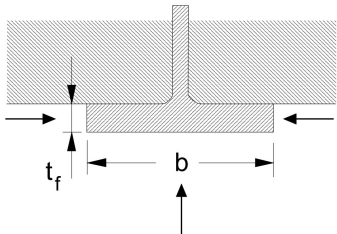
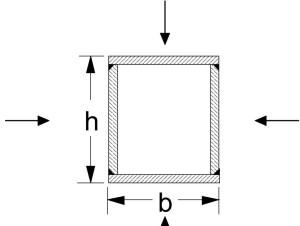
(3) Giá trị $\dot{h}_{\text{net,d}}$ xác định từ TCVN X1991-1-2 sử dụng $\varepsilon_f = 1,0$ và ε_m theo 2.2(2) với ε_f và ε_m được định nghĩa trong TCVN X1991-1-2.

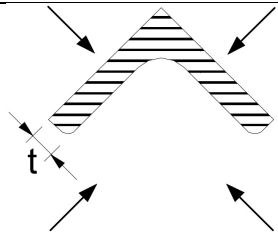
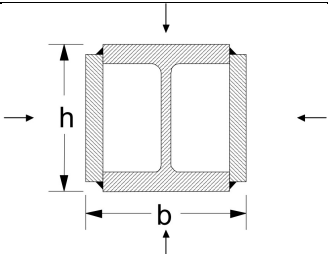
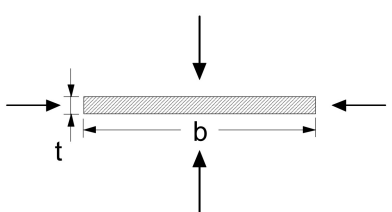
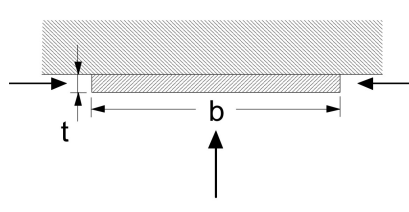
(4) Giá trị của Δt không được lấy sau hơn 5 giây.

(5) Trong công thức (4.26), giá trị của hệ số tiết diện A_m/V không được lấy thấp hơn 10m^{-1} .

CHÚ THÍCH: Một số biểu thức xác định giá trị thiết kế của hệ số tiết diện ngang A_m/V đối với cấu kiện thép không bảo vệ chịu lửa được cho trong Bảng 4.2.

Bảng 4.2 – Hệ số tiết diện A_m / V đối với cấu kiện thép không được bảo vệ

Tiết diện hở tiếp xúc với lửa tại tất cả các mặt: $A_m / V = \text{chu vi} / \text{diện tích tiết diện ngang}$ 	Tiết diện ống tiếp xúc với lửa tại tất cả các mặt: $A_m / V = 1 / t$ 
Tiết diện hở tiếp xúc với lửa ở 3 mặt: $A_m / V = \text{chu vi bề mặt tiếp xúc với lửa} / \text{diện tích tiết diện ngang}$ 	Tiết diện rỗng (hoặc tiết diện rỗng hàn có bề dày đồng nhất) tiếp xúc với lửa ở tất cả các mặt: Nếu $t \ll b$: $A_m / V \approx 1 / t$ 
Tiết diện cánh chữ I tiếp xúc với lửa tại 3 mặt: $A_m / V = (b + 2t_f) / (bt_f)$ Nếu $t \ll b$: $A_m / V \approx 1 / t$ 	Tiết diện hộp hàn tiếp xúc với lửa ở tất cả các mặt: $A_m / V = 2(b+h) / \text{diện tích tiết diện ngang}$ Nếu $t \ll b$: $A_m / V \approx 1 / t$ 
Tiết diện góc tiếp xúc với lửa tại tất cả các mặt: $A_m / V = 2 / t$	Tiết diện I với hộp gia cường tiếp xúc với lửa ở tất cả các mặt: $A_m / V = 2(b+h) / \text{diện tích tiết diện ngang}$

	
Thanh dẹt tiếp xúc với lửa tại tất cả các mặt: $A_m / V = 2(b + t) / (bt)$ Nếu $t \ll b$: $A_m / V \approx 2 / t$ 	Thanh dẹt tiếp xúc với lửa ở ba mặt: $A_m / V = (b + 2t) / (bt)$ Nếu $t \ll b$: $A_m / V \approx 1 / t$ 

4.2.5.2 Kết cấu thép bên trong được bảo vệ bằng vật liệu bảo vệ chịu lửa

(1) Đối với một phân bố nhiệt độ đều tại tiết diện ngang, độ tăng nhiệt độ $\Delta\theta_{a,t}$ trong cấu kiện được bảo vệ chống cháy trong thời gian Δt được xác định như sau:

$$\Delta\theta_{a,t} = \frac{\lambda_p A_p / V (\theta_{g,t} - \theta_{a,t})}{d_p c_a \rho_a (1 + \phi / 3)} \Delta t - (e^{\phi/10} - 1) \Delta\theta_{g,t} \quad (\text{nhưng } \Delta\theta_{a,t} \geq 0 \text{ nếu } \Delta\theta_{g,t} > 0) \quad (4.27)$$

với:

$$\phi = \frac{c_p \rho_p}{c_a \rho_a} d_p A_p / V$$

trong đó:

A_p / V là hệ số tiết diện cho cấu kiện thép được bảo vệ bởi vật liệu bảo vệ chịu lửa [m^{-1}];

A_p là diện tích thích hợp của vật liệu bảo vệ chịu lửa trên một đơn vị chiều dài của cấu kiện [m^2/m];

V là thể tích của cấu kiện trên một đơn vị chiều dài [m^3/m];

c_a là nhiệt dung riêng phụ thuộc vào nhiệt độ của thép, từ Điều 3 [J/kgK];

c_p là nhiệt dung riêng không phụ thuộc vào nhiệt độ của vật liệu bảo vệ chịu lửa [J/kgK];

d_p là chiều dày của vật liệu bảo vệ chịu lửa [m];

Δt là khoảng thời gian (s);

$\theta_{a,t}$ là nhiệt độ của thép tại thời điểm t [°C];

$\theta_{g,t}$ là nhiệt độ khối khí xung quanh tại thời điểm t [°C];

$\Delta\theta_{g,t}$ là độ tăng của nhiệt độ khối khí trong khoảng thời gian Δt [K];

λ_p là độ dẫn nhiệt của hệ bảo vệ chịu lửa [W/mK];

ρ_a là khối lượng riêng của thép, từ Điều 3 [kg/m³];

ρ_p là khối lượng riêng của vật liệu bảo vệ chịu lửa [kg/m³].

(2) Giá trị của c_p , λ_p và ρ_p có thể được xác định như trong Điều 3.

(3) Giá trị của Δt không nên lấy quá 30 giây.

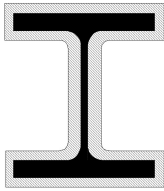
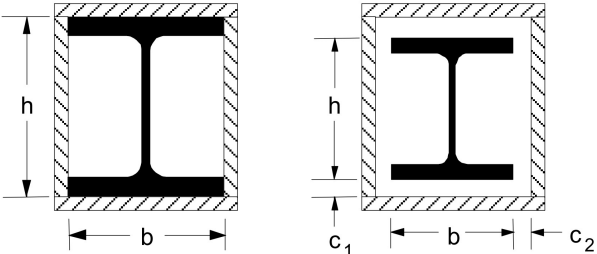
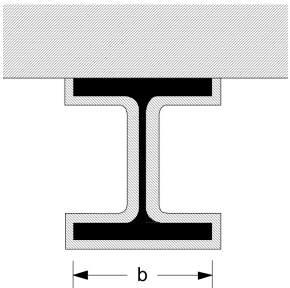
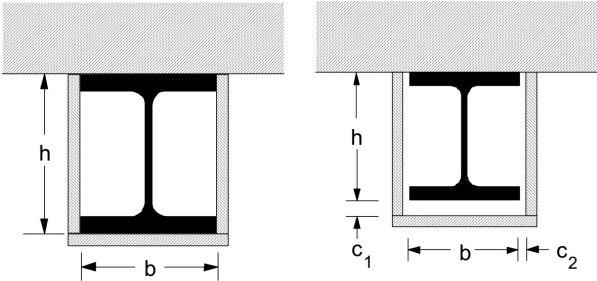
(4) Diện tích A_p của vật liệu bảo vệ chịu lửa có thể lấy bằng diện tích của mặt trong của nó, nhưng đối với lớp bảo vệ dạng rỗng với khoảng trống xung quanh cấu kiện thép có thể lấy cùng giá trị với lớp bảo vệ dạng rỗng không có khoảng trống.

CHÚ THÍCH: Một số giá trị thiết kế của hệ số tiết diện A_p / V cho cấu kiện thép được bảo vệ như trong Bảng 4.3.

(5) Đối với vật liệu bảo vệ chịu lửa ẩm, việc tính toán độ tăng nhiệt độ trong thép $\Delta\theta_a$ có thể thay đổi cho phép thời gian trễ của sự tăng nhiệt độ trong thép khi đạt tới 100 °C. Thời gian trễ này có thể được tính toán theo phương pháp quy định trong EN 13381-4.

(6) Một cách tương tự như 4.2.5.2(1), nhiệt độ phân bố đều trong cấu kiện thép được bảo vệ sau một khoảng thời gian cho trước tiếp xúc với đám cháy tiêu chuẩn có thể được xác định bằng phương pháp khi thiết kế theo sơ đồ khối quy định trong EN 13381-4.

Bảng 4.3: Hệ số tiết diện A_p / V đối với cấu kiện thép được bảo vệ bởi vật liệu bảo vệ chịu lửa

Minh họa	Mô tả	Hệ số tiết diện (A_p / V)
	Được bảo vệ xung quanh với bề dày đồng nhất	$\frac{\text{chu vi tiết diện}}{\text{diện tích tiết diện ngang của thép}}$
	Bảo vệ rỗng có bề dày đồng nhất) ¹	$\frac{2(b+h)}{\text{diện tích tiết diện ngang của thép}}$
	Bảo vệ xung quanh có bề dày đồng nhất, tiếp xúc với lửa ở 3 mặt	$\frac{\text{Chu vi tiết diện} - b}{\text{diện tích tiết diện ngang của thép}}$
	Bảo vệ rỗng có bề dày đồng nhất, tiếp xúc lửa ở 3 mặt) ¹	$\frac{2h+b}{\text{diện tích tiết diện ngang của thép}}$
) ¹ Kích thước thông thủy c_1 và c_2 thông thường không vượt quá $h/4$		

4.2.5.3 Kết cấu thép ở khoảng trống bên trong nhà được bảo vệ bởi màng nhiệt

(1) Quy định được cho dưới đây áp dụng cho 2 trường hợp:

- Cấu kiện thép ở khoảng trống giới hạn bởi sàn phía trên và màng nhiệt ngang phía dưới;
- Cấu kiện thép ở khoảng trống giới hạn bởi màng nhiệt đứng 2 bên,

trong cả 2 trường hợp có khoảng hở giữa màng nhiệt và cấu kiện. Không áp dụng trong trường hợp màng nhiệt tiếp xúc trực tiếp với cấu kiện.

(2) Đối với cấu kiện thép được bảo vệ bởi màng nhiệt, sự tính toán nhiệt độ tăng lên của thép $\Delta\theta_a$ dựa vào phương pháp phù hợp được đưa ra trong 4.2.5.1 hoặc 4.2.5.2, lấy nhiệt độ khí bao quanh $\theta_{g,t}$ bằng với nhiệt độ khí trong khoảng trống.

(3) Tính chất và công năng của màng nhiệt sử dụng trong thiết kế được xác định khi thí nghiệm theo EN 13381-1 hoặc EN 13381-2.

(4) Sự phát triển nhiệt độ trong khoảng trống nơi lắp đặt cấu kiện thép được xác định từ thí nghiệm cháy tiêu chuẩn theo EN 13381-1 hoặc EN 13381-2.

4.2.5.4 Cấu kiện thép bên ngoài nhà

(1) Nhiệt độ cấu kiện thép bên ngoài nhà được xác định có kể đến:

- Thông lượng nhiệt bức xạ từ khoang cháy;
- Thông lượng nhiệt bức xạ và thông lượng nhiệt đối lưu từ ngọn lửa khi phát ra từ các lỗ mở;
- Nhiệt bức xạ và đối lưu tổn thất truyền từ kết cấu thép tới môi trường;
- Kích thước và vị trí của các cấu kiện chịu lực.

(2) Màng nhiệt có thể bao quanh 1, 2 hoặc 3 mặt của cấu kiện thép để bảo vệ nó khỏi bức xạ nhiệt

(3) Màng nhiệt có thể:

- Gắn trực tiếp lên bề mặt cần bảo vệ của cấu kiện thép, hoặc
- Đủ lớn để che chắn cho mặt bị tác động của bức xạ nhiệt.

(4) Màng nhiệt quy định trong Phụ lục B phải không được cháy và giới hạn chịu lửa ít nhất EI 30 theo EN ISO 13501-2.

(5) Nhiệt độ của cấu kiện thép bên ngoài nhà được bảo vệ bởi màng nhiệt được xác định trong 4.2.5.4(1), giả sử là không có bức xạ nhiệt truyền đến các mặt được bảo vệ bởi màng nhiệt.

(6) Tính toán có thể dựa trên điều kiện trạng thái ổn định có được từ sự cân bằng nhiệt theo phương pháp quy định trong Phụ lục B.

(7) Thiết kế sử dụng Phụ lục B của tiêu chuẩn này có thể dựa trên mô Hình Cho trong Phụ lục B của TCVN X1991-1-2 mô tả khoang cháy và ngọn lửa phát ra từ lỗ mở để tính toán bức xạ và đối lưu nhiệt.

4.3 Các phương pháp tính toán nâng cao

4.3.1 Quy định chung

(1) Phương pháp tính toán nâng cao có thể xác định ứng xử thực tế của kết cấu chịu lửa. Có thể dựa trên các ứng xử vật lý cơ bản của kết cấu để có được kết quả ứng xử tin cậy của kết cấu trong điều kiện chịu lửa.

(2) Bất cứ dạng phá hủy nào không được xác định bằng phương pháp tính toán nâng cao (bao gồm mất ổn định cục bộ, phá hủy do cắt) đều phải loại trừ bằng các biện pháp thích hợp.

(3) Phương pháp tính toán nâng cao có thể bao gồm những mô hình tính toán để xác định:

- sự phát triển và phân bố nhiệt độ bên trong các cấu kiện kết cấu (mô hình ứng xử nhiệt)

- ứng xử cơ học của kết cấu hay một phần kết cấu (mô hình ứng xử cơ học)

(4) Các phương pháp tính toán nâng cao có thể được sử dụng kết hợp với mọi đường cong nhiệt, miễn là biết được các tính chất của vật liệu trong khoảng nhiệt độ tương ứng.

(5) Các phương pháp tính toán nâng cao có thể sử dụng với bất kì loại tiết diện ngang nào.

4.3.2 Ứng xử nhiệt học

(1) Phương pháp tính toán nâng cao đối với các ứng xử nhiệt phải được dựa trên những nguyên lý và các giả định đã được công nhận của lý thuyết truyền nhiệt.

(2) Mô hình ứng xử nhiệt cần kể đến:

- những tác động nhiệt liên quan được quy định trong TCVN X1991-1-2;

- sự thay đổi về các tính chất nhiệt của vật liệu theo nhiệt độ, xem mục 3.3.

(3) Những ảnh hưởng của sự tiếp xúc với nhiệt không đồng đều và sự truyền nhiệt tới các thành phần kết cấu lân cận có thể được xét đến khi thích hợp.

(4) Ảnh hưởng của độ ẩm và sự truyền ẩm trong vật liệu bảo vệ chịu lửa có thể được bỏ qua theo hướng thiên về an toàn.

4.3.3 Ứng xử cơ học

(1) Các phương pháp tính toán nâng cao đối với các ứng xử cơ học phải được dựa trên các nguyên lý và các giả định đã được công nhận của lý thuyết cơ học kết cấu, có kể đến những thay đổi tính chất cơ học theo nhiệt độ.

(2) Những hiệu ứng nhiệt gây ra ứng suất và biến dạng do sự gia tăng của nhiệt độ, và sự chênh lệch của nhiệt độ, đều phải kể đến.

(3) Mô hình ứng xử cơ học cần kể đến:

- tổ hợp những ảnh hưởng của các tác động cơ học, không hoàn chỉnh hình học và các tác động nhiệt;

- những tính chất cơ học phụ thuộc nhiệt độ của vật liệu, xem Điều 3;
- ảnh hưởng của phi tuyến tính hình học;
- ảnh hưởng của các tính chất vật liệu phi tuyến, bao gồm ảnh hưởng của việc tăng và giảm tải tới độ cứng của kết cấu.

(4) Với điều kiện sử dụng quan hệ ứng suất biến dạng cho trong Điều 3, hiệu ứng từ biến nhiệt không cần phải xét đến một cách tường minh.

(5) Phải giới hạn độ biến dạng ở trạng thái giới hạn cực hạn, xác định từ mô hình tính toán để bảo đảm khả năng tương thích biến dạng giữa tất cả các bộ phận của kết cấu.

(6) Thiết kế cần xét tới trạng thái giới hạn cực hạn mà biến dạng tính toán của kết cấu gây ra sự phá hoại do mất đi gối đỡ của một trong những cấu kiện.

(7) Đối với phân tích các cấu kiện thẳng đứng độc lập, áp dụng sự không hoàn chỉnh hình học dạng hình sin với giá trị lớn nhất $h/1000$ tại giữa cấu kiện khi không có quy định nào bởi tiêu chuẩn sản phẩm.

4.3.4 Kiểm tra các mô hình tính toán nâng cao

- (1) Những kết quả tính toán phải được kiểm tính trên cơ sở các kết quả thử nghiệm thích hợp.
- (2) Các kết quả tính toán có thể là nhiệt độ, độ biến dạng và thời gian chịu lửa.
- (3) Các tham số quan trọng phải được kiểm tra lại bằng các phương pháp phân tích độ nhạy, để bảo đảm rằng mô hình tính toán tuân theo các nguyên tắc kỹ thuật hợp lý đã được thừa nhận.
- (4) Các tham số quan trọng có thể là chiều dài tính toán, kích thước của các cấu kiện, cấp tải trọng.

Phụ lục A
(quy định)

Biến dạng tăng cường của thép các bon ở nhiệt độ cao

(1) Đối với nhiệt độ nhỏ hơn 400 °C, lựa chọn tương đương về biến dạng tăng cường nêu trong 3.2 có thể được áp dụng như sau:

- Đối với $0,02 < \varepsilon < 0,04$

$$\sigma_a = 50(f_{u,\theta} - f_{y,\theta})\varepsilon + 2f_{y,\theta} - f_{u,\theta} \quad (\text{A.1a})$$

- Đối với $0,04 \leq \varepsilon \leq 0,15$

$$\sigma_a = f_{u,\theta} \quad (\text{A.1b})$$

- Đối với $0,15 < \varepsilon < 0,20$

$$\sigma_a = f_{u,\theta} [1 - 20(\varepsilon - 0,15)] \quad (\text{A.1c})$$

- Đối với $\varepsilon \geq 0,20$

$$\sigma_a = 0,00 \quad (\text{A.1d})$$

trong đó:

$f_{u,\theta}$ là giới hạn bền cực hạn tại nhiệt độ cao, cho phép biến dạng tăng cường.

CHÚ THÍCH: Quan hệ ứng suất biến dạng tương đương của thép, cho phép biến dạng tăng cường, được minh họa trong Hình A.1.

(2) Giới hạn bền cực hạn tại nhiệt độ cao, cho phép biến dạng tăng cường, có thể được xác định như sau:

- Đối với $\theta_a < 300^\circ\text{C}$

$$f_{u,\theta} = 1,25f_{y,\theta} \quad (\text{A.2a})$$

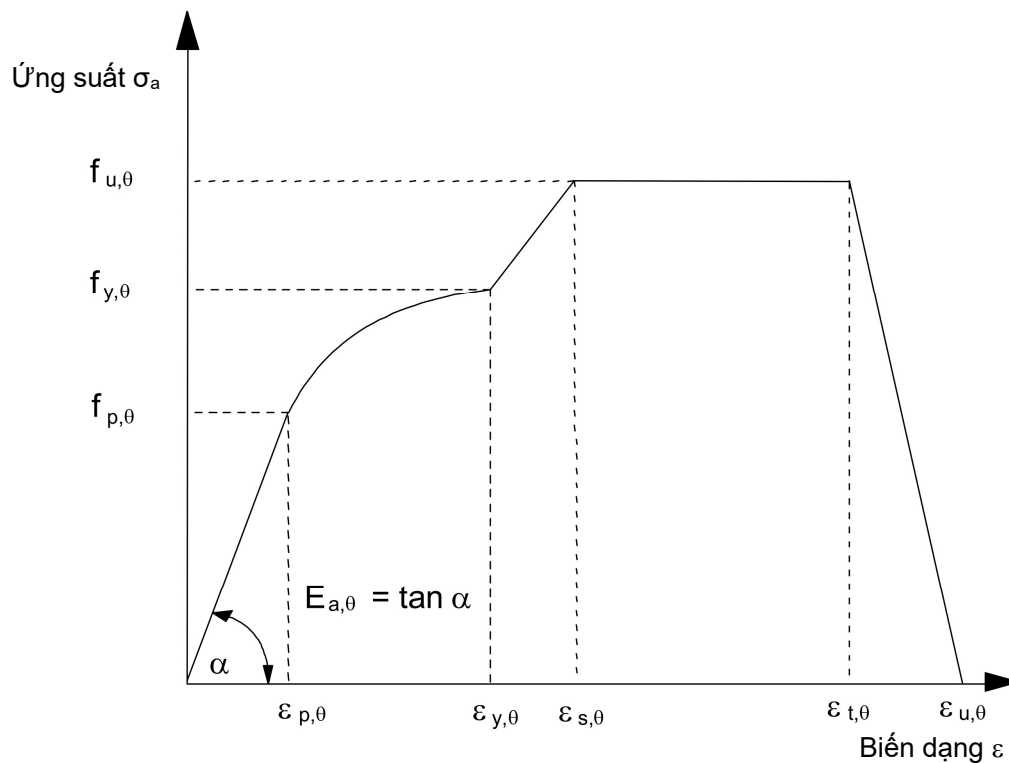
- Đối với $300^\circ\text{C} \leq \theta_a < 400^\circ\text{C}$

$$f_{u,\theta} = f_{y,\theta}(2 - 0,0025\theta_a) \quad (\text{A.2b})$$

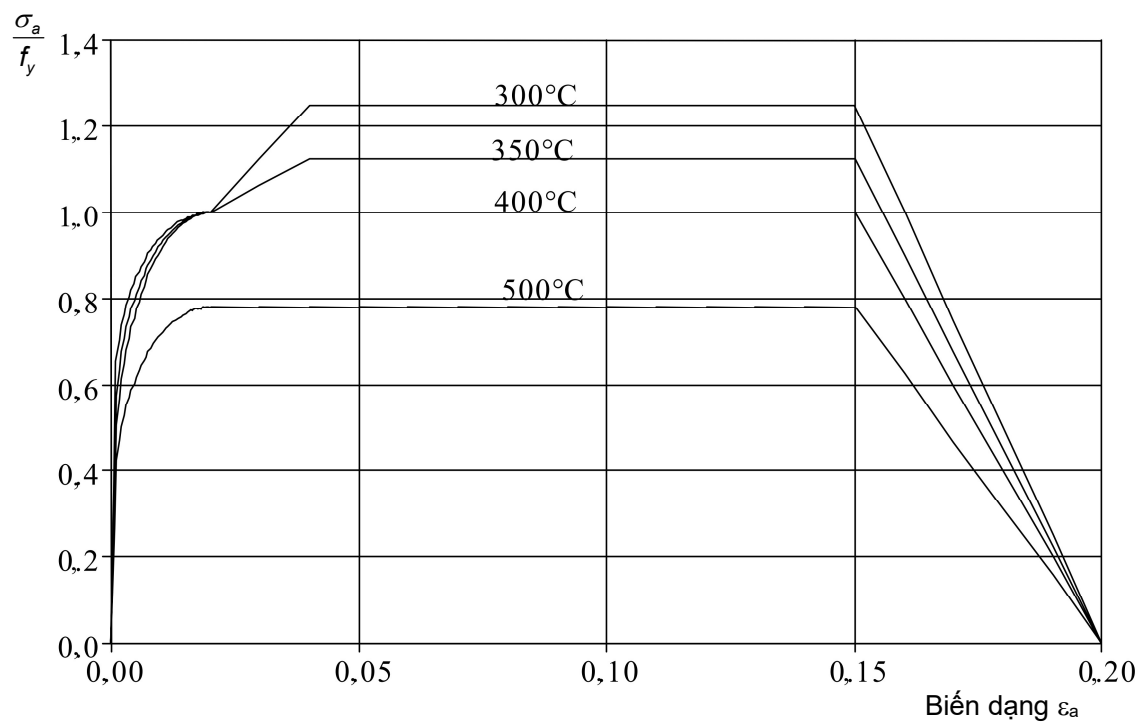
- Đối với $\theta_a \geq 400^\circ\text{C}$

$$f_{u,\theta} = f_{y,\theta} \quad (\text{A.2c})$$

CHÚ THÍCH: Sự thay đổi của quan hệ ứng suất biến dạng tương đương của thép, phụ thuộc nhiệt độ, được minh họa trong Hình A.2.



Hình A.1 – Quan hệ ứng suất-biến dạng thay thế của thép, cho phép biến dạng tăng cứng



Hình A.2 – Quan hệ ứng suất-biến dạng thay thế của thép ở nhiệt độ cao, cho phép biến dạng tăng cứng

Phụ lục B (quy định)

Nhiệt lượng truyền đến các cấu kiện thép bên ngoài

B1 Tổng quát

B1.1 Điều khoản chung

- (1) Trong Phụ lục B, khoang cháy được giả thiết chỉ giới hạn trong 1 tầng. Tất cả cửa sổ hoặc lỗ mở trong khoang cháy được giả thiết là Hình Chữ nhật.
- (2) Tính toán nhiệt độ của khoang cháy, kích thước và nhiệt độ của ngọn lửa tại các lỗ mở, và các thông số bức xạ, đối lưu nên được thực hiện theo Phụ lục B của TCVN X1991-1-2.
- (3) Cần phân biệt giữa cấu kiện bị và không bị nhấn chìm trong ngọn lửa, phụ thuộc vào vị trí nó với lỗ mở trên tường của khoang cháy.
- (4) Cấu kiện không bị nhấn chìm trong lửa được giả thiết là nhận bức xạ nhiệt từ tất cả các lỗ mở ở phía khoang cháy và từ ngọn lửa phát ra từ tất cả các lỗ mở.
- (5) Cấu kiện bị nhấn chìm trong lửa được giả thiết là nhận sự truyền nhiệt đối lưu từ ngọn lửa cộng với cả bức xạ nhiệt từ ngọn lửa và từ lỗ mở khoang cháy chiếu tới cấu kiện. Bức xạ nhiệt từ ngọn lửa khác và từ các lỗ mở khác có thể được bỏ qua.

B1.2 Quy ước về kích thước

- (1) Quy ước hình học được xác định trong Hình B.1.

B1.3 Cân bằng nhiệt

- (1) Cho cấu kiện không bị nhấn chìm trong lửa, nhiệt độ trung bình của cấu kiện thép $T_m [K]$ được xác định từ phương trình cân bằng nhiệt:

$$\sigma T_m^4 + \alpha T_m = \sum I_z + \sum I_f + 293\alpha \quad (B.1)$$

trong đó

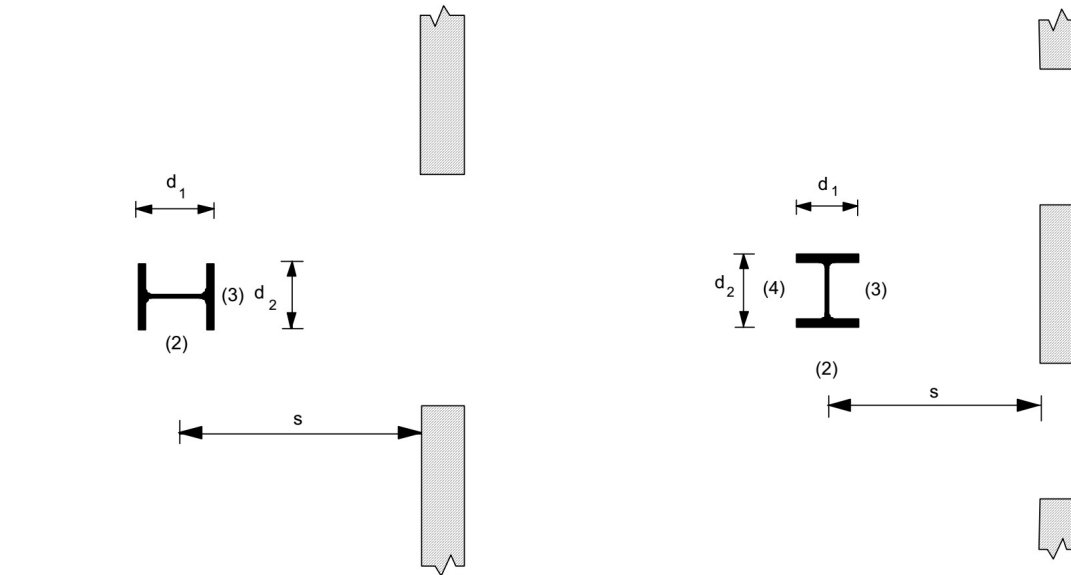
σ : Hằng số Stefan Botzmann $[56,7 \times 10^{-12} \text{ kW/m}^2\text{K}^4]$;

α : Hệ số truyền nhiệt đối lưu $[\text{kW/m}^2\text{K}]$;

I_z : Thông lượng bức xạ nhiệt từ ngọn lửa $[\text{kW/m}^2]$;

I_f Thông lượng bức xạ nhiệt từ lỗ mở $[\text{kW/m}^2]$.

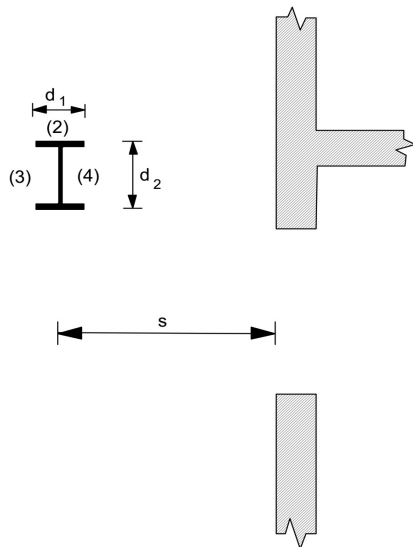
(2) Hệ số truyền nhiệt đối lưu α xác định từ Phụ lục B của TCVN X1991-1-2 điều kiện không thông gió cưỡng bức và thông gió cưỡng bức sử dụng kích thước tiết diện ngang hiệu dụng $d = (d_1 + d_2) / 2$



Mặt bằng

1) Cột đối diện lỗ mở

a) Cột



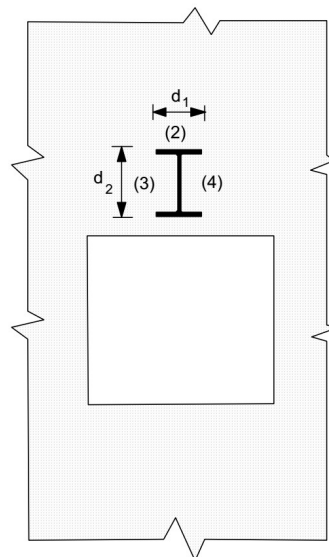
Mặt cắt

1) Dầm song song với tường

b) Dầm

Mặt bằng

2) Cột nằm giữa các lỗ mở



Mặt cắt

2) Dầm vuông góc với tường

Hình B.1- Kích thước cấu kiện và bề mặt

(3) Cấu kiện chìm trong lửa, nhiệt độ trung bình của cấu kiện thép $T_m [K]$ được xác định từ phương trình cân bằng nhiệt:

$$\sigma T_m^4 + \alpha T_m = I_z + I_f + \alpha T_z \quad (B.2)$$

trong đó:

T_z : Nhiệt độ ngọn lửa $[K]$;

I_z : Thông lượng bức xạ nhiệt từ ngọn lửa $[kW/m^2]$;

I_f : Thông lượng bức xạ nhiệt từ lỗ mở tương ứng $[kW/m^2]$.

(4) Thông lượng bức xạ nhiệt I_z từ ngọn lửa được xác định tùy theo tình huống và loại của cấu kiện như sau:

- Cột không bị chìm trong lửa: xem B.2;
- Dầm không bị chìm trong lửa: xem B.3;
- Cột chìm trong lửa: xem B.4;
- Dầm toàn bộ hoặc 1 phần bị chìm trong lửa: xem B.5;

Trường hợp khác có thể áp dụng tương tự, sử dụng phương pháp thích hợp được đưa ra trong B.2 đến B.5

(5) Thông lượng bức xạ nhiệt I_f được xác định từ:

$$I_f = \phi_f \varepsilon_f (1 - a_z) \sigma T_f^4 \quad (B.3)$$

trong đó:

ϕ_f : hệ số hình dạng toàn phần của cấu kiện cho thông lượng bức xạ nhiệt từ lỗ mở;

ε_f : độ phát xạ nhiệt của lỗ mở;

a_z : Độ hấp thụ của nhiệt;

T_f : Nhiệt độ của ngọn lửa $[K]$ từ Phụ lục B của TCVN X1991-1-2.

(6) Sự phát xạ ε_f của lỗ mở được lấy là đơn vị, xem Phụ lục B của TCVN X1991-1-2.

(7) Độ hấp thụ nhiệt của ngọn lửa a_z được xác định từ B.2 đến B.5 theo trường hợp tương ứng.

B.1.4 Hệ số hình dạng toàn phần

(1) Hệ số hình dạng toàn phần ϕ_f của cấu kiện cho thông lượng bức xạ nhiệt từ lỗ mở được xác định:

$$\phi_f = \frac{(C_1\varphi_{f,1} + C_2\varphi_{f,2})d_1 + (C_3\varphi_{f,3} + C_4\varphi_{f,4})d_2}{(C_1 + C_2)d_1 + (C_3 + C_4)d_2} \quad (\text{B.4})$$

trong đó:

$\phi_{f,i}$: Hệ số hình dạng của mặt i cấu kiện cho lỗ mở đó, xem Phụ lục G của TCVN X1991-1-2;

d_i : kích thước tiết diện ngang của mặt i cấu kiện;

C_i : Hệ số bảo vệ của mặt i cấu kiện như sau:

- Cho bề mặt được bảo vệ: $C_i = 0$

- Cho bề mặt không được bảo vệ $C_i = 1$

(2) Hệ số hình dạng $\phi_{f,i}$ cho bề mặt cấu kiện mà lỗ mở không thấy được thì lấy bằng 0.

(3) Hệ số hình dạng toàn phần ϕ_z của cấu kiện cho truyền nhiệt bức xạ từ một ngọn lửa được xác định:

$$\phi_z = \frac{(C_1\varphi_{z,1} + C_2\varphi_{z,2})d_1 + (C_3\varphi_{z,3} + C_4\varphi_{z,4})d_2}{(C_1 + C_2)d_1 + (C_3 + C_4)d_2} \quad (\text{B.5})$$

trong đó:

$\phi_{z,i}$ Hệ số hình dạng của bề mặt i cấu kiện cho ngọn lửa đó, xem Phụ lục G của TCVN X1991-1-2.

(4) Hệ số hình dạng $\phi_{z,i}$ của mỗi bề mặt của cấu kiện cho thông lượng bức xạ nhiệt truyền từ ngọn lửa dựa trên kích thước quy đổi tương đương thành Hình Chữ nhật của ngọn lửa. Kích thước và vị trí của Hình Chữ nhật tương đương tương ứng mặt trước và mặt cạnh bên của ngọn lửa cho mục đích này được xác định trong B.2 cho cột và B.3 cho dầm. Cho tất cả mục đích khác, sử dụng kích thước của ngọn lửa từ Phụ lục B của TCVN X1991-1-2.

(5) Hệ số hình dạng $\phi_{z,i}$ cho mặt cấu kiện không tiếp xúc với lửa thì lấy bằng 0.

(6) Bề mặt cấu kiện có thể được bảo vệ bởi màng nhiệt, xem 4.2.5.4. Bề mặt cấu kiện liền kề với vách ngăn khoang cháy xem như được bảo vệ với điều kiện là không có lỗ mở trên bề mặt của vách ngăn đó. Tất cả bề mặt cấu kiện còn lại được xem như là không bảo vệ.

B.2 Cột không chìm trong lửa

B.2.1 Truyền nhiệt bức xạ

(1) Cần phân biệt giữa cột đặt đối diện lỗ mở và cột đặt giữa các lỗ mở.

CHÚ THÍCH: Hình minh họa được đưa ra trong Hình B.2.

(2) Nếu cột nằm đối diện lỗ mở, thông lượng bức xạ nhiệt I_z từ ngọn lửa được xác định:

$$I_z = \phi_z \varepsilon_z \sigma T_z^4 \quad (\text{B.6})$$

trong đó:

ϕ_z : Hệ số hình dạng toàn phần của cột cho nhiệt từ ngọn lửa xem B.1.4;

ε_z : Sự phát xạ của lỗ mở xem B.2.2;

T_z : Nhiệt độ của ngọn lửa [K] từ B.2.3.

CHÚ THÍCH: Minh họa xem Hình B.3.

(3) Nếu cột nằm giữa các lỗ mở, tổng thông lượng bức xạ nhiệt I_z từ ngọn lửa ở mỗi bên được xác định:

$$I_z = (\phi_{z,m}\varepsilon_{z,m} + \phi_{z,n}\varepsilon_{z,n})\sigma T_z^4 \quad (B.7)$$

trong đó:

$\phi_{z,m}$ Hệ số hình dạng toàn phần của cột từ nhiệt của ngọn lửa phía m, xem B.1.4;

$\phi_{z,n}$ Hệ số hình dạng toàn phần của cột từ nhiệt của ngọn lửa phía n, xem B.1.4;

$\varepsilon_{z,m}$ Tổng sự phát xạ của ngọn lửa phía m, xem B.2.2;

$\varepsilon_{z,n}$ Tổng sự phát xạ của ngọn lửa phía n, xem B.2.2.

CHÚ THÍCH: Hình minh họa được đưa ra trong Hình B.4.

B2.2 Sự phát xạ nhiệt của lửa

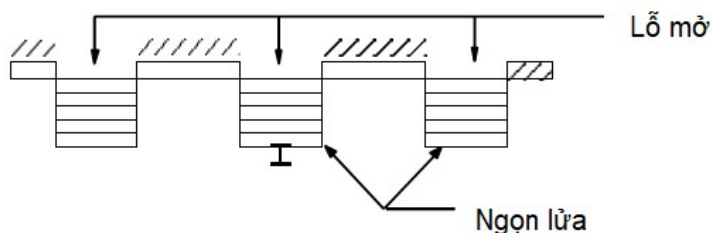
(1) Nếu cột đặt đối diện lỗ mở, độ phát xạ nhiệt ε_z được xác định từ biểu thức cho ε đưa ra trong Phụ lục B của TCVN X1991-1-2 sử dụng chiều dày ngọn lửa λ tại điểm cao nhất của lỗ mở với điều kiện là không có mái hiên hay ban công phía trên lỗ mở λ có thể lấy như sau:

- đối với điều kiện không thông gió cưỡng bức: $\lambda = 2h / 3$ (B.8a)

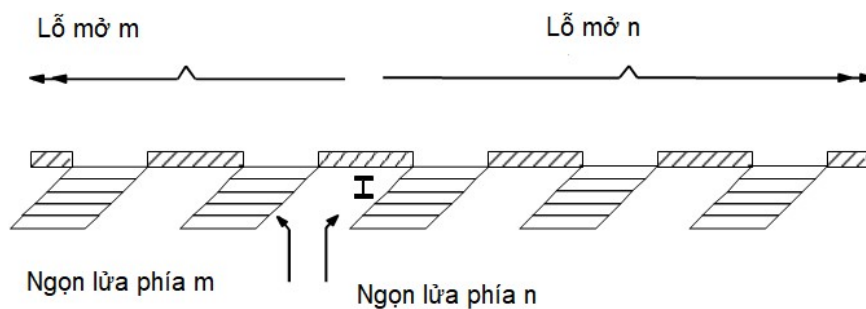
- đối với điều kiện thông gió cưỡng bức: $\lambda = x$ với $\lambda \leq hx / z$ (B.8b)

trong đó:

h , x và z được đưa ra trong Phụ lục B của TCVN X1991-1-2.

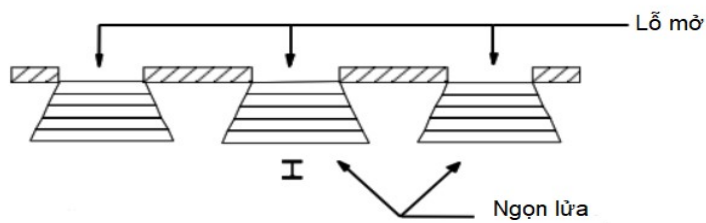


1) Cột đối diện lỗ mở

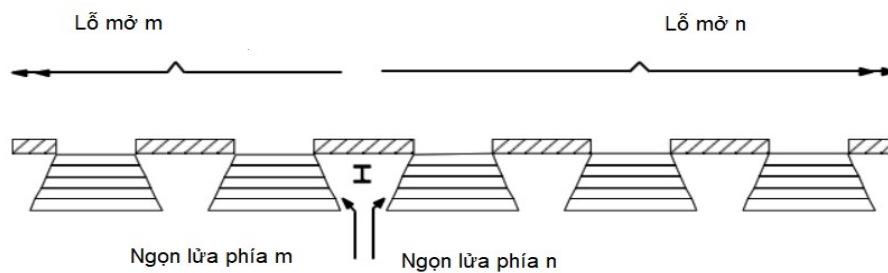


2) Cột nằm giữa các lỗ mở

a) Điều kiện không thông gió cưỡng bức



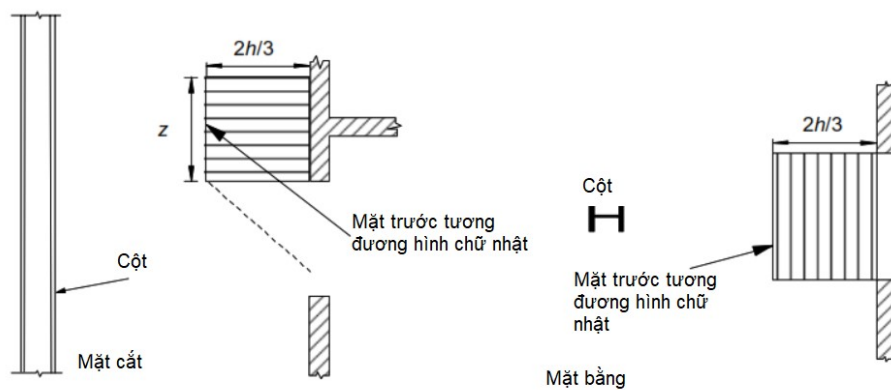
1) Cột đối diện lỗ mở



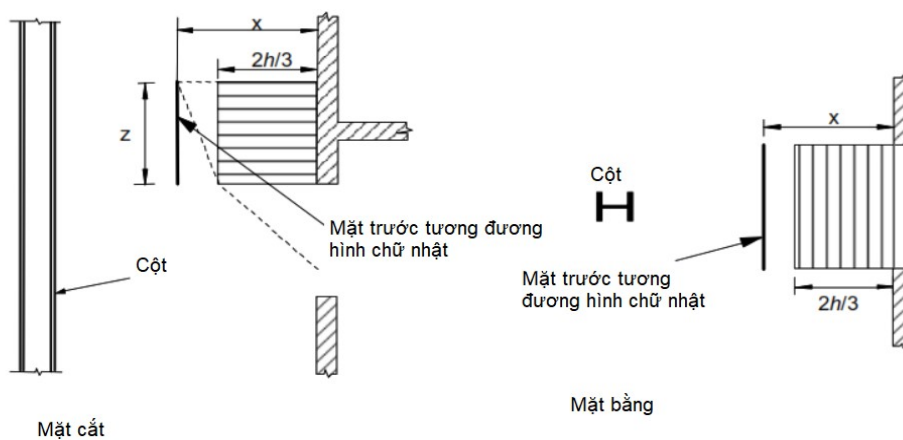
2) Cột nằm giữa các lỗ mở

b) Điều kiện thông gió cưỡng bức

Hình B.2- Vị trí cột

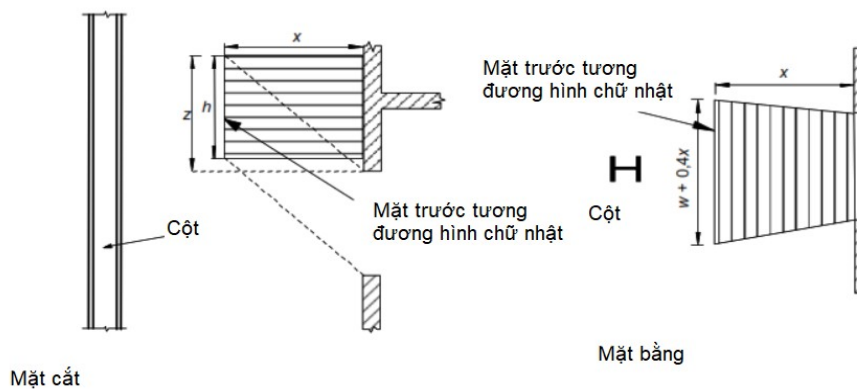


1) Tường nằm phía trên và $h < 1,25w$



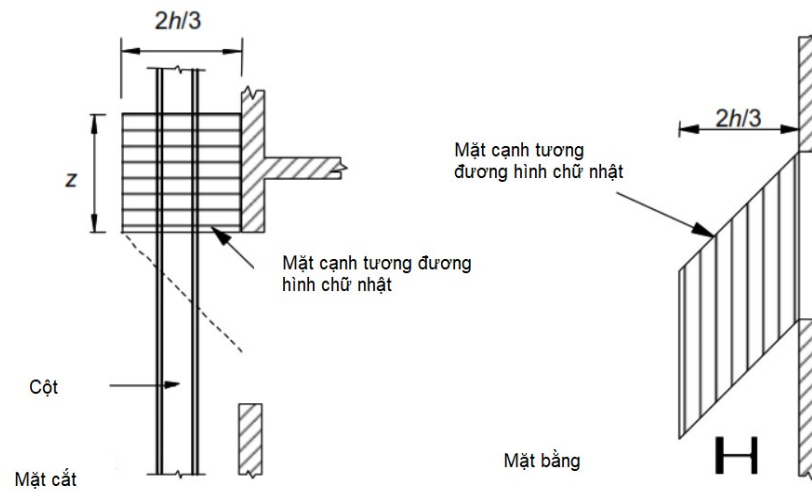
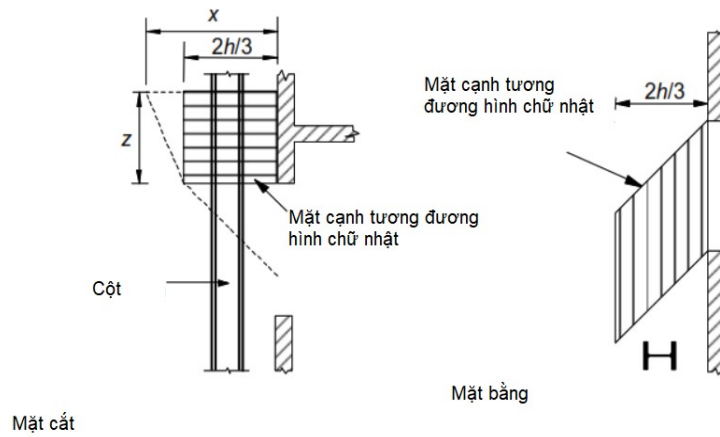
2) Tường nằm trên và $h > 1,25w$ hoặc không có tường nằm trên

a) Không thông gió cưỡng bức

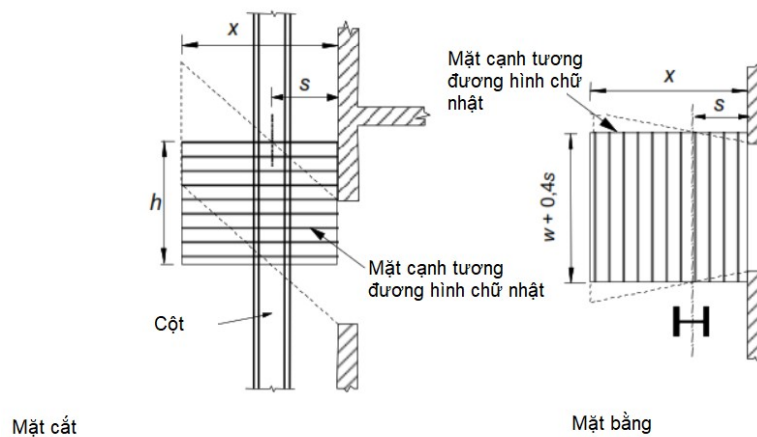


b) Thông gió cưỡng bức

Hình B.3 - Cột đối diện với lỗ mở

1) Tường nằm phía trên và $h < 1,25w$ 2) Tường nằm trên và $h > 1,25w$ hoặc không có tường nằm trên

a) Không thông gió cưỡng bức



b) Thông gió cưỡng bức

Hình B.4 - Cột nằm giữa các lỗ mở

(2) Nếu cột nằm giữa 2 lỗ mở, tổng sự phát xạ của ngọn lửa $\varepsilon_{z,m}$, $\varepsilon_{z,n}$ từ phía m và n được xác định từ biểu thức cho ε đưa ra trong Phụ lục B của TCVN X1991-1-2 sử dụng tổng giá trị của bề dày lửa λ .

- Cho phía m: $\lambda = \sum_{i=1}^m \lambda_i$ (B.9a)

- Cho phía n: $\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ (B.9b)

trong đó:

m là số lượng lỗ mở phía m;

n là số lượng lỗ mở phía n;

λ_i là bề dày lửa cho lỗ mở i.

(3) Bề dày lửa λ_i được xác định như sau:

- đối với điều kiện không có thông gió cưỡng bức:

$$\lambda_i = w_i \quad (\text{B.10a})$$

- đối với điều kiện thông gió cưỡng bức:

$$\lambda_i = w_i + 0,4s \quad (\text{B.10b})$$

trong đó:

w_i : bề rộng của lỗ mở;

s: khoảng cách ngang từ tâm cột đến tường của khoang cháy, xem Hình B.1.

B.2.3 Nhiệt độ ngọn lửa

(1) Nhiệt độ ngọn lửa T_z được lấy như là nhiệt độ tại trục ngọn lửa xác định từ biểu thức T_z trong Phụ lục B của TCVN X1991-1-2 đối với điều kiện không thông gió cưỡng bức, hoặc thông gió cưỡng bức khi thích hợp, tại khoảng cách l từ lỗ mở đo theo trục ngọn lửa xác định như sau:

- đối với điều kiện không thông gió cưỡng bức:

$$l = h / 2 \quad (\text{B.11a})$$

- Đối với điều kiện thông gió cưỡng bức:

+ Đối với cột đối diện lỗ mở:

$$l = 0 \quad (\text{B.11b})$$

+ Đối với cột nằm giữa lỗ mở l là khoảng cách dọc theo trục ngọn lửa đến một điểm tại khoảng cách ngang s từ tường của khoang cháy. Khi không có mái hiên hoặc ban công phía trên lỗ mở:

$$l = sX / x \quad (\text{B.11c})$$

trong đó:

X và x được xác định trong Phụ lục B của TCVN X1991-1-2.

B.2.4 Hấp thụ nhiệt của lửa

(1) Đối với điều kiện không có thông gió cưỡng bức, độ hấp thụ nhiệt a_z được lấy bằng 0.

(2) Đối với điều kiện có thông gió cưỡng bức, độ hấp thụ nhiệt a_z cần được lấy bằng với độ bức xạ nhiệt ε_z của ngọn lửa tương ứng, xem B.2.2.

B.3 Dầm không chìm trong lửa

B.3.1 Truyền nhiệt do bức xạ

(1) Trong B.3, giả định rằng vị trí thấp nhất của dầm không thấp hơn vị trí cao nhất của lỗ mở trong khoang cháy.

(2) Cần phân biệt giữa dầm song song với tường ngoài của khoang cháy và dầm vuông góc với tường ngoài của khoang cháy, xem Hình B.5.

(3) Nếu dầm song song với tường ngoài của khoang cháy, nhiệt độ trung bình của cấu kiện thép T_m được xác định từ một điểm nằm trên chiều dài của dầm ngay trên tâm của lỗ mở. Trong trường hợp này thông lượng bức xạ nhiệt I_z từ ngọn lửa được xác định:

$$I_z = \phi_z \varepsilon_z \sigma T_z^4 \quad (\text{B.12})$$

trong đó:

ϕ_z : Hệ số hình dạng toàn phần cho ngọn lửa đối diện với dầm, xem B.1.4;

ε_z : Độ bức xạ nhiệt của lửa, xem B.3.2;

T_z : Nhiệt độ của ngọn lửa [K] từ B.3.3.

(4) Nếu dầm vuông góc với tường ngoài của khoang cháy, nhiệt độ trung bình của dầm được xác định tại nhóm các điểm cách đều nhau 100 mm dọc theo chiều dài của dầm. Nhiệt độ trung bình của cấu kiện thép T_m được lấy là giá trị lớn nhất. Trong trường hợp đó, thông lượng bức xạ nhiệt I_z từ ngọn lửa được xác định:

$$I_z = (\phi_{z,m} \varepsilon_{z,m} + \phi_{z,n} \varepsilon_{z,n}) \sigma T_z^4 \quad (\text{B.13})$$

trong đó:

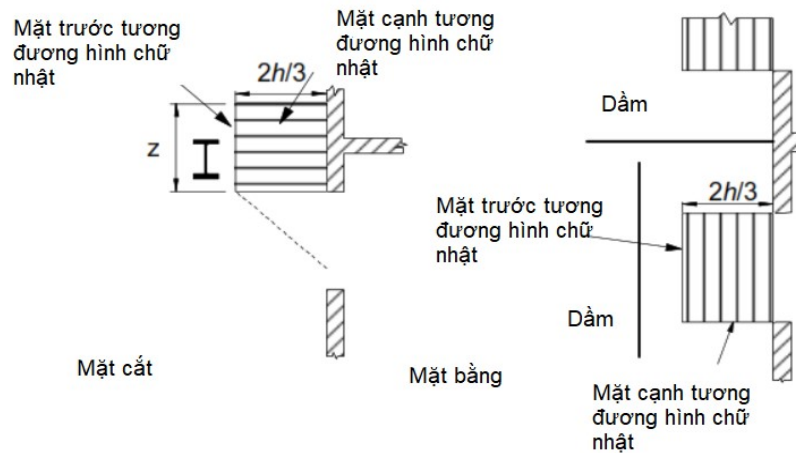
$\phi_{z,m}$: Hệ số hình dạng toàn phần của dầm từ nhiệt của ngọn lửa bên mặt m, xem B.3.2;

$\phi_{z,n}$: Hệ số hình dạng toàn phần của dầm từ nhiệt của ngọn lửa bên mặt n, xem B.3.2;

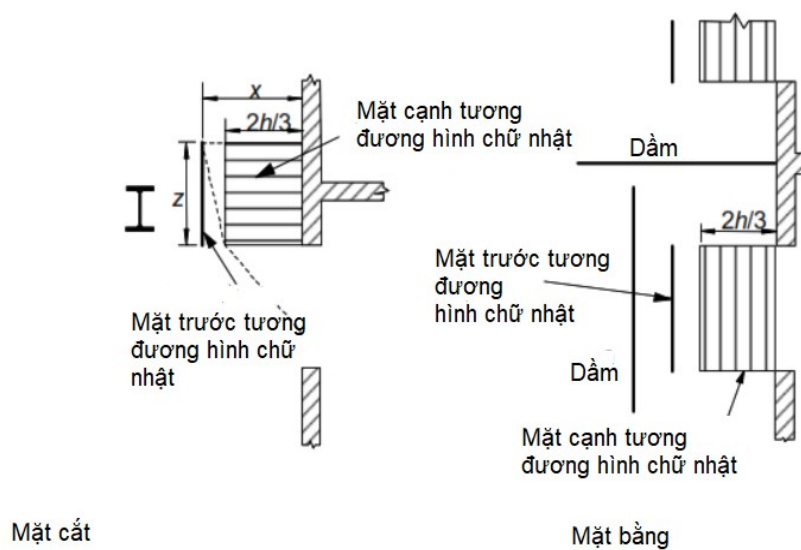
$\varepsilon_{z,m}$: Tổng sự phát xạ của ngọn lửa bên mặt m, xem B.3.3;

$\varepsilon_{z,n}$: Tổng sự phát xạ của ngọn lửa bên mặt n, xem B.3.3;

T_z Nhiệt độ của ngọn lửa [K] từ B.3.4.



1) Tường nằm phía trên và $h < 1,25w$



2) Tường nằm trên và $h > 1,25w$ hoặc không có tường nằm trên

a) Không thông gió cưỡng bức

m là số lượng lỗ mở phía m ;

n là số lượng lỗ mở phía n ;

λ_i là bề dày lửa cho lỗ mở i .

(3) Bề dày lửa λ_i được xác định như sau:

- đối với điều kiện không thông gió cưỡng bức:

$$\lambda_i = w_i \quad (\text{B.16a})$$

- đối với điều kiện thông gió cưỡng bức:

$$\lambda_i = w_i + 0,4s \quad (\text{B.16b})$$

trong đó:

w_i : bề rộng của lỗ mở;

s : khoảng cách ngang từ tường của khoang cháy đến điểm đang xét nằm dưới dầm, xem Hình B.5.

B.3.3 Nhiệt độ ngọn lửa

(1) Nhiệt độ ngọn lửa T_z tại trục ngọn lửa xác định từ biểu thức T_z trong Phụ lục B của TCVN X1991-1-2 đối với điều kiện không thông gió cưỡng bức, hoặc không thông gió cưỡng bức khi thích hợp, tại khoảng cách l từ lỗ mở đo theo trục ngọn lửa:

- đối với điều kiện không thông gió cưỡng bức:

$$l = h / 2 \quad (\text{B.17a})$$

- đối với điều kiện thông gió cưỡng bức:

- Cho dầm song song với tường ngoài của khoang cháy, phía trên lỗ mở:

$$l = 0 \quad (\text{B.17b})$$

- Cho dầm vuông góc với tường ngoài của khoang cháy nằm giữa l là khoảng cách dọc theo trục ngọn lửa đến 1 điểm tại khoảng cách ngang s từ tường của khoang cháy. Với điều kiện là không có mái hiên và ban công phía trên lỗ mở.

$$l = sX / x \quad (\text{B.17c})$$

trong đó:

X và x được xác định trong Phụ lục B của TCVN X1991-1-2.

B.3.4 Độ hấp thụ nhiệt của lửa

(1) đối với điều kiện không thông gió cưỡng bức, độ hấp thụ nhiệt a_z được lấy bằng 0.

(2) đối với điều kiện thông gió cưỡng bức, độ hấp thụ nhiệt a_z được lấy bằng với độ phát xạ nhiệt ε_z , xem B.3.2.

B.4 Cột chìm trong lửa

(1) Thông lượng bức xạ nhiệt I_z từ ngọn lửa được xác định:

$$I_z = \frac{(I_{z,1} + I_{z,2}).d_1 + (I_{z,3} + I_{z,4}).d_2}{(C_1 + C_2).d_1 + (C_3 + C_4).d_2} \quad (\text{B.18})$$

Với: $I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_z^4$

$$I_{z,2} = C_2 \varepsilon_{z,2} \sigma T_z^4$$

$$I_{z,3} = C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma T_o^4$$

$$I_{z,4} = C_4 \varepsilon_{z,4} \sigma T_z^4$$

trong đó:

$I_{z,i}$ thông lượng bức xạ nhiệt từ ngọn lửa tới bề mặt i của cột;

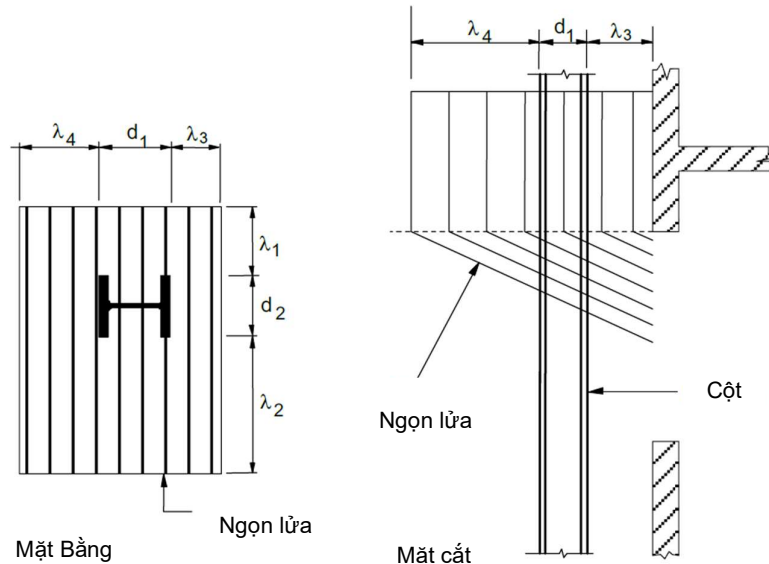
$\varepsilon_{z,i}$ sự phát xạ của ngọn lửa tới bề mặt i của cột;

i chỉ số chỉ bề mặt cột (1) (2) (3) hoặc (4);

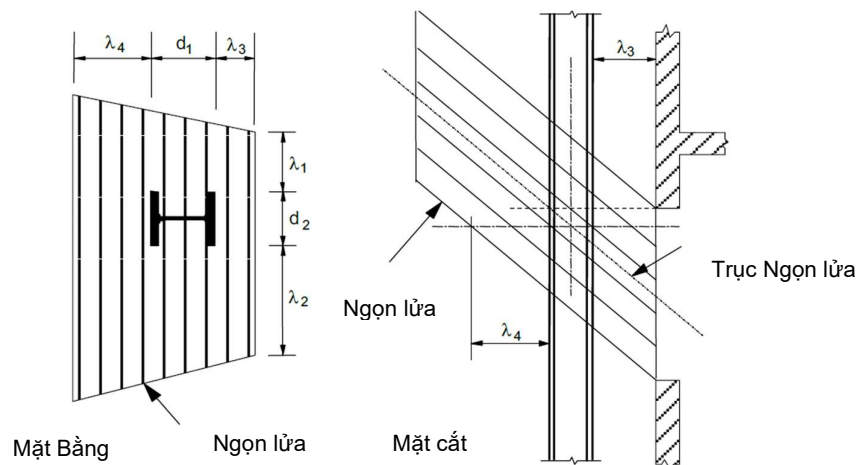
C_i hệ số bảo vệ bề mặt i của cấu kiện, xem B.1.4;

T_z nhiệt độ ngọn lửa [K];

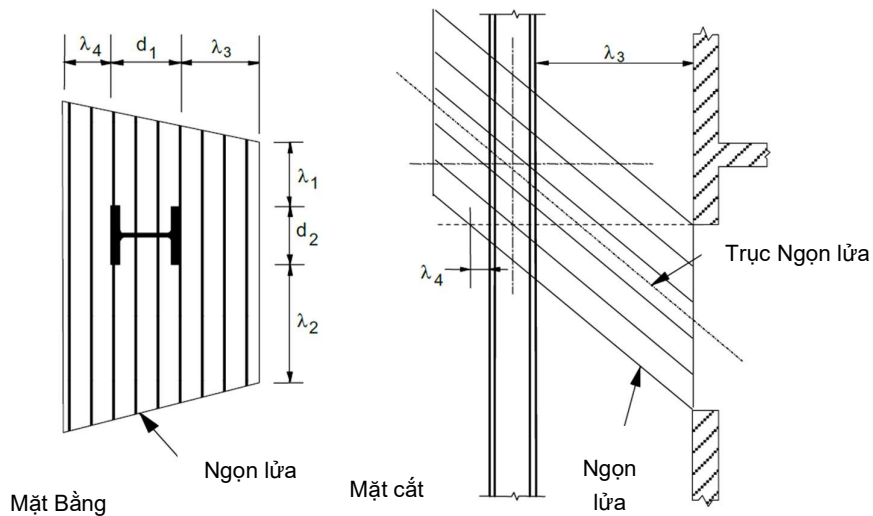
T_o nhiệt độ ngọn lửa tại lỗ mở [K] từ Phụ lục B của TCVN X1991-1-2.



a) Điều kiện không thông gió cưỡng bức



1) Trục ngọn lửa giao cắt với trục cột nằm dưới đỉnh của lỗ mở



2) Trục ngọn lửa giao cắt với trục cột nằm trên đỉnh của lỗ mở

b) Điều kiện thông gió cưỡng bức

Hình B.6 – Cột chìm trong lửa

(2) Sự phát xạ của ngọn lửa $\varepsilon_{z,i}$ cho mỗi mặt 1, 2, 3 và 4 của cột cần được xác định từ biểu thức của ε được đưa ra trong Phụ lục B của TCVN X1991-1-2 sử dụng bề dày lửa λ bằng với kích thước λ_i được đưa ra trong Hình B.6 tương ứng với mặt i của cột.

(3) Đối với điều kiện không thông gió cưỡng bức giá trị của λ_i tại điểm cao nhất của lỗ mở sử dụng xem Hình B.6(a).

(4) Đối với điều kiện thông gió cưỡng bức nếu điểm giao nhau của trục ngọn lửa và tâm cột nằm thấp hơn điểm cao nhất của lỗ mở, giá trị λ_i tại điểm giao nhau được sử dụng, xem Hình B.6(b) (1). Nếu

không, giá trị của λ_1 tại điểm cao nhất của lỗ mở sẽ được sử dụng, xem Hình B.6(b) (2), trừ khi nếu $\lambda_4 < 0$ tại điểm đó, giá trị tại điểm mà $\lambda_4 = 0$ sẽ được sử dụng.

(5) Nhiệt độ ngọn lửa T_z được lấy như nhiệt độ tại trục ngọn lửa thu được từ biểu thức T_z đưa ra trong Phụ lục B của TCVN X1991-1-1-2 đối với điều kiện không thông gió cưỡng bức hoặc đối với điều kiện thông gió cưỡng bức, tại khoảng cách l từ lỗ mở đo dọc theo trục ngọn lửa:

- đối với không thông gió cưỡng bức

$$l = h / 2 \quad (\text{B.19a})$$

- đối với thông gió cưỡng bức l là khoảng cách dọc theo trục ngọn lửa tới điểm mà λ_1 được đo. Với điều kiện là không có mái hiên hoặc ban công phía trên lỗ mở:

$$l = (\lambda_3 + 0,5d_1)X / x \quad \text{với } l \leq 0,5hX / z \quad (\text{B.19b})$$

trong đó h , X , x và z được xác định từ Phụ lục B của TCVN X1991-1-2.

(6) Sự hấp thụ a_z của ngọn lửa được xác định:

$$a_z = \frac{\varepsilon_{z,1} + \varepsilon_{z,2} + \varepsilon_{z,3}}{3} \quad (\text{B.20})$$

trong đó $\varepsilon_{z,1}$, $\varepsilon_{z,2}$, $\varepsilon_{z,3}$ là sự phát xạ của ngọn lửa cho bề mặt cột 1, 2 và 3.

B.5 Dầm chìm toàn bộ hoặc một phần trong lửa

B.5.1 Truyền nhiệt do bức xạ

B.5.1.1 Tổng quát

(1) Trong mục B.5, giả định rằng đáy của dầm không thấp hơn điểm cao nhất của lỗ mở liền kề trong khoang cháy.

(2) Cần phân biệt giữa dầm song song với tường ngoài của khoang cháy và dầm vuông góc với tường ngoài của khoang cháy, xem Hình B.7.

(3) Nếu dầm song song với tường ngoài của khoang cháy, nhiệt độ trung bình T_m được xác định từ 1 điểm trong độ dài của dầm đến phía trên tâm lỗ mở.

(4) Nếu dầm vuông với tường ngoài của khoang cháy, nhiệt độ trung bình của cấu kiện được xác định tại nhóm các điểm cách đều nhau 100 mm dọc theo chiều dài của dầm. Giá trị lớn nhất của những giá trị đó được chấp nhận là giá trị trung bình của cấu kiện thép T_m .

(5) Thông lượng bức xạ nhiệt I_z từ ngọn lửa được xác định:

$$I_z = \frac{(I_{z,1} + I_{z,2}).d_1 + (I_{z,3} + I_{z,4}).d_2}{(C_1 + C_2).d_1 + (C_3 + C_4).d_2} \quad (\text{B.21})$$

trong đó:

$I_{z,i}$ là thông lượng bức xạ nhiệt từ ngọn lửa đến mặt i của dầm;

i chỉ số bề mặt dầm (1), (2), (3) hoặc (4).

B.5.1.2 Điều kiện không thông gió cưỡng bức

(1) Đối với điều kiện không thông gió cưỡng bức cần phân biệt giữa các trường hợp điểm cao nhất của ngọn lửa nằm trên điểm cao nhất của dầm hoặc những điểm thấp hơn.

(2) Nếu đỉnh của ngọn lửa nằm phía trên điểm cao nhất của dầm thì xác định như sau:

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_o^4 \quad (B.22a)$$

$$I_{z,2} = C_2 \varepsilon_{z,2} \sigma T_{z,2}^4 \quad (B.22b)$$

$$I_{z,3} = C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad (B.22c)$$

$$I_{z,4} = C_4 \varepsilon_{z,4} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad (B.22d)$$

trong đó:

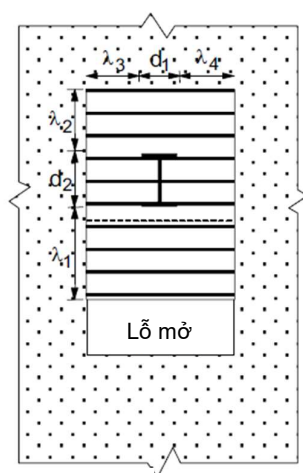
$\varepsilon_{z,i}$ là sự phát xạ của ngọn lửa đối với mặt i của dầm xem B.5.2;

T_o là nhiệt độ của lỗ mở [K] từ Phụ lục B của TCVN X1991-1-2;

$T_{z,1}$ là nhiệt độ ngọn lửa [K] từ Phụ lục B của TCVN X1991-1-2 phía cuối dầm;

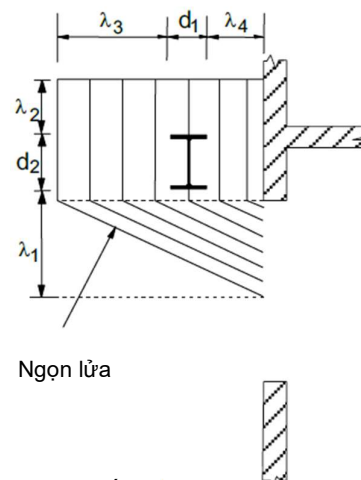
$T_{z,2}$ là nhiệt độ ngọn lửa [K] từ Phụ lục B của TCVN X1991-1-2 phía đỉnh dầm.

(3) Trong trường hợp dầm song song với tường ngoài của khoang cháy, C_4 có thể được lấy bằng 0 nếu dầm liền kề với tường, xem Hình B.7



Mặt đứng

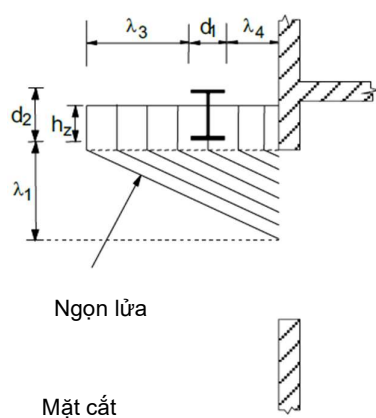
1) Dầm vuông góc với tường



Ngọn lửa

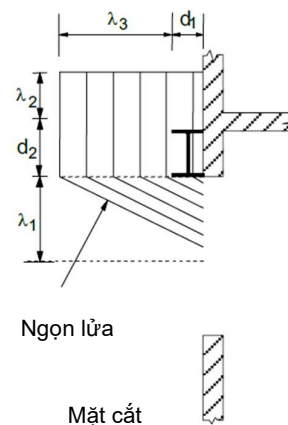
Mặt cắt

2) Dầm song song với tường

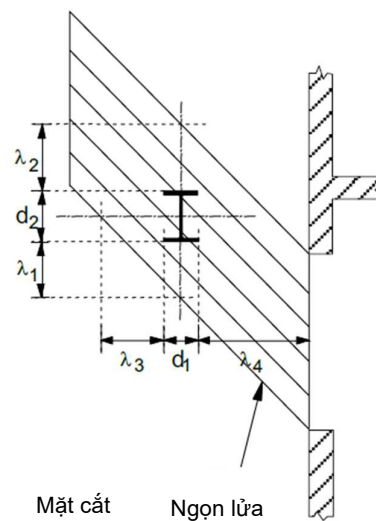


3) Đỉnh ngọn lửa thấp hơn đỉnh của dầm

a) Điều kiện không thông gió cưỡng bức

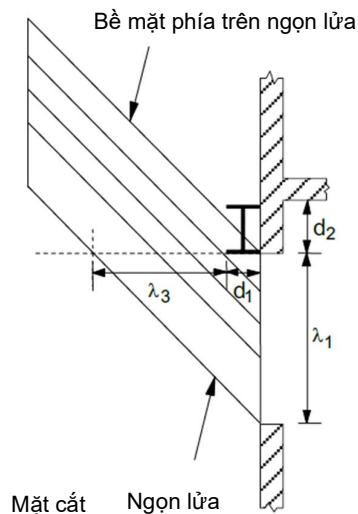


4) Dầm liền kề với tường



1) Dầm không liền kề với tường

b) Điều kiện thông gió cưỡng bức



2) Dầm liền kề với tường

Hình B.7- Dầm chìm trong lửa

(4) Nếu đỉnh của ngọn lửa nằm phía dưới điểm cao nhất của dầm thì xác định như sau:

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_o^4 \quad (\text{B.23a})$$

$$I_{z,2} = 0 \quad (\text{B.23b})$$

$$I_{z,3} = (h_z / d_2) C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma (T_{z,1}^4 + T_x^4) / 2 \quad (\text{B.23c})$$

$$I_{z,4} = (h_z / d_2) C_4 \varepsilon_{z,4} \sigma (T_{z,1}^4 + T_x^4) / 2 \quad (\text{B.23d})$$

trong đó:

T_x là nhiệt độ ở đỉnh ngọn lửa [813 K];

h_z là chiều cao của đỉnh ngọn lửa nằm trên điểm thấp nhất của dầm.

B.5.1.3 Điều kiện thông gió cưỡng bức

(1) Đối với điều kiện thông gió cưỡng bức, trong trường hợp dầm song song với tường ngoài của khoang cháy, cần phân biệt giữa dầm nằm liền kề với tường và dầm không nằm liền kề với tường.

CHÚ THÍCH: Minh họa xem Hình B.7.

(2) Nếu dầm song song với tường nhưng không nằm liền kề với nó hoặc dầm vuông góc với tường thì được xác định như sau:

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_o^4 \quad (B.24a)$$

$$I_{z,2} = C_2 \varepsilon_{z,2} \sigma T_{z,2}^4 \quad (B.24b)$$

$$I_{z,3} = C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad (B.24c)$$

$$I_{z,4} = C_4 \varepsilon_{z,4} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad (B.24d)$$

(3) Nếu dầm song song với tường và nằm liền kề với nó, chỉ mặt cuối dầm tính toán trong điều kiện chìm trong lửa nhưng mặt bên và mặt trên tính toán như trong điều kiện tiếp xúc bức xạ nhiệt truyền từ mặt trên của ngọn lửa xem Hình B.7(b)(2). Do đó:

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_o^4 \quad (B.25a)$$

$$I_{z,2} = \phi_{z,2} C_2 \varepsilon_{z,2} \sigma T_{z,2}^4 \quad (B.25b)$$

$$I_{z,3} = \phi_{z,3} C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad (B.25c)$$

$$I_{z,4} = 0 \quad (B.25d)$$

trong đó:

$\phi_{z,i}$ Hệ số hình dạng tương đối với bề mặt trên của ngọn lửa, cho bề mặt i của dầm từ Phụ lục G của TCVN X1991-1-2.

B.5.2 Sự phát xạ nhiệt

(1) Sự phát xạ của ngọn lửa $\varepsilon_{z,i}$ cho mỗi mặt 1, 2, 3 và 4 của dầm được xác định từ biểu thức ε đưa ra trong Phụ lục B của TCVN X1991-1-2 sử dụng bề dày lửa λ bằng với kích thước λ_i được đưa ra trong Hình B.7 tương ứng với bề mặt i của dầm.

B.5.3 Hấp thụ nhiệt của lửa

(1) Sự hấp thụ nhiệt a_z được xác định:

$$a_z = 1 - e^{-0,3h} \quad (B.26)$$

trong đó:

h là chiều cao lỗ mở. Xem Hình B.7b) (chiều cao ký hiệu là λ_1)

Phụ lục C (Tham khảo)

Thép không gỉ

C.1 Tổng quát

(1) Tính chất nhiệt và cơ học của thép không gỉ cho trong phụ lục này: 1.4301, 1.4401, 1.4571, 1.4003 và 1.4462.

CHÚ THÍCH: Đối với loại thép không gỉ khác theo TCVN X1993-1-4 tính chất cơ học cho trong 3.2 có thể được áp dụng. Tính chất nhiệt học có thể lấy từ phụ lục này.

(2) Giá trị của tính chất vật liệu cho trong phụ lục này có thể xem là giá trị đặc trưng.

(3) Tính chất cơ học của thép ở 20 °C có thể được xác định trong TCVN X1993-1-4 đối với thiết kế ở nhiệt độ thường.

C.2 Tính chất cơ học của thép

C.2.1 Tính chất về cường độ và biến dạng

(1) Đối với tốc độ gia nhiệt nằm trong khoảng từ 2 đến 50 K/phút, cường độ và biến dạng của thép không gỉ ở nhiệt độ cao có thể xác định từ quan hệ ứng suất-biến dạng cho trong Hình C.1.

CHÚ THÍCH: Quy định áp dụng trong tiêu chuẩn này là giả thiết tốc độ gia nhiệt nằm trong khoảng giới hạn xác định.

(2) Quan hệ ứng suất-biến dạng này có thể được sử dụng để tính toán khả năng chịu kéo, nén, mô men hoặc cắt.

(3) Bảng C.1 đưa ra các hệ số giảm, tương ứng với giá trị ở 20 °C, đối với quan hệ ứng suất biến dạng của một số loại thép không gỉ ở nhiệt độ cao như sau:

- Độ dốc của khoảng đàn hồi tuyến tính, tương ứng với độ dốc ở 20 °C: $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$

- Giới hạn chảy quy ước, tương ứng giới hạn chảy ở 20 °C: $k_{0,2p,\theta} = f_{0,2p,\theta} / f_y$

- Giới hạn bền kéo, tương ứng với giới hạn bền kéo ở 20 °C: $k_{u,\theta} = f_{u,\theta} / f_u$

(4) Đối với việc sử dụng phương pháp tính toán nâng cao cho trong Bảng C.1 đưa ra hệ số điều chỉnh $k_{2\%,\theta}$ cho việc xác định giới hạn chảy áp dụng:

$$f_{y,\theta} = f_{0,2p,\theta} + k_{2\%,\theta} (f_{u,\theta} - f_{0,2p,\theta}) \quad (C.1)$$

(5) Đối với việc sử dụng phương pháp tính toán nâng cao cho trong Bảng C.2 đưa ra giá trị bổ sung cho quan hệ ứng suất biến dạng của một số loại thép không gỉ ở nhiệt độ cao như sau:

- độ dốc tại giới hạn chảy quy ước, tương ứng với độ dốc ở 20 °C: $k_{Ect,\theta} = E_{ct,\theta} / E_a$

- biến dạng cực hạn: $\varepsilon_{u,\theta}$

C.2.2 Khối lượng riêng

(1) Khối lượng riêng của thép ρ_a có thể được coi là không phụ thuộc vào nhiệt độ của thép. Có thể sử dụng giá trị sau:

$$\rho_a = 7850 \text{ kg/m}^3$$

Khoảng biến dạng	Ứng suất σ	Mô đun tiếp tuyến E_t
$\varepsilon \leq \varepsilon_{c,\theta}$	$\frac{E \cdot \varepsilon}{1 + a \cdot \varepsilon^b}$	$\frac{E(1 + a \cdot \varepsilon^b - a \cdot b \cdot \varepsilon^b)}{(1 + a \cdot \varepsilon^b)^2}$
$\varepsilon_{c,\theta} < \varepsilon \leq \varepsilon_{u,\theta}$	$f_{0,2p,\theta} - e + (d/c) \sqrt{c^2 - (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon)^2}$	$\frac{d \cdot (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon)}{c \sqrt{c^2 - (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon)^2}}$
Tham số	$\varepsilon_{c,\theta} = f_{0,2p,\theta} / E_{a,\theta} + 0,002$	
Phương trình	$a = \frac{E_{a,\theta} \varepsilon_{c,\theta} - f_{0,2p,\theta}}{f_{0,2p,\theta} \varepsilon_{c,\theta}^b} \quad b = \frac{(1 - \varepsilon_{c,\theta} E_{ct,\theta} / f_{0,2p,\theta}) E_{a,\theta} \varepsilon_{c,\theta}}{(E_{a,\theta} \varepsilon_{c,\theta} / f_{0,2p,\theta} - 1) f_{0,2p,\theta}}$ $c^2 = (\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon_{c,\theta}) \left(\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon_{c,\theta} + \frac{e}{E_{ct,\theta}} \right) \quad d^2 = e(\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon_{c,\theta}) E_{ct,\theta} + e^2$ $e = \frac{(f_{u,\theta} - f_{0,2p,\theta})^2}{(\varepsilon_{u,\theta} - \varepsilon_{c,\theta}) E_{ct,\theta} - 2(f_{u,\theta} - f_{0,2p,\theta})}$	

Bảng C.1: Hệ số xác định biến dạng và độ cứng của thép không gỉ ở nhiệt độ cao

Nhiệt độ của thép θ_a	Hệ số giảm (tương ứng với E_a) đối với độ dốc khoảng đàn hồi tuyến tính $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_{a,0}$	Hệ số giảm (tương ứng với f_y) đối với giới hạn chảy quy ước $k_{0,2p,\theta} = f_{0,2p,\theta} / f_y$	Hệ số giảm (tương ứng với f_u) đối với giới hạn bền kéo $k_{u,\theta} = f_{u,\theta} / f_u$	Hệ số xác định giới hạn chảy $f_{y,\theta}$ $k_{2\%,\theta}$
Loại 1.4301				
20	1,00	1,00	1,00	0,26
100	0,96	0,82	0,87	0,24
200	0,92	0,68	0,77	0,19
300	0,88	0,64	0,73	0,19
400	0,84	0,60	0,72	0,19
500	0,80	0,54	0,67	0,19
600	0,76	0,49	0,58	0,22
700	0,71	0,40	0,43	0,26
800	0,63	0,27	0,27	0,35
900	0,45	0,14	0,15	0,38
1000	0,20	0,06	0,07	0,40
1100	0,10	0,03	0,03	0,40
1200	0,00	0,00	0,00	0,40
Loại 1.4401 / 1.4404				
20	1,00	1,00	1,00	0,24
100	0,96	0,88	0,93	0,24
200	0,92	0,76	0,87	0,24

300	0,88	0,71	0,84	0,24
400	0,84	0,66	0,83	0,21
500	0,80	0,63	0,79	0,20
600	0,76	0,61	0,72	0,19
700	0,71	0,51	0,55	0,24
800	0,63	0,40	0,34	0,35
900	0,45	0,19	0,18	0,38
1000	0,20	0,10	0,09	0,40
1100	0,10	0,05	0,04	0,40
1200	0,00	0,00	0,00	0,40
Loại 1.4571				
20	1,00	1,00	1,00	0,25
100	0,96	0,89	0,88	0,25
200	0,92	0,83	0,81	0,25
300	0,88	0,77	0,80	0,24
400	0,84	0,72	0,80	0,22
500	0,80	0,69	0,77	0,21
600	0,76	0,66	0,71	0,21
700	0,71	0,59	0,57	0,25
800	0,63	0,50	0,38	0,35
900	0,45	0,28	0,22	0,38
1000	0,20	0,15	0,11	0,40
1100	0,10	0,075	0,055	0,40

1200	0,00	0,00	0,00	0,40
Loại 1.4003				
20	1,00	1,00	1,00	0,37
100	0,96	1,00	0,94	0,37
200	0,92	1,00	0,88	0,37
300	0,88	0,98	0,86	0,37
400	0,84	0,91	0,83	0,42
500	0,80	0,80	0,81	0,40
600	0,76	0,45	0,42	0,45
700	0,71	0,19	0,21	0,46
800	0,63	0,13	0,12	0,47
900	0,45	0,10	0,11	0,47
1000	0,20	0,07	0,09	0,47
1100	0,10	0,035	0,045	0,47
1200	0,00	0,00	0,00	0,47
Loại 1.4462				
20	1,00	1,00	1,00	0,35
100	0,96	0,91	0,93	0,35
200	0,92	0,80	0,85	0,32
300	0,88	0,75	0,83	0,30
400	0,84	0,72	0,82	0,28
500	0,80	0,65	0,71	0,30
600	0,76	0,56	0,57	0,33

700	0,71	0,37	0,38	0,40
800	0,63	0,26	0,29	0,41
900	0,45	0,10	0,12	0,45
1000	0,20	0,03	0,04	0,47
1100	0,10	0,015	0,02	0,47
1200	0,00	0,00	0,00	0,47

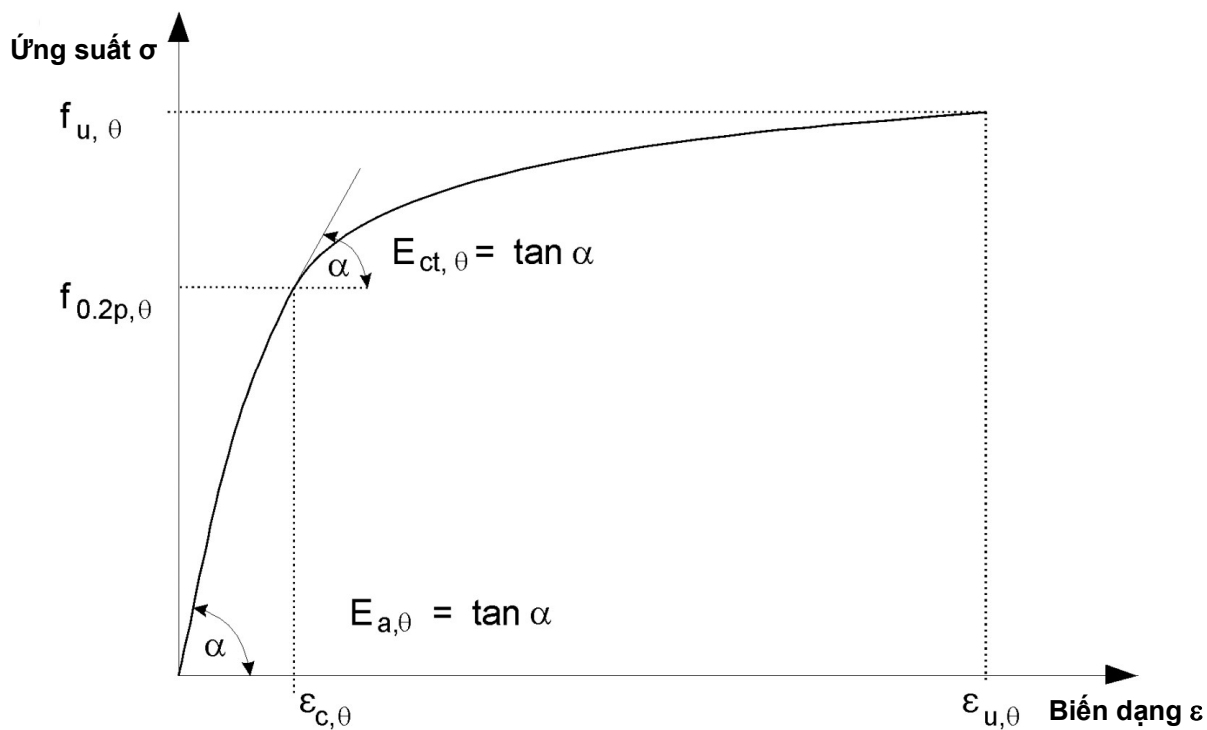
Bảng C.2: Hệ số giảm và biến dạng cực hạn sử dụng cho phương pháp tính toán nâng cao

Nhiệt độ của thép	Hệ số giảm (tương ứng với E_a) đối với độ dốc khoảng đàn hồi tuyến tính $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_{a,\theta}$	Biến dạng cực hạn $\varepsilon_{u,\theta}$ (-)
Loại 1.4301		
20	0,11	0,40
100	0,05	0,40
200	0,02	0,40
300	0,02	0,40
400	0,02	0,40
500	0,02	0,40
600	0,02	0,35
700	0,02	0,30
800	0,02	0,20
900	0,02	0,20
1000	0,02	0,20

1100	0,02	0,20
1200	0,02	0,20
Loại 1.4401 / 1.4404		
20	0,050	0,40
100	0,049	0,40
200	0,047	0,40
300	0,045	0,40
400	0,030	0,40
500	0,025	0,40
600	0,020	0,40
700	0,020	0,30
800	0,020	0,20
900	0,020	0,20
1000	0,020	0,20
1100	0,020	0,20
1200	0,020	0,20
Loại 1.4571		
20	0,060	0,40
100	0,060	0,40
200	0,050	0,40
300	0,040	0,40
400	0,030	0,40
500	0,025	0,40

600	0,020	0,35
700	0,020	0,30
800	0,020	0,20
900	0,020	0,20
1000	0,020	0,20
1100	0,020	0,20
1200	0,020	0,20
Loại 1.4003		
20	0,055	0,20
100	0,030	0,20
200	0,030	0,20
300	0,030	0,20
400	0,030	0,15
500	0,030	0,15
600	0,030	0,15
700	0,030	0,15
800	0,030	0,15
900	0,030	0,15
1000	0,030	0,15
1100	0,030	0,15
1200	0,030	0,15
Loại 1.4462		
20	0,100	0,20

100	0,070	0,20
200	0,037	0,20
300	0,035	0,20
400	0,033	0,20
500	0,030	0,20
600	0,030	0,20
700	0,025	0,15
800	0,025	0,15
900	0,025	0,15
1000	0,025	0,15
1100	0,025	0,15
1200	0,025	0,15



CHÚ DẪN: $f_{u,\theta}$ giới hạn bền kéo;
 $f_{0.2p,\theta}$ giới hạn chảy quy ước tại 0,2 % biến dạng dẻo;
 $E_{a,\theta}$ độ dốc khoảng đàn hồi tuyến tính;
 $E_{ct,\theta}$ độ dốc tại giới hạn chảy quy ước;
 $\varepsilon_{c,\theta}$ biến dạng toàn phần tại giới hạn chảy quy ước;
 $\varepsilon_{u,\theta}$ biến dạng cực hạn.

Hình C.1 – Quan hệ ứng suất-biến dạng của thép không gỉ ở nhiệt độ cao

C.3 Tính chất nhiệt học

C.3.1 Độ giãn dài do nhiệt

(1) Độ giãn dài do nhiệt của thép không gỉ $\Delta l / l$ có thể được xác định như sau:

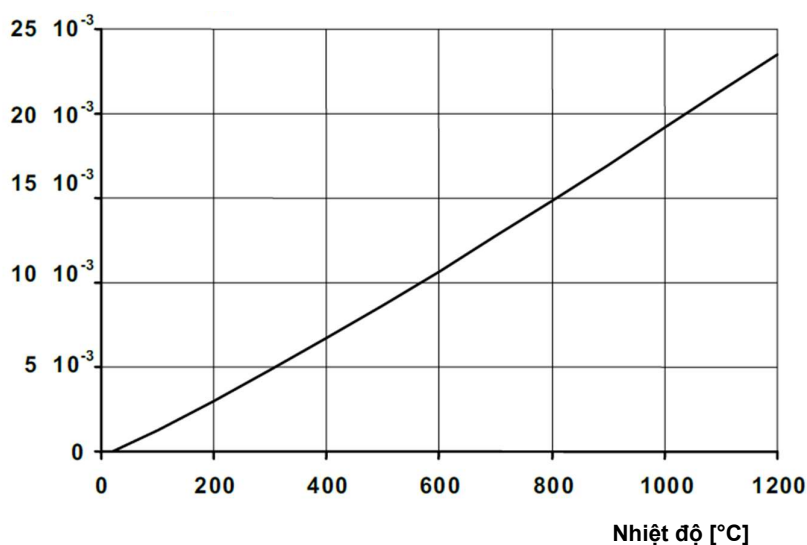
$$\Delta l / l = (16 + 4,79 \times 10^{-3} \theta_a - 1,243 \times 10^{-6} \theta_a^2) \times (\theta_a - 20) 10^{-6} \quad (C.1)$$

trong đó:

l là độ dài ở 20 °C;
 Δl là độ giãn do nhiệt độ;
 θ_a là nhiệt độ của thép [°C].

CHÚ THÍCH: Độ thay đổi của độ giãn dài do nhiệt phụ thuộc vào nhiệt độ được thể hiện trong Hình C.2.

Độ giãn dài tương đối $\Delta l / l$ [-



Hình C.2 – Độ giãn dài tương đối của thép không gỉ phụ thuộc vào nhiệt độ

C.3.2 Nhiệt dung riêng

(1) Nhiệt dung riêng của thép không gỉ c_a có thể được xác định như sau:

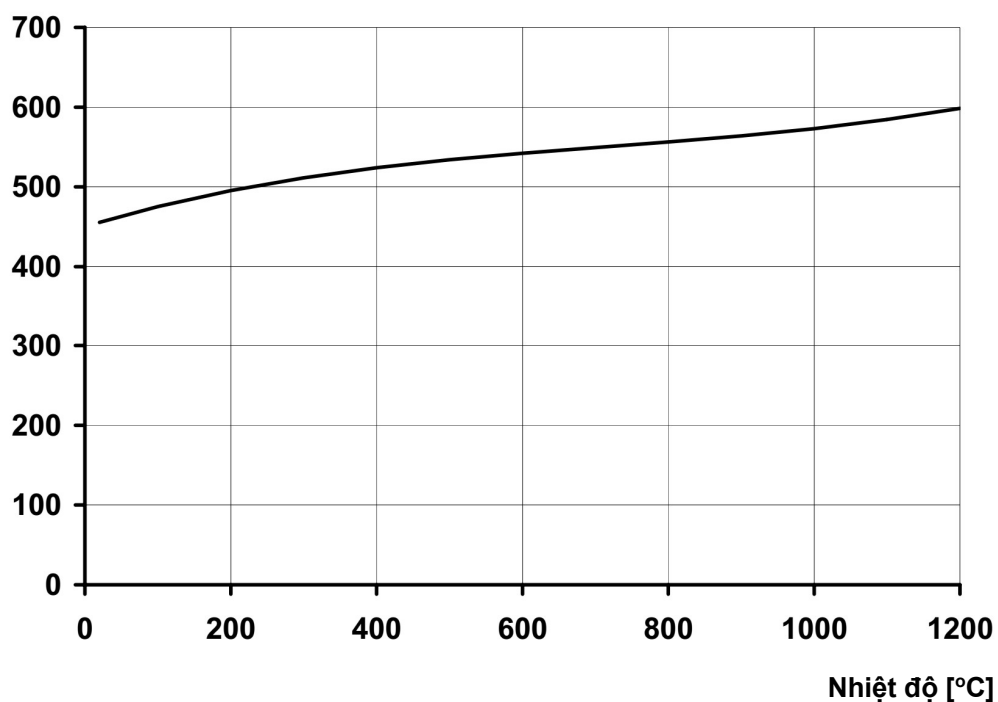
$$c_a = 450 + 0,280 \times \theta_a - 2,91 \times 10^{-4} \theta_a^2 + 1,34 \times 10^{-7} \theta_a^3 \quad \text{J/kgK} \quad (\text{C.2})$$

trong đó:

θ_a là nhiệt độ của thép [$^{\circ}\text{C}$]

CHÚ THÍCH: Độ thay đổi của nhiệt dung riêng phụ thuộc vào nhiệt độ được thể hiện trong Hình C.3.

Nhiệt dung riêng [J / kgK]



Hình C.3 – Nhiệt dung riêng của thép không gỉ theo hàm của nhiệt độ

C.3.3 Độ dẫn nhiệt

(1) Độ dẫn nhiệt của thép không gỉ λ_a có thể được xác định như sau:

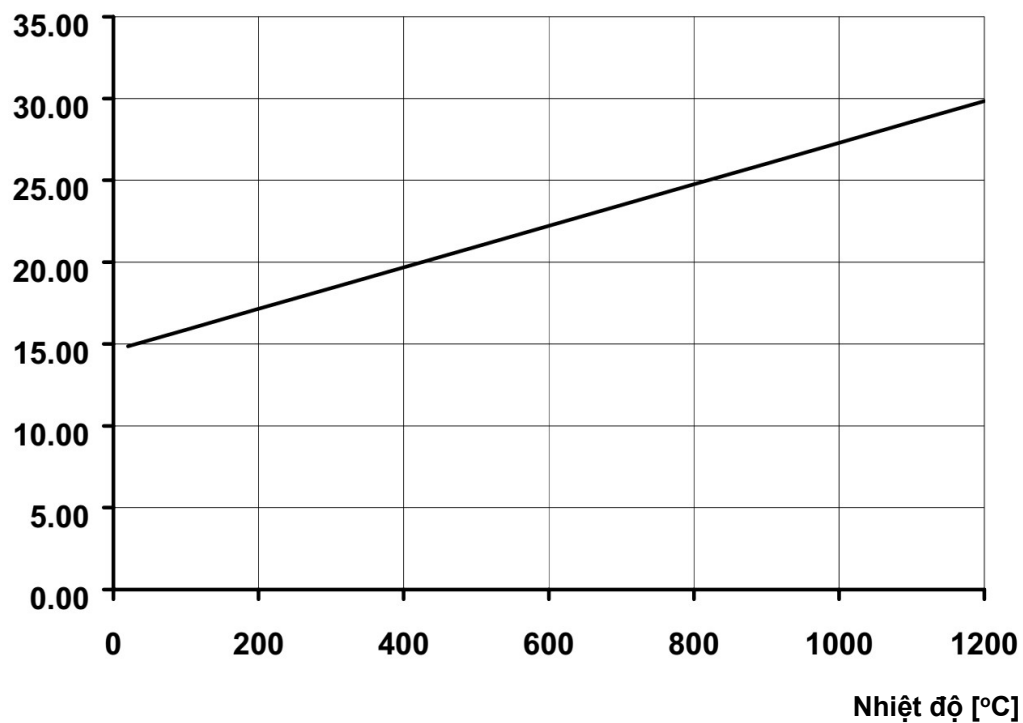
$$\lambda_a = 14,6 + 1,27 \times 10^{-2} \theta_a \quad \text{W/mK} \quad (\text{C.3})$$

trong đó:

θ_a là nhiệt độ của thép [$^{\circ}\text{C}$].

CHÚ THÍCH: Độ thay đổi của độ dẫn nhiệt phụ thuộc vào nhiệt độ được thể hiện trong Hình C.4.

Hệ số dẫn nhiệt [W / mK]



Hình C.4 – Hệ số dẫn nhiệt của thép không gỉ theo hàm của nhiệt độ

Phụ lục D (Tham khảo)

Nút

D.1 Nút bu lông

(1) Không cần xét đến phá hoại tiết diện ngang thực của lỗ chi tiết lắp siết, với điều kiện có một chi tiết lắp siết trong mỗi lỗ, vì nhiệt độ của thép thấp hơn tại liên kết do có thêm các vật liệu khác.

D.1.1 Thiết kế bu lông chịu cắt

D.1.1.1 Loại A: loại chịu ép mặt

(1) Tính toán chịu lửa đối với bu lông chịu cắt có thể áp dụng công thức sau:

$$F_{v,t,Rd} = F_{v,Rd} k_{b,\theta} \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M,\bar{n}}} \quad (D.1)$$

trong đó:

$k_{b,\theta}$ là hệ số giảm cho bu lông ở nhiệt độ thích hợp xác định từ Bảng D.1;

$F_{v,Rd}$ là khả năng chịu cắt thiết kế của bu lông với mỗi mặt phẳng chịu cắt, giả thiết mặt phẳng chịu cắt đi qua phần ren của bu lông (Bảng 3.4 của TCVN X1993-1-8);

γ_{M2} là hệ số riêng ở nhiệt độ thường;

$\gamma_{M,\bar{n}}$ là hệ số riêng trong điều kiện chịu lửa.

(2) Khả năng chịu ép mặt thiết kế của bu lông khi chịu lửa xác định như sau:

$$F_{b,t,Rd} = F_{b,Rd} k_{b,\theta} \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M,\bar{n}}} \quad (D.2)$$

trong đó:

$F_{b,Rd}$ là xác định theo Bảng 3.4 TCVN X1993-1-8;

$k_{b,\theta}$ là hệ số giảm được xác định cho bu lông ở nhiệt độ tương ứng từ Bảng D.1.

D1.1.2 Loại B: Sức kháng trượt của khả năng sử dụng và loại C Sức kháng trượt ở mức tối đa

(1) Các nút chống trượt phải được coi là đã bị trượt trong lửa và khả năng chống trượt của một bu lông nên được xác định như đối với bu lông kiểu ép mặt, xem D1.1.1.

D1.2 Sức kháng thiết kế của bu lông chịu kéo

D1.2.1 Loại D và E: Bu lông không căng trước và căng trước

(1) Khả năng chịu kéo thiết kế của một bu lông khi cháy cần được xác định từ:

$$F_{ten,t,Rd} = F_{t,Rd} k_{b,\theta} \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M,f}} \quad (D.3)$$

trong đó

$F_{t,Rd}$ được xác định từ Bảng 3.4 của TCVN X1993-1-8,

$k_{b,\theta}$ là hệ số giảm được xác định cho nhiệt độ bu lông thích hợp từ Bảng D.1.

Bảng D.1: Hệ số giảm cường độ của bu lông và đường hàn

Nhiệt độ θ_a	Hệ số giảm của bu lông, $k_{b,\theta}$ (Kéo và cắt)	Hệ số giảm của đường hàn, $k_{w,\theta}$
20	1,000	1,000
100	0,986	1,000
150	0,952	1,000
200	0,935	1,000
300	0,903	1,000
400	0,775	0,876
500	0,550	0,627
600	0,220	0,378
700	0,100	0,130
800	0,067	0,074
900	0,033	0,018
1000	0,000	0,000

D.2 Sức kháng thiết kế của mối hàn

D.2.1 Hàn đối đầu

(1) Sức kháng thiết kế của mối hàn đối đầu toàn phần, cho nhiệt độ tới 700 °C, có thể được lấy bằng cường độ của phần yếu nhất được liên kết, sử dụng hệ số giảm thích hợp của kết cấu thép. Đối với nhiệt độ lớn hơn 700 °C, hệ số giảm cho mối hàn góc cũng được áp dụng cho hàn đối đầu.

D.2.2 Hàn góc

(1) Sức kháng thiết kế trên mỗi đơn vị chiều dài của mỗi hàn góc có thể được xác định từ công thức sau:

$$F_{w,t,Rd} = F_{w,Rd} k_{w,\theta} \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M,f}} \quad (D.4)$$

trong đó:

$k_{w,\theta}$ được xác định từ Bảng D.1 đối với nhiệt độ mối hàn tương ứng;

$F_{w,Rd}$ được xác định từ 4.5.3 trong TCVN X1993-1-8.

D.3 Nhiệt độ của nút khi chịu lửa

D.3.1 Quy định chung

(1) Nhiệt độ của liên kết có thể được đánh giá theo giá trị cục bộ A/V của các bộ phận tạo thành liên kết

(2) Để đơn giản hóa, giả thiết nhiệt độ phân bố đều trên liên kết, nhiệt độ này được tính toán khi sử dụng giá trị lớn nhất của tỉ số A/V của cấu kiện được liên kết tại vùng gần liên kết.

(3) Đối với liên kết cột với dầm và liên kết dầm với dầm, khi các dầm đỡ các sàn bê tông cốt thép, nhiệt độ của liên kết có thể được lấy bằng nhiệt độ của phần bản cánh dưới ở giữa nhịp.

(4) Khi áp dụng phương pháp trong 4.2.5 nhiệt độ của thành phần liên kết có thể được xác định như sau:

a) Nếu chiều cao của dầm nhỏ hơn hoặc bằng 400 mm

$$\theta_h = 0,88\theta_o [1 - 0,3(h/D)] \quad (D.5)$$

trong đó:

θ_h là nhiệt độ tại chiều cao h (mm) của dầm thép (Hình D.1);

θ_o là nhiệt độ của bản cánh dưới dầm thép xa nút;

h là chiều cao của thành phần được xét đến phía trên đáy dầm (mm);

D là chiều cao của dầm (mm).

b) Nếu chiều cao của dầm lớn hơn 400 mm

i) Nếu h nhỏ hơn hoặc bằng D/2

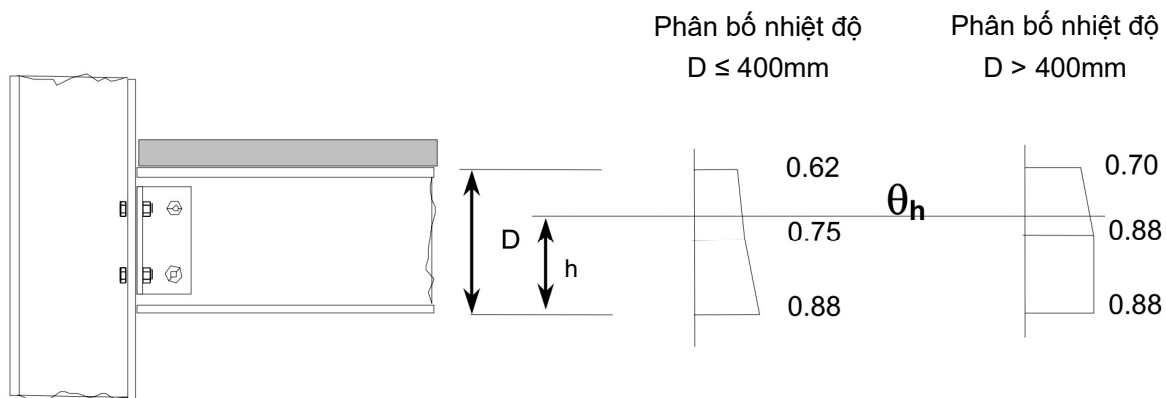
$$\theta_h = 0,88\theta_o \quad (D.6)$$

ii) Nếu h lớn hơn D/2

$$\theta_h = 0,88\theta_o [1 + 0,2(1 - 2h/D)] \quad (D.7)$$

Trong đó:

- θ_o là nhiệt độ tại bản cánh dưới của dầm thép xa nút;
- h là chiều cao phần được xét đến phía trên đáy dầm (mm);
- D là chiều cao của dầm (mm).



Hình D.1 – Biến thiên nhiệt độ theo chiều cao của liên kết liên hợp

Phụ lục E (Tham khảo)

Tiết diện ngang loại 4

E.1 Mô hình tính toán nâng cao

(1) Có thể sử dụng mô hình tính toán nâng cao để tính toán cho tiết diện ngang loại 4 khi xét đến toàn bộ các hiệu ứng ổn định.

E.2 Mô hình tính toán đơn giản

(1) Sức kháng của cầu kiện có tiết diện ngang loại 4 có thể được kiểm tra bằng phương trình cho trong 4.2.3.2 cho cầu kiện chịu nén, trong 4.2.3.4 cho dầm chịu uốn và trong 4.2.3.5 cho cầu kiện chịu uốn và nén dọc trục, trong đó diện tích được thay thế bằng diện tích hiệu dụng và mô men quán tính tiết diện được thay thế bằng mô men quán tính tiết diện hiệu dụng.

(2) Tiết diện ngang hiệu dụng và mô men quán tính tiết diện hiệu dụng được xác định tương ứng với TCVN X1991-1-3 và TCVN X1993-1-5, nghĩa là dựa trên tính chất vật liệu ở 20 °C.

(3) Đối với thiết kế chịu lửa, giới hạn chảy thiết kế của thép có thể lấy bằng giới hạn chảy quy ước ở 0,2 % biến dạng. Giới hạn chảy thiết kế có thể được sử dụng để tính toán khả năng chịu kéo, nén, mô men hoặc cắt.

(4) Hệ số giảm của giới hạn chảy thiết kế của thép các bon tương ứng với giới hạn chảy ở 20 °C có thể xác định từ Bảng E.1:

- giới hạn chảy thiết kế, tương ứng với giới hạn chảy ở 20 °C: $k_{p0,2,\theta} = f_{p0,2,\theta} / f_y$

- độ dốc khoảng đàn hồi tuyến tính, tương ứng với độ dốc ở 20 °C: $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$

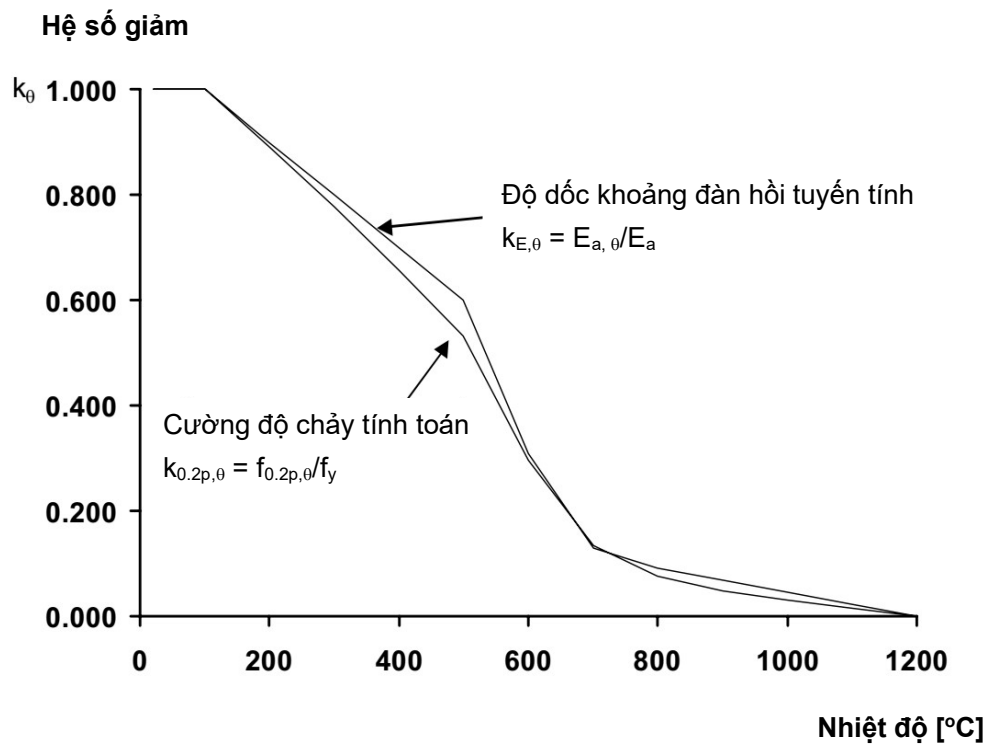
CHÚ THÍCH: Hệ số giảm được minh họa trong Hình E.1.

(5) Hệ số giảm cho giới hạn chảy quy ước thiết kế của thép không gỉ tương ứng với giới hạn chảy quy ước ở 20 °C có thể xác định trong Phụ lục C.

Bảng E.1 – Hệ số giảm cho thép các bon tiết diện loại 4 ở nhiệt độ cao

Nhiệt độ thép θ_a (°C)	Hệ số giảm của giới hạn chảy thiết kế (liên quan đến f_y) của tiết diện loại 4 cán nóng và tổ hợp hàn $k_{0,2p,\theta} = f_{p0,2,\theta} / f_y$	Hệ số giảm của giới hạn chảy thiết kế (liên quan đến f_{yb}) của tiết diện loại 4 tạo hình nguội $k_{p0,2,\theta} = f_{p0,2,\theta} / f_{yb}$
20	1,000	

Nhiệt độ thép θ_a (°C)	Hệ số giảm của giới hạn chảy thiết kế (liên quan đến f_y) của tiết diện loại 4 cán nóng và tổ hợp hàn $k_{0,2p,\theta} = f_{p0,2,\theta} / f_y$	Hệ số giảm của giới hạn chảy thiết kế (liên quan đến f_{yb}) của tiết diện loại 4 tạo hình nguội $k_{p0,2,\theta} = f_{p0,2,\theta} / f_{yb}$
100	1,000	
200	0,89	
300	0,78	
400	0,65	
500	0,53	
600	0,30	
700	0,13	
800	0,07	
900	0,05	
1000	0,03	
1100	0,02	
1200	0,00	
CHÚ THÍCH 1: Nội suy tuyến tính để xác định các giá trị trung gian.		
CHÚ THÍCH 2: Định nghĩa f_{yb} xem TCVN X1991-1-3.		



Hình E.2 – Hệ số giảm cho quan hệ ứng suất-biến dạng của thép tạo hình nguội và thép cán nóng tiết diện loại 4 ở nhiệt độ cao

Phụ lục Quốc gia

kèm theo TCVN X1993-1-2:202x

Thiết kế kết cấu thép – Phần 1-2: Kết cấu chịu lửa

NA.1 Phạm vi áp dụng:

Phụ lục quốc gia này đưa ra:

a) Các quyết định cho các thông số do quốc gia xác định được mô tả trong các tiểu mục sau đây của TCVN X1993-1-2:202X:

- 2.3 (1)
- 2.3 (2)
- 4.1 (2)
- 4.2.3.6(1)
- 4.2.4(2)

b) Các quyết định về tình trạng của phụ lục tham khảo trong TCVN X1993-1-2:202X; và

c) Các tài liệu tham khảo cho những thông tin bổ sung không mâu thuẫn.

NA.2 Thông số do quốc gia xác định

NA.2.1 Tổng quát

Các quyết định về thông số do quốc gia xác định trên được mô tả trong TCVN X1993-1-2:202X được đưa ra trong các mục **NA.2.2** đến **NA.2.6**.

NA.2.2 Hệ số riêng cho tình huống cháy – Đặc tính cơ học, $\gamma_{M,fi}$ [TCVN X1993-1-2:202X, 2.3(1)].

Sử dụng giá trị được đề xuất.

NA.2.3 Hệ số riêng cho tình huống cháy - Đặc tính nhiệt, $\gamma_{M,fi}$ [TCVN X1993-1-2:202X, 2.3(2)].

Sử dụng giá trị được đề xuất.

NA.2.4 Sử dụng các mô hình tính toán nâng cao [TCVN X1993-1-2:202X, 4.1(2)]

Các mô hình tính toán nâng cao có thể được sử dụng.

NA.2.5 Giới hạn nhiệt độ cho tiết diện ngang loại 4 [TCVN X1993-1-2:202X, 4.2.3.6(1)]

Sử dụng giá trị được đề xuất.

NA.2.6 Bảng 4.1- giá trị mặc định cho nhiệt độ tới hạn [TCVN X1993-1-2:202X, 4.2.4(2)]

Nhiệt độ tới hạn trong bảng NA.1 cần được sử dụng

Bảng NA.1 – Giá trị mặc định cho nhiệt độ tới hạn

Mô tả cấu kiện		Nhiệt độ tới hạn (°C) cho hệ số sử dụng μ_0					
		0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
a) Cấu kiện chịu nén: Độ mảnh không thứ nguyên	$\bar{\lambda} = 0,4$	485	526	562	598	646	694
	$\bar{\lambda} = 0,6$	470	518	554	590	637	686
	$\bar{\lambda} = 0,8$	451	510	546	583	627	678
	$\bar{\lambda} = 1,0$	434	505	541	577	619	672
	$\bar{\lambda} = 1,2$	422	502	538	573	614	668
	$\bar{\lambda} = 1,4$	415	500	536	572	611	666
	$\bar{\lambda} = 1,6$	411	500	535	571	610	665
b) Dầm được bảo vệ làm gối tựa cho sàn bê tông hoặc sàn liên hợp		558	587	619	654	690	750
c) Dầm không được bảo vệ làm gối tựa cho sàn bê tông hoặc sàn liên hợp		594	621	650	670	717	775
d) Dầm không phải gối tựa cho sàn bê tông và các cấu kiện chịu kéo		526	558	590	629	671	725

NA.3 Quyết định về tình trạng phụ lục tham khảo**NA.3.1 TCVN X1993-1-2:202X, Phụ lục C**

TCVN X1993-1-2:202X, Phụ lục C có thể được sử dụng.

NA.3.2 TCVN X1993-1-2:202X, Phụ lục D

Trong TCVN X1993-1-2:202X, Phụ lục D không được sử dụng. Một giải pháp thay thế cho Phụ lục D được đưa ra trong các tài liệu tham khảo cho những thông tin bổ sung không mâu thuẫn trong NA.4.

NA.3.3 TCVN X1993-1-2:202X, Phụ lục E

TCVN X1993-1-2:202X, Phụ lục E có thể được sử dụng.

NA.4 Tham chiếu đến thông tin bổ sung không mâu thuẫn

Tài liệu tham khảo về thông tin bổ sung không mâu thuẫn được trích dẫn trong Phụ lục Quốc gia này có thể được tìm thấy tại các TCVN hiện hành có liên quan.