

**TCVN \*\*\*1-4:202x**

**THIẾT KẾ KẾT CẤU NHÔM – PHẦN 1-4: TẤM KẾT  
CẤU TẠO HÌNH NGUỘI**

*Design of aluminium structures – Part 1-4: Cold-formed structural sheeting*

**DỰ THẢO**

**Hà Nội - 2022**



## **Lời nói đầu**

TCVN \*\*\*\*1-4:202x được xây dựng trên cơ sở tham khảo EN 1999-1-4:2007 *Design of aluminium structures – Part 1-4: Cold-formed structural sheeting*.

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



Mục lục

Lời nói đầu.....3

1. Quy định chung.....9

    1.1 Phạm vi .....9

        1.1.1 Phạm vi của TCVN XXXX .....9

        1.1.2 Phạm vi của TCVN XXXX-1-4.....10

    1.2 Tài liệu viện dẫn .....10

        1.2.1 Tài liệu viện dẫn chung .....10

        1.2.2 Tài liệu viện dẫn về thiết kế kết cấu .....10

        1.2.3 Vật liệu và thí nghiệm vật liệu .....10

        1.2.4 Tài liệu viện dẫn về chốt .....11

        1.2.5 Tài liệu viện dẫn khác .....11

    1.3 Thuật ngữ và định nghĩa.....11

    1.4 Ký hiệu .....13

    1.5 Dạng hình học và quy ước cho kích thước.....14

        1.5.1 Hình dạng của tiết diện .....14

        1.5.2 Hình dạng của sườn cứng .....14

        1.5.3 Kích thước tiết diện ngang.....15

        1.5.4 Quy định trục cấu kiện .....15

2 Cơ sở thiết kế .....16

3 Vật liệu.....17

    3.1 Quy định chung .....17

    3.2 Hợp kim nhôm kết cấu.....17

        3.2.1 Tính chất vật liệu.....17

        3.2.2 Chiều dày và dung sai hình học .....19

    3.3 Chốt liên kết cơ khí.....19

4 Độ bền lâu .....21

5 Phân tích kết cấu .....22

    5.1 Ảnh hưởng của các góc uốn .....22

    5.2 Tỷ lệ hình học.....23

    5.3 Mô hình kết cấu cho phân tích.....24

    5.4 Độ cong của bản cánh.....24

    5.5 Oằn cục bộ và oằn méo.....25

        5.5.1 Quy định chung.....25

        5.5.2 Các phần tiết diện ngang phẳng không có sườn cứng.....26

- 5.5.3 Các phần tiết diện ngang phẳng với sườn cứng trung gian ..... 28
- 5.5.4 Tấm sóng hình thang định hình có sườn cứng trung gian ..... 32
- 6 Các trạng thái giới hạn cực hạn..... 40
  - 6.1 Khả năng chịu lực của tiết diện ngang ..... 40
    - 6.1.1 Quy định chung ..... 40
    - 6.1.2 Kéo dọc trục ..... 40
    - 6.1.3 Nén dọc trục ..... 40
    - 6.1.4 Mô men uốn ..... 41
    - 6.1.5 Lực cắt ..... 43
    - 6.1.6 Mô men xoắn..... 45
    - 6.1.7 Lực ngang cục bộ..... 45
    - 6.1.8 Kéo và uốn đồng thời ..... 49
    - 6.1.9 Nén và uốn đồng thời ..... 50
    - 6.1.10 Lực cắt, lực dọc và mô men uốn đồng thời..... 50
    - 6.1.11 Mô men uốn và tải trọng cục bộ hoặc phản lực gối tựa đồng thời ..... 51
  - 6.2 Khả năng chống oằn ..... 51
    - 6.2.1 Quy định chung ..... 51
    - 6.2.2 Nén dọc trục ..... 52
    - 6.2.3 Uốn và nén dọc trục ..... 53
  - 6.3 Thiết kế vỏ mỏng chịu lực ..... 54
    - 6.3.1 Quy định chung ..... 54
    - 6.3.2 Hiệu ứng màng cứng..... 54
    - 6.3.3 Các điều kiện cần thiết ..... 55
    - 6.3.4 Màng cứng bằng tấm nhôm định hình tấm ..... 56
  - 6.4 Tấm đục lỗ với các lỗ được sắp xếp theo hình tam giác đều ..... 57
- 7 Các trạng thái giới hạn sử dụng ..... 59
  - 7.1 Quy định chung..... 59
  - 7.2 Biến dạng dẻo..... 59
  - 7.3 Độ võng ..... 59
- 8 Mối nối dùng chốt cơ khí ..... 61
  - 8.1 Quy định chung..... 61
  - 8.2 Đinh tán chìm..... 62
    - 8.2.1 Quy định chung ..... 62
    - 8.2.2 Khả năng chịu lực thiết kế của các nút đinh tán chịu cắt..... 62
    - 8.2.3 Khả năng chịu lực thiết kế cho các nút đinh tán chịu kéo..... 63
  - 8.3 Vít tự cắt / tự khoan ..... 63
    - 8.3.1 Quy định chung ..... 63

8.3.2 Khả năng chịu lực thiết kế của các nút liên kết vít chịu cắt.....	64
8.3.3 Khả năng chịu lực thiết kế của nút liên kết vít chịu kéo .....	65
9 Thiết kế có sự hỗ trợ của thí nghiệm.....	66
Phụ lục A (quy định) Các quy trình thí nghiệm .....	68
A.1 Quy định chung .....	68
A.2 Thí nghiệm tấm định hình.....	68
A.2.1 Quy định chung .....	68
A.2.2 Thí nghiệm nhịp đơn.....	69
A.2.3 Thí nghiệm nhịp đôi .....	69
A.2.4 Thí nghiệm gối giữa.....	70
A.2.5 Thí nghiệm gối biên .....	74
A.3 Đánh giá kết quả thí nghiệm .....	74
A.3.1 Quy định chung .....	74
A.3.2 Điều chỉnh kết quả thí nghiệm .....	74
A.3.3 Các giá trị đặc trưng .....	75
A.3.4 Giá trị thiết kế .....	76
A.3.5 Giới hạn sử dụng.....	77
Phụ lục B (tham khảo) Độ bền lâu của chốt .....	78





---

## TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

---

# Thiết kế kết cấu nhôm – Phần 1-4: Tấm kết cấu tạo hình nguội

*Design of aluminium structures – Part 1-4: Cold-formed structural sheeting*

## 1. Quy định chung

### 1.1 Phạm vi

#### 1.1.1 Phạm vi của TCVN XXXX

(1)P TCVN XXXX áp dụng cho thiết kế nhà, các công trình kỹ thuật dân dụng và các kết cấu bằng nhôm. Tiêu chuẩn này tuân thủ các nguyên tắc và yêu cầu về an toàn và giới hạn sử dụng của kết cấu, cơ sở thiết kế và kiểm tra kết cấu được đưa ra trong EN 1990 - Cơ sở thiết kế kết cấu.

(2)P TCVN XXXX chỉ đề cập đến các yêu cầu về khả năng chịu lực, giới hạn sử dụng, độ bền lâu và khả năng chống cháy của kết cấu nhôm. Các yêu cầu khác, ví dụ liên quan đến cách nhiệt hoặc cách âm, không được xem xét.

(3) TCVN XXXX được sử dụng cùng với:

- TCVN EN 1990 Cơ sở thiết kế kết cấu
- TCVN EN 1991 Tác động lên kết cấu
- Các Tiêu chuẩn châu Âu cho các sản phẩm xây dựng liên quan đến kết cấu nhôm
- EN 1090-1: Thi công kết cấu thép và kết cấu nhôm - Phần 1: Yêu cầu đánh giá sự phù hợp của các cấu kiện kết cấu
- EN 1090-3: Thi công kết cấu thép và kết cấu nhôm - Phần 3: Yêu cầu kỹ thuật đối với kết cấu nhôm

(4) TCVN XXXX được chia thành năm phần:

- TCVN XXXX-1-1 Thiết kế kết cấu nhôm - Phần 1: Các quy định kết cấu chung.
- TCVN XXXX-1-2 Thiết kế kết cấu nhôm - Phần 2: Thiết kế kết cấu chịu lửa.
- TCVN XXXX-1-3 Thiết kế kết cấu nhôm - Phần 3: Kết cấu chịu mỏi.
- TCVN XXXX-1-4 Thiết kế kết cấu nhôm - Phần 4: Tấm kết cấu tạo hình nguội.
- TCVN XXXX-1-5 Thiết kế kết cấu nhôm - Phần 5: Kết cấu vỏ.

**1.1.2 Phạm vi của TCVN XXXX-1-4**

(1) P TCVN XXXX-1-4 đưa ra các yêu cầu thiết kế cho tấm bằng nhôm sóng hình thang tạo hình nguội. Tiêu chuẩn này áp dụng cho các sản phẩm nhôm tạo hình nguội được làm từ tấm hoặc dải cán nóng hoặc cán nguội, được tạo hình nguội bởi các quá trình như tạo hình cán nguội hoặc ép dập. Việc thi công các kết cấu nhôm làm bằng tấm tạo hình nguội được đề cập trong EN 1090-3.

CHÚ THÍCH Các quy định trong phần này bổ sung cho các quy định trong các phần khác của TCVN XXXX-1.

(2) Các phương pháp cũng được đưa ra cho thiết kế vỏ mỏng chịu lực bằng cách sử dụng tấm nhôm làm màng cứng kết cấu.

(3) Tiêu chuẩn này không áp dụng cho các tiết diện nhôm định hình tạo hình nguội như tiết diện chữ C, Z v.v. cũng như các tiết diện rỗng tạo hình nguội và hàn dạng ống tròn hoặc chữ nhật.

(4) TCVN XXXX-1-4 đưa ra các phương pháp cho thiết kế bằng tính toán và thiết kế có sự hỗ trợ của thí nghiệm. Các phương pháp thiết kế bằng tính toán chỉ áp dụng trong phạm vi được quy định của các tính chất vật liệu và đặc trưng hình học mà có đủ độ tin cậy về kinh nghiệm và bằng chứng thực nghiệm. Những giới hạn này không áp dụng cho thiết kế có sự hỗ trợ của thí nghiệm.

(5) TCVN XXXX-1-4 không quy định việc bố trí tải trọng cho các tải trong quá trình thi công và bảo trì.

**1.2 Tài liệu viện dẫn**

(1) Các tài liệu được tham chiếu sau đây là không thể thiếu cho việc sử dụng tài liệu này. Cho các tài liệu tham khảo có ghi năm, chỉ áp dụng phiên bản trích dẫn. Đối với tài liệu tham khảo không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất (bao gồm mọi sửa đổi).

**1.2.1 Tài liệu viện dẫn chung**

EN 1090-1: Thi công kết cấu thép và kết cấu nhôm - Phần 1: Yêu cầu đánh giá sự phù hợp của các cấu kiện kết cấu

EN 1090-3: Thi công kết cấu thép và kết cấu nhôm - Phần 3: Các yêu cầu kỹ thuật đối với kết cấu nhôm

**1.2.2 Tài liệu viện dẫn về thiết kế kết cấu**

TCNV EN 1990 - Cơ sở thiết kế kết cấu

TCVN EN 1991 - Tác động trên kết cấu - Tất cả các phần

EN 1995-1-1: Thiết kế kết cấu gỗ - Phần 1-1 Các quy định và quy định chung cho nhà

TCVN XXXX-1-1 Thiết kế kết cấu nhôm - Phần 1: Các quy định kết cấu chung

**1.2.3 Vật liệu và thí nghiệm vật liệu**

EN 485-2:2008 Nhôm và hợp kim nhôm - Tấm, dải và bản - Phần 2: Cơ tính

## **TCVN \*\*\*1-4:202x**

TCVN 13065-2:2020 (ISO 6361-2:2014) Nhôm và hợp kim nhôm gia công áp lực - Tấm mỏng, băng và tấm - Phần 2: Cơ tính

EN 508-2 Các sản phẩm lợp và bao che từ tấm kim loại - Thông số kỹ thuật của sản phẩm tự đỡ bằng thép, nhôm và thép không gỉ - Phần 2: Nhôm

EN 1396:2007 Nhôm và hợp kim nhôm - Tấm và dải tráng cuộn cho các ứng dụng chung – Chỉ dẫn kỹ thuật

EN 10002-1 Vật liệu kim loại – Thử kéo - Phần 1: Phương pháp thử ở nhiệt độ môi trường

TCVN 197-1:2014 (ISO 6892-1:2009) Vật liệu kim loại - Thử kéo - Phần 1: Phương pháp thử ở nhiệt độ phòng

### **1.2.4 Tài liệu viện dẫn về chốt**

EN ISO 1479 Vít tự cắt đầu lục giác

EN ISO 1481 Vít tự cắt đầu chảo có rãnh

EN ISO 15480 Vít khoan đầu lục giác có vòng đệm với ren vít tự cắt

EN ISO 15481 Vít khoan đầu chảo có rãnh chữ thập với ren vít tự cắt

EN ISO 15973 Đinh tán chìm có đầu ẩn với lõi bị kéo vỡ và mũ nhô ra ngoài

EN ISO 15974 Đinh tán chìm có đầu ẩn với lõi bị kéo vỡ và mũ chìm

EN ISO 15977 Đinh tán chìm có đầu mở với lõi bị kéo vỡ và mũ nhô ra ngoài – AIA/St

EN ISO 15978 Đinh tán chìm có đầu mở với lõi bị kéo vỡ và mũ chìm – AIA/St

EN ISO 15981 Đinh tán chìm có đầu mở với lõi bị kéo vỡ và mũ nhô ra ngoài – AIA/AIA

EN ISO 15982 Đinh tán chìm có đầu mở với lõi bị kéo vỡ và mũ chìm – AIA/AIA

ISO 7049:1994 Vít tự cắt đầu chảo có rãnh chữ thập

### **1.2.5 Tài liệu viện dẫn khác**

EN ISO 12944-2 Sơn và vecni - Bảo vệ chống ăn mòn của kết cấu thép bằng hệ thống sơn bảo vệ - Phần 2: Phân loại môi trường

## **1.3 Thuật ngữ và định nghĩa**

Để bổ sung cho TCVN XXXX-1-1, trong tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau:

### **1.3.1**

**vật liệu cơ bản** (base material)

vật liệu nhôm tấm phẳng dùng để làm tấm định hình bằng cách tạo hình nguội

### 1.3.2

**giới hạn chảy quy ước của vật liệu cơ bản** (proof strength of base material)

giới hạn chảy quy ước  $0,2\% f_0$  của vật liệu cơ bản

### 1.3.3

**hiệu ứng màng cứng** (diaphragm action)

ứng xử kết cấu có kể đến hiệu ứng cắt trong mặt phẳng trong tấm

### 1.3.4

**ngăn cản một phần** (partial restraint)

sự ngăn chặn ở một mức độ nào đó của chuyển vị ngang hoặc xoay của một phần tiết diện ngang, giúp làm tăng khả năng chống oằn của phần tiết diện

### 1.3.5

**ngăn cản** (restraint)

hạn chế hoàn toàn chuyển vị ngang hoặc xoay của một phần tiết diện ngang phẳng, giúp làm tăng khả năng chống oằn của phần tiết diện

### 1.3.6

**thông số độ mảnh** (slenderness parameter)

tỷ lệ độ mảnh không thứ nguyên liên quan đến vật liệu

### 1.3.7

**thiết kế vỏ mỏng chịu lực** (stressed-skin design)

một phương pháp thiết kế có kể đến sự đóng góp của hiệu ứng màng cứng trong tấm vào độ cứng và khả năng chịu lực của một kết cấu

### 1.3.8

**gối tựa** (support)

một vị trí mà tại đó một cấu kiện có thể truyền các lực hoặc mô men xuống móng, hoặc đến một bộ phận kết cấu khác.

### 1.3.9

**chiều dày hiệu dụng** (effective thickness)

một giá trị thiết kế của chiều dày có kể đến oằn cục bộ của phần tiết diện ngang phẳng.

### 1.3.10

#### **chiều dày hiệu dụng suy giảm** (reduced effective thickness)

giá trị thiết kế của chiều dày có kể đến oằn méo của các sườn cứng trong bước thứ hai của quy trình tính toán cho các phần tiết diện ngang phẳng, khi kể đến oằn cục bộ trong bước đầu tiên của quy trình tính toán.

### 1.4 Ký hiệu

(1) Ngoài các ký hiệu được nêu trong TCVN XXXX-1-1, các ký hiệu chính sau đây được sử dụng:

#### **Chương 1 đến 6**

- $C$  độ cứng lò xo cho góc xoay;
- $k$  độ cứng lò xo cho chuyển vị;
- $\theta$  góc xoay;
- $b_p$  chiều rộng phẳng quy ước của phần tiết diện ngang phẳng;
- $h_w$  chiều cao bản bụng, được đo giữa các đường trục của các bản cánh;
- $s_w$  chiều cao nghiêng của bản bụng, được đo từ các điểm giữa của các góc;
- $\chi_d$  hệ số giảm đối với oằn méo (oằn dạng uốn của các sườn cứng);
- $\varphi$  góc giữa hai phần tử phẳng;
- $\phi$  độ dốc của bản bụng so với các bản cánh.

#### **Chương 8 Mối nối bằng chốt (chi tiết lắp siết) cơ khí**

- $d_w$  đường kính của vòng đệm hoặc đầu của chốt;
- $f_{u,min}$  giới hạn bền kéo nhỏ hơn trong hai phần được nối;
- $f_{u,sup}$  giới hạn bền kéo của bộ phận đỡ được một vít bắt vào;
- $f_y$  cường độ chảy của bộ phận đỡ bằng thép;
- $t_{min}$  chiều dày của phần hoặc tấm mỏng hơn được liên kết;
- $t_{sup}$  chiều dày của cấu kiện đỡ được vít bắt vào;

(2) Các ký hiệu khác được định nghĩa khi chúng xuất hiện lần đầu tiên.

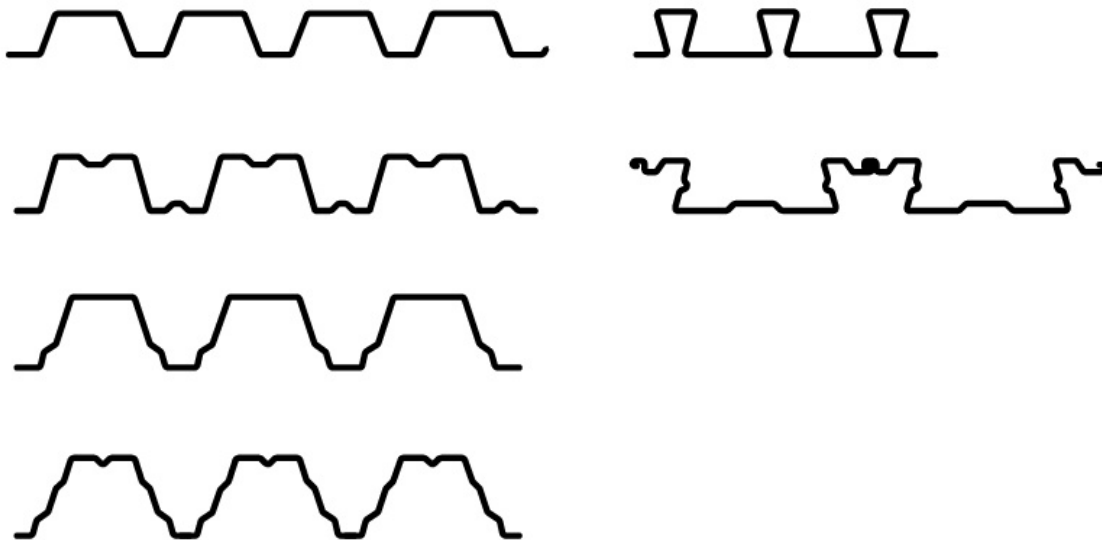
### 1.5 Dạng hình học và quy ước cho kích thước

#### 1.5.1 Hình dạng của tiết diện

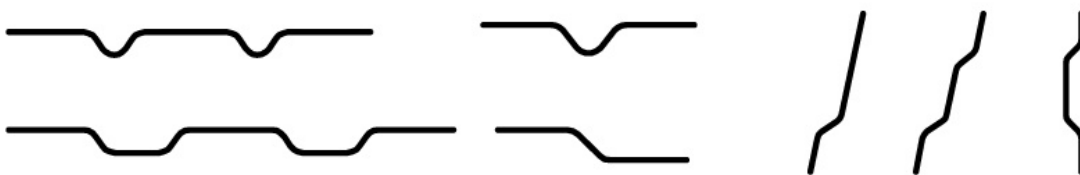
- (1) Các tấm tạo hình nguội có chiều dày danh định không đổi (trong dung sai cho phép) trên toàn bộ chiều dài và có tiết diện không đổi dọc theo chiều dài của chúng.
- (2) Các tiết diện ngang của các tấm định hình tạo hình nguội chủ yếu bao gồm các phần tiết diện ngang phẳng được nối bởi các phần tử cong.
- (3) Các dạng tiết diện điển hình cho các tấm định hình tạo hình nguội được thể hiện trong Hình 1.1.
- (4) Các tiết diện ngang của các tấm tạo hình nguội có thể không có sườn cứng hoặc có các sườn cứng dọc trong bản bụng hoặc bản cánh, hoặc trong cả hai.

#### 1.5.2 Hình dạng của sườn cứng

- (1) Các dạng sườn cứng điển hình cho các tấm tạo hình nguội được thể hiện trong Hình 1.2;



Hình 1.1 - Ví dụ về tấm tạo hình nguội



Hình 1.2 - Các sườn cứng dọc trung gian điển hình

### 1.5.3 Kích thước tiết diện ngang

- (1) Kích thước tổng thể của tấm tạo hình nguội, bao gồm chiều rộng tổng thể  $b$ , chiều cao tổng thể  $h$ , bán kính uốn trong  $r$  và các kích thước bên ngoài khác được biểu thị bằng các ký hiệu không có chỉ số dưới, được đo đến đường viền bên ngoài của tiết diện, trừ khi có quy định khác, xem Hình 5.1.
- (2) Trừ khi có quy định khác, các kích thước khác của tiết diện của tấm tạo hình nguội, biểu thị bởi các ký hiệu với chỉ số dưới, chẳng hạn như  $b_p$ ,  $h_w$  hoặc  $s_w$ , được đo theo đường trung bình của vật liệu hoặc điểm giữa của góc.
- (3) Trong trường hợp bản bụng dốc của các tấm định hình tạo hình nguội, chiều cao nghiêng  $s$  được đo song song với đường dốc.
- (4) Chiều cao khai triển của một bản bụng được đo dọc theo đường trung bình của nó, bao gồm bất kỳ sườn cứng của bản bụng.
- (5) Chiều rộng khai triển của bản cánh được đo dọc theo đường trung bình của nó, bao gồm bất kỳ sườn cứng trung gian.
- (6) Chiều dày  $t$  là chiều dày thiết kế của nhôm nếu không có quy định khác. Xem 3.2.2.

### 1.5.4 Quy định trục cấu kiện

- (1) Đối với các tấm định hình, quy ước trục sau được sử dụng trong TCVN XXXX-1-4:
  - trục y-y song song với mặt phẳng của tấm;
  - Trục z-z vuông góc với mặt phẳng của tấm.

## 2 Cơ sở thiết kế

(1)P Thiết kế tấm tạo hình nguội phải phù hợp với các quy định chung được đưa ra trong TCVN EN 1990 và TCVN XXXX-1-1.

(2)P Các hệ số riêng phù hợp phải được áp dụng cho các trạng thái giới hạn cực hạn và các trạng thái giới hạn sử dụng.

(3) Khi kiểm tra bằng tính toán ở trạng thái giới hạn cực hạn, hệ số riêng  $\gamma_M$  phải được lấy như sau:

- khả năng chịu lực của tiết diện ngang và các cấu kiện chống mất ổn định:  $\gamma_{M1}$

- khả năng chịu lực của tiết diện chịu kéo đứt:  $\gamma_{M2}$

- khả năng chịu lực nút:  $\gamma_{M3}$

CHÚ THÍCH Các giá trị bằng số cho  $\gamma_{Mi}$  có thể được xác định trong Phụ lục quốc gia. Các giá trị bằng số sau đây được khuyến nghị cho công trình nhà:

- $\gamma_{M1} = 1,10$
- $\gamma_{M2} = 1,25$
- $\gamma_{M3} = 1,25$

(4) Khi kiểm tra tại trạng thái giới hạn sử dụng, cần sử dụng hệ số riêng  $\gamma_{M,ser}$ .

CHÚ THÍCH Các giá trị bằng số cho  $\gamma_{M,ser}$  có thể được xác định trong Phụ lục quốc gia. Giá trị bằng số sau đây được khuyến nghị cho công trình nhà:

$$\gamma_{M,ser} = 1,0$$

(5) Đối với thiết kế các kết cấu làm bằng tấm tạo hình nguội, cần phân biệt giữa các "Cấp kết cấu" phụ thuộc vào chức năng của nó trong kết cấu, được định nghĩa như sau:

**Cấp kết cấu I:** Công trình trong đó tấm tạo hình nguội được thiết kế để tham gia vào khả năng chịu lực và sự ổn định tổng thể của kết cấu, xem 6.3.3;

**Cấp kết cấu II:** Công trình trong đó tấm tạo hình nguội được thiết kế để tham gia vào khả năng chịu lực và sự ổn định của các thành phần kết cấu riêng lẻ;

**Cấp kết cấu III:** Công trình trong đó tấm tạo hình nguội được sử dụng như một bộ phận chỉ chuyên tải trọng tới kết cấu chịu lực.

CHÚ THÍCH 1 Phụ lục quốc gia có thể đưa ra các quy định cho việc sử dụng các cấp kết cấu và sự liên kết với các cấp hạ quả trong EN 1990.

CHÚ THÍCH 2 Đối với Cấp kết cấu I và II, yêu cầu cho thi công cần được đưa ra trong tài liệu yêu cầu kỹ thuật thi công, xem EN 1090-3



### 3 Vật liệu

#### 3.1 Quy định chung

- (1) Các phương pháp thiết kế bằng tính toán được đưa ra trong TCVN XXXX-1-4 có thể được sử dụng cho các hợp kim kết cấu trong các loại xử lý cơ-nhiệt được liệt kê trong bảng 3.1.
- (2) Đối với thiết kế bằng tính toán được đưa ra trong TCVN XXXX-1-4, giới hạn chảy quy ước 0,2%  $f_o$  ít nhất cần bằng  $f_o = 165N/mm^2$
- (3) Nhôm dạng tấm và dải được sử dụng cho tấm định hình tạo hình nguội cần phù hợp với tiết diện ngang cụ thể phụ thuộc vào sự tạo hình nguội và quá trình tạo hình nguội.

CHÚ THÍCH Đối với các vật liệu và sản phẩm nhôm khác, xem Phụ lục Quốc gia.

#### 3.2 Hợp kim nhôm kết cấu

##### 3.2.1 Tính chất vật liệu

- (1) Các giá trị đặc trưng của giới hạn chảy quy ước (0,2%)  $f_o$  và giới hạn bền kéo  $f_u$  được lấy bằng cách chấp nhận các giá trị tối thiểu  $R_{p0,2}$  và  $R_m$  trực tiếp từ các tiêu chuẩn sản phẩm có liên quan.
- (2) Có thể giả định rằng các thuộc tính khi chịu nén và chịu kéo là giống nhau.
- (3) Nếu muốn duy động khả năng chịu mô men dẻo một phần, tỷ lệ giữa giới hạn bền kéo đặc trưng  $f_u$  và giới hạn chảy quy ước (0.2%) đặc trưng  $f_o$  không được nhỏ hơn 1,2.
- (4) Các hằng số vật liệu (mô đun đàn hồi, v.v.) cần được lấy theo quy định trong TCVN XXXX-1-1.

**Bảng 3.1 - Giá trị đặc trưng của giới hạn chảy quy ước  $0,2\% f_o$ , giới hạn bền kéo  $f_u$ , độ giãn dài  $A_{50}$ , đối với tấm và dải cho các loại xử lý cơ-nhiệt với  $f_o > 165N/mm^2$  và chiều dày từ 0,5 đến 6 mm**

Ký hiệu số EN AW-	Ký hiệu hóa học EN AW-	Đánh giá độ bền lâu <sup>5)</sup>	Loại xử lý cơ-nhiệt <sup>1), 2), 3)</sup>	Chiều dày tới mm	$f_u$ $R_m$ $N/mm^2$	$f_o$ $R_{p0,2}$ <sup>1)</sup> $N/mm^2$	$A_{50}$ % <sup>4)</sup>
3003	AlMn1Cu	A	H18	3,0	190	170	2
			H48	3,0	180	165	2
3004	AlMn1Mg1	A	H14   H24/H34	6   3	220	180 170	2-3   4
			H16   H26/H36	4   3	240	200 190	1-2   3
			H18   H28/H38	3   1,5	260	230 220	1-2   3
			H44	3	210	180	4
			H46	3	230	200	3
3005	AlMn1Mg0,5	A	H48	3	260	220	3
			H16	4	195	175	2
			H18   H28	3	220	200 190	2   2-3
3103	AlMn1	A	H48	3	210	180	2
			H18	3	185	165	2
3105	AlMn0,5Mg0,5	A	H18   H28	3   1,5	195	180 170	1   2
			H48	3	195	170	2
5005	AlMg1(B)	A	H18	3	185	165	2
5052	AlMg2,5	A	H14	6	230	180	3-4
			H16   H26/H36	6	250	210 180	3   4-6
			H18   H28/H38	3	270	240 210	2   3-4
			H46	3	250	180	4-5
5251	AlMg2Mn0,3	A	H48	3	270	210	3-4
			H14	6	210	170	2-4
			H16   H26/H36	4	230	200 170	2-3   4-7
			H18   H28/H38	3	255	230 200	2   3
			H46	3	210	165	4-5
6025-7072 hợp kim anclet <sup>6)</sup>	AlMg2,5SiMn Cu – AlZn1 hợp kim anclet <sup>6)</sup>	A	H48	3	250	215	3
			H34	5	210	165	2-3
			H36	5	220	185	2-4

- 1) Các giá trị cho loại xử lý cơ-nhiệt H1x, H2x, H3x lấy theo EN 485-2:2008
- 2) Các giá trị cho loại xử lý cơ-nhiệt H4x (tắm và dải được tráng cuộn) lấy theo EN 1396:2007
- 3) Nếu hai (ba) loại xử lý cơ-nhiệt được chỉ định trong một dòng, các loại xử lý cơ-nhiệt được phân cách bằng “|” có các giá trị công nghệ khác nhau, nhưng nếu được phân cách bằng “/” thì có cùng các giá trị. (Các loại xử lý cơ-nhiệt chỉ khác biệt về  $f_o$  và  $A_{50}$ )
- 4)  $A_{50}$  có thể phụ thuộc vào chiều dày của vật liệu trong phạm vi được liệt kê, do đó đôi khi một phạm vi cho  $A_{50}$  cũng được đưa ra.
- 5) Đánh giá độ bền lâu xem TCVN XXXX-1-1
- 6) EN AW-6025-7072 hợp kim anclat (EN AW- $AlMg_{2,5}SiMnCu-AlZn_1$  hợp kim anclat) là vật liệu tổng hợp với vật liệu lõi EN AW-6025 và được bọc ở cả hai mặt với EN AW-7072. Vì lý do độ bền lâu, phần bọc ở mỗi bên cần có chiều dày bằng ít nhất 4% chiều dày tổng thể của vật liệu. Nếu chiều dày của lớp bọc vượt quá 5% thì cần xem xét thực tế này trong các tính toán kết cấu, tức là chỉ nên tính đến chiều dày lõi của tấm composite. Vì những lý do này, chiều dày lớp bọc tối thiểu 4% và chiều dày lõi tối thiểu cần được chỉ định trong yêu cầu kỹ thuật thi công để nhà thầu có thể mua các sản phẩm cấu thành tương ứng phù hợp chứng nhận kiểm tra 3.1.

### 3.2.2 Chiều dày và dung sai hình học

(1) Các quy định cho thiết kế bằng tính toán được đưa ra trong TCVN XXXX-1-4 này có thể được sử dụng cho hợp kim trong phạm vi chiều dày danh định  $t_{nom}$  của tấm như dưới đây không bao gồm các lớp phủ hữu cơ:

$$t_{nom} \geq 0,5mm$$

(2) Chiều dày danh định  $t_{nom}$  cần được sử dụng làm chiều dày thiết kế  $t$  nếu độ lệch âm nhỏ hơn 5%. Nếu không thì

$$t = t_{nom} (100 - dev) / 95 \tag{3.1}$$

trong đó  $dev$  là độ lệch âm tính theo %.

(3) Dung sai cho các sản phẩm lợp được nêu trong EN 508-2.

### 3.3 Chốt liên kết cơ khí

(1) Các loại chốt liên kết cơ khí (hay còn gọi là chi tiết lắp xiết) sau đây có thể được sử dụng:

- các loại vít tự cắt như vít tự cắt tạo hình ren hoặc vít tự cắt tự khoan theo các tiêu chuẩn được liệt kê trong 8.3;

- đinh tán chìm theo các tiêu chuẩn được liệt kê trong 8.2.

(2) Khả năng chịu cắt đặc trưng  $F_{v,Rk}$  và khả năng chịu kéo đặc trưng  $F_{t,Rk}$  của các chốt cơ khí cần được tính toán theo 8.2 và 8.3.

## **TCVN \*\*\*1-4:202x**

(3) Cần tham khảo EN 1090-3 để biết chi tiết liên quan đến các loại vít tự cắt, vít tự khoan và đinh tán chìm phù hợp.

(4) Khả năng chịu cắt đặc trưng và khả năng chịu kéo đặc trưng của các chốt cơ khí không được đề cập trong tiêu chuẩn này có thể được lấy từ các chứng nhận ETA.

#### **4 Độ bền lâu**

(1) Đối với các yêu cầu cơ bản, xem Chương 4 của TCVN XXXX-1-1

(2) Cần chú ý đặc biệt đến các trường hợp dự định sử dụng các vật liệu khác nhau cho ứng xử liên hợp, nếu trong trường hợp các vật liệu này có nguy cơ xảy ra hiện tượng điện hóa tạo ra các điều kiện dẫn đến ăn mòn.

CHÚ THÍCH: Khả năng chống ăn mòn của chốt đối với các danh mục môi trường ăn mòn theo EN ISO 12944-2 được đề cập trong Phụ lục B.

(3) Cần tính đến các điều kiện môi trường phổ biến kể từ thời điểm sản xuất, bao gồm cả các điều kiện trong quá trình vận chuyển và lưu kho tại công trường.

## 5 Phân tích kết cấu

### 5.1 Ảnh hưởng của các góc uốn

(1) Trong các tiết diện ngang có các góc uốn, chiều rộng phẳng quy ước  $b_p$  của các phần tiết diện ngang phẳng cần được đo từ các điểm giữa của các phần tiết diện liền kề góc, như được chỉ ra trong Hình 5.1.

(2) Trong các tiết diện có các góc uốn, việc tính toán các đặc trưng của tiết diện cần dựa trên hình dạng thực tế của tiết diện.

(3) Trừ khi sử dụng các phương pháp thích hợp hơn để xác định các đặc trưng tiết diện, có thể sử dụng quy trình gần đúng sau. Ảnh hưởng của các góc uốn đối với các đặc trưng tiết diện có thể được bỏ qua nếu bán kính trong (của góc uốn)  $r \leq 10t$  và  $r \leq 0,15b_p$  và tiết diện ngang có thể được giả thiết bao gồm các phần tiết diện ngang phẳng với các góc nhọn.

(4) Có thể tính đến ảnh hưởng của các góc uốn đối với các đặc trưng của tiết diện bằng cách giảm các đặc trưng được tính toán cho một tiết diện ngang khác tương tự với các góc nhọn, sử dụng các biểu thức gần đúng sau:

$$A_g \approx A_{g,sh} (1 - \delta) \tag{5.1a}$$

$$I_g \approx I_{g,sh} (1 - 2\delta) \tag{5.1b}$$

với:

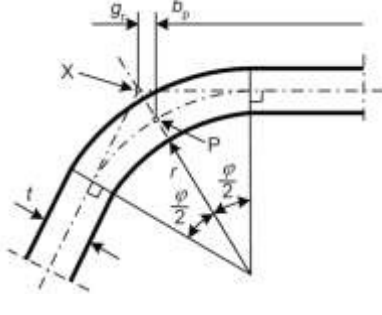
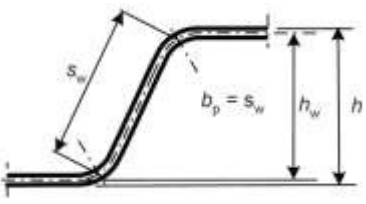

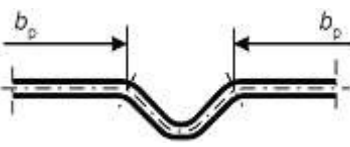
$$\delta = 0,43 \cdot \sum_{j=1}^n (r_j \varphi_j / 90) / \sum_{i=1}^m b_{p,i} \tag{5.1c}$$

trong đó:

- $A_g$  là diện tích của tiết diện ngang nguyên;
- $A_{g,sh}$  là giá trị của  $A_g$  cho tiết diện ngang với các góc nhọn;
- $b_{p,i}$  là chiều rộng phẳng quy ước của phần tiết diện ngang phẳng thứ  $i$  cho một tiết diện ngang với các góc nhọn;
- $I_g$  là mô men quán tính của tiết diện ngang nguyên;
- $I_{g,sh}$  là giá trị của  $I_g$  cho một tiết diện ngang với các góc nhọn;
- $\varphi$  là góc giữa hai phần tử phẳng;
- $m$  là số phần tiết diện phẳng;
- $n$  là số phần tiết diện cong mà không xét đến độ cong của sườn cứng trong các bản bụng và bản cánh;
- $r_j$  là bán kính trong của phần tiết diện cong thứ  $j$ .

(5) Việc giảm các đặc trưng của tiết diện được đưa ra bởi biểu thức (5.1) cũng có thể được áp dụng trong việc tính toán các đặc trưng tiết diện hiệu dụng  $A_{eff}$  và  $I_{y,eff}$  với điều kiện là các chiều rộng phẳng quy ước của các phần tiết diện ngang phẳng được đo theo các điểm giao nhau của các đường trung bình của chúng.

(6) Khi bán kính trong  $r \geq 0,04tE / f_o$  thì khả năng chịu lực của tiết diện cần được xác định bằng thí nghiệm.

	<p>(a) điểm giữa của góc hoặc chỗ uốn                  X là giao điểm của các đường trung bình                  P là điểm giữa của góc</p> $r_m = r + t / 2$ $g_r = r_m \left( \tan\left(\frac{\varphi}{2}\right) - \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right) \right)$
	<p>(b) chiều rộng phẳng quy ước <math>b_p</math> cho một bản bụng                  (<math>b_p =</math> chiều cao nghiêng <math>s_w</math>)</p>
	<p>(c) chiều rộng phẳng quy ước <math>b_p</math> của các phần tử phẳng liền kề với sườn cứng của bản bụng</p>
	<p>(d) chiều rộng phẳng quy ước <math>b_p</math> của các bộ phận phẳng liền kề với sườn cứng của bản cánh</p>

Hình 5.1 - Chiều rộng quy ước  $b_p$  của các phần tiết diện ngang phẳng có kể đến bán kính góc uốn

5.2 Tỷ lệ hình học

(1) Không được áp dụng các quy định cho thiết kế bằng tính toán trong TCVN XXXX-1-4 cho các tiết diện ngang nằm ngoài phạm vi tỷ lệ giữa chiều rộng và chiều dày  $b / t$  và  $s_w / t$  được đưa ra trong

(2).

(2) Tỷ lệ giữa chiều rộng và chiều dày tối đa:


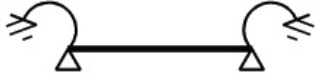

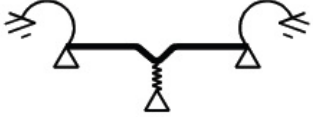




- đối với bản cánh chịu nén  $b / t \leq 300$
- đối với bản bụng  $s_w / t \leq 0,5E / f_o$

CHÚ THÍCH Các giới hạn  $b / t$  và  $s_w / t$  được đưa ra trong (2) có thể được giả thiết là đại diện cho các trường hợp khi có đủ kinh nghiệm và kiểm chứng phù hợp bằng thí nghiệm. Các tiết diện ngang có tỷ lệ chiều rộng và chiều dày lớn hơn cũng có thể được sử dụng nếu khả năng chịu lực của chúng ở trạng thái giới hạn cực hạn và ứng xử của chúng ở trạng thái giới hạn sử dụng được kiểm tra bằng thí nghiệm và/hoặc bằng tính toán, trong đó kết quả được xác nhận bằng một số lượng thí nghiệm phù hợp.

**5.3 Mô hình kết cấu cho phân tích**

- (1) Các phần của tiết diện ngang có thể được mô hình hóa cho tính toán như quy định trong Bảng 5.1
- (2) Cần tính đến ảnh hưởng lẫn nhau của nhiều sườn cứng.

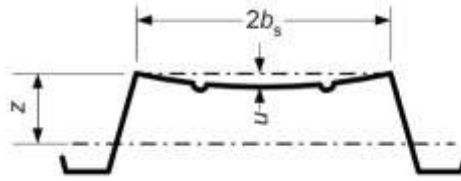
**Bảng 5.1 - Mô hình các phần của tiết diện ngang**

Loại phần tiết diện ngang	Mô hình	Loại phần tiết diện ngang	Hô hình
			
			

**5.4 Độ cong của bản cánh**

(1) Ảnh hưởng của độ cong đến khả năng chịu lực (nghĩa là độ cong hướng vào trong mặt phẳng trung hòa) của bản cánh rất rộng trong một tiết diện định hình chịu uốn, hoặc của một tiết diện định hình có độ cong ban đầu khi chịu uốn trong đó mặt lõm chịu nén, cần được kể đến trừ khi độ cong đó nhỏ hơn 5% chiều cao của tiết diện định hình. Nếu độ cong lớn hơn, thì cần kể đến việc suy giảm sức chịu tải, ví dụ do giảm chiều dài của cánh tay đòn đối với phần tiết diện bản cánh rộng, và do ảnh hưởng có thể có của ứng xử uốn (của bản bụng).





Hình 5.2 – Độ cong bản cánh

(2) Tính toán độ cong có thể được thực hiện theo các công thức (5.1e), (5.1f). Các công thức áp dụng cho cả bản cánh chịu nén và chịu kéo, có và không có sườn cứng, nhưng không có sườn cứng ngang bố trí sát nhau trong bản cánh.

- Đối với một tiết diện định hình, có dạng thẳng trước khi chịu tải tác dụng, xem Hình 5.2:

$$u = \frac{2\sigma_a b_s^4}{E^2 t^2 z} \quad (5.1e)$$

- Đối với một tiết diện định hình có độ cong ban đầu

$$u = \frac{2\sigma_a b_s^4}{Et^2 r} \quad (5.1f)$$

trong đó:

- $u$  là biến dạng uốn của bản cánh về phía trục trung hòa (độ cong), xem Hình 5.2;
- $b_s$  là một nửa khoảng cách giữa các bản bụng;
- $z$  là khoảng cách từ trục trung hòa tới bản cánh được xem xét;
- $r$  là bán kính cong của tiết diện định hình có độ cong ban đầu;
- $\sigma_a$  là ứng suất trung bình trong bản cánh được tính toán với tiết diện nguyên. Nếu ứng suất được tính toán cho tiết diện ngang hiệu dụng, ứng suất trung bình thu được bằng cách nhân ứng suất của tiết diện hiệu dụng với tỷ lệ của diện tích bản cánh hiệu dụng so với diện tích bản cánh nguyên.

## 5.5 Oằn cục bộ và oằn méo

### 5.5.1 Quy định chung

- (1) Cần tính đến ảnh hưởng của oằn cục bộ và oằn méo khi xác định khả năng chịu lực và độ cứng của tấm tạo hình nguội.
- (2) Các ảnh hưởng của oằn cục bộ có thể được xem xét bằng cách sử dụng các đặc trưng tiết diện ngang hiệu dụng, được tính toán trên cơ sở chiều dày hiệu dụng, xem TCVN XXXX-1-1.
- (3) Để xác định khả năng chống oằn cục bộ, cần sử dụng giới hạn chảy quy ước (0,2%)  $f_o$ .
- (4) Để biết các đặc trưng tiết diện hiệu dụng khi kiểm tra giới hạn sử dụng, xem 7.1(3)
- (5) Oằn méo của các phần tiết diện ngang có sườn cứng trung gian được xem xét trong 5.5.3.

**5.5.2 Các phần tiết diện ngang phẳng không có sườn cứng**

1) Chiều dày hiệu dụng  $t_{eff}$  của các phần tiết diện ngang chịu nén cần được lấy là  $t_{eff} = \rho t$ , trong đó  $\rho$  là hệ số giảm kể đến oằn cục bộ.

(2) Chiều rộng phẳng quy ước  $b_p$  của một phần tiết diện ngang phẳng cần được xác định theo quy định trong 5.1. Trong trường hợp các phần tiết diện ngang phẳng nằm trong một bản bụng nghiêng, cần sử dụng chiều cao nghiêng thích hợp.

(3) Hệ số giảm  $\rho$  để xác định  $t_{eff}$  cần dựa trên ứng suất nén lớn nhất  $\sigma_{com,Ed}$  trong phần tiết diện ngang có liên quan (tính trên cơ sở của tiết diện ngang hiệu dụng), khi đạt được khả năng chịu lực của tiết diện.

(4) Nếu  $\sigma_{com,Ed} = f_0 / \gamma_{M1}$  thì hệ số giảm  $\rho$  cần được lấy như sau:

Nếu  $\bar{\lambda}_p \leq \bar{\lambda}_{lim}$ :  $\rho = 1,0$  (5.2a)

Nếu  $\bar{\lambda}_p > \bar{\lambda}_{lim}$ :  $\rho = \alpha(1 - 0,22 / \bar{\lambda}_p) / \bar{\lambda}_p$  (5.2b)

trong đó độ mảnh của bản  $\bar{\lambda}_p$  được xác định như sau:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_0}{\sigma_{cr}}} \equiv \frac{b_p}{t} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)f_0}{\pi^2 E k_\sigma}} \cong 1,052 \frac{b_p}{t} \sqrt{\frac{f_0}{E k_\sigma}} \tag{5.3}$$

$k_\sigma$  là hệ số oằn tương ứng lấy từ Bảng 5.3. Các tham số  $\bar{\lambda}_{lim}$  và  $\alpha$  có thể được lấy từ Bảng 5.2.

**Bảng 5.2 - Tham số  $\bar{\lambda}_{lim}$  và  $\alpha$**

$\bar{\lambda}_{lim}$	$\alpha$
0,517	0,90

(5) Nếu  $\sigma_{com,Ed} < f_0 / \gamma_{M1}$  thì hệ số giảm  $\rho$  có thể được xác định như sau:

Sử dụng các biểu thức (5.2a) và (5.2b) nhưng thay thế độ mảnh của bản  $\bar{\lambda}_p$  bằng độ mảnh suy giảm của bản  $\bar{\lambda}_{p,red}$  được tính bởi:

$$\bar{\lambda}_{p,red} = \bar{\lambda}_p \sqrt{\frac{\sigma_{com,Ed}}{f_0 / \gamma_{M1}}} \tag{5.4}$$

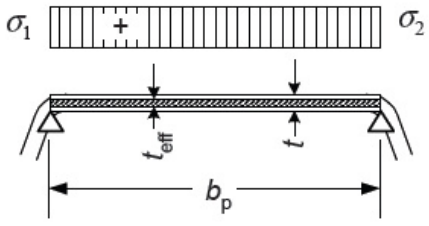
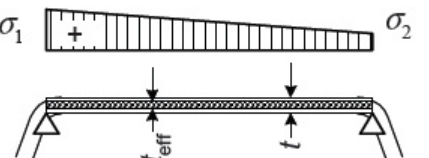
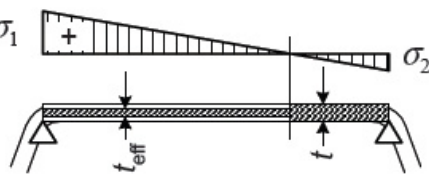
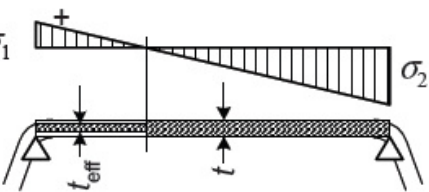
(6) Để tính toán độ cứng hiệu dụng ở trạng thái giới hạn sử dụng, xem 7.1(3)

(7) Khi xác định chiều dày hiệu dụng của một phần tiết diện ngang trong bản cánh chịu ứng suất thay đổi, tỷ số ứng suất  $\psi$  được sử dụng trong Bảng 5.3 có thể dựa trên các đặc trưng của tiết diện nguyên.

(8) Khi xác định chiều dày hiệu dụng của một phần tiết diện ngang trong bản bụng, tỷ số ứng suất  $\psi$  được sử dụng trong Bảng 5.3 có thể được xác định bằng cách sử dụng diện tích hiệu dụng của bản cánh chịu nén nhưng với diện tích nguyên của bản bụng.

(9) Một cách tùy chọn, các đặc trưng tiết diện hiệu dụng có thể được tinh chỉnh bằng cách lặp đi lặp lại (6) và (7), nhưng sử dụng tiết diện hiệu dụng đã tính được thay cho tiết diện nguyên. Số bước tối thiểu trong vòng lặp với ứng suất thay đổi là hai.

**Bảng 5.3 - Hệ số oằn  $k_\sigma$  cho các phần tiết diện ngang chịu nén**

Phần tiết diện ngang (+ = nén)	$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	Hệ số oằn $k_\sigma$
	$\psi = +1$	$k_\sigma = 4,0$
	$+1 > \psi \geq 0$	$k_\sigma = \frac{8,2}{1,05 + \psi}$
	$0 > \psi \geq -1$	$k_\sigma = 7,81 - 6,26\psi + 9,78\psi^2$
	$-1 > \psi \geq -3$	$k_\sigma = 5,98(1 - \psi)^2$

**5.5.3 Các phần tiết diện ngang phẳng với sườn cứng trung gian**

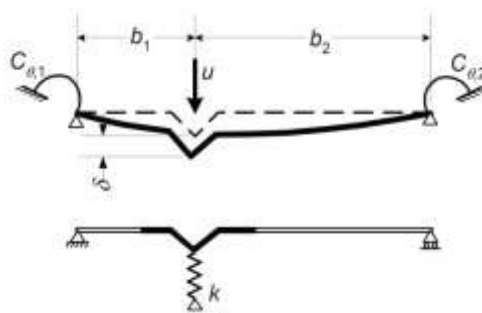
**5.5.3.1 Quy định chung**

(1) Việc thiết kế các phần tiết diện ngang chịu nén có sườn cứng trung gian cần dựa trên giả thiết rằng sườn cứng ứng xử như một cấu kiện chịu nén với ngăn cản một phần (partial restraint) chạy liên tục, với độ cứng lò xo phụ thuộc vào các điều kiện biên và độ cứng chống uốn của các phần tiết diện ngang liền kề.

(2) Độ cứng lò xo của sườn cứng cần được xác định bằng cách tác dụng một tải trọng đơn vị trên một đơn vị chiều dài  $u$  như minh họa trong Hình 5.3. Độ cứng lò xo  $k$  trên mỗi đơn vị chiều dài có thể được xác định từ:

$$k = u / \delta \tag{5.5}$$

Trong đó  $\delta$  là độ võng của dải bản nằm ngang do tải trọng đơn vị  $u$  tác dụng tại tâm ( $b_1$ ) của phần hiệu dụng của sườn cứng.



**Hình 5.3 - Mô hình xác định độ cứng lò xo**

(3) Khi xác định các giá trị của độ cứng lò xo chống xoay  $C_{\theta,1}$  và  $C_{\theta,2}$  từ kích thước hình học của tiết diện, cần xem xét các ảnh hưởng có thể có của các sườn cứng khác có trên cùng một phần tiết diện ngang, hoặc trên bất kỳ phần nào khác của tiết diện ngang mà chịu nén.

(4) Đối với một sườn cứng trung gian, để thiên về về an toàn, các giá trị của độ cứng lò xo chống xoay  $C_{\theta,1}$  và  $C_{\theta,2}$  có thể được lấy bằng 0 và độ võng  $\delta$  có thể được lấy từ:

$$\delta = \frac{ub_1^2b_2^2}{3(b_1 + b_2)} \frac{12(1 - \nu^2)}{Et^3} \tag{5.6}$$

(5) Hệ số giảm  $\chi_d$  cho khả năng chống oằn méo của một sườn cứng (oằn dạng uốn của một sườn cứng trung gian) được lấy từ Bảng 5.4 cho tham số độ mảnh được cho ở (5.7)

$$\bar{\lambda}_s = \sqrt{f_o / \sigma_{cr,s}} \tag{5.7}$$

Trong đó:  $\sigma_{cr,s}$  là ứng suất tới hạn đàn hồi cho sườn cứng lấy theo 5.5.3.3 hoặc 5.5.4.2.

**Bảng 5.4 - Hệ số giảm  $\chi_d$  đối với oằn méo của sườn cứng**

$\bar{\lambda}_s$	$\chi_d$
$\bar{\lambda}_s \leq 0,25$	1,00
$0,25 < \bar{\lambda}_s < 1,04$	$1,155 - 0,62\bar{\lambda}_s$
$1,04 \leq \bar{\lambda}_s$	$0,53 / \bar{\lambda}_s$

**5.5.3.2 Điều kiện để sử dụng quy trình thiết kế**

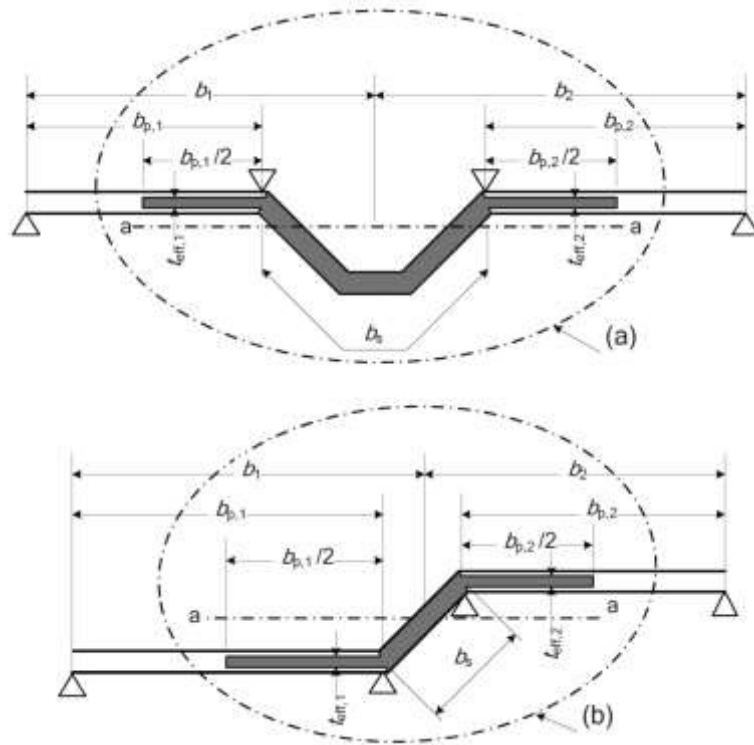
(1) Có thể áp dụng quy trình sau đây cho một hoặc hai sườn cứng trung gian giống nhau được hình thành bởi các rãnh hoặc chỗ uốn với điều kiện là tất cả các phần tử phẳng được tính theo 5.5.2.

(2) Các sườn cứng cần có hình dạng như nhau và số lượng không quá hai. Nếu có nhiều hơn thì chỉ được tính cho hai sườn cứng.

(3) Nếu các tiêu chí trong (1) và (2) được đáp ứng, hiệu quả của sườn cứng có thể được xác định từ quy trình thiết kế được đưa ra trong 5.5.3.3.

**5.5.3.3 Quy trình thiết kế**

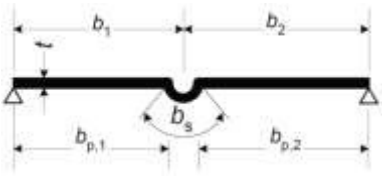
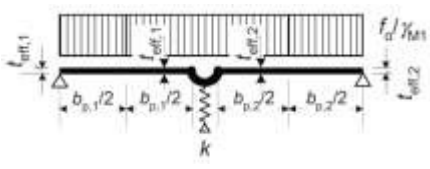
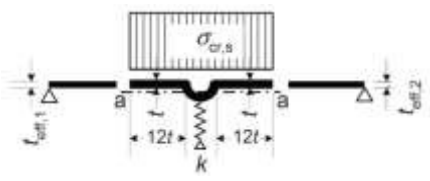
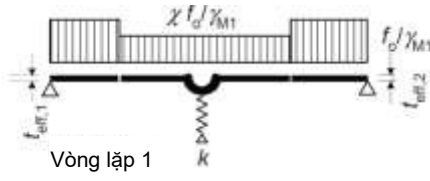
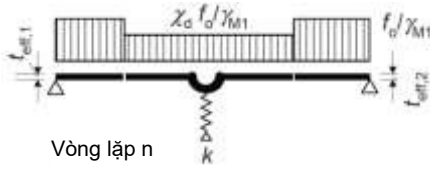
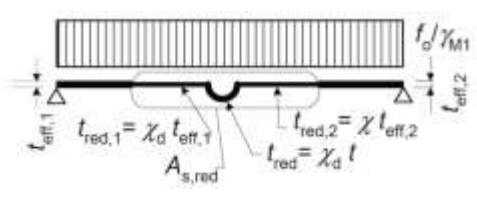
(1) Tiết diện ngang của một sườn cứng trung gian cần được lấy bao gồm chính sườn cứng đó cộng với các phần hiệu dụng liền kề của các phần tiết diện phẳng liền kề  $b_{p,1}$  và  $b_{p,2}$  được mô tả trong Hình 5.4.



**Hình 5.4 - Diện tích tiết diện hiệu dụng ban đầu  $A_s$  đối với các sườn cứng trung gian trong (a) bản cánh và (b) bản bụng**

(2) Quy trình thiết kế (Hình 5.5) cần được thực hiện theo các bước như sau:

- Bước 1: Xác định tiết diện hiệu dụng ban đầu của sườn cứng để tính diện tích tiết diện  $A_s$ , sử dụng chiều dày hiệu dụng được xác định bằng cách giả thiết rằng sườn cứng được đỡ theo chiều dọc và  $\sigma_{com,Ed} = f_o / \gamma_{M1}$ , xem (3) và (4);
- Bước 2: Sử dụng một tiết diện hiệu dụng khác của sườn cứng để tính toán mô men quán tính hiệu dụng để xác định hệ số giảm cho oằn méo, có kể đến các tác động của gối lò xo chạy liên tục, xem (5) và (6);
- Bước 3: Lập lại một cách tùy ý để tinh chỉnh giá trị của hệ số giảm cho oằn của sườn cứng, xem (7) và (8).

	<p>a) Tiết diện nguyên và các điều kiện biên</p>
	<p>b) <b>Bước 1:</b> Tiết diện hiệu dụng cho <math>k = \infty</math> dựa trên <math>\sigma_{com,Ed} = f_o / \gamma_{M1}</math></p>
	<p>c) <b>Bước 2:</b> Ứng suất tới hạn đàn hồi <math>\sigma_{cr,s}</math> cho tiết diện hiệu dụng dựa trên chiều rộng hiệu dụng <math>12t</math> và độ cứng lò xo <math>k</math></p>
 <p>Vòng lặp 1</p>	<p>d) Cường độ suy giảm <math>\chi_d f_o / \gamma_{M1}</math> cho diện tích hiệu dụng của sườn cứng <math>A_s</math>, với hệ số giảm <math>\chi_d</math> dựa trên <math>\sigma_{cr,s}</math></p>
 <p>Vòng lặp n</p>	<p>e) <b>Bước 3:</b> Lặp lại bước 1 một cách tùy ý bằng cách tính toán chiều dày hiệu dụng với một ứng suất nén suy giảm <math>\sigma_{com,Ed,i} = \chi_d f_o / \gamma_{M1}</math> với <math>\chi_d</math> từ vòng lặp trước, tiếp tục cho đến khi <math>\chi_{d,n} \approx \chi_{d,n-1}</math> nhưng <math>\chi_{d,n} \leq \chi_{d,n-1}</math></p>
	<p>f) Áp dụng một tiết diện hiệu dụng <math>A_{s,red}</math> với chiều dày suy giảm <math>t_{red}</math> tương ứng với <math>\chi_{d,n} t</math> cho sườn cứng và chiều dày suy giảm hiệu dụng <math>\chi_{d,n} t_{eff}</math> cho các phần tử phẳng liền kề.</p>

**Hình 5.5 - Mô hình tính toán khả năng chịu nén của một bản cánh với sườn cứng trung gian**

(3) Các giá trị ban đầu của chiều dày hiệu dụng  $t_{eff,1}$  và  $t_{eff,2}$  được mô tả trong Hình 5.4 cần được xác định từ 5.5.2 với giả thiết rằng các phần tiết diện ngang phẳng  $b_{p,1}$  và  $b_{p,2}$  được góit tại hai đầu, xem Bảng 5.1.

(4) Diện tích tiết diện ngang hiệu dụng  $A_s$  của một sườn cứng trung gian cần tính như sau:

$$A_s = t_{eff,1} b_{p,1} / 2 + t b_s + t_{eff,2} b_{p,2} / 2 \tag{5.8}$$

trong đó chiều rộng sườn cứng  $b_s$  như trong hình 5.4.

(5) Ứng suất oằn tới hạn  $\sigma_{cr,s}$  đối với sườn cứng trung gian cần tính như sau:

$$\sigma_{cr,s} = \frac{2\sqrt{kEI_s}}{A_s} \tag{5.9}$$

Trong đó:

- $k$  là độ cứng lò xo trên mỗi đơn vị chiều dài, xem 5.5.3.1(2);
- $I_s$  là mô men quán tính hiệu dụng của sườn cứng, tính với chiều dày  $t$  và bề rộng hiệu dụng quy ước  $12t$  của các phần tiết diện ngang phẳng liền kề, quanh trục trung tâm  $a - a$  của tiết diện hiệu dụng của nó, xem Hình 5.6(a).

(6) Hệ số giảm  $\chi_d$  đối với khả năng chống oằn méo của sườn cứng trung gian cần được lấy từ giá trị của  $\sigma_{cr,s}$  sử dụng phương pháp được đưa ra trong 5.5.3.1(5).

(7) Nếu  $\chi_d < 1$ , có thể tùy ý tinh chỉnh lại theo cách lặp, bắt đầu vòng lặp với các giá trị điều chỉnh của  $\rho$  thu được bằng cách sử dụng 5.5.2 (4) với  $\sigma_{com,Ed}$  bằng  $\chi_d f_o / \gamma_{M1}$ , sao cho:

$$\lambda_{p,red} = \lambda_p \sqrt{\chi_d} \tag{5.10}$$

(8) Nếu việc sử dụng vòng lặp được thực hiện, cần tiếp tục cho đến khi giá trị  $\chi_d$  tại vòng lặp hiện thời xấp xỉ bằng, nhưng không lớn hơn, giá trị tại vòng lặp trước đó.

(9) Diện tích suy giảm hiệu dụng của sườn cứng  $A_{s,red}$  kể đến oằn méo cần được tính theo:

$$A_{s,red} = \chi_d A_s \frac{f_o / \gamma_{M1}}{\sigma_{com,Ed}} \quad \text{nhưng} \quad A_{s,red} \leq A_s \tag{5.11}$$

Trong đó  $\sigma_{com,Ed}$  là ứng suất nén tại đường tâm của sườn cứng được tính toán dựa trên tiết diện ngang hiệu dụng.

(10) Khi xác định đặc trưng tiết diện hiệu dụng, diện tích hiệu dụng suy giảm  $A_{s,red}$  cần được xác định bằng cách sử dụng chiều dày suy giảm  $t_{red} = \chi_d t_{eff}$  cho tất cả các phần tiết diện ngang có trong  $A_s$

### 5.5.4 Tấm sóng hình thang định hình có sườn cứng trung gian

#### 5.5.4.1 Quy định chung

(1) Mục này cần được sử dụng cùng với 5.5.3.3 cho các bản cánh có sườn cứng trung gian và cho các bản bụng có sườn cứng trung gian.

(2) Tương tác giữa oằn méo của sườn cứng trung gian của bản cánh và sườn cứng trung gian của bản bụng cũng cần được kể đến bằng phương pháp được nêu trong 5.5.4.4.



**5.5.4.2 Bản cánh có sườn cứng trung gian**

(1) Nếu chịu nén đều, tiết diện hiệu dụng của một bản cánh có sườn cứng trung gian cần được giả thiết bao gồm các diện tích hiệu dụng suy giảm  $A_{s,red}$  của tối đa hai sườn cứng trung gian và hai dải có chiều rộng  $0,5b_p$  và chiều dày  $t_{eff}$  liền kề với các mép được đỡ bởi các bản bụng, xem Hình 5.5(f).

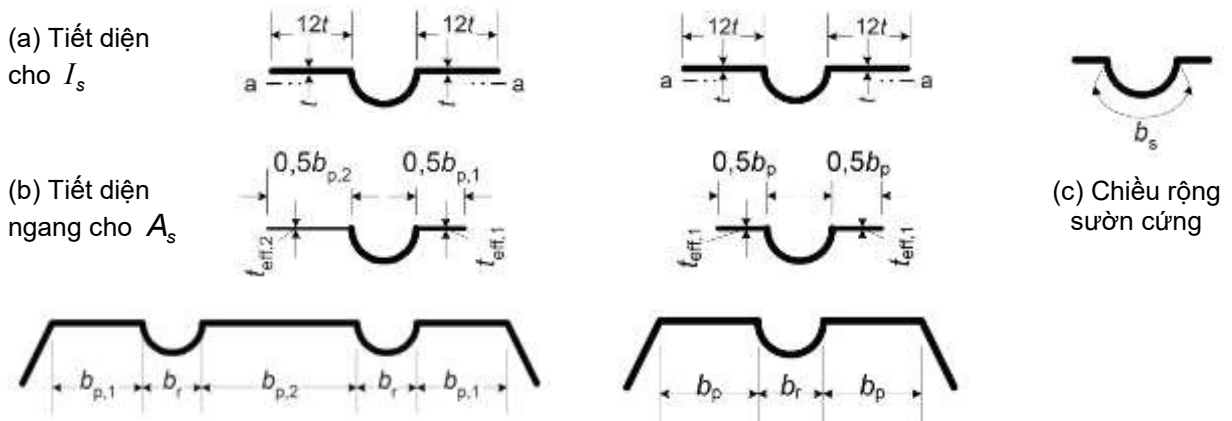
(2) Đối với bản cánh có một sườn cứng đặt chính giữa, ứng suất oằn tới hạn đàn hồi  $\sigma_{cr,s}$  cần được lấy từ:

$$\sigma_{cr,s} = \frac{4,2\kappa_w E}{A_s} \sqrt{\frac{I_s t^3}{4b_p^2(2b_p + 3b_s)}} \tag{5.12}$$

Trong đó:

- $b_p$  là chiều rộng phẳng quy ước của phần tiết diện ngang phẳng được chỉ ra trong Hình 5.6;
- $b_s$  là chiều rộng của sườn cứng, được đo xung quanh chu vi của sườn cứng, xem Hình 5.6(c);
- $\kappa_w$  là một hệ số kể đến sự ngăn cản một phần góc xoay của bản cánh có sườn cứng do các bản bụng, xem (5) và (6);

và  $A_s$  và  $I_s$  như được định nghĩa trong 5.5.3.3 và Hình 5.6.



**Hình 5.6 - Tiết diện ngang hiệu dụng để tính toán  $I_s$  và  $A_s$  cho bản cánh chịu nén với hai hoặc một sườn cứng**

(3) Đối với bản cánh có hai sườn cứng đặt đối xứng, ứng suất oằn tới hạn đàn hồi  $\sigma_{cr,s}$  cần được lấy theo:

$$\sigma_{cr,s} = \frac{4,2\kappa_w E}{A_s} \sqrt{\frac{I_s t^3}{8b_1^2(3b_e - 4b_1)}} \tag{5.13}$$

với:

$$b_e = 2b_{p,1} + b_{p,2} + 2b_s$$

$$b_1 = b_{p,1} + 0,5b_r$$

Trong đó:

$b_{p,1}$  là chiều rộng phẳng quy ước của phần tiết diện ngang phẳng nằm ngoài, như trong hình 5.6;

$b_{p,2}$  là chiều rộng phẳng quy ước của phần tiết diện ngang phẳng nằm giữa, như trong hình 5.6;

$b_s$  là chiều rộng của sườn cứng, được đo xung quanh chu vi của sườn cứng, xem Hình 5.6(c).

(4) Nếu có ba sườn cứng, một cái ở giữa được coi là không hiệu quả.

(5) Giá trị của  $\kappa_w$  có thể được tính từ bước sóng oằn  $l_b$  của bản cánh chịu nén như sau:

$$\text{Như } l_b / s_w \geq 2: \quad \kappa_w = \kappa_{wo} \tag{5.14a}$$

$$\text{N5.1 } l_b / s_w < 2: \quad \kappa_w = \kappa_{wo} - (\kappa_{wo} - 1) \left[ 2l_b / s_w - (l_b / s_w)^2 \right] \tag{5.14b}$$

Trong đó:

$s_w$  là chiều cao nghiêng của bản bụng, xem Hình 5.7 (a).

$l_b$  là một nửa bước sóng cho oằn đàn hồi của sườn cứng, xem (7).

(6) Bằng cách khác, hệ số ngăn cản góc xoay  $\kappa_w$  có thể được lấy một cách an toàn bằng 1,0 tương ứng với điều kiện là liên kết khớp.

(7) Các giá trị của  $l_b$  và  $\kappa_{wo}$  có thể được xác định như sau:

- đối với một bản cánh chịu nén với một sườn cứng trung gian:

$$l_b = 3,074 \sqrt{I_s b_p^2 (2b_p + 3b_s) / t^3} \tag{5.15}$$

$$\kappa_{wo} = \sqrt{\frac{s_w + 2b_d}{s_w + 0,5b_d}} \tag{5.16}$$

với:

$$b_d = 2b_p + b_s$$

- đối với một bản cánh chịu nén có hai hoặc ba sườn cứng trung gian:

$$l_b = 3,654 \sqrt{I_s b_1^2 (3b_e - 4b_1) / t^3} \tag{5.17}$$

$$\kappa_{wo} = \sqrt{\frac{(2b_e + s_w)(3b_e - 4b_1)}{b_1(4b_e - 6b_1) + s_w(3b_e - 4b_1)}} \tag{5.18}$$

(8) Diện tích suy giảm hiệu dụng của sườn cứng  $A_{s,red}$  kể đến oằn méo (oằn dạng uốn của một sườn cứng trung gian) cần được lấy bằng:

$$A_{s,red} = \chi_d A_s \frac{f_o / \gamma_{M1}}{\sigma_{com,Ed}} \quad \text{nhưng} \quad A_{s,red} \leq A_s \quad (5.19)$$

(9) Nếu các bản bụng không có sườn cứng, hệ số giảm  $\chi_d$  cần được lấy trực tiếp từ  $\sigma_{cr,s}$  bằng phương pháp được đưa ra trong 5.5.3.1(5).

(10) Nếu các bản bụng cũng có sườn cứng, cần lấy hệ số giảm  $\chi_d$  bằng phương pháp được đưa ra trong 5.5.3.1(5), nhưng với ứng suất tới hạn đàn hồi điều chỉnh  $\sigma_{cr,mod}$  được đưa ra trong 5.5.4.4.

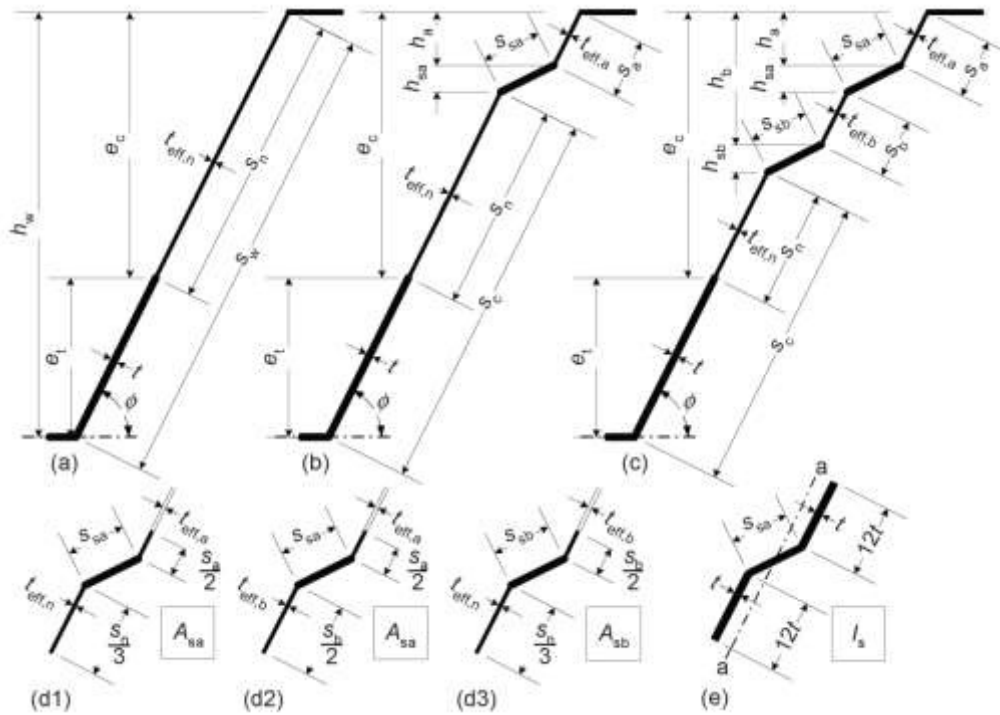
(11) Khi xác định các đặc trưng tiết diện hiệu dụng, diện tích hiệu dụng suy giảm  $A_{s,red}$  cần được xác định bằng cách sử dụng chiều dày suy giảm  $t_{red} = \chi_d t_{eff}$  cho tất cả các phần tiết diện có trong  $A_s$ .

### 5.5.4.3 Các bản bụng có tối đa hai sườn cứng trung gian chịu ứng suất thay đổi

(1) Tiết diện hiệu dụng của vùng nén của bản bụng cần được giả thiết là bao gồm các diện tích hiệu dụng suy giảm  $A_{s,red}$  của tối đa hai sườn cứng trung gian, một dải liền kề với bản cánh chịu nén và một dải liền kề với trục trung tâm của tiết diện ngang định hình, xem Hình 5.7. Các bản bụng chịu ứng suất nén đều cần được tính toán tương tự như các bản cánh có sườn cứng.

(2) Tiết diện hiệu dụng của một bản bụng như trong Hình 5.7 cần bao gồm:

- một dải có chiều rộng  $s_a / 2$  và chiều dày hiệu dụng  $t_{eff,a}$  liền kề với bản cánh chịu nén;
- diện tích hiệu dụng suy giảm  $A_{s,red}$  của mỗi sườn cứng bản bụng với tối đa là hai sườn cứng;
- một dải có chiều rộng  $2s_n / 3$  liền kề với trục trung tâm hiệu dụng;
- phần của bản bụng chịu kéo



**Hình 5.7 – Các tiết diện ngang hiệu dụng của các bản bưng làm từ tấm định hình tạo hình nguội**

(3) Các diện tích hiệu dụng ban đầu cần được lấy như sau:

- cho một sườn cứng duy nhất:

$$A_{sa} = \left( t_{eff,a} \frac{s_a}{2} + t_{sa} + t_{eff,n} \frac{s_n}{3} \right) \text{ Hình 5.7(d1)} \tag{5.20a}$$

- cho sườn cứng gần hơn với các bản cánh chịu nén trong bản bưng có hai sườn cứng:

$$A_{sa} = \left( t_{eff,a} \frac{s_a}{2} + t_{sa} + t_{eff,b} \frac{s_b}{2} \right) \text{ Hình 5.7(d2)} \tag{5.20b}$$

- cho sườn cứng thứ hai

$$A_{sb} = \left( t_{eff,b} \frac{s_b}{2} + t_{sb} + t_{eff,n} \frac{s_n}{3} \right) \text{ Hình 5.7(d3)} \tag{5.21}$$

trong đó các kích thước  $s_a$ ,  $s_{sa}$ ,  $s_b$ ,  $s_{sb}$  và  $s_n$  như trong hình 5.7 và  $t_{eff,a}$ ,  $t_{eff,b}$  và  $t_{eff,n}$  được đưa ra trong (5).

(4) Ban đầu, vị trí của trục trung tâm hiệu dụng cần dựa trên diện tích hiệu dụng của các bản cánh nhưng với diện tích nguyên của các bản bưng.

(5) Nếu độ mảnh  $\bar{\lambda}_p$  của phần bản bưng đang chịu nén lớn hơn  $\bar{\lambda}_{lim}$  (xem 5.5.2(4)), chiều dày hiệu dụng  $t_{eff,a}$ ,  $t_{eff,b}$  và  $t_{eff,n}$  cần được xác định như sau:

$$t_{eff} = \rho t \tag{5.22}$$

Trong đó  $\rho$  được tính bằng biểu thức (5.2) với độ mảnh  $\bar{\lambda}_p$  và hệ số quan hệ ứng suất  $\psi$  theo Bảng 5.5, trong đó  $e_c$  và  $e_t$  là khoảng cách từ trục trung tâm hiệu dụng đến đường trục của bản cánh chịu nén và kéo, xem Hình 5.7, và các kích thước  $h_a$ ,  $h_b$ ,  $h_{sa}$ ,  $h_{sb}$ ,  $s_n$  và  $\phi$  như trong Hình 5.7.

(6) Để tính diện tích hiệu dụng ban đầu  $A_{sa}$  và  $A_{sb}$  của các sườn cứng bản bụng,  $s_a$  và  $s_b$  được chia thành hai phần bằng nhau  $s_a / 2$  và  $s_b / 2$ . Phần bản bụng  $s_n$  trên trục trung tâm được chia thành một phần  $s_n / 3$  liền kề với sườn cứng, Hình 5.7 (d1) và (d3), và một phần  $2s_n / 3$  liền kề với trục trung tâm.

**Bảng 5.5 - Độ mảnh  $\bar{\lambda}_p$  và hệ số quan hệ ứng suất  $\psi$  cho một bản bụng có sườn cứng**

Vị trí phần bản bụng	Phần bản bụng	Độ mảnh $\bar{\lambda}_p$	Hệ số quan hệ ứng suất $\psi$
<b>Không có sườn cứng, Hình 5.7 (a)</b>			
Giữa bản cánh chịu nén và trục trung tâm	$s_n$	$\bar{\lambda}_p = 1,052 \frac{s_n}{t} \sqrt{\frac{f_o}{EK_\sigma}}$	$\psi = -\frac{e_t}{e_c}$
<b>Một sườn cứng, Hình 5.7 (b)</b>			
Liên kề với bản cánh chịu nén	$s_a$	$\bar{\lambda}_p = 1,052 \frac{s_a}{t} \sqrt{\frac{f_o}{EK_\sigma}}$	$\psi = \frac{e_c - h_a}{e_c}$
Liên kề với trục trung tâm	$s_n$	$\bar{\lambda}_p = 1,052 \frac{s_c}{t} \sqrt{\frac{f_o}{EK_\sigma} \cdot \frac{(e_c - h_a - h_{sa})}{e_c}}$	$\psi = -\frac{e_t}{s_n \sin \phi}$
<b>Hai sườn cứng, Hình 5.7 (c)</b>			
Liên kề với bản cánh chịu nén	$s_a$	$\bar{\lambda}_p = 1,052 \frac{s_a}{t} \sqrt{\frac{f_o}{EK_\sigma}}$	$\psi = \frac{e_c - h_a}{e_c}$
Giữa các sườn cứng	$s_b$	$\bar{\lambda}_p = 1,052 \frac{s_b}{t} \sqrt{\frac{f_o}{EK_\sigma} \cdot \frac{(e_c - h_a - h_{sa})}{e_c}}$	$\psi = \frac{e_c - h_b}{e_c - h_a - h_{sa}}$
Liên kề với trục trung tâm	$s_n$	$\bar{\lambda}_p = 1,052 \frac{s_c}{t} \sqrt{\frac{f_o}{EK_\sigma} \cdot \frac{(e_c - h_b - h_{sb})}{e_c}}$	$\psi = -\frac{e_t}{s_n \sin \phi}$

(7) Đối với một sườn cứng đơn, hoặc đối với sườn cứng gần hơn với bản cánh chịu nén trong các bản bụng có hai sườn cứng, ứng suất oằn đàn hồi  $\sigma_{cr,sa}$  cần được xác định như sau:

$$\sigma_{cr,sa} = \frac{1,05k_f E \sqrt{I_{sa} t^3 s_1}}{A_{sa} s_2 (s_1 - s_2)} \tag{5.23}$$

trong đó  $s_1$  và  $s_2$  được tính bởi:

- cho một sườn cứng duy nhất:

$$s_1 = 0,9(s_a + s_{sa} + s_c) \quad , \quad s_2 = s_1 - s_a - 0,5s_{sa} \quad (5.24)$$

- đối với sườn cứng gắn với bản cánh chịu nén hơn trong các bản bụng có hai sườn cứng khi sườn cứng còn lại chịu kéo hoặc gắn với trục trung tâm:

$$s_1 = s_a + s_{sa} + s_b + 0,5(s_{sb} + s_c) \quad , \quad s_2 = s_1 - s_a - 0,5s_{sa} \quad (5.25)$$

Trong đó:

$\kappa_f$  là một hệ số kể đến ngăn cản một phần góc xoay của bản bụng có sườn cứng do các bản cánh;

$I_{sa}$  là mô men quán tính của tiết diện ngang của sườn cứng bao gồm chỗ gập với chiều rộng  $s_{sa}$  và hai dải liền kề, mỗi dải rộng  $12t$ , quanh trục chính của nó song song với các phần tiết diện ngang phẳng của bản bụng, xem Hình 5.7 (e). Khi tính toán  $I_{sa}$ , sự khác biệt có thể có về độ dốc giữa các phần tiết diện phẳng ở hai bên của sườn cứng có thể được bỏ qua.

(8) Trong trường hợp không có kiểm tra chi tiết hơn, hệ số ngăn cản góc xoay  $\kappa_f$  có thể được lấy một cách an toàn bằng 1,0 tương ứng với điều kiện là liên kết khớp.

(9) Đối với trường hợp có một sườn cứng duy nhất chịu nén, hoặc trường hợp sườn cứng gắn hơn với bản cánh chịu nén trong một bản bụng có hai sườn cứng, diện tích hiệu dụng suy giảm  $A_{sa,red}$  (Bước 2 trong Hình 5.5) cần được xác định như sau:

$$A_{sa,red} = \frac{\chi_d A_{sa}}{1 - \frac{h_a + 0,5h_{sa}}{e_c}} \quad \text{nhưng} \quad A_{sa,red} \leq A_{sa} \quad (5.26)$$

(10) Nếu các bản cánh cũng có sườn cứng, cần lấy hệ số giảm  $\chi_d$  bằng phương pháp được đưa ra trong 5.5.3.1(5), nhưng với ứng suất tới hạn đàn hồi điều chỉnh  $\sigma_{cr,mod}$  được đưa ra trong 5.5.4.4.

(11) Đối với trường hợp có một sườn cứng đơn chịu kéo, diện tích hiệu dụng suy giảm  $A_{sb,red}$  cần được lấy bằng với  $A_{sa}$ .

(12) Đối với các bản bụng có hai sườn cứng, diện tích hiệu dụng suy giảm  $A_{sb,red}$  cho sườn cứng thứ hai gắn với trục trung hòa cần được lấy bằng  $A_{sb}$ .

(13) Để xác định các đặc trưng tiết diện hiệu dụng, diện tích hiệu dụng suy giảm  $A_{sb,red}$  cần được xác định bằng cách sử dụng chiều dày suy giảm  $t_{red} = \chi_d t_{eff}$  cho tất cả các phần tiết diện có trong  $A_{sa}$ .

(14) Nếu  $\chi_d < 1$ , có thể tùy ý vi chỉnh bằng phương pháp lặp, xem 5.5.3(7).

(15) Đối với các đặc trưng tiết diện hiệu dụng ở trạng thái giới hạn sử dụng, xem 7.1.

**5.5.4.4 Tấm có sườn cứng bản cánh và sườn cứng bản bụng**

(1) Trong trường hợp tấm có sườn cứng trung gian trong bản cánh và trong bản bụng, xem Hình 5.8, sự tương tác giữa oằn méo của các sườn cứng bản cánh và các sườn cứng bản bụng cần được kể đến bằng cách sử dụng một ứng suất tới hạn đàn hồi điều chỉnh  $\sigma_{cr,mod}$  cho cả hai loại sườn cứng, được tính như sau:

$$\sigma_{cr,mod} = \frac{\sigma_{cr,s}}{\sqrt[4]{1 + \left[ \beta_s \frac{\sigma_{cr,s}}{\sigma_{cr,sa}} \right]^4}} \tag{5.27}$$

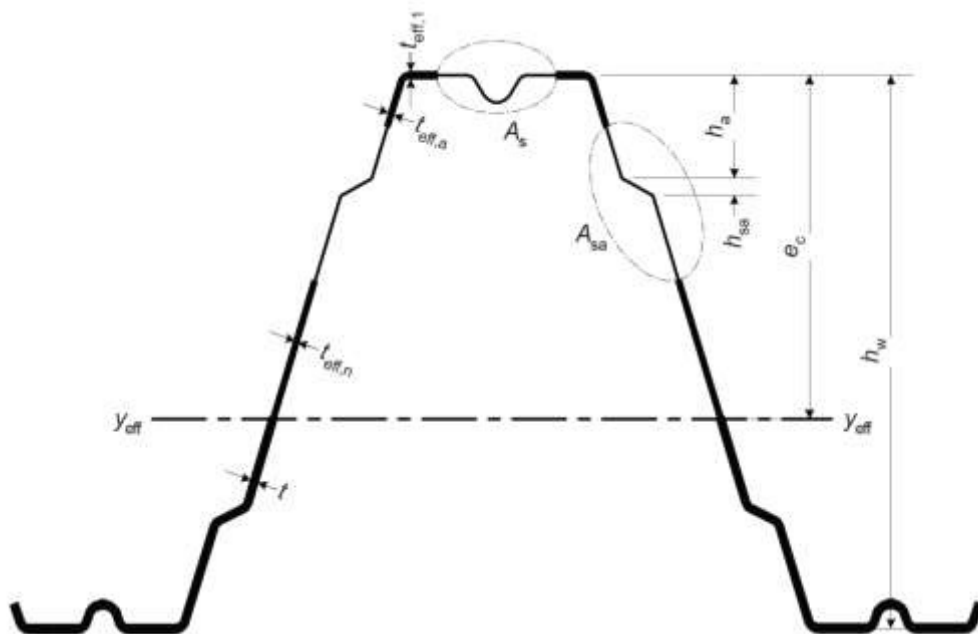
Trong đó:

$\sigma_{cr,s}$  là ứng suất tới hạn đàn hồi cho một sườn cứng trung gian của bản cánh, xem 5.5.4.2(2) cho bản cánh có một sườn cứng đơn hoặc 5.5.4.2(3) cho bản cánh có hai sườn cứng;

$\sigma_{cr,sa}$  là ứng suất tới hạn đàn hồi cho một sườn cứng đơn của bản bụng, hoặc cho sườn cứng gần hơn với bản cánh chịu nén trong các bản bụng có hai sườn cứng, xem 5.5.4.3(7).

$\beta_s = 1 - (h_a + 0,5h_{sa}) / e_c$  cho tiết diện định hình chịu uốn

$\beta_s = 1$  cho tiết diện định hình chịu nén dọc trục



**Hình 5.8 - Tiết diện hiệu dụng của tấm định hình tạo hình ngược với các sườn cứng bản cánh và các sườn cứng bản bụng**

## 6 Các trạng thái giới hạn cực hạn

### 6.1 Khả năng chịu lực của tiết diện ngang

#### 6.1.1 Quy định chung

- (1) Các quy định trong phần này áp dụng cho thiết kế bằng tính toán.
- (2) Thiết kế có sự hỗ trợ của thí nghiệm có thể được sử dụng thay cho thiết kế bằng tính toán cho bất kỳ loại khả năng chịu lực nào, xem Chương 9 và Phụ lục A.

CHÚ THÍCH Thiết kế có sự hỗ trợ của thí nghiệm đặc biệt có lợi cho các tiết diện ngang có tỷ lệ  $b_p / t$  tương đối lớn, ví dụ: liên quan đến ứng xử không đàn hồi, uốn cục bộ bản bụng hoặc trễ do cắt.

- (3) Đối với thiết kế bằng tính toán, cần tính đến ảnh hưởng của oằn cục bộ và oằn méo bằng cách sử dụng các đặc trưng tiết diện hiệu dụng được xác định theo quy định trong 5.5.
- (4) Khả năng chống oằn của các cấu kiện tấm chịu nén cần được kiểm tra theo quy định trong 6.2.

#### 6.1.2 Kéo dọc trục

- (1) Khả năng chịu lực thiết kế của tiết diện ngang chịu lực kéo đều  $N_{t,Rd}$  cần được xác định như sau:

$$N_{t,Rd} = \frac{f_o A_g}{\gamma_{M1}} \quad \text{nhưng} \quad N_{t,Rd} \leq F_{net,Rd} \quad (6.1)$$

Trong đó:

$A_g$  là diện tích tiết diện ngang nguyên;

$F_{net,Rd}$  là khả năng chịu lực của tiết diện thực cho loại chốt cơ khí phù hợp.

#### 6.1.3 Nén dọc trục

- (1) Khả năng chịu lực thiết kế của tiết diện ngang chịu nén  $N_{c,Rd}$  cần được xác định như sau:

- nếu diện tích hiệu dụng  $A_{eff}$  nhỏ hơn diện tích nguyên  $A_g$  (tiết diện bị giảm yếu do oằn cục bộ và/hoặc oằn méo)

$$N_{c,Rd} = A_{eff} f_o / \gamma_{M1} \quad (6.2)$$

- nếu diện tích hiệu dụng  $A_{eff}$  bằng diện tích nguyên  $A_g$  (tiết diện không giảm yếu do oằn cục bộ hoặc oằn méo)

$$N_{c,Rd} = A_g f_o / \gamma_{M1} \quad (6.3)$$

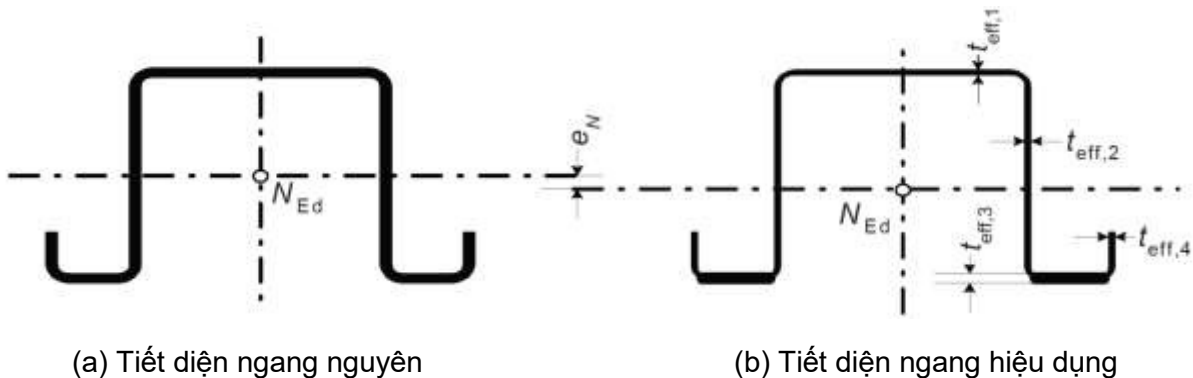
Trong đó:



$A_{eff}$  là diện tích hiệu dụng của tiết diện, xác định từ 5.5.2 bằng cách giả thiết một ứng suất nén đều bằng  $f_o / \gamma_{M1}$ .

(2) Các nội lực dọc trong một cấu kiện cần được coi là tác dụng ở tâm của tiết diện ngang nguyên của cấu kiện đó. Đây là một giả thuyết thiên về an toàn, nhưng có thể được sử dụng mà không cần có phân tích thêm. Phân tích sâu hơn có thể đưa ra một kết quả sát thực hơn về các nội lực, ví dụ trong trường hợp phân bố đều lực dọc trong phần tiết diện chịu nén.

(3) Khả năng chịu nén thiết kế của một tiết diện chịu nén đều cần được giả thiết là tác dụng tại tâm của tiết diện hiệu dụng của tiết diện đó. Nếu tâm này không trùng với tâm của tiết diện nguyên thì cần tính đến sự chuyển dịch  $e_N$  của các trục trung tâm (xem Hình 6.1) bằng cách sử dụng phương pháp được đưa ra trong 6.1.9. Nếu sự chuyển dịch của trục trung hòa cho kết quả có lợi, thì chỉ được bỏ qua sự chuyển dịch đó nếu sự chuyển dịch đã được tính toán với giới hạn chảy chứ không phải với ứng suất nén thực tế.



Hình 6.1 - Minh họa sự dịch chuyển của trục trung hòa trong tiết diện ngang chịu nén

### 6.1.4 Mô men uốn

#### 6.1.4.1 Khả năng chịu lực đàn hồi và đàn-dẻo với chảy dẻo tại cánh chịu nén

(1) Khả năng chịu uốn thiết kế của một tiết diện chịu mô men uốn  $M_{c,Rd}$  cần được tính như sau:

- nếu mô đun chống uốn hiệu dụng  $W_{eff}$  nhỏ hơn mô đun chống uốn đàn hồi của tiết diện nguyên  $W_{el}$ :

$$M_{c,Rd} = W_{eff} f_o / \gamma_{M1} \tag{6.4}$$

- nếu mô đun chống uốn hiệu dụng  $W_{eff}$  bằng với mô đun chống uốn đàn hồi của tiết diện nguyên  $W_{el}$ :

$$M_{c,Rd} = f_o (W_{el} + (W_{pl} - W_{el}) 4(1 - \lambda / \lambda_{el})) / \gamma_{M1} \text{ nhưng không lớn hơn } W_{pl} f_o / \gamma_{M1} \tag{6.5}$$

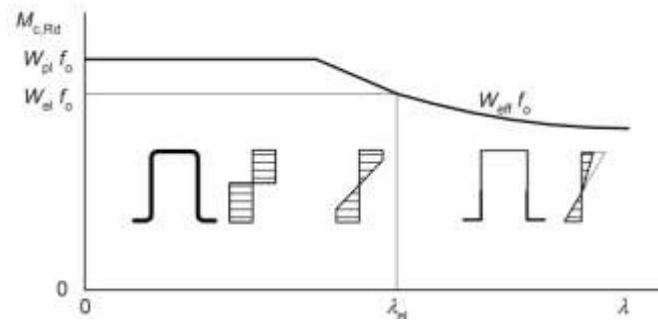
Trong đó:

$\lambda$  là độ mảnh của phần tiết diện ngang tương ứng với giá trị lớn nhất của  $\lambda / \lambda_{el}$ ;

Đối với các phần tiết diện ngang phẳng được gối tại hai đầu  $\lambda = \bar{\lambda}_p$  và  $\lambda_{el} = \bar{\lambda}_{lim}$  trong đó  $\bar{\lambda}_{lim}$  được cho trong Bảng 5.2;

Đối với các phần tiết diện ngang có sườn cứng  $\lambda = \bar{\lambda}_s$  và  $\lambda_{el} = 0,25$ , xem 5.5.3.1.

CHÚ THÍCH Khả năng chịu mô men uốn thu được như là một hàm của độ mảnh của phần tiết diện ngang mảnh nhất được minh họa trong hình 6.2.



Hình 6.2 – Khả năng chịu mô men uốn như là một hàm của độ mảnh

(2) Biểu thức (6.5) có thể được áp dụng với điều kiện góc nghiêng  $\phi$  của bản bụng so với các bản cánh (xem Hình 6.5) là dưới  $60^\circ$ .

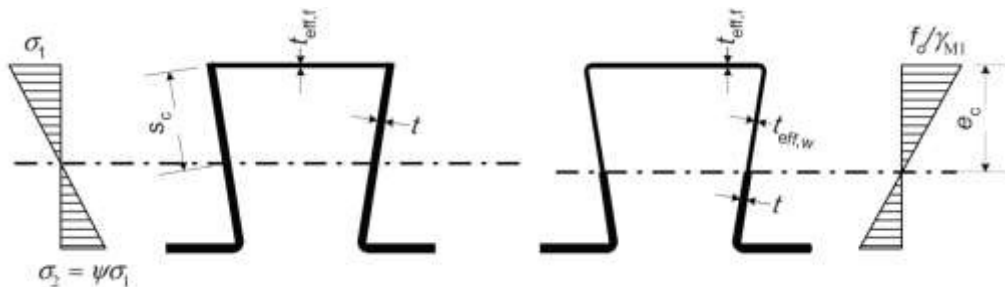
(3) Nếu (2) không được thỏa mãn, cần sử dụng biểu thức sau:

$$M_{c,Rd} = W_{el} f_o / \gamma_{M1} \tag{6.6}$$

(4) Mô đun chống uốn hiệu dụng  $W_{eff}$  cần dựa trên một tiết diện hiệu dụng chỉ chịu mô men uốn, với một ứng suất cực đại  $\sigma_{max,Ed}$  bằng với  $f_o / \gamma_{M1}$ , kể đến các hiệu ứng oằn cục bộ và oằn méo theo quy định trong 5.5. Nếu có liên quan đến trễ do cắt (xem TCVN XXXX-1-1), cần kể đến các ảnh hưởng của nó.

(5) Tỷ số ứng suất  $\psi = \sigma_2 / \sigma_1$  được sử dụng để xác định các phần hiệu dụng của bản bụng có thể được tính bằng cách sử dụng diện tích hiệu dụng của bản cánh chịu nén nhưng với diện tích nguyên của bản bụng, xem Hình 6.3.

(6) Nếu chảy dẻo xảy ra đầu tiên ở mép chịu nén của tiết diện, trừ khi các điều kiện đưa ra trong 6.1.4.2 được đáp ứng, giá trị của  $W_{eff}$  cần dựa trên phân bố ứng suất tuyến tính trên tiết diện ngang.



**Hình 6.3 - Tiết diện hiệu dụng khi tính khả năng chịu mô men uốn**

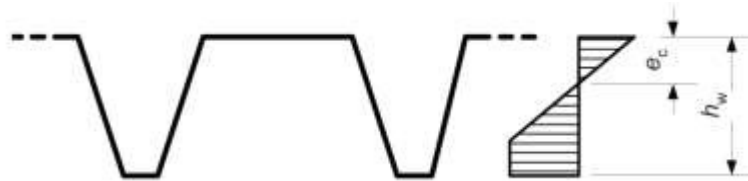
(7) Nếu giả thiết có sự phân phối lại các mô men uốn trong phân tích tổng thể, cần thỏa mãn các quy định được đưa ra trong 7.2. Nếu mô men dư tại gối giữa không được coi là bằng 0, thì mô men dư tác dụng cần được xác định bằng thí nghiệm.

**6.1.4.2 Khả năng chịu lực đàn hồi và đàn-dẻo với chằng dèo chỉ tại cánh chịu kéo**

(1) Với điều kiện là chằng dèo xảy ra đầu tiên ở mép chịu kéo, có thể huy động dự trữ dẻo trong vùng chịu kéo mà không cần bất kỳ giới hạn về biến dạng nào cho đến khi ứng suất nén tối đa  $\sigma_{com,Ed}$  đạt  $f_o / \gamma_{M1}$ . Trong mục này chỉ xem xét trường hợp chịu uốn. Cần áp dụng 6.1.8 hoặc 6.1.9 đối với trường hợp chịu tải dọc trục và uốn đồng thời.

(2) Trong trường hợp này, mô đun chống uốn dẻo bán phần hiệu dụng  $W_{pp,eff}$  cần dựa trên phân bố ứng suất dạng hai đoạn thẳng ở trong vùng chịu kéo nhưng tuyến tính ở trong vùng chịu nén.

(3) Trong trường hợp không có phân tích chi tiết hơn, có thể tính chiều dày hiệu dụng  $t_{eff}$  của các bản bụng bằng cách sử dụng 5.5.2 bằng cách tính  $e_c$  dựa trên phân bố ứng suất dạng hai đoạn thẳng (xem Hình 6.4), với giả thuyết  $\psi = -1$ .



**Hình 6.4 - Đo  $e_c$  để xác định chiều dày hiệu dụng**

(4) Nếu có giả thiết về phân phối lại các mô men uốn trong phân tích tổng thể, cần thỏa mãn các quy định được đưa ra trong 7.2. Nếu mô men dư tại gối giữa không được coi là bằng 0, thì mô men dư tác dụng cần được xác định bằng thí nghiệm.

**6.1.4.3 Hiệu ứng trễ do cắt**

- (1) Các hiệu ứng trễ do cắt cần được kể đến theo TCVN XXXX-1-1.
- (2) Có thể bỏ qua hiệu ứng trễ do cắt cho các bản cánh có  $b / t \leq 300$ .

**6.1.5 Lực cắt**

(1) Khả năng chịu cắt  $V_{b,Rd}$  cần được tính như sau:

$$V_{b,Rd} = (h_w / \sin \phi) t f_{bv} / \gamma_{M1} \tag{6.7}$$

Trong đó:

$f_{bv}$  là cường độ chống cắt có xét đến oằn theo Bảng 6.1;

$h_w$  là chiều cao bản bụng giữa các đường trung bình của các bản cánh, xem Hình 6.5;  
 $\phi$  là góc nghiêng của bản bụng so với các bản cánh.

**Bảng 6.1 – Cường độ oằn do cắt  $f_{bv}$  liên quan đến tham số độ mảnh của bản bụng  $\bar{\lambda}_w$**

Tham số độ mảnh bản bụng	Bản bụng không có sườn cứng ở gối đỡ	Bản bụng có sườn cứng ở gối đỡ <sup>1)</sup>
$\bar{\lambda}_w \geq 0,83$	$0,58f_o$	$0,58f_o$
$0,83 < \bar{\lambda}_w \leq 1,40$	$0,48f_o / \bar{\lambda}_w$	$0,48f_o / \bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,40$	$0,67f_o / \bar{\lambda}_w^2$	$0,48f_o / \bar{\lambda}_w$

1) Việc bố trí sườn tại gối đỡ, chẳng hạn như dùng bản kẹp thép góc (cleat), được sử dụng để ngăn chặn sự biến dạng của bản bụng và được thiết kế để chống lại phản lực gối tựa.

(2) Tham số độ mảnh của bản bụng  $\bar{\lambda}_w$  cần được tính như sau:

- đối với các bản bụng không có sườn cứng dọc:

$$\bar{\lambda}_w = 0,346 \frac{s_w}{t} \sqrt{\frac{f_o}{E}} \tag{6.8a}$$

- đối với các bản bụng có sườn cứng dọc, xem Hình 6.5:

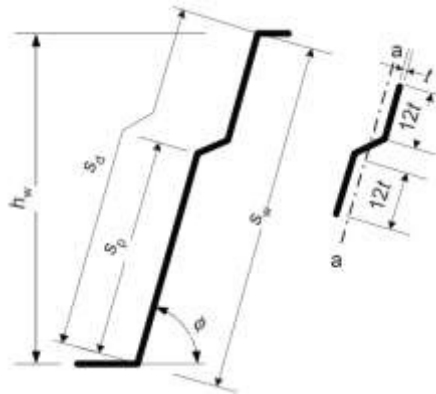
$$\bar{\lambda}_w = 0,346 \frac{s_d}{t} \sqrt{\frac{5,34 f_o}{k_\tau E}} \quad \text{nhưng} \quad \bar{\lambda}_w \geq 0,346 \frac{s_p}{t} \sqrt{\frac{f_o}{E}} \tag{6.8b}$$

với:

$$k_\tau = 5,34 + \frac{2,10}{t} \sqrt[3]{\frac{\sum I_s}{s_d}} \tag{6.9}$$

Trong đó:

- $I_s$  là mô men quán tính của sườn cứng dọc riêng lẻ, quanh trục a - a như trên hình 6.5;
- $s_d$  là tổng chiều cao nghiêng khai triển của bản bụng, như trên Hình 6.5;
- $s_p$  là chiều cao nghiêng của phần tử phẳng lớn nhất trong bản bụng, xem Hình 6.5;
- $s_w$  là chiều cao nghiêng của bản bụng, như trong Hình 6.5, giữa các điểm giữa của các góc, xem Hình 6.5.



Hình 6.5 – Kích thước hình học của một bản bưng có sườn cứng dọc và tiết diện ngang hiệu dụng của sườn cứng

### 6.1.6 Mô men xoắn

(1) Độ cứng chống xoắn và khả năng chịu xoắn có thể được bỏ qua trong tám định hình.

### 6.1.7 Lực ngang cục bộ

#### 6.1.7.1 Quy định chung

(1) Để tránh đập cục bộ, uốn cục bộ hoặc oằn trong một bản bưng chịu phản lực gối tựa hoặc lực ngang cục bộ khác tác dụng qua bản cánh, lực ngang  $F_{Ed}$  cần thỏa mãn:

$$F_{Ed} \leq R_{w,Rd} \quad (6.10)$$

Trong đó,  $R_{w,Rd}$  là khả năng chịu lực ngang cục bộ của bản bưng.

(2) Khả năng chịu lực ngang cục bộ của bản bưng  $R_{w,Rd}$  cần được lấy như sau:

- a) đối với các bản bưng không có sườn cứng: từ 6.1.7.2
- b) đối với các bản bưng có sườn cứng: từ 6.1.7.3

(3) Trường hợp tải trọng cục bộ hoặc phản lực gối tựa được tác dụng thông qua một bản kẹp thép góc (cleat) được dùng để tránh biến dạng của bản bưng và được thiết kế để chống lại lực ngang cục bộ, không cần xem xét khả năng chịu lực cục bộ của bản bưng đối với lực ngang.

#### 6.1.7.2 Tiết diện ngang với các bản bưng không có sườn cứng

(1) Khả năng chịu lực ngang cục bộ của một bản bưng không có sườn cứng, xem Hình 6.6, cần được xác định theo quy định trong (2) nếu cả hai điều kiện sau đều được thỏa mãn:

- khoảng cách thông thủy  $c$  từ điểm chịu lực thực tế cho phản lực gối tựa hoặc tải cục bộ đến đầu tự do, xem Hình 6.7, tối thiểu là 40 mm;
- tiết diện ngang thỏa mãn các tiêu chí sau:

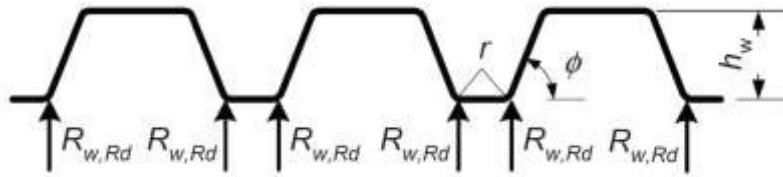
$$r / t \leq 10 \tag{6.11a}$$

$$h_w / t \leq 200 \sin \phi \tag{6.11b}$$

$$45^\circ \leq \phi \leq 90^\circ \tag{6.11c}$$

Trong đó:

- $h_w$  là chiều cao bản bụng giữa các đường trung bình của các bản cánh;
- $r$  là bán kính trong của các góc;
- $\phi$  là góc nghiêng của bản bụng so với các bản cánh [độ]



Hình 6.6 - Ví dụ về tiết diện ngang có hai hoặc nhiều bản bụng

(2) Khi cả hai điều kiện quy định trong (1) đều được thỏa mãn, khả năng chịu lực ngang cục bộ  $R_{w,Rd}$  cho mỗi bản bụng của tấm định hình cần được tính như sau:

$$R_{w,Rd} = \alpha t^2 \sqrt{f_o E} (1 - 0,1 \sqrt{r / t}) (0,5 + \sqrt{0,02 l_a / t}) (2,4 + (\phi / 90)^2) / \gamma_{M1} \tag{6.12}$$

Trong đó:

- $l_a$  là chiều dài gối tựa hiệu dụng cho hạng tương ứng, xem (4);
- $\alpha$  là hệ số cho hạng tương ứng, xem (3);
- $s_w$  là độ dài nghiêng của bản bụng ( $= h_w / \sin \phi$ );
- $r$  là bán kính uốn phía trong ( $r < 10t$ ).

(3) Giá trị của hệ số  $\alpha$  cần được lấy từ Hình 6.7.

(4) Các giá trị của  $l_a$  cần được lấy từ (5). Giá trị thiết kế tối đa cho  $l_a$  là 200 mm. Khi gối tựa là một tiết diện tạo hình ngược với một bản bụng hoặc ống tròn,  $s_s$  cần lấy bằng 10 mm. Hạng tương ứng (1 hoặc 2) cần dựa trên khoảng cách thông thủy  $e$  giữa tải cục bộ và gối tựa gần nhất hoặc khoảng cách thông thủy  $c$  từ phản lực gối tựa hoặc tải cục bộ đến đầu tự do, xem Hình 6.7.

(5) Giá trị của chiều dài gối tựa hiệu dụng  $l_a$  cho các tấm định hình cần được xác định như sau:

a) cho Hạng 1:

$$l_a = s_s \text{ nhưng } l_a \leq 40 \text{ mm} \tag{6.13a}$$

b) cho Hạng 2:

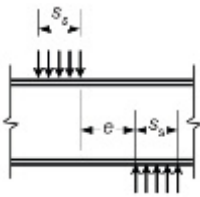
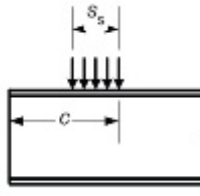
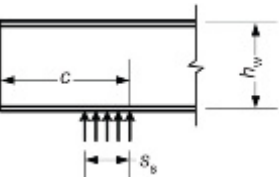
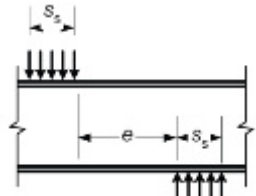
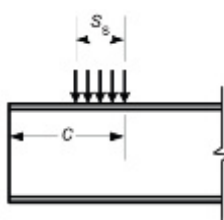
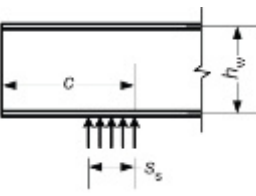
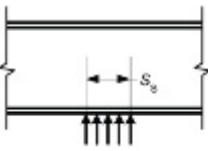
$$\text{Nếu } \beta_v \leq 0,2: l_a = s_s \tag{6.13b}$$

Nếu  $\beta_v \geq 0,3$ :  $l_a = 10mm$  (6.13c)

Nếu  $0,2 < \beta_v < 0,3$ : nội suy tuyến tính trong khoảng 0,2 tới 0,3 giữa các giá trị của  $l_a$  với:

$$\beta_v = \frac{|V_{Ed,1}| - |V_{Ed,2}|}{|V_{Ed,1}| + |V_{Ed,2}|} \quad (6.14)$$

trong đó  $|V_{Ed,1}|$  và  $|V_{Ed,2}|$  là các giá trị tuyệt đối của lực cắt phương ngang ở mỗi bên của tải cục bộ hoặc phản lực gối tựa, và  $|V_{Ed,1}| \geq |V_{Ed,2}|$  và  $s_s$  là chiều dài thực tế của gối đỡ cứng.

	<p>Hạng 1: <math>\alpha = 0,075</math></p> <p>- tải cục bộ tác dụng với <math>e \leq 1,5h_w / t</math> cách gối tựa gần nhất;</p>
	<p>Hạng 1: <math>\alpha = 0,075</math></p> <p>- tải cục bộ tác dụng với <math>c \leq 1,5h_w / t</math> cách đầu tự do;</p>
	<p>Hạng 1: <math>\alpha = 0,075</math></p> <p>- phản lực tại gối biên với <math>c \leq 1,5h_w / t</math> cách đầu tự do;</p>
	<p>Hạng 2; <math>\alpha = 0,15</math></p> <p>- tải cục bộ tác dụng với <math>e &gt; 1,5h_w / t</math> cách gối tựa gần nhất;</p>
	<p>Hạng 2; <math>\alpha = 0,15</math></p> <p>- tải cục bộ tác dụng với <math>c &gt; 1,5h_w / t</math> cách từ đầu tự do;</p>
	<p>Hạng 2; <math>\alpha = 0,15</math></p> <p>- phản lực tại gối biên với <math>c &gt; 1,5h_w / t</math> cách đầu tự do;</p>
	<p>Hạng 2; <math>\alpha = 0,15</math></p> <p>- phản lực tại gối giữa;</p>

Hình 6.7 - Tải trọng cục bộ và gối tựa - Hạng của tiết diện có hai hoặc nhiều bản bụng



### 6.1.7.3 Bản bụng có sườn cứng

(1) Khả năng chịu lực ngang cục bộ của một bản bụng có sườn cứng có thể được xác định theo quy định trong (2) cho các tiết diện ngang có sườn cứng bản bụng theo phương dọc được gập sao cho hai nếp gập trên bản bụng nằm ở hai phía đối diện của đường trục của bản bụng nối các giao điểm giữa đường trung bình của bản bụng với đường trung bình của các bản cánh, xem Hình 6.8, thỏa mãn điều kiện:

$$2 < \frac{e_{max}}{t} < 12 \quad (6.15)$$

Trong đó:

$e_{max}$  là độ lệch tâm lớn hơn của các nếp gập so với đường trục của bản bụng.

(2) Đối với các tiết diện ngang có bản bụng có sườn cứng đáp ứng các điều kiện được quy định trong (1), khả năng chịu lực ngang cục bộ của một bản bụng có sườn cứng có thể được xác định bằng cách nhân giá trị tương ứng của một bản bụng tương tự không có sườn cứng, lấy từ 6.1.7.2, với hệ số  $\kappa_{a,s}$  được tính bởi:

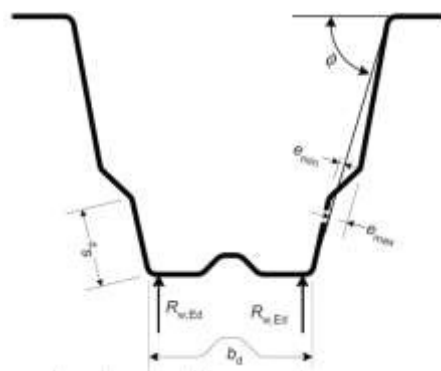
$$\kappa_{a,s} = 1,45 - 0,05e_{max} / t \quad \text{nhưng} \quad \kappa_{a,s} \leq 0,95 + 35000t^2e_{min} / (b_d^2s_p) \quad (6.16)$$

Trong đó:

$b_d$  là chiều rộng khai triển của bản cánh chịu lực, xem Hình 6.8;

$e_{min}$  là độ lệch tâm nhỏ hơn của các nếp gập so với đường trục của bản bụng, xem Hình 6.8;

$s_p$  là chiều cao nghiêng của phần tiết diện bản bụng phẳng gần nhất với bản cánh chịu lực, xem Hình 6.8.



Hình 6.8 – Tải gối đỡ và kích thước hình học của các bản bụng có sườn cứng

### 6.1.8 Kéo và uốn đồng thời

(1) Tiết diện ngang chịu lực đồng thời lực kéo  $N_{Ed}$  và mô men uốn  $M_{y,Ed}$  cần thỏa mãn điều kiện:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,ten}} \leq 1 \tag{6.17a}$$

Trong đó:

$N_{t,Rd}$  là khả năng chịu lực thiết kế của tiết diện khi chịu kéo đều (6.1.2);

$M_{cy,Rd,ten}$  là khả năng chịu uốn thiết kế của tiết diện cho ứng suất kéo lớn nhất nếu chỉ chịu mô men quanh các trục y - y (6.1.4).

(2) Nếu  $M_{cy,Rd,com} \leq M_{cy,Rd,ten}$  với  $M_{cy,Rd,com}$  là khả năng chịu uốn cho ứng suất nén lớn nhất trong một tiết diện chỉ chịu mô men, điều kiện sau cũng cần được thỏa mãn:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,com}} - \frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \tag{6.17b}$$

### 6.1.9 Nén và uốn đồng thời

(1) Tiết diện ngang chịu đồng thời lực nén dọc trục  $N_{Ed}$  và mô men uốn  $M_{y,Ed}$  cần thỏa mãn:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,com}} \leq 1 \tag{6.18}$$

trong đó  $N_{c,Rd}$  được xác định theo 6.1.3 và  $M_{cy,Rd,com}$  được xác định theo 6.1.8.

(2) Mô men bổ sung  $\Delta M_{y,Ed}$  do chuyển dịch của trục trung tâm cần được xác định như sau:

$$\Delta M_{y,Ed} = N_{Ed} e_N \tag{6.18b}$$

trong đó  $e_N$  là chuyển dịch của trục trung tâm y - y do các lực dọc trục, xem 6.1.3(3).

(3) Nếu  $M_{cy,Rd,ten} \leq M_{cy,Rd,com}$  thì cũng cần thỏa mãn điều kiện sau:

$$\frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{M_{cy,Rd,ten}} - \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \tag{6.19}$$

trong đó  $M_{cy,Rd,ten}$  được xác định theo 6.1.8.

### 6.1.10 Lực cắt, lực dọc và mô men uốn đồng thời

(1) Với điều kiện  $V_{Ed} / V_{w,Rd}$  (xem bên dưới) không vượt quá 0,5, khả năng chịu lực thiết kế đối với mô men uốn và lực dọc trục không cần giảm do lực cắt. Nếu  $V_{Ed} / V_{w,Rd}$  lớn hơn 0,5 thì hiệu ứng đồng thời của lực dọc trục  $N_{Ed}$ , mô men uốn  $M_{Ed}$  và lực cắt  $V_{Ed}$  cần đảm bảo:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \left(1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}}\right) \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{w,Rd}} - 1\right)^2 \leq 1 \tag{6.20}$$

Trong đó:

$N_{Rd}$  là khả năng chịu lực thiết kế của tiết diện đối với lực kéo hoặc nén cho trong 6.1.2 hoặc 6.1.3;

$M_{y,Rd}$  là khả năng chịu uốn thiết kế của tiết diện cho trong 6.1.4;

$V_{w,Rd}$  là khả năng chịu cắt thiết kế của bản bụng cho trong 6.1.5. Đối với các cấu kiện có nhiều bản bụng  $V_{w,Rd}$  là tổng khả năng chịu lực của các bản bụng;

$M_{f,Rd}$  là khả năng chịu uốn dẻo thiết kế của tiết diện ngang chỉ bao gồm diện tích hiệu dụng của các bản cánh;

$M_{pl,Rd}$  là khả năng chịu uốn dẻo thiết kế của tiết diện bao gồm diện tích hiệu dụng của các bản cánh và toàn bộ bản bụng hiệu dụng không phân biệt loại tiết diện của nó.

### 6.1.11 Mô men uốn và tải trọng cục bộ hoặc phản lực gối tựa đồng thời

(1) Tiết diện ngang chịu tác dụng đồng thời của mô men uốn  $M_{Ed}$  và lực ngang do một tải trọng cục bộ hoặc phản lực gối tựa  $F_{Ed}$  cần thỏa mãn các điều kiện sau:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad (6.21a)$$

$$\frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd}} \leq 1 \quad (6.21b)$$

$$0,94 \left[ \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \right]^2 + \left[ \frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd}} \right]^2 \leq 1 \quad (6.22)$$

Trong đó:

$M_{c,Rd}$  là khả năng chịu uốn của tiết diện ngang được cho trong 6.1.4.1;

$R_{w,Rd}$  là giá trị thích hợp của tổng khả năng chịu lực ngang cục bộ của từng bản bụng riêng lẻ theo 6.1.7.

(2) Trong biểu thức (6.22) mô men uốn  $M_{Ed}$  có thể được tính ở mép của gối tựa.

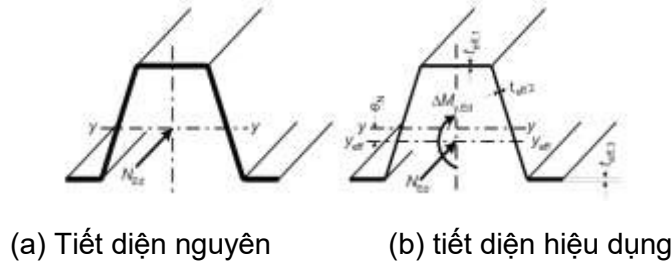
## 6.2 Khả năng chống oằn

### 6.2.1 Quy định chung

(1) Cần tính đến ảnh hưởng của oằn cục bộ và oằn méo. Có thể sử dụng các phương pháp theo quy định trong 5.5.

(2) Nội lực dọc trục trong một tấm cần được xem là tác dụng tại tâm của tiết diện nguyên của tấm đó.

(3) Khả năng chịu lực tẩm đối với lực nén dọc trục cần được giả thiết là tác dụng ở tâm của tiết diện hiệu dụng của tẩm. Nếu tâm này không trùng với tâm của tiết diện nguyên của tẩm, cần kể đến các mô men tương ứng với sự dịch chuyển của trục trung tâm (xem Hình 6.9), sử dụng phương pháp được đưa ra trong 6.2.3.



Hình 6.9 - Minh họa sự dịch chuyển của trục trung tâm của tiết diện hiệu dụng

6.2.2 Nén dọc trục

6.2.2.1 Khả năng chống oằn dạng uốn thiết kế

(1) Khả năng chống oằn thiết kế cho nén dọc trục  $N_{b,Rd}$  cần được tính như sau:

$$N_{b,Rd} = \chi A_{eff} f_o / \gamma_{M1} \tag{6.23}$$

Trong đó:

$A_{eff}$  là diện tích hiệu dụng của tiết diện ngang, thu được từ Chương 5 bằng cách giả thiết một ứng suất nén đều  $\sigma_{com,Ed}$  bằng  $f_o / \gamma_{M1}$ ;

$\chi$  là giá trị thích hợp của hệ số giảm cho khả năng chống oằn.

(2) Cần xác định hệ số giảm  $\chi$  cho khả năng chống oằn từ:

$$\chi = \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{0,5}} \quad \text{nhưng} \quad \chi \leq 1,0 \tag{6.24a}$$

với:

$$\phi = 0,5 \left( 1 + \alpha (\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}^2 \right) \tag{6.24b}$$

Trong đó:

$\alpha$  là hệ số không hoàn chỉnh;

$\bar{\lambda}_0$  là giới hạn của vùng nằm ngang (trong đường cong oằn);

$\bar{\lambda}$  là tham số độ mảnh cho dạng oằn tương ứng.

(3) Hệ số không hoàn chỉnh cho tẩm là  $\alpha = 0,13$  và giới hạn của của vùng nằm ngang là  $\bar{\lambda}_0 = 0,2$ .

(4) Tham số độ mảnh cho oằn dạng uốn được xác định như sau:

$$\bar{\lambda} = \frac{l}{i\pi} \sqrt{\frac{f_o}{E}} \tag{6.25}$$

Trong đó:

- $l$  là chiều dài oằn đối với oằn dạng uốn theo trục  $y - y$  ( $l_y$ );
- $i$  là bán kính quán tính đối với các trục tương ứng ( $i_y$ ), dựa trên các đặc trưng của tiết diện ngang nguyên.

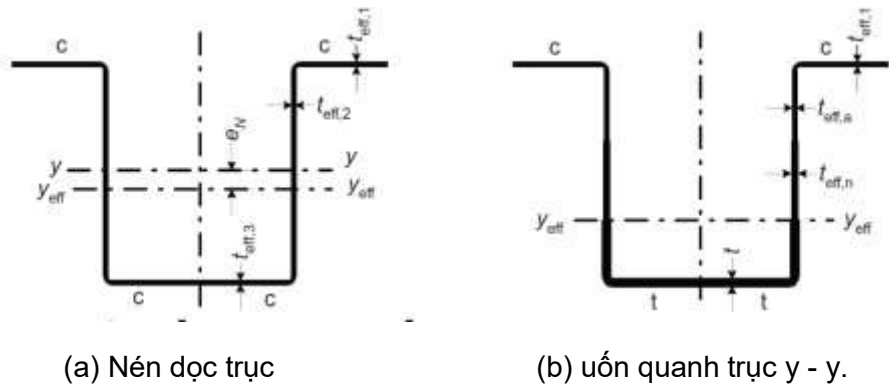
**6.2.3 Uốn và nén dọc trục**

(1) Tất cả các cấu kiện chịu uốn và nén đồng thời cần thỏa mãn:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y f_o \omega_x A_{eff} / \gamma_{M1}} + \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{f_o W_{eff,y,com} / \gamma_{M1}} \leq 1 \tag{6.26}$$

Trong đó:

- $A_{eff}$  là diện tích hiệu dụng của một tiết diện hiệu dụng mà chỉ chịu nén dọc trục, xem Hình 6.10(a);
- $W_{eff,y,com}$  là mô đun chống uốn hiệu dụng cho ứng suất nén lớn nhất trong một tiết diện hiệu dụng mà chỉ chịu mô men uốn quanh trục  $y - y$ , xem Hình 6.10 (b);
- $\Delta M_{y,Ed}$  là mô men bổ sung do khả năng dịch chuyển trục trung tâm theo hướng  $y$ , xem 6.1.9(2);
- $\chi_y$  là hệ số giảm từ 6.2.2 cho oằn quanh trục  $y - y$ ;
- $\omega_x$  là một biểu thức tương tác, xem (2).



**Hình 6.10 - Các mô hình tính toán các đặc trưng tiết diện hiệu dụng**

(2) Đối với tấm chịu đồng thời lực dọc trục và mô men uốn không bằng nhau ở hai đầu và/hoặc tải trọng ngang, cần kiểm tra các tiết diện khác nhau dọc theo nhịp. Mô men uốn thực tế trong tiết diện đang được xem xét sẽ được sử dụng trong biểu thức tương tác và

$$\omega_x = \frac{1}{\chi_y + 1(1 - \chi_y) \sin(\pi x_s / l_c)} \tag{6.27}$$

Trong đó:

$x_s$  là khoảng cách từ tiết diện đang được xem xét đến một gối khớp hoặc điểm uốn ngược của đường cong chuyển vị cho oằn đàn hồi do chỉ một lực dọc trục gây ra, xem Hình 6.14 của TCVN XXXX-1-1.

$l_c = KL$  là chiều dài oằn, xem Bảng 6.8 của TCVN XXXX-1-1.

CHÚ THÍCH Để đơn giản có thể sử dụng  $\omega_x = 1$ .

### 6.3 Thiết kế vỏ mỏng chịu lực

#### 6.3.1 Quy định chung

(1) Có thể kể đến sự tương tác giữa các cấu kiện kết cấu và các ô bản của tấm được thiết kế để hoạt động đồng thời như các phần của một hệ thống kết cấu liên hợp như được mô tả trong mục 6.3 này.

(2) Màng cứng có thể được hình thành từ các tấm nhôm định hình được sử dụng làm tấm lợp mái hoặc tường bao che.

CHÚ THÍCH Thông tin về việc kiểm tra các màng cứng này có thể được lấy từ:

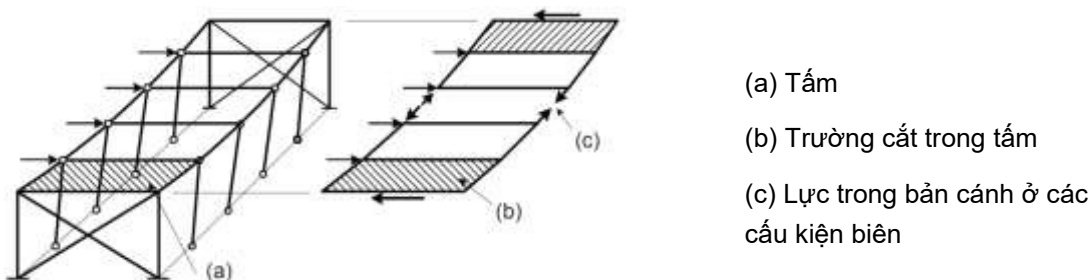
Ấn phẩm ECCS số 88 (1995); Khuyến nghị của châu Âu cho việc áp dụng tấm kim loại hoạt động như một màng cứng.

#### 6.3.2 Hiệu ứng màng cứng

(1) Trong thiết kế vỏ mỏng chịu lực, cần kể đến sự đóng góp của màng cứng của tấm (được dùng làm mái, sàn hoặc tường bao che) làm tăng độ cứng và khả năng chịu lực tổng thể của khung kết cấu nhờ vào độ cứng và khả năng chịu cắt của chúng.

(2) Mái và sàn có thể được coi là các dầm bản chiều cao lớn kéo dài dọc theo chiều dài nhà, chịu các tải trọng ngang trong mặt phẳng và truyền chúng vào mặt đầu hồi (end gable) hoặc vào các khung trung gian được tăng cứng (có giằng). Ô bản của tấm có thể được coi là một bản bụng chịu cắt do các tải trọng ngang trong mặt phẳng, với các cấu kiện biên tác dụng như các bản cánh chịu kéo và nén dọc trục, xem các Hình 6.11 và 6.12.

(3) Tương tự, các ô bản chữ nhật của tường có thể được coi như là các hệ giằng làm việc như màng cứng chịu cắt để chịu các lực trong mặt phẳng.



Hình 6.11 – Hiệu ứng vỏ mỏng chịu lực trong nhà có mái phẳng

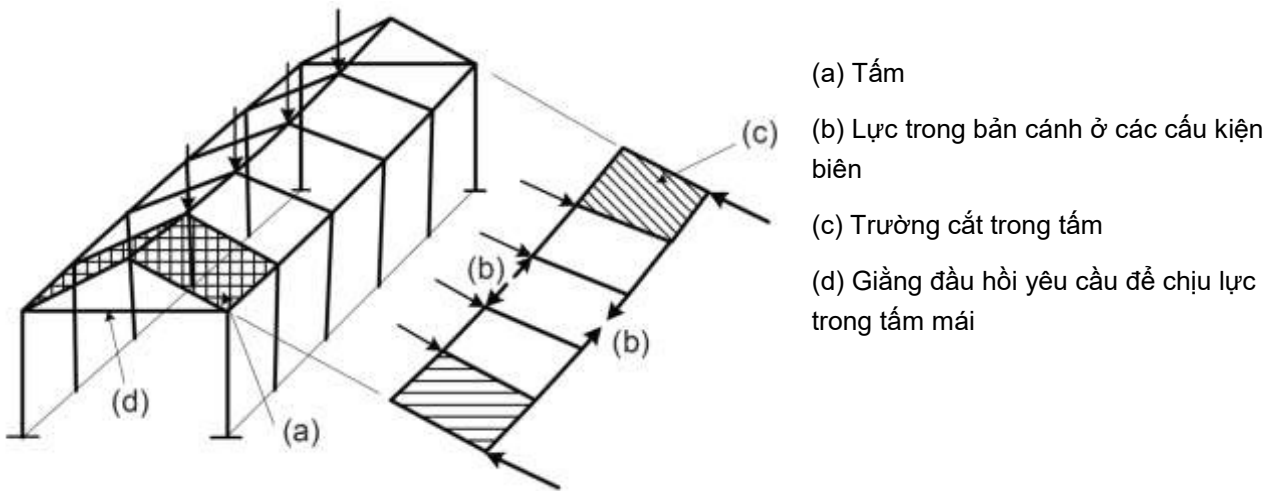
### **6.3.3 Các điều kiện cần thiết**

(1) Các phương pháp thiết kế vỏ mỏng chịu lực sử dụng tấm như một phần tích hợp của kết cấu chỉ nên được sử dụng trong các điều kiện sau:

- việc sử dụng các tấm, ngoài mục đích chính của nó, bị giới hạn trong việc hình thành các màng cứng chịu cắt để ngăn cản chuyển vị của kết cấu trong mặt phẳng của tấm đó;
- màng cứng có các cấu kiện biên dọc để chịu các lực trong bản cánh phát sinh từ hiệu ứng màng cứng;
- các lực màng cứng trong mặt phẳng của một mái hoặc sàn được truyền xuống móng thông qua các khung giằng, các màng cứng vỏ mỏng chịu lực khác, hoặc các hệ ngăn cản xoay khác;
- các nút kết cấu phù hợp được sử dụng để truyền các lực màng cứng đến khung chính và để nối các cấu kiện biên đóng vai trò như các bản cánh;
- tấm được coi là một thành phần kết cấu mà không thể tháo rời nếu không xem xét một cách đúng đắn;
- yêu cầu kỹ thuật thi công, bao gồm các tính toán và bản vẽ, đưa ra lưu ý về một thực tế là công trình nhà được thiết kế để tận dụng hiệu ứng vỏ mỏng chịu lực;
- nên bố trí các dấu hiệu cảnh báo để thông báo rằng các bức tường được sử dụng như các thành phần kết cấu vỏ mỏng và cần có sự chú ý đặc biệt tới bất kỳ sự tháo dỡ nào để đảm bảo sự ổn định.

(2) Thiết kế vỏ mỏng chịu lực nên được sử dụng chủ yếu trong nhà thấp tầng, hoặc trong sàn và mặt dựng của nhà cao tầng.

(3) Các màng cứng vỏ mỏng chịu lực nên được sử dụng chủ yếu để chịu tải trọng gió, tải trọng tuyết và các tải trọng khác tác dụng lên tấm. Chúng cũng có thể được sử dụng để chịu tải trọng tạm thời (transient) nhỏ, như lực hãm của cần trục treo hoặc cầu nhẹ tác dụng lên dầm cầu trục, nhưng không nên được sử dụng để chịu các tải trọng ngoài tác dụng thường xuyên (permanent), như tải trọng do thiết bị.



Hình 6.12 - Tác động vỏ mỏng chịu lực trong nhà có mái dốc hai phía

### 6.3.4 Màng cứng bằng tấm nhôm định hình

(1) Trong màng cứng bằng tấm nhôm định hình, xem Hình 6.13, cả hai đầu của tấm cần được gắn vào các cấu kiện đỡ bằng vít tự cắt, vít tự khoan, hàn, bu lông hoặc các loại chốt khác đảm bảo không bị lỏng trong quá trình sử dụng, không bị nhổ hoặc phá hoại cắt trước khi gây rách tấm. Tất cả các loại chốt này cần được cố định trực tiếp qua tấm vào cấu kiện đỡ, ví dụ qua các sóng của các tấm định hình, trừ khi sử dụng các biện pháp đặc biệt để đảm bảo rằng các nút liên kết truyền lực một cách có hiệu quả như dự tính trong thiết kế.

(2) Các mép nối giữa các tấm liền kề cần được gắn chặt bằng đinh tán, vít tự khoan, hàn hoặc các loại chốt khác đảm bảo không bị lỏng trong quá trình sử dụng, không bị nhổ hoặc phá hoại cắt trước khi gây rách tấm. Khoảng cách giữa các chốt này không được vượt quá 500 mm.

(3) Khoảng cách từ tất cả các chốt đến các biên và các đầu của tấm cần đủ lớn để tránh tấm bị phá hoại sớm do xé.

(4) Có thể bố trí các lỗ mở nhỏ được sắp xếp ngẫu nhiên chiếm tối đa 3% diện tích tương ứng mà không cần tính toán cụ thể với điều kiện là tổng số lượng chốt không bị giảm. Có thể bố trí lỗ mở chiếm tối đa 15% diện tích tương ứng (diện tích của bề mặt màng cứng mà được kể đến trong tính toán) nếu được chứng minh bằng các tính toán chi tiết. Các diện tích có chứa các lỗ mở lớn hơn cần được chia thành các diện tích nhỏ hơn, mỗi phần làm việc như một màng cứng hoàn hảo.

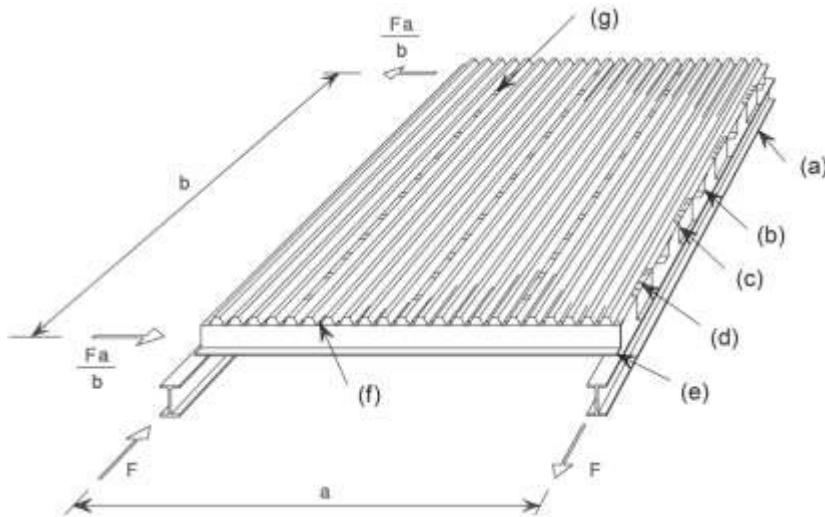
(5) Tất cả các tấm có đóng góp vào việc hình thành màng cứng vỏ mỏng chịu lực cần được thiết kế trước tiên để chịu uốn là chính. Để đảm bảo rằng bất kỳ sự suy giảm chịu lực nào của tấm đều do uốn trước khi khả năng chịu lực của hiệu ứng vỏ mỏng bị ảnh hưởng, cần kiểm tra điều kiện ứng suất cắt do hiệu ứng màng cứng không vượt quá  $0,25f_o / \gamma_{M1}$

(6) Khả năng chịu cắt của một màng cứng vỏ mỏng chịu lực cần dựa trên khả năng chống xé nhỏ nhất của các chốt liên kết tại mép nối hoặc các chốt liên kết tấm với cấu kiện ở vị trí song song với các sóng, hoặc các chốt nối đầu tấm với cấu kiện đối với màng cứng chỉ được gắn chặt với các cấu



kiện biên theo phương dọc. Khả năng chịu cắt tính toán cho bất kỳ loại phá hoại nào khác cần vượt quá giá trị tối thiểu này ít nhất như sau:

- ít nhất 40% đối với phá hoại của các chốt liên kết tấm với xà gồ dưới tổ hợp lực cắt và lực gió hướng lên trên;
- ít nhất 25% đối với bất kỳ loại phá hoại nào khác.



- (a) Kèo
- (b) Xà gồ
- (c) Đinh chống cắt
- (d) Chốt giữ tấm với đinh chống cắt
- (e) Xà gồ
- (f) Chốt giữ tấm với xà gồ
- (g) Chốt tại mép nối

Hình 6.13 – Bố trí của một ô bản đơn

#### 6.4 Tấm đục lỗ với các lỗ được sắp xếp theo hình tam giác đều

(1) Tấm đục lỗ có thể được thiết kế bằng tính toán, với điều kiện là các quy định cho tấm không đục lỗ được điều chỉnh bằng cách sử dụng chiều dày hiệu dụng như dưới đây.

CHÚ THÍCH Các quy định tính toán này có xu hướng cho các giá trị thiên về an toàn. Thiết kế có sự hỗ trợ của thí nghiệm có thể đưa ra các giải pháp kinh tế hơn.

(2) Nếu  $0,2 \leq d/a \leq 0,9$  thì các đặc trưng tiết diện nguyên có thể được tính bằng cách áp dụng 6.1.2 đến 6.1.5, nhưng thay thế  $t$  bằng  $t_{a,eff}$  xác định theo công thức:

$$t_{a,eff} = 1,18t(1 - d / (0,9a)) \quad (6.28)$$

Trong đó:

- $d$  là đường kính của các lỗ đục;
- $a$  là khoảng cách giữa tâm của các lỗ đục.

(3) Nếu  $0,2 \leq d/a \leq 0,9$  thì các đặc trưng tiết diện hiệu dụng có thể được tính bằng cách áp dụng 5.5, nhưng thay thế  $t$  bằng  $t_{b,eff}$  xác định theo công thức:

$$t_{b,eff} = t\sqrt[3]{1,18(1 - d/a)} \quad (6.29)$$

(4) Nếu  $0,2 \leq d/a \leq 0,8$  thì khả năng chịu lực một bản bụng đơn không có sườn cứng chịu các lực ngang cục bộ có thể được tính bằng cách áp dụng 6.1.7, nhưng thay thế  $t$  bằng  $t_{c,eff}$  xác định theo công thức:

$$t_{c,eff} = t \left[ 1 - (d/a)^2 s_{per} / s_w \right]^{3/2} \quad (6.30)$$

Trong đó:

$s_{per}$  là chiều cao nghiêng của phần bị đục lỗ của bản bụng, tâm nằm trong chiều cao bản bụng;

$s_w$  là tổng chiều cao nghiêng của bản bụng.

## 7 Các trạng thái giới hạn sử dụng

### 7.1 Quy định chung

(1) Các quy định cho các trạng thái giới hạn sử dụng được đưa ra trong TCVN XXXX-1-1 cũng cần được áp dụng cho các tấm tạo hình nguội.

(2) Các đặc trưng của tiết diện ngang hiệu dụng cho các trạng thái giới hạn sử dụng tính được từ (3) cần được sử dụng trong tất cả các tính toán trạng thái giới hạn sử dụng cho tấm tạo hình nguội.

(3) Mô men quán tính có thể được tính bằng phép nội suy của tiết diện ngang nguyên và tiết diện ngang hiệu dụng bằng biểu thức:

$$I_{eff,ser} = I_{gr} - \sigma_{gr} (I_{gr} - I_{eff}) / f_o \quad (7.1)$$

Trong đó:

$I_{gr}$  là mô men quán tính của tiết diện ngang nguyên;

$I_{eff}$  là mô men quán tính của tiết diện ngang hiệu dụng ở trạng thái giới hạn cực hạn, có kể đến oằn cục bộ;

$\sigma_{gr}$  là ứng suất nén do uốn lớn nhất ở trạng thái giới hạn sử dụng, dựa trên tiết diện ngang nguyên (dấu dương trong công thức).

(4) Mô men quán tính hiệu dụng  $I_{eff,ser}$  có thể được lấy biến thiên dọc theo nhịp. Một cách khác, có thể sử dụng một giá trị không đổi dựa trên mô men giữa nhịp lớn nhất do tải sử dụng.

### 7.2 Biến dạng dẻo

(1) Trong trường hợp phân tích tổng thể dẻo, tổ hợp của mô men gối tựa và phản lực gối tựa tại một gối giữa không được vượt quá 0,9 lần khả năng chịu lực thiết kế tổ hợp được tính toán với  $\gamma_{M,ser}$  và  $I_{eff,ser}$  theo 7.1(3).

(2) Khả năng chịu lực thiết kế tổ hợp có thể được xác định từ biểu thức (6.22) trong 6.1.11, nhưng sử dụng tiết diện ngang hiệu dụng cho các trạng thái giới hạn sử dụng và  $\gamma_{M,ser}$ .

### 7.3 Độ võng

(1) Độ võng có thể được tính toán với giả thiết ứng xử đàn hồi.

(2) Ảnh hưởng của trượt trong các nút (ví dụ trong trường hợp tấm liên tục có liên kết nối chồng) cần được xem xét trong tính toán độ võng, lực và mô men.

CHÚ THÍCH Đối với các loại chốt thường được sử dụng theo 8.2 và 8.3, có thể bỏ qua ảnh hưởng trượt.

(3) Tham chiếu đến EN 1990 - Phụ lục A1.4, giới hạn độ võng cần được chỉ định cho từng dự án và được sự đồng ý của chủ đầu tư.

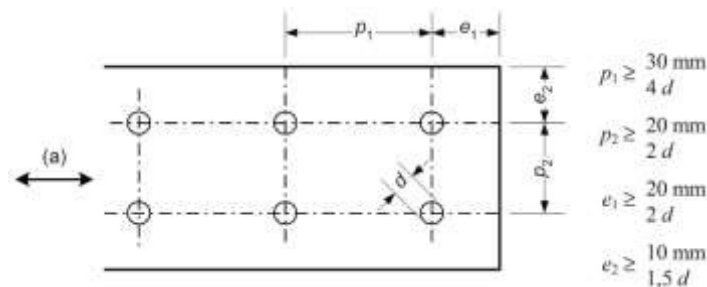
## **TCVN \*\*\*1-4:202x**

CHÚ THÍCH Phụ lục quốc gia có thể chỉ định các giới hạn này.

## 8 Mối nối dùng chốt cơ khí

### 8.1 Quy định chung

- (1) Mối nối với chốt cơ khí cần có hình dạng đặc chắc. Các vị trí của chốt liên kết cần được sắp xếp đủ không gian để đảm bảo cho việc lắp đặt và bảo trì.
- (2) Các lực cắt trong từng chốt cơ khí trong nút có thể được coi là bằng nhau nếu thỏa mãn các điều kiện sau:
  - các chốt có đủ độ dẻo;
  - phá hoại cắt của chốt không phải là dạng phá hoại tới hạn.
- (3) Đối với thiết kế bằng tính toán, khả năng chịu lực của chốt cơ khí chủ yếu chịu tải trọng tĩnh cần được xác định theo 8.2 đối với đinh tán chìm và 8.3 đối với vít tự cắt và vít tự khoan.
- (4) Ý nghĩa của các ký hiệu được sử dụng trong các điều nêu trên được quy định trong TCVN XXXX-1-1 với các quy định bổ sung trong 1.4 của TCVN XXXX-1-4.
- (5) Hệ số riêng để tính toán khả năng chịu lực thiết kế của chốt cơ khí cần được lấy là  $\gamma_{M3}$  theo 2(3).



(a) Hướng truyền tải

**Hình 8.1 - Khoảng cách đầu, khoảng cách mép và khoảng cách giữa các chốt**

- (6) Các khả năng chịu cắt xuyên được đưa ra trong 8.2.3.1 cho đinh tán chìm hoặc trong 8.3.3.1 cho vít tự cắt và vít tự khoan phụ thuộc vào vị trí của chốt và cần được giảm đi nếu chốt không nằm ở tâm máng của tấm. Nếu các vít và chốt này nằm ở một điểm  $\frac{1}{4}$  cách tâm máng, khả năng chịu lực thiết kế cần giảm xuống còn  $0,9F_{p,Rd}$  và nếu chốt nằm ở các điểm  $\frac{1}{4}$  về cả hai phía của tâm máng của tấm thì khả năng chịu lực cần lấy bằng  $0,7F_{p,Rd}$  cho mỗi chốt, xem Bảng 8.3.

- (7) Đối với một chốt chịu tác dụng đồng thời của cắt và kéo, với điều kiện  $F_{p,Rd}$ ,  $F_{o,Rd}$ ,  $F_{b,Rd}$  và  $F_{n,Rd}$  được xác định bằng cách tính toán trên cơ sở 8.2 cho đinh tán chìm hoặc 8.3 cho vít tự cắt và vít tự khoan, khả năng chịu cắt và kéo đồng thời của chốt có thể được kiểm tra như sau:

$$\frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{p,Rd}, F_{o,Rd})} + \frac{F_{v,Ed}}{\min(F_{b,Rd}, F_{n,Rd})} \leq 1 \quad (8.1)$$

- (8) Có thể bỏ qua méo tiết diện nguyên nếu khả năng chịu lực thiết kế được lấy từ 8.2.3 và 8.3.3 với điều kiện là chốt được xuyên qua bản cánh bề rộng không quá 150 mm.

(9) Đường kính lỗ vít cần tuân theo hướng dẫn của nhà sản xuất. Các hướng dẫn này cần dựa trên các tiêu chí sau:

- Mô men xoắn tác dụng cần lớn hơn mô men xoắn gây cắt ren;
- Mô men xoắn tác dụng cần nhỏ hơn mô men xoắn gây tuột ren hoặc gây cắt đầu chốt;
- Mô men xoắn gây cắt ren cần nhỏ hơn 2/3 mô men xoắn gây cắt đầu chốt .

(10) Các quy định thiết kế cho đinh tán chìm chỉ đúng nếu đường kính lỗ không lớn hơn 0,1 mm so với đường kính đinh tán.

## 8.2 Đinh tán chìm

### 8.2.1 Quy định chung

(1) Khả năng chịu lực đinh tán chìm chịu cắt là giá trị nhỏ hơn của khả năng chịu ép mặt  $F_{b,Rd}$  , khả năng chịu lực của tiết diện nguyên  $F_{net,Rd}$  của tấm và khả năng chịu cắt của chốt  $F_{v,Rd}$  .

(2) Thân của đinh tán chìm cần dùng loại EN AW- 5019.

(3) Cần sử dụng đinh tán chìm tuân theo EN ISO 15973, EN ISO 15974, EN ISO 15977, EN ISO 15978, EN ISO 15981 hoặc EN ISO 15982.

### 8.2.2 Khả năng chịu lực thiết kế của các nút đinh tán chịu cắt

#### 8.2.2.1 Khả năng chịu ép mặt

$$F_{b,Rd} = 2,5f_{u,min}\sqrt{t^3d} / \gamma_{M3} \text{ cho } t_{sup} / t = 1,0 \text{ nhưng } F_{b,Rd} \leq 1,5f_{u,min}td / \gamma_{M3} \quad (8.2a)$$

$$F_{b,Rd} = 1,5f_{u,min}td / \gamma_{M3} \text{ cho } t_{sup} / t \geq 2,5 \quad (8.2b)$$

Đối với các chiều dày  $1,0 < t_{sup} / t < 2,5$  khả năng chịu ép mặt  $F_{b,Rd}$  có thể được xác định bằng nội suy tuyến tính.

#### 8.2.2.2 Khả năng chịu lực của tiết diện nguyên

$$F_{net,Rd} = A_{net}f_u / \gamma_{M3} \quad (8.3)$$

#### 8.2.2.3 Khả năng chịu cắt

$$F_{v,Rd} = 38d^2 / \gamma_{M3} \quad [N] \text{ với } d \text{ có đơn vị là mm} \quad (8.4)$$

Điều kiện cho khả năng chịu ép mặt và khả năng chịu cắt:

- không sử dụng giá trị  $f_{u,min} > 260 \text{ N/mm}^2$
- $2,6 \text{ mm} \leq d \leq 6,4 \text{ mm}$

### 8.2.3 Khả năng chịu lực thiết kế cho các nút đỉnh tán chịu kéo

#### 8.2.3.1 Khả năng chịu cắt xuyên

$$F_{p,Rd} = 2,35\alpha_E t f_o / \gamma_{M3} \quad [N] \quad \text{với } t \text{ tính bằng mm, } f_o \text{ tính bằng } N/mm^2, \alpha_E \text{ theo Bảng 8.3.} \quad (8.5)$$

Các điều kiện:

- $t \leq 1,5mm$ ;  $d_w \geq 9,5mm$ ;
- không sử dụng giá trị  $f_o > 220N/mm^2$

#### 8.2.3.2 Khả năng chịu kéo nhỏ (kéo tuột)

$$\text{- Cấu kiện gối đỡ bằng thép: } F_{o,Rd} = 0,47t_{sup} d f_y / \gamma_{M3} \quad (8.6)$$

$$\text{- Cấu kiện gối đỡ bằng nhôm: } F_{o,Rd} = 0,20t_{sup} d f_o / \gamma_{M3} \quad (8.7)$$

Các điều kiện:

- không được sử dụng các giá trị  $t_{sup} > 6mm$ ,  $f_y > 350N/mm^2$ ,  $f_o > 220N/mm^2$  (tất cả điều kiện phải đảm bảo)
- các lỗ được khoan phải được thực hiện theo các khuyến nghị của nhà sản xuất.

#### 8.2.3.3 Khả năng chịu kéo đứt

$$F_{t,Rd} = 47d^2 / \gamma_{M3} [N], \quad \text{trong đó } d \text{ tính bằng mm} \quad (8.8)$$

### 8.3 Vít tự cắt / tự khoan

#### 8.3.1 Quy định chung

- (1) Khả năng chịu lực các vít chịu cắt là giá trị nhỏ hơn của khả năng chịu ép mặt  $F_{b,Rd}$ , khả năng chịu lực của tiết diện thực  $F_{net,Rd}$  của tấm và khả năng chịu cắt của chốt  $F_{v,Rd}$ .
- (2) Các giới hạn cho đường kính của vít được đưa ra trong các điều sau cần được đảm bảo, trừ khi có thể thu được các giới hạn khác đủ tin cậy nhờ vào thí nghiệm.
- (3) Các giới hạn cho các giá trị cường độ của vật liệu đỡ cần được cung cấp, trừ khi có thể thu được các giới hạn khác đủ tin cậy nhờ vào thí nghiệm.
- (4) Cần sử dụng vít tự cắt tuân theo EN ISO 1479, EN ISO 1481 hoặc ISO 7049.
- (5) Cần sử dụng vít tự khoan tuân theo EN ISO 15480 hoặc EN ISO 15481.

### 8.3.2 Khả năng chịu lực thiết kế của các nút liên kết vít chịu cắt

#### 8.3.2.1 Khả năng chịu ép mặt

(1) Khả năng chịu ép mặt nếu các cấu kiện đỡ bằng thép hoặc nhôm được xác định như sau:

$$F_{b,Rd} = 2,5f_{u,min} \sqrt{t^3 d} / \gamma_{M3} \text{ cho } t_{sup} / t = 1,0, \text{ nhưng } F_{b,Rd} \leq 1,5f_{u,min} t d / \gamma_{M3} \quad (8.9a)$$

$$F_{b,Rd} = 1,5f_{u,min} t d / \gamma_{M3} \text{ cho } t_{sup} / t \geq 2,5 \quad (8.9b)$$

Đối với chiều dày  $1,0 < t_{sup} / t < 2,5$ , khả năng chịu ép mặt  $F_{b,Rd}$  có thể được xác định thông qua nội suy tuyến tính.

Các điều kiện:

- vít tự cắt và tự khoan cần bằng thép hoặc thép không gỉ có đường kính  $d \geq 5,5$  mm,
- không sử dụng giá trị  $f_{u,min} > 260 \text{ N/mm}^2$ ;
- với  $t > t_{sup}$  lấy  $t = t_{sup}$ ;
- các lỗ được khoan phải được thực hiện theo các khuyến nghị của nhà sản xuất.

(2) Khả năng chịu ép mặt của nhôm tấm nếu các cấu kiện đỡ được làm bằng gỗ:

$$F_{b,Rd} \leq 1,5 t d f_{u,min} / \gamma_{M3} \quad [N] \quad (8.10)$$

(3) Đối với khả năng chịu lực của cấu kiện đỡ bằng gỗ, xem EN 1995-1-1, Chương 8, liên kết thép với gỗ.

Các điều kiện:

- vít tự cắt và tự khoan bằng thép hoặc thép không gỉ có  $5,5 \text{ mm} \leq d \leq 8 \text{ mm}$ ;
- khoảng cách tới mép và khoảng cách giữa các vít trong cấu kiện gỗ, xem EN 1995-1-1, Chương 8.

#### 8.3.2.2 Khả năng chịu lực của tiết diện thực

$$F_{net,Rd} = A_{net} f_u / \gamma_{M3} \quad (8.11)$$

#### 8.3.2.3 Khả năng chịu cắt

Khả năng chịu cắt thiết kế của vít làm bằng thép hoặc thép không gỉ được tính như sau:

$$F_{v,Rd} = 380 A_s / \gamma_{M3} \quad [N] \text{ với } A_s \text{ đơn vị là } mm^2 \quad (8.12)$$



**8.3.3 Khả năng chịu lực thiết kế của nút liên kết vít chịu kéo**

**8.3.3.1 Khả năng chịu cắt xuyên**

(1) Khả năng chịu cắt xuyên của các nút liên kết vít chịu kéo được xác định như sau:

$$F_{p,Rd} = 6,1\alpha_L\alpha_E\alpha_M t f_u \sqrt{d_w / 22} / \gamma_{M3} \quad [N] \tag{8.13}$$

với:  $t$  và  $d_w$  tính bằng mm và  $f_u$  tính bằng N/mm<sup>2</sup> và

- $\alpha_L$  hệ số hiệu chỉnh liên quan đến kéo khi uốn (Bảng 8.1);
- $\alpha_M$  Hệ số hiệu chỉnh liên quan đến loại vòng đệm (Bảng 8.2);
- $\alpha_E$  hệ số hiệu chỉnh liên quan đến vị trí của chốt (Bảng 8.3).

Các điều kiện:

- $t \leq 1,5$  mm;
- $d_w \geq 14$  mm và chiều dày của vòng đệm  $\geq 1$  mm;
- chiều rộng của bản cánh liền kề của phần tiết diện tấm  $\leq 200$  mm;
- không sử dụng giá trị  $d_w > 30$  mm và  $f_u > 260$  N/mm<sup>2</sup>;
- với chiều cao của tấm nhỏ hơn 25 mm, khả năng chịu cắt xuyên cần giảm 30%.

**Bảng 8.1 - Hệ số hiệu chỉnh  $\alpha_L$ , để tính đến ứng suất kéo do uốn tại liên kết của gối đỡ**

Giới hạn bền kéo [N/mm <sup>2</sup> ]	$\alpha_L$		
	Nhịp $L < 1,5 m$	Nhịp $1,5 \leq L \leq 4,5 m$	Nhịp $L > 4,5 m$
< 215	1	1	1
$\geq 215$	1	$1,25 - L / 6$	0,5

CHÚ THÍCH Tại gối biên không có ứng suất uốn và tại các liên kết ở bản cánh trên luôn luôn lấy  $\alpha_L = 1$

**Bảng 8.2 - Hệ số hiệu chỉnh  $\alpha_M$  để tính đến vật liệu của vòng đệm**

Vật liệu của vòng đệm	$\alpha_M$
Thép carbon, thép không gỉ	1,0
Nhôm	0,8

**Bảng 8.3 - Hệ số hiệu chỉnh  $\alpha_E$  để tính đến vị trí của các chốt**

Đối với bản cánh tiếp xúc với gối đỡ					không tiếp xúc		
Nút							
$\alpha_E$	1,0	$b_u \leq 150 : 0,9$ $b_u > 150 : 0,7$	0,7	0,9	0,7 0,7	1,0	0,9

CHÚ THÍCH Sự kết hợp của các hệ số hiệu chỉnh là không cần thiết. Áp dụng giá trị nhỏ nhất.

**8.3.3.2 Khả năng chịu kéo nhỏ (kéo tuột)**

(1) Khả năng chịu kéo nhỏ cho vít tự cắt và vít tự khoan bằng thép hoặc thép không gỉ, trong đó các cấu kiện đỡ bằng thép hoặc nhôm, được xác định như sau:

$$F_{o,Rd} = 0,95f_{u,sup} \sqrt{t_{sup}^3 d} / \gamma_{M3} \tag{8.14}$$

Các điều kiện:

- vít tự cắt và vít tự khoan bằng thép hoặc thép không gỉ;
- đường kính của chốt  $6,25 \text{ mm} \leq d \leq 6,5 \text{ mm}$ ;
- không sử dụng giá trị  $t_{sup} > 6 \text{ mm}$  và  $f_{u,sup} > 250 \text{ N/mm}^2$  đối với nhôm hoặc
- không sử dụng giá trị  $t_{sup} > 5 \text{ mm}$  và  $f_{u,sup} > 400 \text{ N/mm}^2$  đối với thép;
- đường kính lỗ được khoan phải được thực hiện theo các khuyến nghị của nhà sản xuất

(2) Đối với các cấu kiện đỡ bằng gỗ, xem EN 1995-1-1, Chương 8.

**8.3.3.3 Khả năng chịu kéo đứt**

(1) Khả năng chịu kéo đứt thiết kế của vít bằng thép hoặc thép không gỉ được xác định như sau:

$$F_{t,Rd} = 560A_s / \gamma_{M3} [N] \text{ với } A_s \text{ tính bằng } \text{mm}^2 \tag{8.15}$$

**9 Thiết kế có sự hỗ trợ của thí nghiệm**

(1) Chương 9 này có thể được sử dụng để áp dụng các nguyên tắc thiết kế có sự hỗ trợ của thí nghiệm được đưa ra trong EN 1990 với các yêu cầu đặc thù bổ sung cho tấm tạo hình nguội.

(2) Cần áp dụng các nguyên tắc được đưa ra trong Phụ lục A cho thí nghiệm tấm định hình.

(3) Thí nghiệm giới hạn bền kéo của hợp kim nhôm cần được thực hiện theo EN 10002-1. Việc thí nghiệm các đặc trưng khác của nhôm cần được thực hiện theo các Tiêu chuẩn Châu Âu tương ứng.

## **TCVN \*\*\*1-4:202x**

(4) Thí nghiệm các chốt và liên kết cần được thực hiện theo Tiêu chuẩn Châu Âu hoặc Tiêu chuẩn Quốc tế tương ứng.

CHÚ THÍCH Trong thời gian chờ đợi Tiêu chuẩn Châu Âu hoặc Quốc tế phù hợp được xuất bản, thông tin về quy trình thí nghiệm cho chốt có thể được lấy từ:

Ấn phẩm ECCS số 21 (1983): Khuyến nghị của châu Âu về công trình thép: thiết kế và thí nghiệm các liên kết trong thép tấm và tiết diện thép;

Ấn phẩm ECCS số 42 (1983): Khuyến nghị của châu Âu về công trình thép: chốt cơ khí sử dụng trong thép tấm và tiết diện thép.

**Phụ lục A**  
(quy định)

**Các quy trình thí nghiệm**

**A.1 Quy định chung**

(1) Phụ lục A này đưa ra quy trình thí nghiệm và đánh giá tiêu chuẩn hóa phù hợp cho một số thí nghiệm thường được yêu cầu trong thực tế, làm cơ sở cho việc hài hòa hóa thí nghiệm trong tương lai.

CHÚ THÍCH 1 Trong lĩnh vực tấm tạo hình nguội, nhiều sản phẩm tiêu chuẩn thường sử dụng trong đó thiết kế bằng tính toán có thể không đưa đến các giải pháp kinh tế, do đó thường khuyến khích áp dụng thiết kế có sự hỗ trợ của thí nghiệm.

CHÚ THÍCH 2 Phụ lục quốc gia có thể cung cấp thêm thông tin về thí nghiệm và đánh giá kết quả thí nghiệm

CHÚ THÍCH 3 Phụ lục quốc gia có thể đưa ra các hệ số chuyển đổi cho kết quả thí nghiệm sẵn có tương đương với kết quả của các thí nghiệm tiêu chuẩn hóa theo phụ lục này.

(2) Phụ lục này bao gồm:

- thí nghiệm trên các tấm định hình, xem A.2;
- đánh giá kết quả thí nghiệm để xác định giá trị thiết kế, xem A.3.

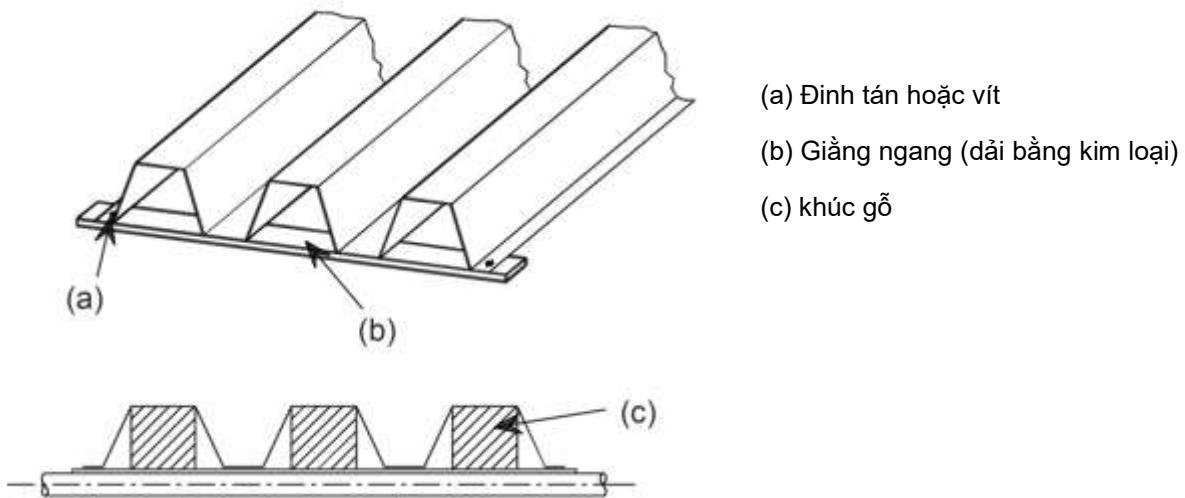
**A.2 Thí nghiệm tấm định hình**

**A.2.1 Quy định chung**

(1) Tải trọng có thể tác dụng thông qua túi khí trong buồng chân không hoặc bằng dầm ngang bằng thép hoặc gỗ được bố trí để mô phỏng tải trọng phân bố đều.

(2) Để tránh các sóng bị dập, có thể sử dụng giằng ngang hoặc các thiết bị thí nghiệm thích hợp khác cho mẫu thử ví dụ như các khúc gỗ. Một số ví dụ được minh họa trong Hình A.1.

(3) Mẫu thử cho tấm định hình thường cần bao gồm ít nhất hai sóng hoàn chỉnh, nhưng một mẫu thử có thể chỉ chứa một sóng hoàn chỉnh, với điều kiện các sóng có đủ độ cứng. Các biên dọc tự do cần nằm trong vùng chịu kéo trong quá trình thí nghiệm.



**Hình A.1 - Ví dụ về các thiết bị thí nghiệm thích hợp**

(4) Đối với các thí nghiệm tải đẩy lên, thiết lập thí nghiệm cần mô phỏng chính xác ứng xử của tấm trong điều kiện thực tế. Loại nút liên kết giữa tấm và các gối tựa cần giống như các liên kết được sử dụng trong thực tế.

(5) Để kết quả thí nghiệm có thể được ứng dụng trong phạm vi rộng, tốt nhất nên sử dụng các gối xoay hoặc gối trượt, để tránh mọi ảnh hưởng của ngăn cản chuyển vị xoắn hoặc chuyển vị dọc trực tại các gối đỡ đối với kết quả thí nghiệm.

(6) Cần đảm bảo rằng hướng của tải tác dụng được giữ vuông góc với mặt phẳng ban đầu của tấm trong suốt quy trình thí nghiệm.

(7) Cần đo chuyển vị ở cả hai đầu của mẫu thử để loại bỏ các biến dạng của gối đỡ.

(8) Kết quả thí nghiệm cần được lấy theo giá trị tối đa của tải trọng tác dụng cho mẫu tại thời điểm phá hoại hoặc ngay trước khi phá hoại nếu thích hợp.

### **A.2.2 Thí nghiệm nhịp đơn**

(1) Có thể sử dụng một thiết lập thí nghiệm tương đương với thiết lập trong Hình A.2 để xác định khả năng chịu uốn giữa nhịp (trong trường hợp không có lực cắt) và độ cứng chống uốn hiệu dụng.

(2) Nên chọn nhịp sao cho kết quả thí nghiệm thể hiện khả năng chịu uốn của tấm.

(3) Khả năng chịu uốn cần được xác định từ kết quả thí nghiệm.

(4) Độ cứng chống uốn cần được xác định từ biểu đồ ứng xử tải trọng-độ võng.

### **A.2.3 Thí nghiệm nhịp đôi**

(1) Có thể sử dụng thiết lập thí nghiệm như được mô tả trong Hình A.3 để xác định khả năng chịu lực một tấm liên tục trên hai hoặc nhiều nhịp chịu tác dụng đồng thời của mô men và lực cắt tại các gối

giữa, và khả năng chịu lực chống lại tác dụng đồng thời của mô men và phản lực gối tựa cho một dải chiều rộng gối đỡ nhất định.

(2) Tải nên được phân bố đều (ví dụ sử dụng túi khí hoặc buồng chân không).

(3) Bằng cách khác, có thể sử dụng số lượng bất kỳ của tải trọng dạng đường (vuông góc với nhịp), được bố trí để tạo ra các mô men và nội lực phù hợp để đại diện cho các tác động của tải phân bố đều. Một số ví dụ về việc bố trí thí nghiệm phù hợp được thể hiện trong Hình A.4.

#### A.2.4 Thí nghiệm gối giữa

(1) Để thay thế cho A.2.3, có thể sử dụng thiết lập thí nghiệm được mô tả trong Hình A.5 để xác định khả năng chịu lực một tấm liên tục trên hai hoặc nhiều nhịp chịu tác dụng đồng thời của mô men và lực cắt tại các gối giữa, và khả năng chịu lực chống lại tác dụng đồng thời của mô men và phản lực gối tựa cho một dải chiều rộng gối đỡ nhất định.

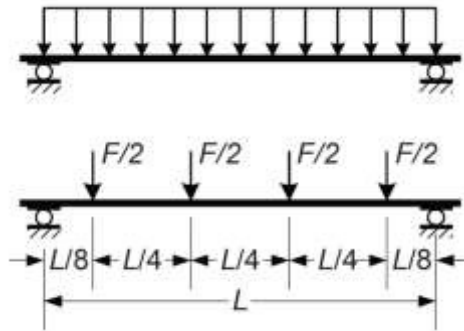
(2) Nhịp  $s$  của thí nghiệm được dùng để đại diện cho phần của tấm giữa các điểm uốn ngược tại mỗi bên của gối giữa trong một tấm liên tục trên hai nhịp giống nhau bằng  $L$  có thể được tính như sau:

$$s = 0,4L \quad (A.1)$$

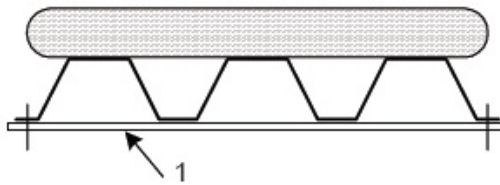
(3) Nếu có kể đến việc phân phối lại mô men dẻo tại gối, cần giảm nhịp thí nghiệm  $s$  để thể hiện tỷ lệ thích hợp giữa mô men tại gối và lực cắt tại gối.

(4) Chiều rộng  $b_B$  của dầm được sử dụng để tác dụng tải thí nghiệm cần được chọn để đại diện cho chiều rộng gối đỡ thực sẽ được sử dụng trong thực tế.

(5) Mỗi kết quả thí nghiệm có thể được sử dụng để đại diện cho khả năng chịu lực chống lại tác dụng đồng thời của mô men uốn và phản lực gối tựa (hoặc lực cắt) cho một nhịp nhất định và một chiều rộng gối tựa nhất định. Để có được thông tin về sự tương tác của mô men uốn và phản lực gối tựa, các thí nghiệm cần được thực hiện cho nhiều nhịp khác nhau.

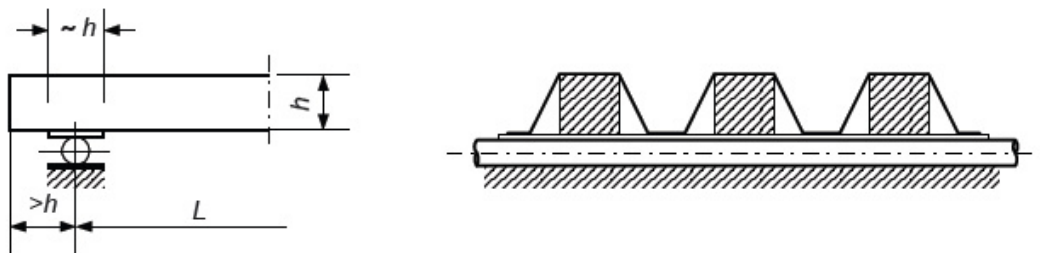


a) Tải phân bố đều và ví dụ về tải trọng dạng đường tương đương thay thế

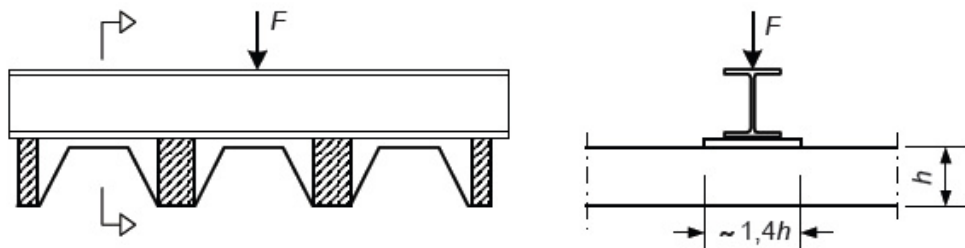


b) Tải phân bố được tác dụng bởi túi khí (có thể thay thế bằng buồng thử chân không)

1 = giằng ngang

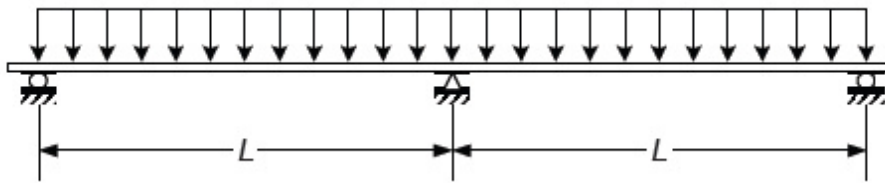


c) Ví dụ về các bố trí gối đỡ để ngăn cản biến dạng méo

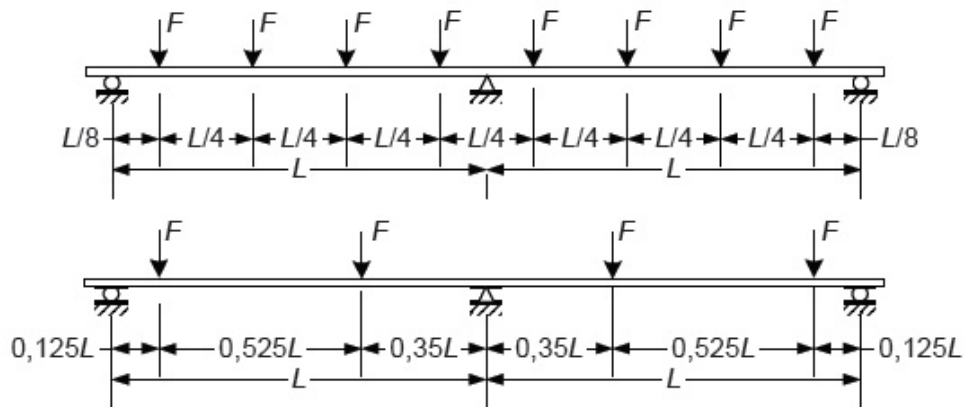


d) Ví dụ về phương pháp áp dụng tải trọng dạng đường

**Hình A.2 - Thiết lập thí nghiệm cho các thí nghiệm nhịp đơn**

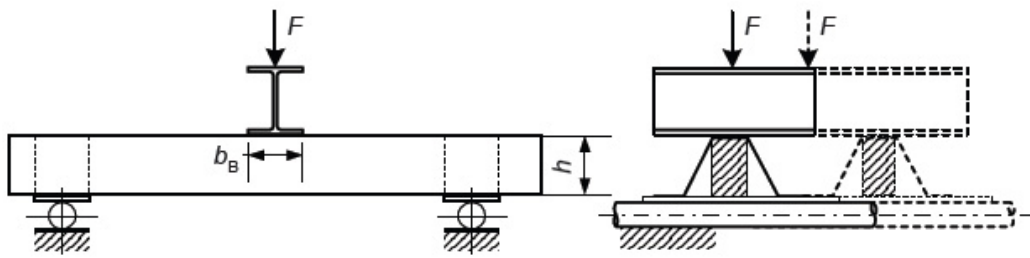


Hình A.3 - Thiết lập thí nghiệm cho các thí nghiệm nhịp đôi

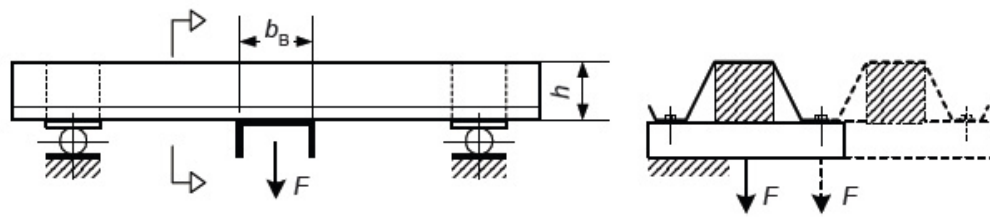


Hình A.4 - Ví dụ về các bố trí phù hợp của tải trọng dạng đường thay thế

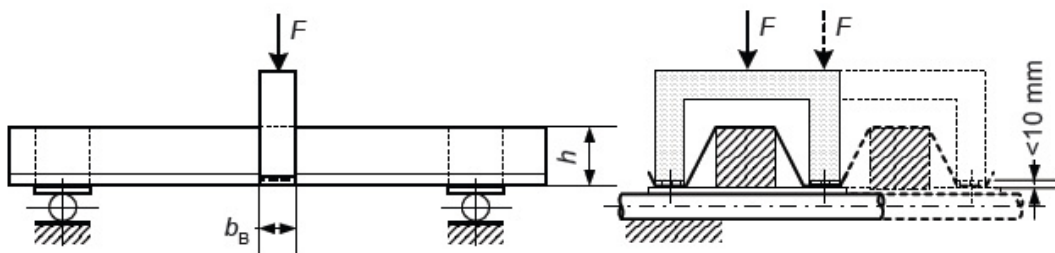




a) Gối giữa chịu tải trọng lực

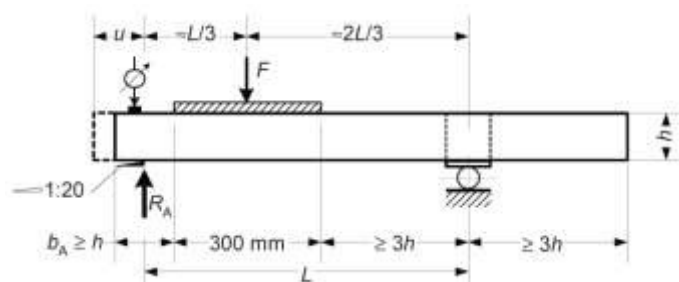


b) Gối giữa chịu tải hướng lên trên



c) Gối giữa chịu tải tác dụng lên bản cánh chịu kéo

**Hình A.5 - Thiết lập cho thí nghiệm gối giữa**



Ký hiệu:

$b_A$  = chiều dài gối đỡ

$u$  = chiều dài từ mép trong của gối đỡ biên đến cuối tấm

**Hình A.6 - Thiết lập thí nghiệm cho các thí nghiệm gối biên**

### A.2.5 Thí nghiệm gồi biên

- (1) Có thể sử dụng thiết lập thí nghiệm được mô tả trong Hình A.6 để xác định khả năng chịu lực của một tấm tại gồi biên.
- (2) Các thí nghiệm riêng biệt cần được thực hiện để xác định khả năng chịu cắt của tấm đối với các giá trị khác nhau của độ dài  $u$  từ điểm tiếp xúc ở mép trong của gồi biên đến điểm đầu thực tế của tấm, xem Hình A.6.

## A.3 Đánh giá kết quả thí nghiệm

### A.3.1 Quy định chung

- (1) Một mẫu thí nghiệm cần được coi là phá hoại nếu tải thí nghiệm tác dụng đạt giá trị tối đa hoặc nếu biến dạng tổng thể vượt quá các giới hạn quy định.
- (2) Trong thí nghiệm nút liên kết hoặc thí nghiệm các bộ phận trong đó cần kiểm tra biến dạng lớn để đánh giá chính xác (ví dụ, đánh giá các đặc trưng mô men-góc xoay của mối nối có bản táp), không cần kiểm tra giới hạn biến dạng tổng thể.
- (3) Cần có sẵn một biên độ an toàn thích hợp giữa một dạng phá hoại dẻo và các dạng phá hoại giòn có thể xảy ra. Vì các dạng phá hoại giòn thường không xảy ra trong các thí nghiệm kích thước lớn, các thí nghiệm chi tiết bổ sung cần được thực hiện nếu cần thiết.

CHÚ THÍCH Điều này thường xảy ra đối với các nút.

### A.3.2 Điều chỉnh kết quả thí nghiệm

- (1) Kết quả thí nghiệm cần được điều chỉnh một cách phù hợp để kể đến sự biến động giữa các đặc trưng được đo thực tế của mẫu thử và giá trị danh định của chúng.
- (2) Giá trị đo thực tế của giới hạn chảy quy ước 0,2%  $f_{0,2,obs}$  có độ lệch không được vượt quá  $\pm 25\%$  so với giới hạn chảy quy ước danh định 0,2%  $f_{0,2}$ .
- (3) Chiều dày đo thực tế của vật liệu  $t_{obs}$  không được vượt quá 12% so với chiều dày thiết kế  $t$  được xác định dựa trên chiều dày vật liệu danh định  $t_{nom}$ .
- (4) Các điều chỉnh cần được thực hiện đối với các giá trị đo được thực tế của các chiều dày vật liệu  $t_{obs}$  và giới hạn chảy quy ước 0,2%  $f_{0,2,obs}$  cho tất cả các thí nghiệm, trừ trường hợp biểu thức thiết kế sử dụng kết quả thí nghiệm cũng sử dụng giá trị đo của chiều dày hoặc giới hạn chảy quy ước 0,2% thực tế của vật liệu, khi thích hợp.
- (5) Giá trị được điều chỉnh  $R_{adj,i}$  của kết quả thí nghiệm cho thí nghiệm thứ  $i$  cần được xác định từ kết quả thí nghiệm đo được thực tế  $R_{obs,i}$  với:

$$R_{adj,i} = R_{obs,i} / \mu_R \quad (A.2)$$

trong đó  $\mu_R$  là hệ số điều chỉnh khả năng chịu lực được xác định như sau:

$$\mu_R = \left( \frac{f_{0,2,obs}}{f_{0,2}} \right)^\alpha \left( \frac{t_{obs}}{t} \right)^\beta \quad (A.3)$$

(6) Hệ số lũy thừa  $\alpha$  trong biểu thức (A.3) được xác định như sau:

- nếu  $f_{0,2,obs} \leq f_{0,2}$  :  $\alpha = 0$

- nếu  $f_{0,2,obs} > f_{0,2}$  :  $\alpha = 1$

- đối với các tấm định hình trong đó các phần chịu nén có tỷ lệ  $b_p / t$  lớn đến mức oằn cục bộ là dạng phá hoại rõ ràng:  $\alpha = 0,5$

(7) Hệ số lũy thừa  $\beta$  trong biểu thức (A.3) được xác định như sau:

- nếu  $t_{obs} \leq t$  :  $\beta = 1$

- nếu  $t_{obs} > t$  :  $\beta = 2$

### A.3.3 Các giá trị đặc trưng

#### A.3.3.1 Quy định chung

(1) Các giá trị đặc trưng có thể được xác định theo thống kê, với điều kiện có ít nhất 4 kết quả thí nghiệm.

CHÚ THÍCH: Thường cần một số lượng kết quả lớn hơn, đặc biệt nếu độ phân tán tương đối rộng.

(2) Cần xác định giá trị tối thiểu đặc trưng bằng các quy định sau. Nếu cần xác định giá trị tối đa đặc trưng hoặc giá trị trung bình đặc trưng, cần xác định bằng cách sử dụng một cách thích hợp các quy định được cho đối với giá trị tối thiểu đặc trưng.

3) Giá trị đặc trưng của khả năng chịu lực  $R_k$  được xác định trên cơ sở ít nhất 4 thí nghiệm có thể xác định như sau:

$$R_k = R_m - k s \quad (A.4)$$

Trong đó:

$s$  là độ lệch chuẩn;

$k$  là hệ số thích hợp từ Bảng A.1;

$R_m$  là giá trị trung bình của các kết quả thí nghiệm đã được điều chỉnh  $R_{adj}$ .

(4) Độ lệch chuẩn  $s$  có thể được xác định như sau:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n R_{adj,i}^2 - \sum_{i=1}^n R_m^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n R_{adj,i}^2 - n.R_m^2}{n-1}} \tag{A.5}$$

Trong đó:

- $R_{adj,i}$  là kết quả thí nghiệm được điều chỉnh cho thí nghiệm thứ  $i$ ;
- $n$  là số lượng thí nghiệm.

**Bảng A.1 - Giá trị của hệ số  $k$**

$n$	4	5	6	8	10	20	30	$\infty$
$k$	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

**A.3.3.2 Giá trị đặc trưng cho các họ thí nghiệm**

(1) Một chuỗi các thí nghiệm được thực hiện trên một số lượng tấm giống nhau, trong đó có sự thay đổi của một hoặc nhiều tham số, có thể được coi là một họ thí nghiệm, với điều kiện là tất cả chúng đều có cùng dạng phá hoại. Các tham số thay đổi có thể bao gồm kích thước tiết diện ngang, nhịp, chiều dày và cường độ vật liệu.

(2) Các khả năng chịu lực đặc trưng của các cấu kiện trong cùng một họ có thể được xác định dựa trên cơ sở biểu thức thiết kế phù hợp liên hệ các kết quả thí nghiệm với tất cả các thông số có liên quan. Biểu thức thiết kế này có thể dựa trên các phương trình thích hợp của cơ học kết cấu, hoặc được xác định trên cơ sở thực nghiệm.

(3) Biểu thức thiết kế cần được điều chỉnh để dự đoán khả năng chịu lực trung bình đo được từ thí nghiệm một cách chính xác nhất có thể, bằng cách điều chỉnh các hệ số để tối ưu hóa sự tương quan.

CHÚ THÍCH Thông tin về quy trình này được nêu trong Phụ lục D của EN 1990.

(4) Để tính độ lệch chuẩn  $s$ , trước tiên, mỗi kết quả thí nghiệm cần được chuẩn hóa bằng cách chia nó cho giá trị tương ứng được dự đoán bởi biểu thức thiết kế. Nếu biểu thức thiết kế đã được điều chỉnh theo quy định trong (3), giá trị trung bình của kết quả thí nghiệm được chuẩn hóa sẽ bằng một. Số lượng thí nghiệm  $n$  cần được lấy bằng tổng số thí nghiệm trong họ thí nghiệm.

(5) Đối với một họ có ít nhất bốn thí nghiệm, cần lấy khả năng chịu lực đặc trưng  $R_k$  từ biểu thức (A.3) bằng cách lấy  $R_m$  bằng với giá trị được dự đoán bởi biểu thức thiết kế và sử dụng giá trị  $k$  từ Bảng A.1 tương ứng với giá trị  $n$  bằng tổng số thí nghiệm trong họ.

**A.3.4 Giá trị thiết kế**

(1) Giá trị thiết kế của khả năng chịu lực  $R_d$  cần được lấy từ giá trị đặc trưng tương ứng  $R_k$  xác định bằng thí nghiệm như sau:

$$R_d = R_k / (\gamma_M \gamma_{sys}) \quad (A.6)$$

Trong đó:

$\gamma_M$  là hệ số riêng cho khả năng chịu lực;

$\gamma_{sys}$  là một hệ số riêng kể đến sự khác biệt trong ứng xử giữa điều kiện thí nghiệm và điều kiện sử dụng.

(2) Đối với một họ có ít nhất bốn thí nghiệm, giá trị của  $\gamma_M$  có thể được xác định bằng các phương pháp thống kê.

CHÚ THÍCH Thông tin về một phương pháp thống kê thích hợp được nêu trong Phụ lục D của EN 1990.

(3) Bằng cách khác,  $\gamma_M$  có thể được lấy bằng giá trị thích hợp của hệ số  $\gamma_M$  cho thiết kế bằng tính toán được đưa ra trong Chương 2.

CHÚ THÍCH Phụ lục quốc gia có thể đưa ra các giá trị cho  $\gamma_M$  và  $\gamma_{sys}$ . Giá trị khuyến nghị cho  $\gamma_{sys}$  là 1,0 trong trường hợp tầm.

(4) Đối với các loại thí nghiệm khác trong đó các hiện tượng mất ổn định có thể xảy ra hoặc các dạng ứng xử của các kết cấu hoặc các bộ phận kết cấu có thể không được thể hiện đầy đủ trong thí nghiệm, để đạt được độ tin cậy cần thiết, giá trị của  $\gamma_{sys}$  cần xét đến các điều kiện thí nghiệm thực tế.

### A.3.5 Giới hạn sử dụng

(1) Cần thỏa mãn các quy định trong Chương 7.

**Phụ lục B**  
(tham khảo)

**Độ bền lâu của chốt**

(1) Có thể sử dụng Bảng B.1 cho các nút liên kết cơ học trong tấm tạo hình nguội

**Bảng B.1 - Vật liệu chốt liên quan đến môi trường ăn mòn (và vật liệu tấm chỉ để tham khảo).  
Chỉ xem xét nguy cơ ăn mòn. Các danh mục môi trường ăn mòn theo EN ISO 12944-2**

Danh mục ăn mòn	Vật liệu tấm	Vật liệu chốt					
		Nhôm	Thép mạ kẽm. Độ dày lớp mạ $\geq 7\mu\text{m}$	Thép mạ kẽm nhúng nóng <sup>b</sup> . Độ dày lớp mạ $\geq 45\mu\text{m}$	Thép không gỉ, tăng cứng bề mặt. 1.4006 <sup>d,e</sup>	Thép không gỉ, 1.4301 <sup>d</sup> , 1.4436 <sup>d</sup>	Hợp kim Monel <sup>a</sup>
C1	A, B, C	X	X	X	X	X	X
	D, E, S	X	X	X	X	X	X
C2	A	X	-	X	X	X	X
	C, D, E	X	-	X	X	X	X
	S	X	-	X	X	X	X
C3	A	X	-	X	-	X	X
	C, E	X	-	X	(X) <sup>c</sup>	(X) <sup>c</sup>	-
	D	X	-	X	-	(X) <sup>c</sup>	X
	S	-	-	X	X	X	X
C4	A	X	-	(X) <sup>c</sup>	-	(X) <sup>c</sup>	-
	D	-	-	X	-	(X) <sup>c</sup>	-
	E	X	-	X	-	(X) <sup>c</sup>	-
	S	-	-	X	-	X	X
C5-I	A	X	-	-	-	(X) <sup>c</sup>	-
	D <sup>f</sup>	-	-	X	-	(X) <sup>c</sup>	-
	S	-	-	-	-	X	-
C5-M	A	X	-	-	-	(X) <sup>c</sup>	-
	D <sup>f</sup>	-	-	X	-	(X) <sup>c</sup>	-
	S	-	-	-	-	X	-

**TCVN \*\*\*1-4:202x**

CHÚ THÍCH Chốt bằng thép không có lớp mạ có thể được sử dụng trong danh mục ăn mòn C1

- A = nhôm không phụ thuộc lớp phủ
  - B = thép tấm không mạ
  - C = thép tấm mạ kẽm nhúng nóng (Z275) hoặc mã hợp kim nhôm – kẽm (AZ150)
  - D = mạ kẽm nhúng nóng + phủ sơn hoặc chất dẻo
  - E = Tấm thép mạ hợp kim nhôm – kẽm (AZ185)
  - S = thép không gỉ
  - X = loại vật liệu khuyến nghị theo khía cạnh chống ăn mòn
  - (X) = loại vật liệu khuyến nghị theo khía cạnh chống ăn mòn chỉ trong điều kiện đặc thù
- = loại vật liệu không khuyến nghị theo khía cạnh chống ăn mòn
  - a Chỉ tham chiếu tới đỉnh tán
  - b Chỉ tham chiếu tới vít và đai ốc
  - c vòng đệm cách nhiệt bằng vật liệu chống lão hóa giữa tấm và chốt
  - d thép không gỉ EN 10 088
  - e nguy cơ phai màu
  - f luôn luôn kiểm tra với nhà cung cấp tấm

(2) Các danh mục môi trường ăn mòn theo EN ISO 12944-2 được trình bày trong Bảng B.2.

**Bảng B.2 - Các danh mục ăn mòn khí quyển theo EN ISO 12944-2 và ví dụ về các môi trường điển hình**

Danh mục ăn mòn	Mức độ ăn mòn	Ví dụ về môi trường điển hình trong nhiệt độ môi trường (tham khảo)	
		Bên ngoài	Bên trong
C1	rất thấp	-	Nhà được sưởi bằng không khí sạch, ví dụ: văn phòng, cửa hàng, trường học, khách sạn.
C2	thấp	Khí quyển với mức độ ô nhiễm thấp. Chủ yếu là nông thôn.	Nhà không được sưởi nơi ngưng tụ có thể xảy ra, ví dụ: kho, phòng tập thể thao.
C3	trung bình	Khí quyển đô thị và công nghiệp, ô nhiễm lưu huỳnh điôxit vừa phải. Vùng ven biển có độ mặn thấp.	Phòng sản xuất có độ ẩm cao và ô nhiễm không khí một phần, ví dụ: xưởng chế biến thực phẩm, phòng giặt, nhà máy bia và nhà máy sữa.
C4	cao	Khu công nghiệp và vùng ven biển có độ mặn vừa phải.	Nhà máy hóa chất, bể bơi, xưởng đóng tàu biển và thuyền
C5-I	rất cao (công nghiệp)	Khu công nghiệp có độ ẩm cao và khí quyển khắc nghiệt.	Nhà và khu vực có sự ngưng tụ gần như thường xuyên và mức độ ô nhiễm cao.
C5-M	rất cao (biển)	Vùng ven biển và ngoài khơi có độ mặn cao.	Nhà và khu vực có ngưng tụ gần như thường xuyên và mức độ ô nhiễm cao

**Tài liệu tham khảo**

1. Weber, H.: Dach und Wand - Panen und Bauen mit Aluminium-Profiltafeln; Aluminium-Verlag-Düsseldorf 1982 (tiếng Đức)
2. Richtlinie für die Verlegung von Aluminium-Profiltafeln; Aluminium-Merkblatt A7; Gesamtverband der Aluminiumindustrie, Düsseldorf 1995 (tiếng Đức)
3. Verbindungen Profiltafeln und dünnwandigen Bauteilen aus Aluminium; Aluminium-Merkblatt A9; Gesamtverband der Aluminiumindustrie, Düsseldorf 1995 (tiếng Đức)
4. SFHF-Richtlinien für hinterlüftete Fassaden - Grundsätze für Planung, Bemessung, Konstruktion und Ausführung; Schweizerischer Fachverband für hinterlüftete Fassaden; Zürich 1992 (tiếng Đức và Pháp)
5. Directives APSFV pour façades ventilées; Principes et remarques pour l'étude, le dimensionnement, la construction et l'exécution; Association professionnelle suisse pour des façades ventilées (tiếng Pháp và Đức)
6. Aluminium-Trapezprofile und ihre Verbindungen – Kommentar zur Anwendung und Konstruktion. Gesamtverband der Aluminiumindustrie e.V. Am Bonneshof 5, D-40 474 Düsseldorf.
7. Baehre, R., Wolfram, R.: Zur Schubfeldberechnung von Trapezprofilen Stahlbau 6/1986, S. 175-179
8. Baehre, R., Huck, G.: Zur Berechnung der aufnehmbaren Normalkraft von Stahl- Trapezprofilen nach DIN 18807 Teile 1 und 3, Stahlbau 69 (1990), Heft 8, S. 225 - 232



## **Phụ lục Quốc gia (quy định)**

### **NA.1 Phạm vi**

Phụ lục Quốc gia này đưa ra:

a) các quyết định đối với các Thông số do Quốc gia xác định được mô tả trong các tiêu mục sau đây của TCVN \*\*\*1-4:202X:

- 2(3)
- 2(4)
- 2(5)
- 3.1(3)
- 7.3(3)
- A.1(1)
- A.3.4(3)

b) Các quyết định về tình trạng của các phụ lục tham khảo trong TCVN \*\*\*1-4:202X; và

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

### **NA.2 Các thông số do quốc gia xác định**

Các quyết định đối với các Thông số do Quốc gia xác định được mô tả trong TCVN \*\*\*1-4:202X được đưa ra trong bảng NA.1.

Bảng NA.1 Các giá trị cho các Thông số do Quốc gia xác định được mô tả trong TCVN \*\*\*1-4:202X

Tiêu mục	Thông số do quốc gia xác định	Khuyến nghị của Eurocode	Quyết định
2(3)	Các giá trị số cho $\gamma_{Mi}$	Đối với các công trình nhà: $\gamma_{M1} = 1,10$ $\gamma_{M2} = 1,25$ $\gamma_{M3} = 1,25$	Sử dụng các giá trị được đề xuất.
2(4)	Giá trị số cho $\gamma_{M, Ser}$	Đối với các công trình nhà: $\gamma_{M, Ser} = 1,00$	Sử dụng giá trị được đề xuất.
2(5)	Quy định cho việc sử dụng các Cấp kết cấu và sự liên hệ với các cấp hậu quả trong TCVN EN 1990.	[Không có]	Không có dữ liệu sẵn có.
3.1(3)	Sử dụng các vật liệu và sản phẩm nhôm khác	[Không có]	Xem NA.2.1
7.3(3)	Giới hạn về độ võng	[Không có]	Giới hạn độ võng được đưa ra trong Phụ lục Quốc gia của tiêu chuẩn TCVN XXXX-1-1:202x.
A.1(1)	Các hệ số chuyển đổi cho kết quả thí nghiệm	[Không có]	Không có dữ liệu sẵn có.
A.3.4(3)	Các giá trị số cho $\gamma_M$ và $\gamma_{sys}$	$\gamma_M$ có thể được tính toán bằng cách sử dụng các phương pháp thống kê đưa ra trong TCVN EN 1990, hoặc các giá trị thiết kế từ Chương 2; $\gamma_{sys} = 1,00$ trong trường hợp tẩm	Trong trường hợp tẩm, giá trị cho $\gamma_{sys}$ được chỉ định là $\gamma_{sys} = 1,0$ . Không có giá trị nhất định cho $\gamma_M$ được chỉ định. Các giá trị của $\gamma_M$ và $\gamma_{sys}$ cần được cơ quan quản lý xây dựng chấp thuận

### NA.2.1 Việc sử dụng các hợp kim nhôm không thuộc các loại được liệt kê trong bảng 3.1

Đối với hợp kim nhôm dùng cho tấm kết cấu tạo hình nguội, ngoài các loại hợp kim với các loại xử lý cơ-nhiệt được quy định trong Bảng 3.1 của TCVN XXXX-1-4, có thể sử dụng các hợp kim nhôm với các loại xử lý cơ-nhiệt theo các tiêu chuẩn sau, với điều kiện loại hợp kim với loại xử lý cơ-nhiệt sử dụng có cùng số seri và ký hiệu loại xử lý cơ-nhiệt với hợp kim tương ứng trong Bảng 3.1:

#### - Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN):

TCVN 13065-1 tới 5 (2020): Nhôm và hợp kim nhôm gia công áp lực. Tấm mỏng, băng và tấm.

#### - Tiêu chuẩn Nhật Bản (JIS):

JIS H 4000:2014 Aluminium and aluminium alloy sheets, strips and plates

#### - Tiêu chuẩn ASTM:

ASTM B209 Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Sheet and Plate

Đối với đặc trưng cơ học của hợp kim nhôm dạng tấm, dải, bản, có thể sử dụng các vật liệu sau đây được quy định theo TCVN 13065-2:

**Bảng NA.2 - Giá trị đặc trưng của giới hạn chảy quy ước 0,2%  $f_o$ , giới hạn bền kéo  $f_u$ , độ giãn dài  $A_{50}$ , đối với tấm và dải cho các loại xử lý cơ-nhiệt với  $f_o > 165\text{N/mm}^2$  và chiều dày từ 0,5 đến 6 mm theo TCVN 13065-2**

Ký hiệu hợp kim nhôm	Loại xử lý cơ-nhiệt	Chiều dày tới mm	$f_u$ N/mm <sup>2</sup>	$f_o$ N/mm <sup>2</sup>	$A_{50}$ %
3003	H18	3   1,3	180	165	4   2
3004	H14/H24/H34	≤ 3   1,3	225	175	4   3
	H16/H26/H36	≤ 3   1,3	245	195	4   3
	H18/H28/H38	≤ 0,5	265	215	1
3005	H16	≤ 1,6	195	165	1
	H18	≤ 1,6	225	205	2
3103	H18	3	185	165	2
3105	H18   H28	3   1,5	195	180 170	1   2
5005	H18	3	185	165	2
5052	H14	6,5	235	180	6
	H16/H26/H36	4	255	205	4
	H18/H38	3	270	220	4
5251	H14	6	210	170	2-4

	H16   H26/H36	6   4	230	200 170	2-3   4-7
	H18   H28/H38	3	255	230 200	2   3
6025 có lớp phủ bảo vệ 7072	H34	5	210	165	2-3
	H36	5	220	185	2-4
Nếu hai (ba) loại xử lý cơ-nhiệt được chỉ định trong một dòng, các loại xử lý cơ-nhiệt được phân cách bằng “ ” có các giá trị công nghệ khác nhau, nhưng nếu được phân cách bằng “/” thì có cùng các giá trị. (Các loại xử lý cơ-nhiệt chỉ khác biệt về $f_0$ và $A_{50}$ )					

Đối với các loại hợp kim nhôm tuân theo các tiêu chuẩn khác, có thể áp dụng trong tính toán với điều kiện loại hợp kim, loại xử lý cơ-nhiệt (temper), các giá trị đặc trưng của giới hạn chảy quy ước  $0,2\% f_0$ , giới hạn bền kéo  $f_u$ , độ giãn dài tối thiểu  $A_{50}$  của các loại hợp kim nhôm và các loại xử lý cơ-nhiệt này phù hợp với các yêu cầu trong Bảng 3.1 của TCVN XXXX-1-4.

### NA.3 Quyết định về tình trạng của các phụ lục tham khảo

Các quyết định về tình trạng của các phụ lục tham khảo trong TCVN \*\*\*1-4:202X được đưa ra trong Bảng NA.3.

**Bảng NA.3 Các quyết định về tình trạng của các phụ lục tham khảo trong TCVN \*\*\*1-4:202X**

Phụ lục	Mô tả	Quyết định của Phụ lục quốc gia
Phụ lục B	Độ bền lâu của chốt (chi tiết lắp siết)	Có thể được sử dụng

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

TCVN XXXX-1-1:202X được tham chiếu trong TCVN XXXX-1-2:202X.

#### Tài liệu tham khảo

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

#### Tiêu chuẩn

TCVN EN 1990:20XX - Cơ sở thiết kế kết cấu

TCVN XXXX-1-1:202x, Thiết kế kết cấu nhôm - Phần 1-1: Các quy định kết cấu chung