

BỘ XÂY DỰNG

**TÀI LIỆU KỸ THUẬT
CHỈ DẪN THIẾT KẾ, THI CÔNG VÀ NGHIỆM
THU HỆ BAO CHE BẰNG KIM LOẠI**

(Ban hành kèm theo Quyết định số 862/QĐ-BXD ngày 05 tháng 10 năm 2022 của Bộ trưởng Bộ Xây dựng)

Năm 2022

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	5
PHẦN 1: THIẾT KẾ HỆ BAO CHE BẰNG KIM LOẠI.....	9
1.1. Đối tượng và phạm vi áp dụng.....	9
1.2. Vật liệu.....	9
1.3. Phân loại hệ bao che bằng kim loại.....	12
1.4. Quy định chung	19
1.5. Thiết kế panen sandwich.....	19
1.6. Thiết kế liên kết.....	27
PHẦN 2: THI CÔNG VÀ NGHIỆM THU HỆ BAO CHE BẰNG KIM LOẠI	30
2.1. Gia công chế tạo	30
2.2. Thi công lắp đặt.....	37
2.3. Nghiệm thu	39
TÀI LIỆU THAM KHẢO	42

LỜI NÓI ĐẦU

Tài liệu kỹ thuật này là sản phẩm của đề tài nghiên cứu khoa học do Viện Khoa học công nghệ xây dựng chủ trì thực hiện.

Tài liệu kỹ thuật gồm 02 mục:

1. Thiết kế hệ bao che bằng kim loại
2. Thi công và nghiệm thu hệ bao che bằng kim loại

Giới thiệu chung

Hệ bao che bằng kim loại là một hệ bao che tiên tiến, bền, duy trì được hiệu suất nhiệt cao, khả năng chống chịu thời tiết cũng như khả năng cách âm và chịu lửa nếu cần. Trong những năm qua, hệ bao che bằng kim loại đã được phát triển, từ những tấm kim loại một lớp thường được dùng cho các công trình nông nghiệp đến các hệ phức tạp hơn, tinh xảo hơn dùng cho các công trình công nghiệp hay các tòa nhà.

Cũng như tất cả các cấu kiện xây dựng, khả năng đáp ứng các yêu cầu về công năng của hệ bao che phụ thuộc vào đặc điểm kỹ thuật, cách lắp đặt và cũng như sự tương tác của nó với kết cấu chính của tòa nhà.

Chỉ dẫn này bao gồm các nội dung dùng để tham khảo khi thiết kế hệ bao che bằng kim loại. Nội dung chủ yếu đưa ra các giải pháp kỹ thuật nhằm thiết kế kết cấu chính của các hệ bao che. Ngoài ra, để đảm bảo các yêu cầu về cách âm, cách nhiệt, thông gió, chiếu sáng, tiết kiệm năng lượng... thì cần tuân thủ các yêu cầu bổ sung của các tài liệu, tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật tương ứng khác có liên quan.

PHẦN 1: THIẾT KẾ HỆ BAO CHE BẰNG KIM LOẠI

1.1. Đối tượng và phạm vi áp dụng

Hệ bao che bằng kim loại là một hệ bao che tiên tiến, bền, duy trì được hiệu suất nhiệt cao, khả năng chống chịu thời tiết cũng như khả năng cách âm và chịu lửa nếu cần. Trong những năm qua, hệ bao che bằng kim loại đã được phát triển, từ những tấm kim loại một lớp thường được dùng cho các công trình nông nghiệp đến các hệ phức tạp hơn, tinh xảo hơn dùng cho các công trình công nghiệp hay các tòa nhà.

Cũng như tất cả các cấu kiện xây dựng, khả năng đáp ứng các yêu cầu về công năng của hệ bao che phụ thuộc vào đặc điểm kỹ thuật, cách lắp đặt và cũng như sự tương tác của nó với kết cấu chính của tòa nhà.

Phần này bao gồm các nội dung dùng để tham khảo khi thiết kế hệ bao che bằng kim loại. Nội dung chủ yếu đưa ra các giải pháp kỹ thuật nhằm thiết kế kết cấu chính của các hệ bao che. Ngoài ra, để đảm bảo các yêu cầu về cách âm, cách nhiệt, thông gió, chiếu sáng, tiết kiệm năng lượng... thì cần tuân thủ các yêu cầu bổ sung của các tài liệu, tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật tương ứng khác có liên quan.

1.2. Vật liệu

1.2.1. Chiều dày vật liệu kim loại

Độ dày ảnh hưởng lớn đến khả năng làm việc của hệ bao che bằng kim loại. Cần lựa chọn và sử dụng các vật liệu phù hợp.

Sử dụng vật liệu có chiều dày không phù hợp (mỏng) dẫn đến không đáp ứng được khả năng làm việc đúng như thiết kế của công trình và, mặc dù việc sử dụng các vật liệu có chiều dày mỏng hơn có thể giúp tiết kiệm chi phí trong thời gian ngắn, nhưng có thể làm tăng thêm đáng kể chi phí trong toàn bộ vòng đời của công trình do hiệu suất làm việc thấp và cũng cần phải khắc phục hậu quả có thể xảy ra.

Khi tấm kim loại được sản xuất tại nhà máy, nó được sản xuất với một độ dày "danh định". Tuy nhiên, không thể tránh khỏi được những thay đổi trong quy trình sản xuất, và do đó, dẫn đến những sai số về độ dày của vật liệu hoàn thiện.

1.2.2. Thép

Đối với việc lựa chọn thép để sử dụng cho hệ bao che bằng kim loại, dung sai đối với các sản phẩm nhúng nóng có thể tham khảo TCVN 10357-1:2014 [2], TCVN 10357-2:2014 [3], BS EN 10143: 2006 [25] hoặc các tiêu chuẩn sản phẩm liên quan khác. Đối với thép tấm và thép dải (strip) được mạ kẽm nhúng nóng liên tục: dung sai về kích thước và hình dạng so với độ dày danh nghĩa của vật liệu thay đổi theo chiều dày danh nghĩa, chiều rộng cuộn thép và loại thép (được xác định bằng cường độ chảy tối thiểu của nó). Bảng 1.1 đưa ra các giá trị dung sai ứng với các chiều rộng của thép cuộn.

Kích thước và cường độ của thép cuộn sử dụng cho hệ bao che thường có giá trị như sau:

- Độ dày danh định: thường 0,4 mm đến 0,7 mm.
- Chiều rộng: nhỏ hơn 1200 mm hoặc lớn hơn 1200 mm nhưng nhỏ hơn 1500 mm.
- Cường độ chảy tối thiểu : nhỏ hơn 260 MPa, thường bằng 220 MPa.

Bảng 1.1 – Dung sai độ dày của thép cuộn sử dụng cho hệ bao che

Độ dày danh định		Dung sai (mm) ứng với các chiều rộng thép cuộn			
		Dung sai thường		Dung sai đặc biệt	
Min	Max	≤ 1200	1200 ÷ 1500	≤ 1200	1200 ÷ 1500
0,2	0,4	0,04	0,05	0,03	0,035
0,4	0,6	0,04	0,05	0,035	0,040
0,6	0,8	0,05	0,06	0,040	0,045
0,8	1,0	0,06	0,07	0,045	0,050
1,0	1,2	0,07	0,08	0,050	0,060

1.2.3. Nhôm

Dung sai về độ dày của tấm nhôm được xác định theo tiêu chuẩn BS EN 485, Phần 4 hoặc các tiêu chuẩn sản phẩm liên quan khác.

Dung sai quy định đối với các nhóm hợp kim (I hoặc II) là khác nhau, do phụ thuộc vào thành phần hóa học của vật liệu và được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 12513-7:2018 (ISO 6362-7:2012) [4], BS EN 573:3 [26] hoặc các tiêu chuẩn sản phẩm liên quan khác. Vật liệu thuộc Nhóm hợp kim I thường được sử dụng trong xây dựng và tạo hình.

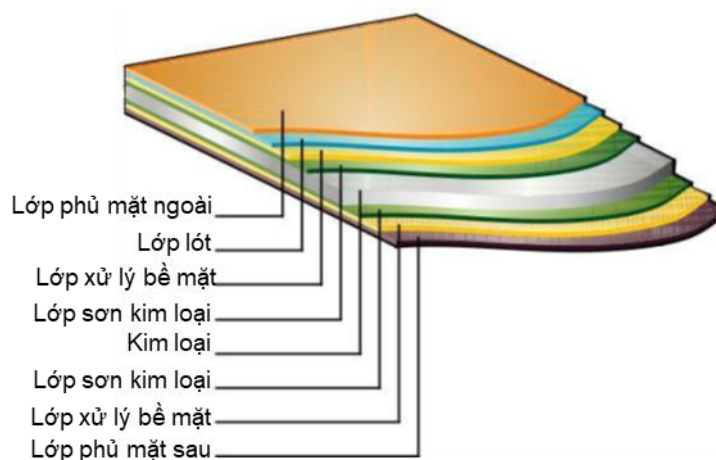
Nhôm dùng cho hệ bao che thường dày từ 0,8 mm đến 1,2 mm. Bảng 1.2 đưa ra các giá trị dung sai ứng với các chiều rộng của thép cuộn.

Bảng 1.2 – Dung sai độ dày của tấm nhôm cuộn sử dụng cho hệ bao che

Độ dày		Dung sai (mm) ứng với các chiều rộng tấm nhôm cuộn		
Min	Max	≤ 1000	1000 ÷ 1250	1250 ÷ 1600
0,2	0,4	0,02	0,04	0,05
0,4	0,5	0,03	0,04	0,05
0,5	0,6	0,03	0,05	0,06
0,6	0,8	0,03	0,06	0,07
0,8	1,0	0,04	0,06	0,08
1,0	1,2	0,04	0,07	0,09
1,2	1,5	0,05	0,09	0,1

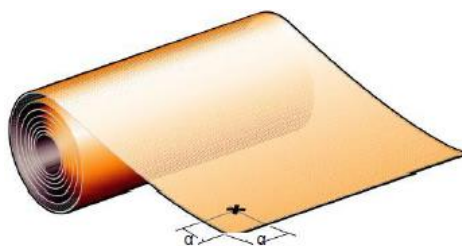
1.2.4. Đo độ dày của thép tấm hoặc thép cuộn

Kim loại có thể được phủ bởi lớp phủ bảo vệ và lớp hoàn thiện trang trí cho cả hai mặt; mỗi lớp phủ này có dung sai riêng (Hình 1.1).



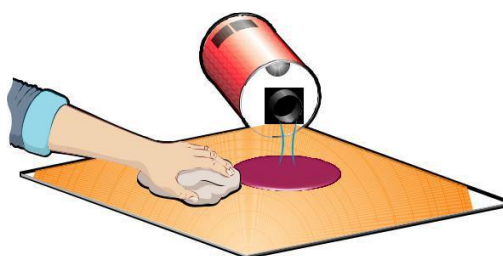
Hình 1.1 – Cấu tạo các lớp của thép tấm hoặc thép cuộn [13]

Theo tiêu chuẩn BS EN 10143:2006 [27], độ dày của thép nên được đo cách mép tối thiểu là 40 mm; đối với nhôm, theo tiêu chuẩn BS EN 485-4 [28] khoảng cách này là 10 mm (Hình 1.2).



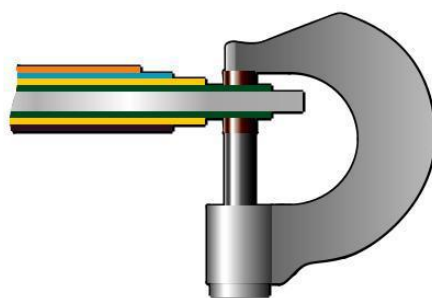
Hình 1.2 – Vị trí đo chiều dày thép cuộn [13]

Để đo đúng độ dày thực của phần chịu tải, cần phải loại bỏ các lớp sơn, bằng cách sử dụng thích hợp dụng cụ tẩy sơn chuyên nghiệp, chú ý tuân theo hướng dẫn sử dụng (Hình 1.3).



Hình 1.3 – Xử lý bề mặt trước khi đo chiều dày thép [13]

Phép đo này được thực hiện bằng cách sử dụng một thước đã được hiệu chuẩn chính xác như Hình 1.4:



Hình 1.4 – Thước đo chiều dày thép [15]

1.3. Phân loại hệ bao che bằng kim loại [9]

1.3.1. Tấm kim loại định hình

Tấm thép định hình và tấm nhôm định hình có các dạng: dạng hình sin, hình thang đối xứng và bất đối xứng (Hình 1.5).



Dạng hình sin



Dạng hình thang đối xứng



Dạng hình thang bất đối xứng

Hình 1.5 – Hình dạng thép hoặc nhôm định hình [9]

Cả thép và nhôm đều có thể tạo được nhiều hình và có thể được sử dụng theo chiều ngang hoặc chiều dọc với các quy trình uốn có sẵn cho các mối nối góc được tạo hình đặc biệt. Việc sử dụng tấm kim loại ngang tại các văn phòng của IBM tại Greenford (Hình 1.6) (kiến trúc sư: Foster Associates) là một ví dụ khuyến khích các kiến trúc sư khác sử dụng tấm kim loại định hình theo cách tương tự. Việc lựa chọn thép hoặc nhôm có thể là một lựa chọn mang tính cá nhân.

Nhôm đắt hơn thép, nhưng mặt khác, nhẹ hơn và do đó, theo lý thuyết, cần ít khung hơn. Trong thực tế, vì sự khác biệt về khối lượng là $1,5 \text{ kg/m}^2$, điều này không tạo ra sự

khác biệt liên quan đến khung trong hầu hết các trường hợp. Một điểm khác là, thép dễ bị gỉ hơn tại các cạnh của tấm thép. Tuy nhiên, trong thực tế, việc lựa chọn sử dụng thép hay nhôm phụ thuộc vào lớp hoàn thiện hoặc thậm chí dịch vụ hỗ trợ về kỹ thuật được cung cấp bởi các nhà sản xuất.



Hình 1.6 - Tòa văn phòng IBM [9]

Tấm nhôm định hình

Các tấm nhôm định hình được sản xuất với chiều cao sóng 8-38 mm và 38-50 mm (BS 4868); tuy nhiên, theo catalog của nhà sản xuất, profile hình thang với chiều cao sóng 8 mm đến 90 mm được sản xuất nhiều hơn.

Tấm thép định hình

Chiều dài các tấm thép định hình lên đến khoảng 13 m với chiều rộng một sóng có thể lên đến 100 mm.

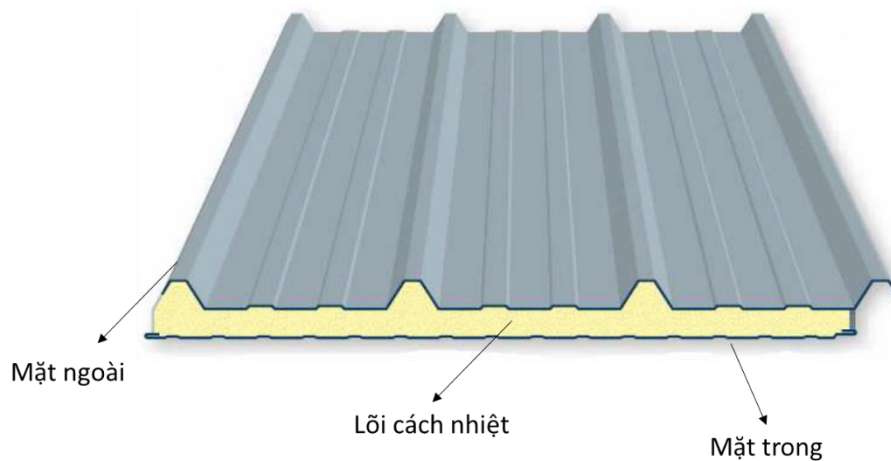
Các tấm thép định hình hình sin được gia công với chiều cao sóng 19 mm (BS 3083). Tuy nhiên, theo catalog của nhà sản xuất, profile hình sin với chiều cao sóng lên đến 100 mm được sản xuất nhiều hơn.

1.3.2. Panen sandwich

Panen sandwich cấu tạo gồm mặt trong và mặt ngoài làm bằng thép hoặc nhôm, ở giữa là lõi cách nhiệt (Hình 1.7).

Có thể chia panen sandwich thành 2 loại, đó là:

- Panen xốp polyurethane;
- Panen nhiều lớp.



Hình 1.7 – Cấu tạo panen sandwich [9]

1.3.2.1. Lõi cách nhiệt

Các loại và độ dày khác nhau của vật liệu tấm và xốp có thể được sử dụng cho lõi cách nhiệt cho tấm panen sandwich là:

- bông khoáng;
- lõi giấy tổ ong;
- tấm cứng polystyrene hạt;
- tấm cứng polystyrene IB;
- xốp polyurethane (polyisocyanurat là một dạng polyurethane được để cải thiện khả năng chống cháy).

Tấm Polystyrene, được sản xuất bằng cách làm nóng các hạt polystyrene và nung chảy chúng cùng với sự kết hợp của hơi nước và ép, có chi phí vật liệu rẻ hơn so với xốp polyurethane. Tuy nhiên, polyurethane cho khả năng cách nhiệt tốt hơn polystyrene (polyurethane dày 25 mm có giá trị cách nhiệt tương đương với polystyrene dày 40 mm) và dễ sản xuất hơn. Hầu hết các nhà sản xuất panen loại hộp thích sử dụng polyurethane hoặc ít nhất là phiên bản cải tiến của nó, polyisocyanurat, đôi khi được sử dụng vì khả năng chống cháy của nó.

Việc sử dụng bất kỳ loại lõi hoặc độ dày lõi cụ thể nào phụ thuộc vào độ cứng cần thiết của toàn bộ panen và các yêu cầu đối với hiệu suất nhiệt và âm. Nói chung, đối với vật liệu tạo xốp, mật độ càng cao thì panen càng cứng và mật độ càng thấp thì giá trị cách nhiệt càng tốt. Lưu ý rằng sản xuất xốp hiện đại bây giờ không có CFC vì nó không còn sử dụng khí freon (chất gây phá hủy tầng ozon) làm chất tạo xốp.

1.3.2.2. Panen xốp polyurethane

Xốp polyurethane và polyisocyanurat có thể được sản xuất tại chỗ bằng cách:

- tạo xốp liên tục;
- đổ thẳng đứng; hoặc là
- đổ ngang.

Các tấm kim loại định hình với lớp nền polyisocyanurat thường được sản xuất trên một quy trình liên tục. Các chất hoạt động bề mặt là cần thiết để đảm bảo một khoang (cell) kín và để duy trì chất lượng của xốp.

Mặc dù các tòa nhà được cách nhiệt tốt giúp giảm mức tiêu thụ năng lượng và gián tiếp hạn chế lượng khí thải carbon dioxide nhờ giảm lượng nhiệt mà chúng cần, mối lo ngại về tác động tiềm tàng đối với tầng ozone của khí CFC được sử dụng làm chất tạo xốp lại tăng lên, dẫn đến việc cân nhắc vật liệu được sử dụng và quy trình sản xuất. Ngày nay, các nhà sản xuất polyurethane xốp sử dụng các công thức tạo xốp có chứa các chất trợ nở như HCFC-141b. Việc sử dụng các chất trợ nở carbon dioxide để giảm tác động của CFC gây ra các vấn đề do sự thay đổi nhiệt độ trên các tấm phẳng. Việc sử dụng các chất trợ nở carbon dioxide với xốp polyisocyanurat cũng có khó khăn hơn, mặc dù chúng giúp cải thiện khả năng chống cháy.

Các công thức xốp cải tiến vẫn luôn là đề tài được nghiên cứu để cải thiện hiệu quả quá trình sản xuất. Một khó khăn cho các nhà sản xuất tấm xốp trong việc thay đổi chất tạo xốp được sử dụng là những thay đổi này có thể dẫn đến tốc độ sản xuất chậm hơn và giảm hiệu suất nhiệt. Về lý thuyết, các tấm có lõi xốp được cải tiến sẽ cần phải dày hơn và do đó có khả năng đắt hơn. Kế thừa trong việc sản xuất các tấm xốp liên tục là cần kiểm soát mật độ để duy trì cường độ nén. Trong vật liệu lõi tấm ép, chính sự bám dính giữa vật liệu lõi và lớp ngoài tạo cho tấm panel có độ bền. Do đó, liên kết phải được thực hiện trong các điều kiện kiểm soát chất lượng nghiêm ngặt. Trong những năm gần đây, các nhà sản xuất đã hiểu tầm quan trọng của liên kết tốt và hiện họ kiểm tra nhiệt độ, độ ẩm và trọng lượng lớp phủ của chất kết dính trong quá trình sản xuất như là một phần của quy trình quản lý chất lượng BS 5750. Sau khi sản xuất, kiểm tra được thực hiện dựa trên độ bền của liên kết với da của bảng điều khiển và các mẫu từ mỗi lần sản xuất được kiểm tra để phá hủy.

Các tấm xốp cũng có thể được chế tạo bằng cách sản xuất hàng loạt trên các dây chuyền riêng lẻ, nhưng sản xuất kinh tế nhất đạt được bằng cách sử dụng nhà máy tạo xốp dây chuyền hoạt động liên tục. Trên một đường ngang liên tục, hiện có thể sản xuất các tấm chất lượng cao với tốc độ 7 m/s, không có giới hạn về chiều dài của các tấm ngoại trừ giới hạn khi vận chuyển và phương pháp sửa chữa của từng nhà sản xuất và hình dạng panen.

Hiện nay, các tấm panen có thể được vận chuyển trên các rơ moóc có khớp nối dài tới 30 m và thông thường các tấm có chiều dài 6-12 m. Các tấm panen làm bằng thép hiện có thể được sản xuất có chiều rộng tới 1300 mm và bằng nhôm nhôm lên đến 1500 mm.

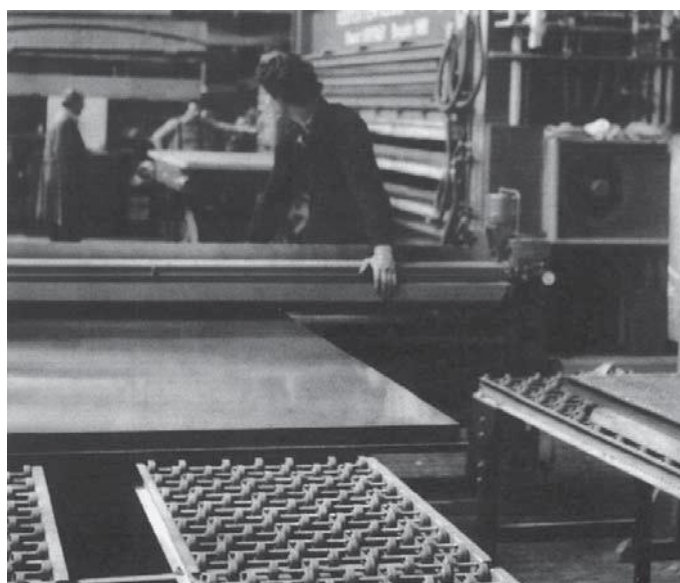
Các tấm panen xốp được sản xuất trong máy ép xốp được bơm thẳng đứng thường được giới hạn ở độ cao 600 mm để kiểm soát mật độ xốp trên chiều rộng của tấm (Hình 1.12).



Hình 1.8 – Sản xuất panen lõi xốp – bơm xốp thẳng đứng [9]

1.3.2.3. Panen nhiều lớp

Các tấm panen nhiều lớp có vật liệu lõi làm bằng polystyrene ép đùn hoặc hạt được sử dụng ngày càng nhiều cho các tòa nhà có kiến trúc tinh vi. Cửa ra vào, cửa sổ và louvres cũng có thể sử dụng panen nhiều lớp (Hình 1.9, Hình 5.10).



Hình 1.9 – Sản xuất panen nhiều lớp sử dụng máy ép platten [9]



Hình 1.10 – Sản xuất panen nhiều lớp sử dụng máy ép chân không [9]

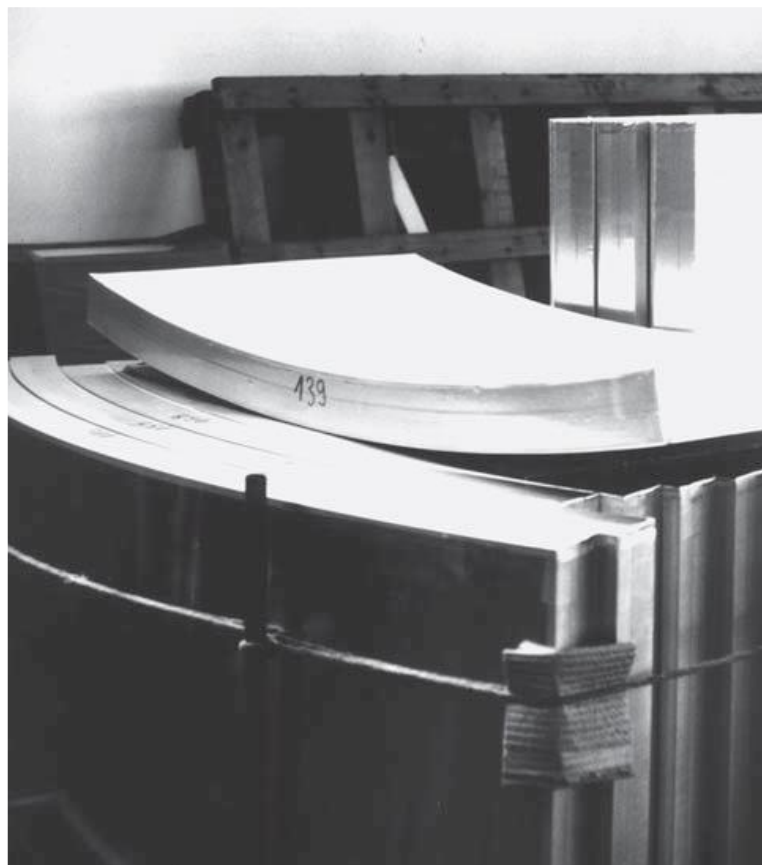
Các tấm panen nhiều lớp có kích thước lớn (lên đến 7 m x 2,5 m) có thể được ép lại với nhau bằng nhiệt, bằng cách sử dụng máy ép platten. Tấm nhiều lớp có thể được sản xuất dài tới 2,5 m-7,0 m.

Máy ép chân không cũng có thể được sử dụng để ép các tấm nhiều lớp, nhưng vì khi ép nhiều hơn hai tấm cùng lúc làm chậm quá trình sản xuất nên tốt hơn là sản xuất các tấm bánh sandwich với lõi sợi khoáng, polyurethane hoặc lõi tổ ong dài tới 1,6 m-6,0 m (kích cỡ tiêu chuẩn, và có thể với kích thước lớn hơn).

Các tấm cong có thể được sản xuất chỉ theo một hướng, bằng cách cán nguội hoặc ép. Tấm cong 3D có thể được sản xuất bằng kỹ thuật vẽ sâu (deep-drawing).

Các tấm panen cong nhiều lớp (Hình 1.11) chắc chắn sẽ có giá cao hơn so với các tấm phẳng, vì các hình thức đặc biệt được yêu cầu để ép các tấm làm tăng chi phí sản xuất của chúng.

Các tấm panen sử dụng lõi cách nhiệt có lợi thế là có thể sản xuất hàng loạt, có thể sản xuất một loạt các kích cỡ được đặt trước với các lõi khác nhau. Các lõi nhiều lớp có thể bao gồm polystyrene hạt và polystyrene ép đùn, polyurethane. Polystyrene hạt, thường được sử dụng trong bao bì (in packaging), không cần chất trợ nở và có sẵn ở dạng tấm lớn có kích thước từ 1,2 m đến 8 m. Tuy nhiên, nó có nhược điểm về độ dẫn nhiệt (giá trị $k = 0,034 - 0,037 \text{ W/m.K}$), tính co ngót ngay sau khi sản xuất và cấu trúc tế bào mở có thể giữ ẩm. Polystyrene ép đùn có cấu trúc tế bào kín, chống ẩm và mật độ được kiểm soát với giá trị k là $0,030-0,035 \text{ W/m.K}$. Các nhà sản xuất polystyrene ép đùn hiện sử dụng HCFC làm chất tạo xốp. Những vật liệu này có chứa hydro và do đó giảm được rất nhiều lượng ODP (tiềm năng gây suy giảm tầng ozone). Polyurethane, cũng có cấu trúc tế bào kín, sử dụng HCFC để đạt được giá trị k là $0,025 \text{ W/m.K}$.

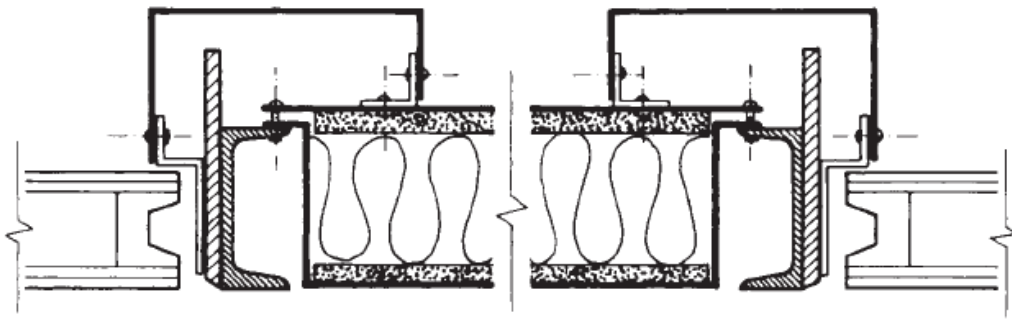


Hình 1.11 – Các tấm panen nhiều lớp tạo cong [9]

Len khoáng sản và lõi giấy tổ ong, thường chứa polystyrene trong lõi, được sử dụng để sản xuất panen nhiều lớp. Lõi tổ ong có lợi thế là các lỗ của nó có thể chứa chất kết dính và giúp kết dính tốt với lớp ngoài của panen (panen skin). Có thể tăng hiệu suất âm thanh (đặc biệt là khi cần giảm âm thanh ở tần số thấp) bằng cách tăng khối lượng của tấm và ép tấm xi măng amiăng và bông khoáng mật độ cao vào panen.

Nhờ kết hợp làm việc với lõi, chiều dày tấm kim loại cần dùng được giảm xuống, dày từ 1,2 đến 2,0 mm. Thường thì lớp ngoài của tấm panen được ép và định hình trước khi được ép, và các cạnh của panen được gia cố bằng các mảnh neoprene, hoặc gỗ hoặc thậm chí là xốp thủy tinh. Không có gì lạ khi những tấm panen sandwich này được gắn trong một hệ khung thép hoặc nhôm, sử dụng một miếng nắp (capping piece) và miếng đệm cao su để đỡ panen dọc theo bốn cạnh của nó.

Quá trình ép các tấm kim loại mỏng hơn và liên kết chúng với lớp cách nhiệt cứng thường tạo ra một tấm panen phẳng hơn so với cách cán các tấm vật liệu.



Hình 1.12 – Panen nhiều lớp (laminated panel) [9]

1.4. Quy định chung

1.4.1.1. Hệ mặt dựng bằng kim loại cần được thiết kế đạt yêu cầu chung về đảm bảo an toàn chịu lực và đảm bảo khả năng sử dụng bình thường trong suốt thời hạn sử dụng công trình.

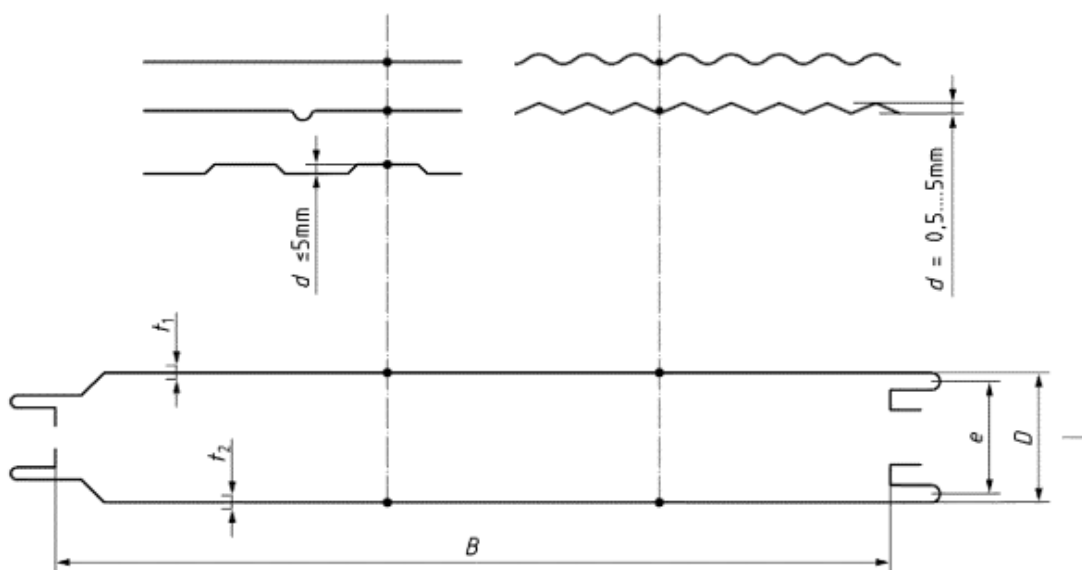
1.4.1.2. Khi thiết kế hệ bao che bằng kim loại còn cần tuân thủ các tiêu chuẩn tương ứng về phòng chống cháy, bảo vệ chống ăn mòn.

1.4.1.3. Khi thiết kế hệ bao che bằng kim loại, cần kể đến tất cả các tải trọng tác dụng, cần tính toán với các tổ hợp tải trọng bất lợi nhất. Tải trọng và tổ hợp tải trọng được lấy theo TCVN 2737:1995 và các tiêu chuẩn có liên quan, đảm bảo tính đồng bộ khi áp dụng.

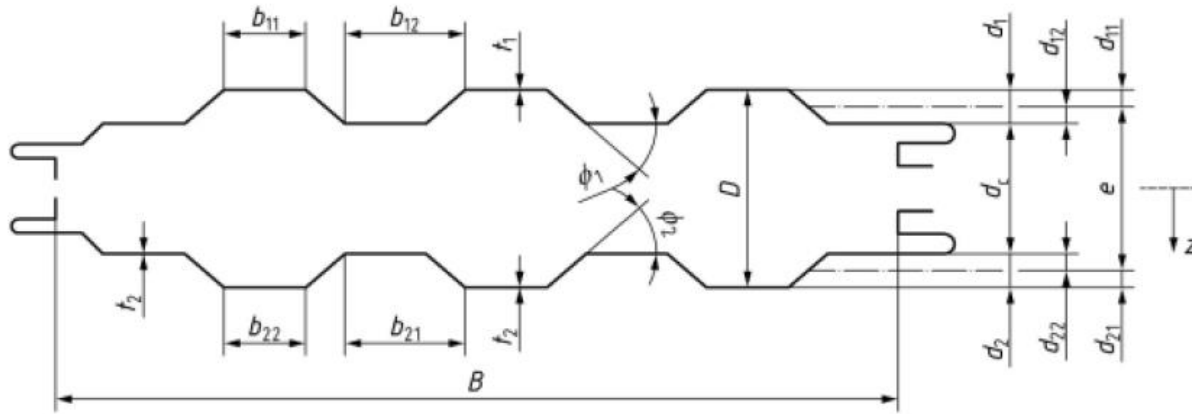
1.5. Thiết kế panen sandwich [10]

1.5.1. Cấu tạo của panen sandwich

Các đặc trưng của mặt cắt ngang và vật liệu của panen sandwich được minh họa trong Hình 1.13, Hình 1.14 và Bảng 1.3.



Hình 1.13 – Mặt cắt ngang panen phẳng, hơi gợn sóng hoặc hơi định hình [10]



Hình 1.14 – Mặt cắt ngang panen sandwich mặt định hình [10]

Bảng 1.3 – Đặc trưng mặt cắt panen sandwich

Lớp	Đặc trưng hình học	Đặc tính vật liệu	Đặc trưng kết cấu
Mặt 1	$t_1, d_1, d_{11}, d_{12}, A_{F1}, I_{F1}$	E_{F1}, α_{F1}	B_{F1}
Lõi	d_c	E_c, G_c	S
Mặt 2	$t_2, d_2, d_{21}, d_{22}, A_{F2}, I_{F2}$	E_{F2}, α_{F2}	B_{F2}

1.5.2. Phương pháp phân tích

Để xác định được ứng suất và độ võng, cần phải tính đến khả năng chịu cắt của lõi. Mô đun kháng cắt của lõi được lấy bằng giá trị trung bình trong điều kiện nhiệt độ bình thường. Ứng suất được tính toán theo phương pháp được mô tả dưới đây.

1.5.2.1. Tổng quát

Có thể sử dụng một trong các phương pháp phân tích sau đây:

- Phân tích đàn hồi
- Phân tích dẻo

Phân tích đàn hồi sử dụng cho trạng thái giới hạn sử dụng, cũng có thể dùng cho trạng thái giới hạn cực hạn.

Phân tích dẻo chỉ được sử dụng cho trạng thái giới hạn cực hạn cũng như trong trường hợp tính toán phụ thuộc vào ứng suất uốn tại gó. Không được sử dụng phân tích dẻo trong khi dạng phá hủy đầu tiên là phá hủy bởi cắt lõi, trừ khi vật liệu lõi không có tính dẻo khi chịu cắt.

1.5.2.2. Phân tích đàn hồi

Những hệ quả tác động S (mô men uốn, lực cắt, lực dọc trục, độ võng, dịch chuyển dọc trục do co giãn nhiệt) phát sinh từ tổ hợp các tải trọng tác dụng lên panen sandwich cần được tính toán theo lý thuyết đàn hồi và cần tính đến khả năng chịu cắt của lõi.

1.5.2.3. Phân tích dẻo

Sự phân bố mô men uốn ở trạng thái giới hạn cực hạn trong một panen sandwich liên tục có thể được lựa chọn một cách bất kì miễn là ứng suất bên trong cân bằng với các tác động và phải lớn hơn hoặc bằng tổ hợp bất lợi nhất của các tác động có nhân hệ số vượt tải, ứng suất không bao giờ vượt quá sức kháng dẻo của tiết diện ngang.

Trong các tính toán phân tích dẻo tại trạng thái giới hạn cực hạn, một panen sandwich nhiều nhịp liên tục có thể được thay thế bằng một loạt các panen đặt trên gối đơn giản có khả năng kháng uốn bằng 0 tại các gối trung gian. Trong mô hình tính toán này, các ứng suất do chênh lệch nhiệt độ giữa các mặt của panen không tồn tại trong các tấm panen sandwich có các mặt phẳng hoặc mặt hơi lượn sóng.

1.5.2.4. Nguyên tắc kết cấu chung

Đối với phạm vi biến dạng sẽ được xem xét, trừ khi "gối dẻo" được tính đến trong tính toán dẻo, giả định rằng các vật liệu lõi và hai mặt của panen vẫn nằm trong miền đàn hồi tuyến tính. Cũng giả định rằng độ cứng của lõi khi kéo dài quá nhỏ so với các mặt panen, có thể bỏ qua ứng suất dọc trục trong lõi. Khả năng chịu lực của panen sandwich sau đó phải được chia thành hai thành phần (xem Hình 1.15):

- Đối với moment uốn:

Một phần của mô men M_F trong mặt kim loại của panen và một phần của mô men M_S (phần lõi) tạo ra bởi lực dọc trục N_{F1} và N_{F2} trong các mặt của panen, nhân với khoảng cách e giữa các trọng tâm

- Đối với lực cắt:

Một phần của lực cắt V_F trong các mặt của panen và một phần lực cắt V_S trong lõi của tiết diện.

Nếu như các mặt của panen sandwich mỏng và phẳng hoặc nếu như chúng hơi lượn sóng, khả năng chịu uốn của các mặt của panen (độ cứng kháng uốn $B_{F1} = E_{F1} \cdot J_{F1}$; $B_{F2} = E_{F2} \cdot J_{F2}$) nhỏ và chỉ có thể bỏ qua sự phân bố ứng suất và độ võng của panen khi độ cứng kháng uốn của mặt panen có thể bỏ qua ($B_{F1} = B_{F2} = 0$) trong phân tích, và các tính toán phải dựa duy nhất vào các nội lực $M_S = e \times N_{F1} = e \times N_{F2}$ và V_S (xem Hình 1.15)

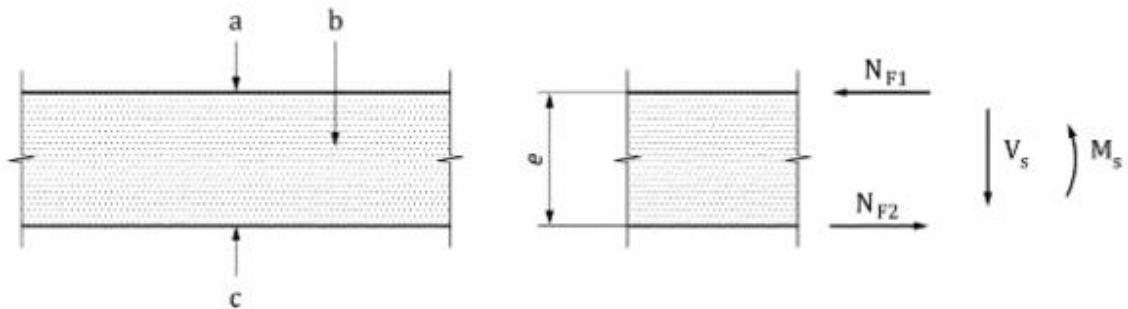
Các lực dọc trục N_{F1} và N_{F2} tạo ra sự phân bố đồng đều các ứng suất nén và ứng suất kéo trên các mặt bên trong và bên ngoài của panen, trong khi các mô men uốn M_{F1} và M_{F2} tạo ra các ứng suất dọc trục có thể thay đổi tuyến tính theo độ dày của các mặt. Vênh cục bộ của lõi bị nén của mặt panen làm cho phân phối của ứng suất dọc trục phi tuyến trong mặt.

Lực cắt V_S tạo ra sự phân bố không đều của ứng suất cắt τ_c trong toàn bộ lõi khi độ cứng kéo và nén của lớp bên trong lõi theo hướng dọc panen bị bỏ qua. Các lực cắt V_{F1} và V_{F2} tạo ra ứng suất cắt τ_{F1} , τ_{F2} trong các lớp mặt có độ cứng uốn liên tục

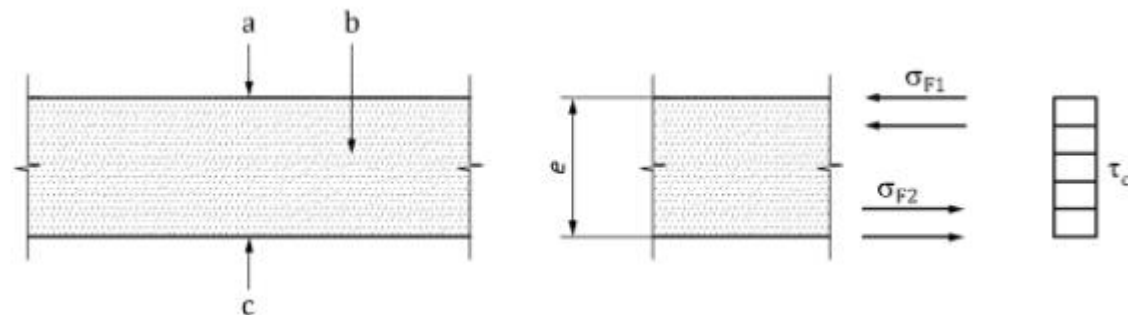
Các ứng suất cắt τ_{F1} , τ_{F2} này được giả định là không đổi theo chiều cao của lõi panen (xem Hình 1.17 và Công thức (5-9)).

Các hình và công thức sau đây tuân theo quy ước về dấu như sau:

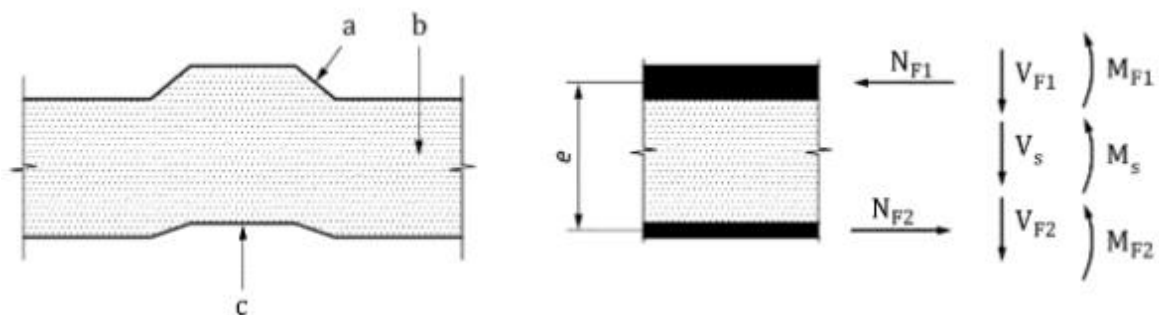
- mô men uốn tạo ra lực căng ở mặt dưới là dương;
- các lực kéo N của mặt là dương;
- các ứng suất kéo là dương.



Hình 1.15 – Nội lực trong tấm panen sandwich mặt mỏng (phẳng hoặc hơi gợn sóng) [11]

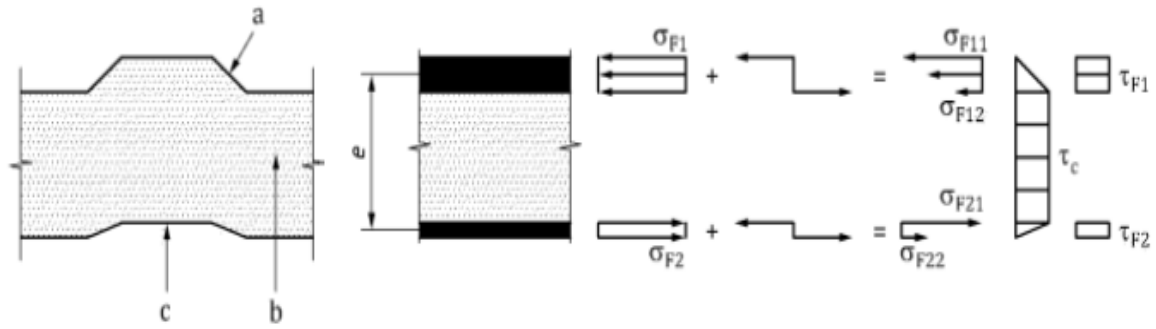


Hình 1.16 – Phân bố ứng suất trên tiết diện ngang của panen sandwich mặt mỏng [11]



Hình 1.17 - Nội lực trong tấm panen sandwich mặt định hình [11]

Trong các tấm có một hoặc hai mặt định hình (dày), không được bỏ qua độ cứng uốn của các mặt ($B_{F1} + B_{F2} \neq 0$). Nội lực trong mặt cắt là $M = M_s + M_{F1} + M_{F2}$ và $V = V_s + V_{F1} + V_{F2}$ (xem Hình 1.17 và Công thức (5-8), và (5-9)).



Hình 1.18 - Phân bố ứng suất trên tiết diện ngang của panen sandwich mặt định hình [11]

1.5.2.5. Ứng suất uốn

Ứng suất uốn ở mặt phải được xác định bằng cách sử dụng Công thức (1-1), (1-2), và (1-3)):

$$\sigma_{F1} = -\frac{N_{F1}}{A_{F1}} = -\frac{M_S}{eA_{F1}}; \sigma_{F2} = \frac{N_{F2}}{A_{F2}} = \frac{M_S}{eA_{F2}} \quad (1-1)$$

$$\sigma_{F11} = \sigma_{F1} - \frac{M_{F1}}{I_{F1}} d_{11} \quad \sigma_{F12} = \sigma_{F1} + \frac{M_{F1}}{I_{F1}} d_{12} \quad (1-2)$$

$$\sigma_{F21} = \sigma_{F2} - \frac{M_{F2}}{I_{F2}} d_{21} \quad \sigma_{F22} = \sigma_{F2} + \frac{M_{F2}}{I_{F2}} d_{22} \quad (1-3)$$

trong đó:

A_{F1} và A_{F2} là các diện tích của các mặt cắt ngang của mặt;

I_{F1} , I_{F2} là những mô men quán tính kháng uốn của các mặt;

và các ký hiệu khác được định nghĩa trong Hình 1.13 và Hình 1.14 cũng như trong Hình 1.15 đến Hình 1.18

1.5.2.6. Ứng suất cắt

Ứng suất cắt trong lõi và các mặt tương ứng phải được xác định bằng cách sử dụng Công thức (1-4) và (1-5):

$$\tau_c = \frac{V_S}{eB} \quad (1-4)$$

$$\tau_{F1} = \frac{V_{F1}}{n_1 s_{w1} t_1}, \tau_{F2} = \frac{V_{F2}}{n_2 s_{w2} t_2} \quad (1-5)$$

trong đó:

s_{w1} và s_{w2} là độ dài của lõi của các mặt được định hình;

n_1 và n_2 là số lượng lõi trong mặt được định hình của panen.

1.5.2.7. Sự giãn nở và co lại do nhiệt

Sự giãn nở và co lại do nhiệt ở các đầu của panen là kết hợp của sự co giãn nhiệt tuyến tính của các mặt kim loại do thay đổi nhiệt độ và biến dạng dọc trục do cong nhiệt. Các biến dạng dọc trục do cong nhiệt có xu hướng làm giảm dịch chuyển của mặt ngoài và tạo ra dịch chuyển bù ở mặt trong.

Có thể xác định một giá trị xấp xỉ an toàn của dịch chuyển do nhiệt dọc theo chiều dài L của một panen dài như sau:

Thành phần mô men uốn của panen:

$$M_s = e \left(\frac{E_{F1} A_{F1} E_{F2} A_{F2}}{E_{F1} A_{F1} + E_{F2} A_{F2}} \right) (T_2 \alpha_2 - T_1 \alpha_1) \quad (1-6)$$

Độ giãn dài của mặt kim loại 1:

$$\Delta L_1 = L \alpha_1 T_1 + \rho \frac{M_s L}{e A_{F1} E_{F1}} \quad (1-7)$$

Độ giãn dài của mặt kim loại 2:

$$\Delta L_2 = L \alpha_2 T_2 + \rho \frac{M_s L}{e A_{F2} E_{F2}} \quad (1-8)$$

trong đó:

ρ là hệ số giảm do hiệu ứng biên. Khi không có giá trị chính xác của ρ , có thể lấy ρ bằng 0,85 nếu mặt ngoài bằng thép, và bằng 0,7 nếu mặt ngoài bằng nhôm.

Một panen có thể coi là “dài” khi nó liên tục trên 6 nhịp hoặc hơn. Đối với những panen ngắn hơn, việc tính toán xấp xỉ dịch chuyển nêu trên có xu hướng đánh giá thấp dịch chuyển gây ra do hiệu ứng biên.

1.5.3. Panen sandwich có mặt phẳng hoặc hơi gợn sóng

1.5.3.1. Tổng quát

Đối với các panen sandwich có mặt phẳng hoặc hơi gợn sóng, độ cứng kháng uốn của mặt ngoài được bỏ qua so với độ cứng uốn của lõi.

CHÚ THÍCH: Tổng mô men uốn do lực dọc trục gây ra trong các mặt. Tổng lực cắt là kết quả của ứng suất cắt trong lõi.

1.5.3.2. Tính toán

Dưới tác dụng của tải trọng phân bố đều và sự chênh lệch nhiệt độ, mô men uốn, phản lực tại gối và lực cắt tại giữa nhịp (trên một đơn vị dài) cũng như độ võng của panen sandwich có mặt phẳng hoặc hơi gợn sóng, đơn giản một nhịp hay liên tục nhiều nhịp được xác định bởi các công thức cho trong Bảng 1.4.

Bảng 1.4 – Công thức tính toán cho panen mặt phẳng hoặc hơi gợn sóng, đơn giản một nhịp và liên tục nhiều nhịp

	Lực cắt tại gối biên 1	Lực cắt tại gối bên trong	Phản lực tại gối trung gian	Mô men uốn trong 1 nhịp	Mô men uốn tại gối bên trong	Độ võng lớn nhất
Nhịp đơn giản L Tải trọng phân bố đều q	$\frac{qL}{2}$			$\frac{qL^2}{8}$		$\frac{5qL^4}{384B_s}(1+3,2k)$
Độ chênh nhiệt độ $T_1 - T_2$				$\frac{qL^2}{8} \left(1 - \frac{1}{4(1+k)}\right)^2$		$\frac{\theta L^2}{8}$
Hai nhịp bằng nhau, bằng L Tải trọng phân bố đều q	$\frac{qL}{2} \left(1 - \frac{1}{4(1+k)}\right)$	$qL \left(1 + \frac{1}{4(1+k)}\right)$	$qL \left(1 - \frac{1}{4(1+k)}\right)$		$-\frac{qL^2}{8} \frac{1}{1+k}$	$\frac{qL^4}{48B_s} \frac{0,26+2,6k+2k^2}{1+k}$
Độ chênh nhiệt độ $T_1 - T_2$	$-\frac{3B_s\theta}{2L} \frac{1}{1+k}$	$\frac{3B_s\theta}{2L} \frac{1}{1+k}$	$\frac{3B_s\theta}{L} \frac{1}{1+k}$	$-\frac{3B_s\theta}{4} \frac{1}{1+k}$	$-\frac{3B_s\theta}{2} \frac{1}{1+k}$	$\frac{\theta L^2}{32} \frac{1,1+4k}{1+k}$
Hai nhịp bằng nhau, bằng L Tải trọng phân bố đều q	$\frac{qL}{2} \left(1 - \frac{1}{5+2k}\right)$	$\frac{qL}{2} \left(1 + \frac{1}{5+2k}\right)$	$qL \left(1 + \frac{1}{2(5+2k)}\right)$	$\frac{qL^2}{8} \left(1 - \frac{1}{5+2k}\right)^2$	$-\frac{qL^2}{10+4k}$	$\frac{qL^2}{24B_s} \frac{0,83+5,6k+2k^2}{5+2k}$
Độ chênh nhiệt độ $T_1 - T_2$	$-\frac{6B_s\theta}{L} \frac{1}{5+2k}$	$\frac{6B_s\theta}{L} \frac{1}{5+2k}$	$\frac{6B_s\theta}{L} \frac{1}{5+2k}$	$-3B_s\theta \frac{1}{5+2k}$	$-6B_s\theta \frac{1}{5+2k}$	$\frac{\theta L^2}{4} \frac{1,06+k}{5+2k}$

trong đó:

$$B_s = \frac{E_{F1} A_{F1} E_{F2} A_{F2} e^2}{E_{F1} A_{F1} + E_{F2} A_{F2}} \quad (1-9)$$

$$k = \frac{3B_s}{L^2 G_C A_C} \quad (1-10)$$

$$\theta = \frac{\alpha_2 T_2 - \alpha_1 T_1}{e} \quad (1-11)$$

A_C = diện tích tiết diện ngang của lõi ($G_C A_C = S$ = độ cứng cắt của lõi)

1.5.4. Panen sandwich có mặt định hình

1.5.4.1. Tổng quát

CHÚ THÍCH: Khi không thể bỏ qua độ cứng kháng uốn của một mặt của panen sandwich, thì bản thân panen đó cũng có tính chất siêu tĩnh, ngoài tính siêu tĩnh có thể có của toàn bộ hệ kết cấu.

Đối với các trường hợp đơn giản, việc xác định nội lực trong panen có thể thực hiện bằng phương pháp phân tích thông thường, tuy nhiên, nên sử dụng phương pháp phân tích số (ví dụ, phương pháp phân tử hữu hạn).

1.5.4.2. Panen đơn giản một nhịp

Dưới tác dụng của tải trọng phân bố đều và sự chênh lệch nhiệt độ, mô men uốn, phản lực tại gối và lực cắt tại giữa nhịp (trên một đơn vị dài) cũng như độ võng của panen sandwich có mặt định hình, đơn giản một nhịp được xác định bởi các công thức cho trong Bảng 1.5.

1.5.4.3. Panen liên tục nhiều nhịp

Các tấm panen sandwich nhiều nhịp có mặt ngoài định hình được thiết kế bằng tính toán hoặc bằng thử nghiệm.

Đối với các trường hợp đơn giản nhất, nội lực và độ võng của các tấm panen sandwich này có thể được xác định bằng phân tích thông thường. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp (ví dụ, các panen có nhịp không bằng nhau), các biểu thức trở nên tương đối phức tạp và cần sử dụng phần mềm để tìm ra các lời giải số để có thể ứng dụng thực tế.

1.5.5. Biến dạng cắt của lõi theo thời gian

Vật liệu lõi thông thường, đặc biệt là bọt nhựa, là vật liệu dẻo có biến dạng tăng theo thời gian mặc dù tải trọng không đổi. Trong lõi, tải trọng dài hạn gây ra hiện tượng từ biến, có thể được xem như là sự giảm mô đun cắt G_C của lõi.

Mô đun cắt suy giảm được xác định bởi Công thức:

$$G_{Ct} = \frac{G_C}{1 + \varphi_t} \quad (1-12)$$

trong đó:

φ_t là hệ số từ biến.

φ_t có thể được xác định bằng thử nghiệm hoặc có thể lấy các giá trị sau:

- Đối với lõi làm bằng bột nhựa cứng: có thể lấy $\varphi_t = 7,0$.
- Đối với lõi làm bằng len khoáng: có thể lấy $\varphi_t = 4,0$.

Bảng 1.5 – Công thức tính toán cho panen có mặt định hình, đơn giản một nhịp

	Lực cắt tại gối biên	Mô men uốn của mặt kim loại M_{F1}	Mô men uốn của lõi M_S	Độ võng lớn nhất
Nhịp đơn giản L Tải trọng phân bố đều q	$\frac{qL}{2}$	$\frac{qL^2}{8}\beta$	$\frac{qL^2}{8}(1-\beta)$	$\frac{5qL^4}{384B_s}(1+3,2k)(1-\beta)$
Độ chênh nhiệt độ $T_1 - T_2$	0	$-B_{F1}\theta(1-\beta)$	$-B_{F1}\theta(1-\beta)$	$\frac{\theta L^2}{8}(1-\beta)$

Trong đó:

$$B_s = \frac{E_{F1}A_{F1}E_{F2}A_{F2}e^2}{E_{F1}A_{F1} + E_{F2}A_{F2}} \quad (1-13)$$

$$k = \frac{3B_s}{L^2G_C A_C} \quad (1-14)$$

$$\theta = \frac{\alpha_2 T_2 - \alpha_1 T_1}{e} \quad (1-15)$$

Với tải trọng phân bố đều: $\beta = \frac{B_{F1}}{B_{F1} + \frac{B_s}{1+3,2k}}$ (1-16)

Với tải trọng nhiệt: $\beta = \frac{B_{F1}}{B_{F1} + \frac{B_s}{1+2,67k}}$ (1-17)

1.6. Thiết kế liên kết

1.6.1. Ký hiệu [12]

γ_m là hệ số vật liệu để tính toán gối đỡ panen

l là chiều rộng hiệu dụng của panen (m)

L là nhịp của panen (m)

N là số lượng ốc vít trên một đơn vị chiều dài hiệu dụng của panen

P_k là khả năng chịu lực tiêu chuẩn của liên kết (daN)

R_{cs} là khả năng chịu lực tiêu chuẩn của ốc vít khi tính toán theo trạng thái giới hạn sử dụng (trạng thái giới hạn thứ 2) (daN)

R_{cu} là khả năng chịu lực tiêu chuẩn của ốc vít khi tính toán theo trạng thái giới hạn cực hạn (trạng thái giới hạn thứ 1) (daN)

W' là tải trọng gió (daN/m²)

1.6.2. Thiết kế [12]

Phương pháp này cho phép xác định giá trị của tải trọng gió lớn nhất W' mà liên kết có thể chịu được, từ khả năng chịu lực của ốc vít và/hoặc liên kết trong trường hợp nhịp L và có 2 hoặc 3 gôi.

1.6.2.1. Tải trọng gió

Khả năng chịu kéo của ốc vít để tính toán xác định giá trị tải trọng gió được lấy trong bảng sau :

Bảng 1.6 - Khả năng chịu kéo của ốc vít

Chiều dày của tấm thép mác S320 GD tiếp xúc với long đen	0,50 mm	0,63 mm	$\geq 0,75$ mm
Khả năng chịu lực R_{cs} khi tính toán theo trạng thái giới hạn sử dụng (trạng thái giới hạn thứ 2) của 1 ốc vít đường kính 19 mm có long đen	105 daN	210 daN	250 daN
Khả năng chịu lực R_{cu} khi tính toán theo trạng thái giới hạn cực hạn (trạng thái giới hạn thứ 1) của 1 ốc vít đường kính 19 mm có long đen	145 daN	290 daN	350 daN
CHÚ THÍCH: Nếu mác thép nhỏ hơn S320 GD, nội suy để có được giá trị cần thiết, tức là lấy các giá trị trong bảng trên nhân với mác thép danh định chia cho 320. Đối với thép có mác lớn hơn, lấy giá trị như trong bảng trên			

Khả năng chịu kéo của ốc vít có bản mã để tính toán xác định giá trị tải trọng gió được lấy trong bảng sau:

Bảng 1.7 - Khả năng chịu kéo của ốc vít có bản mã

Chiều dày của tấm thép mác S320 GD	0,50 mm	0,63 mm	≥ 0,75 mm
Khả năng chịu lực R_{cs} tại TTGH 2	165 daN	235 daN	260 daN
Khả năng chịu lực R_{cu} tại TTGH 1	230 daN	330 daN	365 daN
CHÚ THÍCH: Nếu mác thép nhỏ hơn S320 GD, nội suy để có được giá trị cần thiết, tức là lấy các giá trị trong bảng trên nhân với mác thép danh định chia cho 320. Đối với thép có mác lớn hơn, lấy giá trị như trong bảng trên			

Giá trị tải trọng gió W' được xác định như sau:

- Panen đặt trên 2 gô

$$W' = \text{Min} \left(\frac{2 \times n \times R_{cs}}{1,1 \times L \times l}; \frac{2 \times n \times R_{cu}}{1,5 \times L \times l} \right) \quad (1-18)$$

- Panen đặt trên 3 gô

$$W' = \text{Min} \left(\frac{n \times R_{cs}}{1,25 \times 1,1 \times L \times l}; \frac{n \times R_{cu}}{1,25 \times 1,5 \times L \times l} \right) \quad (1-19)$$

1.6.2.2. Kiểm tra neo

Việc kiểm tra neo được tiến hành phụ thuộc vào loại gô (2 gô hoặc 3 gô) sử dụng.

Để kiểm tra neo, cần xác định giá trị $\frac{P_k}{\gamma_m}$ từ giá trị tải trọng gió W' , nhịp L .

- Panen đặt trên 2 gô:

$$\frac{P_k}{\gamma_m} = \left(\frac{1,5 \times W' \times L \times l}{2 \times n} \right) \quad (1-20)$$

- Panen đặt trên 3 gô:

$$\frac{P_k}{\gamma_m} = \left(\frac{1,25 \times 1,5 \times W' \times L \times l}{n} \right) \quad (1-21)$$

Giá trị γ_m lấy bằng:

- 1,15 đối với khung thép có chiều dày lớn hơn hoặc bằng 3,0 mm;
- 1,35 đối với khung bằng gỗ và khung thép có chiều dày trong khoảng 1,50 mm và 3,00 mm.

PHẦN 2: THI CÔNG VÀ NGHIỆM THU HỆ BAO CHE BẰNG KIM LOẠI

2.1. Gia công chế tạo

2.1.1. Yêu cầu về vật liệu chế tạo

2.1.1.1. Các tấm bao che bằng kim loại được chế tạo từ các loại vật liệu theo các tiêu chuẩn liên quan.

2.1.1.2. Tấm bao che bằng thép cuộn mạ kẽm theo TCVN 3600: 1981 , TCVN 3781: 1983, TCVN 5408: 2007, TCVN 6522: 1999, TCVN 7470: 2005, TCVN 7574:2006 hoặc các tiêu chuẩn sản phẩm có liên quan khác. Có thể sử dụng thép cán nóng để sản xuất tấm bao che có lớp mạ kẽm ở cả hai mặt theo TCVN 6522: 1999 hoặc các tiêu chuẩn sản phẩm có liên quan khác. Tấm tôn mạ kẽm có phủ sơn phải phù hợp với TCVN 5026: 2010 hoặc các tiêu chuẩn sản phẩm có liên quan khác.

2.1.1.3. Có thể sử dụng tấm bao che kim loại làm từ thép do nước ngoài sản xuất có chỉ tiêu chất lượng phù hợp với TCVN 3600: 1981, TCVN 3781: 1983, TCVN 5408: 2007, TCVN 6522: 1999, TCVN 7470: 2005, TCVN 7574:2006 hoặc các tiêu chuẩn sản phẩm có liên quan khác.

2.1.2. Yêu cầu về kích thước [10]

2.1.2.1. Yêu cầu về chiều dày

Chiều dày đo được (D) của panen là khoảng cách danh nghĩa giữa các mặt panen (không tính đến phần tạo hình) và bao gồm cả độ dày của hai mặt kim loại này (Hình 2.1).

Chiều dày của panen phải thoả mãn yêu cầu trong Bảng 2.1:

Bảng 2.1 – Yêu cầu về chiều dày

Chiều dày panen	Sai số cho phép
$D \leq 100 \text{ mm}$	$\pm 2 \text{ mm}$
$D > 100 \text{ mm}$	$\pm 2 \%$

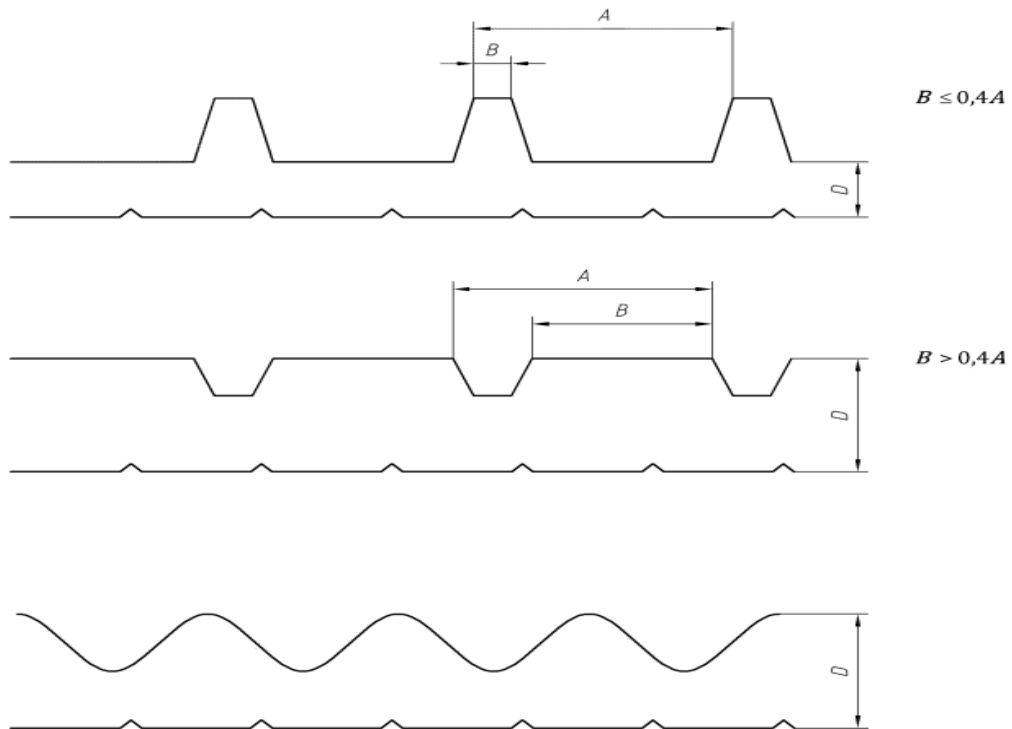
2.1.2.2. Yêu cầu về độ phẳng bề mặt

2.1.2.3. Yêu cầu này áp dụng đối với các panen có mặt ngoài phẳng hoặc hơi gợn sóng.

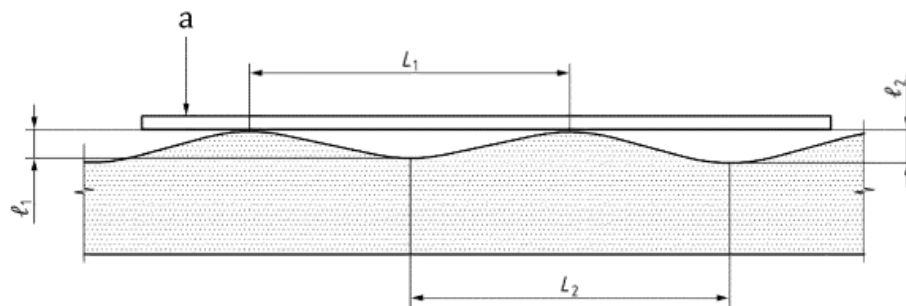
2.1.2.4. Sai số (/khuyết tật) về độ phẳng (l) được định nghĩa là khoảng cách giữa bất kỳ điểm nào trên bề mặt và mặt phẳng thẳng lý thuyết, như trong Hình 2.2. Độ phẳng phải được đo theo phương dọc và phương ngang trên một khoảng cách tối thiểu $L = 200 \text{ mm}$.

2.1.2.5. Khoảng cách L phải được đo tại một điểm nằm cách mép panen ít nhất 100 mm và cách đầu panen 200 mm.

Một thước thẳng kim loại phải được đặt trên bề mặt của panen và phải đo khoảng cách lớn nhất giữa thước và panen bằng thước có độ chính xác đến micro mét (panme).



Hình 2.1 – Chiều dày của panen [10]



Hình 2.2 – Độ phẳng bề mặt [10]

2.1.2.6. Độ phẳng bề mặt của panen phải thoả mãn yêu cầu trong Bảng 2.2:

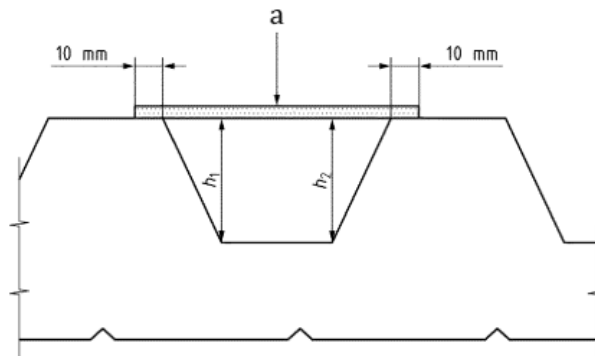
Bảng 2.2 – Yêu cầu về độ phẳng bề mặt

Khoảng cách đo trên mặt phẳng	Sai số cho phép
$L = 200 \text{ mm}$	$l = 0,6 \text{ mm}$
$L = 400 \text{ mm}$	$l = 1,0 \text{ mm}$
$L > 700 \text{ mm}$	$l = 1,5 \text{ mm}$

2.1.2.7. Yêu cầu về chiều cao sóng

2.1.2.8. Chiều cao sóng (h) là khoảng cách giữa đỉnh và đáy của sóng, được đo trên

cùng một mặt của tấm (xem Hình 2.3), cách đầu của tấm 200 mm. Yêu cầu về chiều cao sóng áp dụng với các tấm có ít nhất một mặt hơi gợn sóng hoặc một mặt định hình.



Hình 2.3 – Chiều cao sóng (a: thước thẳng kim loại) [10]

2.1.2.9. Sai số cho phép áp dụng cho giá trị trung bình của chiều cao sóng:

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2} \text{ mm}$$

2.1.2.10. Chiều cao sóng phải thoả mãn yêu cầu trong Bảng 2.3:

Bảng 2.3 – Yêu cầu về chiều cao sóng [10]

Chiều cao sóng	Sai số cho phép
$5 \text{ mm} < h \leq 50 \text{ mm}$	$\pm 1 \text{ mm}$
$50 \text{ mm} < h \leq 100 \text{ mm}$	$\pm 2,5 \text{ mm}$

2.1.3. Yêu cầu về chiều cao sườn tăng cứng



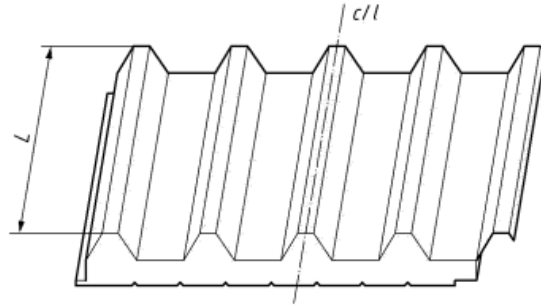
Hình 2.4 – Chiều cao sườn tăng cứng [10]

2.1.3.1. Chiều cao sườn tăng cứng phải thoả mãn yêu cầu trong Bảng 2.4:

Bảng 2.4 – Yêu cầu về chiều cao sóng [10]

Chiều cao	Sai số cho phép
$d_s \leq 1 \text{ mm}$	$\pm 30\% d_s$
$1 \text{ mm} < d_s \leq 3 \text{ mm}$	$\pm 0,3 \text{ mm}$
$3 \text{ mm} < d_s \leq 5 \text{ mm}$	$\pm 10\% d_s$

2.1.4. Yêu cầu về chiều dài panen



Hình 2.5 – Chiều dài panen [10]

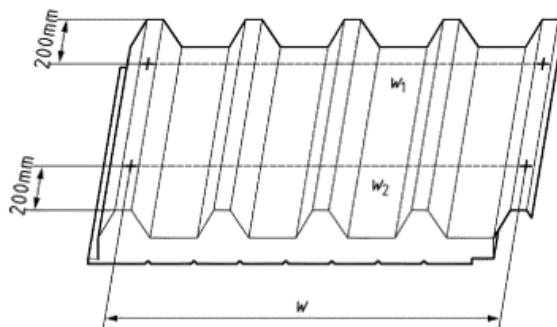
2.1.4.1. Chiều dài panen phải thoả mãn yêu cầu trong Bảng 2.5:

Bảng 2.5 – Yêu cầu về chiều dài [10]

Chiều dài	Sai số cho phép
$L \leq 3000 \text{ mm}$	$\pm 5 \text{ mm}$
$L > 3000 \text{ mm}$	$\pm 10 \text{ mm}$

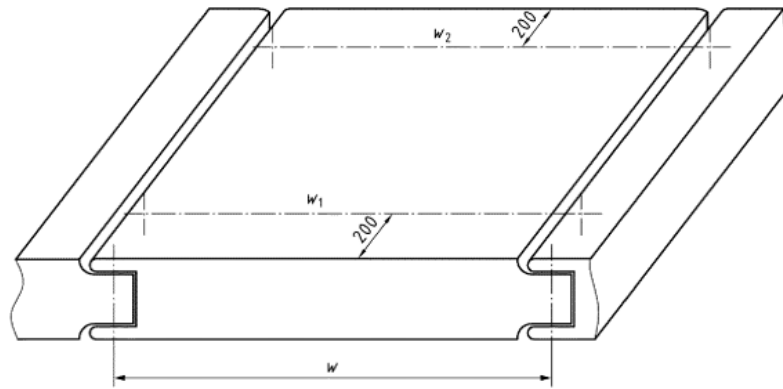
2.1.5. Yêu cầu về chiều rộng hiệu dụng

2.1.5.1. Chiều rộng hiệu dụng w_1 và w_2 được đo ở khoảng cách 200 mm tính từ các đầu của panen (xem Hình 2.6). Cả hai phép đo phải nằm trong phạm vi dung sai được chỉ định. Chiều rộng hữu ích w_3 được xác định trên trục trung bình của panen để xác định bất kỳ sự co ngót hoặc trương nở nào của nó. Giá trị w_3 phải nằm trong phạm vi dung sai chỉ định, so với giá trị trung bình của w_1 và w_2 : $w_3 = \frac{w_1 + w_2}{2}$.

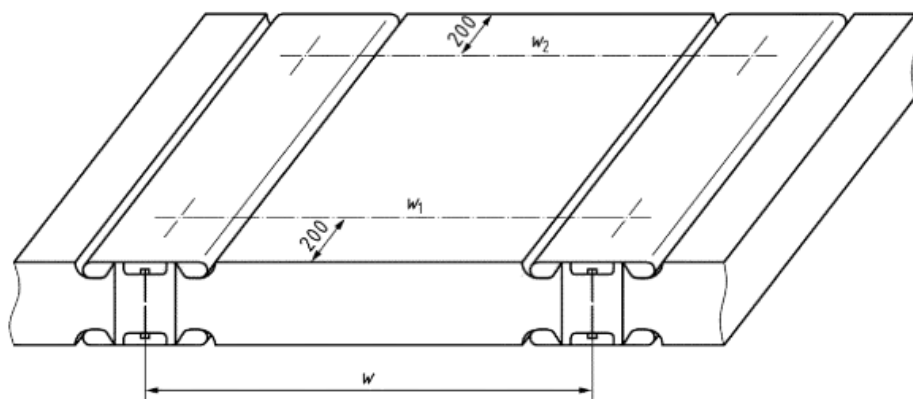


Hình 2.6 – Chiều rộng hữu hiệu (w) của panen định hình [10]

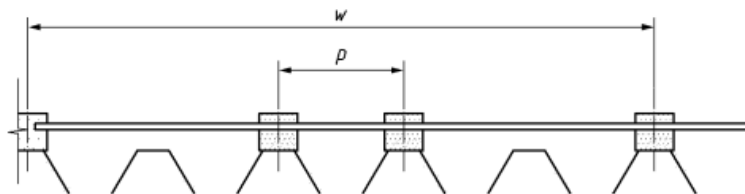
2.1.5.2. Sai số cho phép bằng $\pm 2 \text{ mm}$ đối với tất cả các panen định hình



Hình 2.7 – Chiều rộng tính toán (w) (Kích thước đơn vị mm) [10]



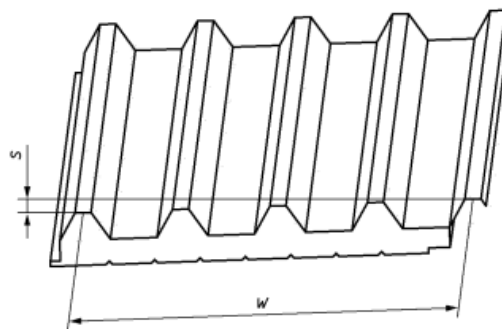
Hình 2.8 – Đo chiều rộng hữu hiệu (w) (Kích thước đơn vị mm) [10]



Hình 2.9 – Xác định chiều rộng hữu hiệu (w) và bước sóng p [10]

2.1.6. Yêu cầu về góc cạnh

2.1.6.1. Sai số cho phép về góc cạnh $s \leq 0,6w/100$, với w là chiều rộng hữu hiệu.

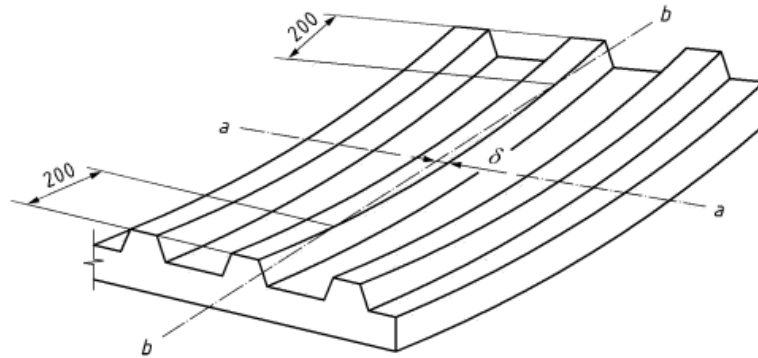


Hình 2.10 – Góc cạnh [10]

2.1.7. Yêu cầu về độ thẳng

2.1.7.1. Sai lệch về độ thẳng so với đường thẳng lý thuyết được xác định là kích thước δ trong Hình 2.11. Độ thẳng của panen nên được đo bằng cách sử dụng một sợi cáp thép mỏng được giữ và căng giữa hai điểm trên cùng một cạnh, cách mỗi đầu của panen 200 mm. Phép đo phải được thực hiện ở chính giữa panen.

2.1.7.2. Sai số cho phép : 1,0 mm/m, không vượt quá 5 mm.

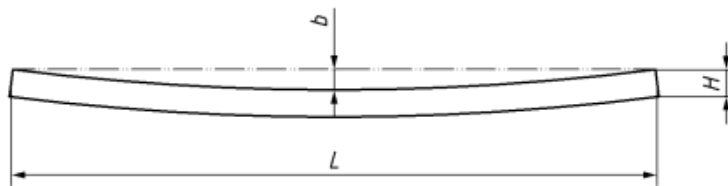


Hình 2.11 – Sai lệch về độ thẳng [10]

2.1.8. Yêu cầu về độ thẳng dọc trục so với mặt phẳng của panen (độ cong)

2.1.8.1. Độ cong so với mặt phẳng của tấm panen được xác định là chuyển vị giữa bề mặt tấm panel và đường thẳng nối hai đầu panen (xem Hình 2.12).

2.1.8.2. Dung sai b phải được đo tại điểm nằm cách mép của panen ít nhất 100 mm và cách mỗi đầu của panen là 200 mm. Phải đảm bảo rằng không có tải trọng ngang tác dụng lên panen khi đo. Cũng nên thực hiện thử nghiệm này với panen được đặt theo cạnh của nó, để loại bỏ ảnh hưởng của trọng lượng bản thân của panen.



Hình 2.12 – Độ cong của panen [10]

Độ cong của panen phải thỏa mãn yêu cầu trong Bảng 2.6:

Bảng 2.6 – Yêu cầu về độ cong [10]

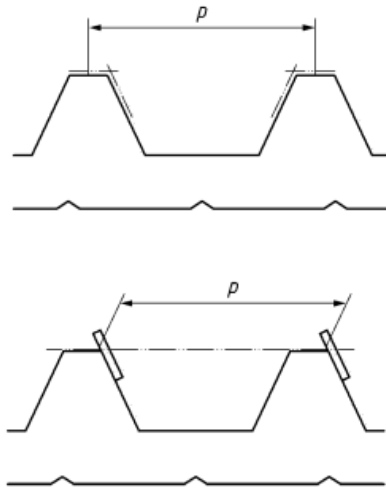
	Sai số cho phép
2mm trên mỗi mét dài, không vượt quá 20 mm	
Panen phẳng hoặc hơi gợn sóng - có chiều cao sóng $h \leq 10$ mm	8,5 mm trên mỗi mét chiều rộng
Với tất cả các panen có chiều cao sóng $h > 10$ mm	10 mm trên mỗi mét chiều rộng

2.1.9. Yêu cầu về bước sóng

2.1.9.1. Kích thước bước sóng p phải thỏa mãn yêu cầu trong Bảng 2.7:

Bảng 2.7 – Yêu cầu về bước sóng [10]

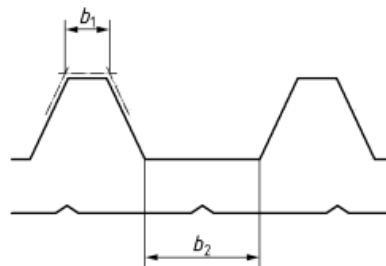
Chiều cao sóng	Sai số về bước sóng cho phép
$h \leq 50 \text{ mm}$	$\pm 2 \text{ mm}$
$h > 50 \text{ mm}$	$\pm 3 \text{ mm}$



Hình 2.13 – Kích thước bước sóng [10]

2.1.10. Yêu cầu về kích thước phần định hình

Yêu cầu về kích thước phần định hình được cho trong Bảng 2.8.



Hình 2.14 – Kích thước phần định hình [10]

Bảng 2.8 – Yêu cầu về kích thước phần định hình [10]

Kích thước	Sai số cho phép
b_1	$\pm 1 \text{ mm}$
b_2	$\pm 2 \text{ mm}$

2.2. Thi công lắp đặt

2.2.1. Công tác chuẩn bị

2.2.1.1. Trước khi lắp dựng hệ bao che bằng kim loại, phải lập và phê duyệt các hồ sơ sau đây:

- Hồ sơ thiết kế bản vẽ thi công hệ bao che bằng kim loại;
- Hồ sơ biện pháp thi công hệ bao che bằng kim loại, phù hợp với hồ sơ thiết kế bản vẽ thi công.

2.2.1.2. Hồ sơ thiết kế bản vẽ thi công bao gồm:

- Các thông tin chung về hệ bao che bằng kim loại;
- Tải trọng và tác động lên hệ bao che bằng kim loại;
- Sơ đồ vị trí các tấm hệ bao che bằng kim loại;
- Bản vẽ các nút liên kết của hệ bao che bằng kim loại;
- Bảng kê các tấm lợp và các chi tiết hệ bao che bằng kim loại;
- Thuyết minh tính toán.

2.2.1.3. Hồ sơ thiết kế của công trình phải có đủ các thông tin cần thiết để lập bản vẽ chi tiết của hệ bao che bằng kim loại, đặt hàng các tấm và các chi tiết liên kết hệ bao che bằng kim loại.

2.2.2. Vận chuyển, xếp dỡ và bảo quản

2.2.2.1. Các bộ phận, chi tiết của hệ bao che bằng kim loại được vận chuyển đến công trường được đóng trong các kiện hàng tấn, được giằng buộc, đảm bảo các kiện hàng được buộc chắc chắn khi di chuyển. Các tấm cùng một số hiệu được xếp trong cùng một kiện, chiều dài của các kiện không quá 12 m, chiều dài của mỗi tấm không chênh nhau quá 250 mm. Bao bì của các tấm phải được bảo đảm nguyên vẹn và còn lớp phủ bảo vệ tránh các hư hỏng cơ học trong quá trình vận chuyển.

2.2.2.2. Xếp và dỡ các kiện hàng chứa các bộ phận, chi tiết của hệ bao che bằng kim loại bằng cần cẩu có dây cáp mềm, được buộc chặt trên kiện hàng. Khi kiện hàng dài quá 5 m, phải có hỗ trợ của xà ngang cùng với dây cáp treo thẳng đứng.

2.2.2.3. Công tác bảo quản các bộ phận, chi tiết của hệ bao che bằng kim loại phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Các kiện hàng được bảo quản ở nơi kín đáo hoặc dưới mái che, tránh ánh nắng trực tiếp của mặt trời và mưa, cũng như tránh để nước ngưng tụ bên trong kiện hàng do những biến động về nhiệt độ và độ ẩm;

– Các kiện hàng phải được xếp trên mặt phẳng nằm ngang, trên các thanh gỗ lót;

– Điều kiện bảo quản phải đảm bảo tránh các hư hỏng cơ học, tránh va đập vào nhau khi vận chuyển, cũng như tránh các chất ăn mòn và lửa;

– Thời hạn bảo quản các bộ phận, chi tiết của hệ bao che bằng kim loại tại công trường xây dựng phải phù hợp với tài liệu kỹ thuật kèm theo của nhà sản xuất (các điều kiện về kỹ thuật, các tiêu chuẩn xây dựng và các điều kiện khác);

– Khi bảo quản kiện hàng dưới mái che phải có biện pháp tránh sự hình thành và ngưng tụ hơi nước trong kiện hàng.

2.2.3. Kiểm tra các bộ phận, chi tiết của hệ bao che bằng kim loại

2.2.3.1. Trước khi thi công lắp đặt hệ bao che bằng kim loại, cần thực hiện các công việc sau đây:

– Hoàn thiện các kết cấu bên trong hệ bao che theo thiết kế;

– Tập kết vật liệu, dụng cụ, thiết bị đến công trường và vị trí lắp dựng;

– Phân loại các bộ phận, chi tiết của hệ bao che bằng kim loại có cùng số hiệu và chiều dày vào từng kiện hàng;

– Làm sạch chất thải, bụi bẩn và gỉ sắt trên các bộ phận, chi tiết của hệ bao che bằng kim loại.

2.2.4. Lắp đặt các bộ phận, chi tiết của hệ bao che bằng kim loại

2.2.4.1. Công tác lắp đặt tuân thủ hồ sơ biện pháp thi công đã được lập. Có thể lắp đặt theo trình tự như sau:

– Chia mặt ngoài tòa nhà thành các phân vùng;

– Lắp dựng các gói đỡ;

– Lắp dựng các khung và liên kết vào kết cấu chịu lực;

– Lắp dựng các tấm bao che kim loại;

– Trám kín các khe hở;

– Lắp dựng các phụ kiện khác.

2.2.4.2. Không được phép lắp dựng gói đỡ trong các trường hợp sau:

– Chưa hoàn thành công tác chuẩn bị đối với kết cấu chịu lực;

– Khi xuất hiện các khuyết tật nhìn thấy được bằng mắt thường;

– Khi chưa tiến hành các thí nghiệm hiện trường cần thiết nhằm kiểm tra khả năng chịu lực của neo.

2.2.4.3. Số lượng neo liên kết được thử nghiệm, kiểm tra không nhỏ hơn 10 % tổng số trên mỗi 100 m² diện tích bề mặt kết cấu chịu lực.

2.3. Nghiệm thu

2.3.1. Công tác kiểm tra chất lượng lắp dựng hệ mặt dựng bằng kim loại được thực hiện bằng việc kiểm tra thường xuyên từng hạng mục công việc. Trước khi thi công tiếp, các công việc lắp kín cần được nghiệm thu và lập biên bản theo quy định.

2.3.2. Trong quá trình chuẩn bị, cần kiểm tra các nội dung sau:

– Việc hoàn thành các kết cấu mà hệ bao che bằng kim loại liên kết vào cũng như các vị trí liên kết, chuẩn bị đầy đủ các máy móc, dụng cụ cần thiết để thi công;

– Chất đầu vào của các bộ phận, chi tiết của hệ bao che bằng kim loại.

2.3.3. Trong quá trình lắp dựng hệ bao che bằng kim loại, cần kiểm tra sự phù hợp với thiết kế của các thông số sau:

– Độ chính xác của việc đánh dấu các vị trí liên kết;

– Thông số kỹ thuật của liên kết;

– Độ chính xác của việc lắp đặt các bộ phận, chi tiết, đặc biệt là khe hở và các chỗ giáp nối;

– Độ phẳng của hệ bao che bằng kim loại;

– Độ chính xác của việc lắp đặt các chi tiết định hình và các mối nối.

2.3.4. Nghiệm thu công tác thi công sau khi lắp dựng hệ bao che kim loại bằng các biên bản nghiệm thu theo quy định. Chất lượng thi công được đánh giá bởi sự phù hợp của các thông số thực tế so với thiết kế. Các công việc xây dựng, kết cấu xây dựng, bộ phận công trình xây dựng trước khi bị che lắp kín phải tổ chức nghiệm thu bằng biên bản theo quy định.

Khi nghiệm thu, các sai lệch lắp của các tấm kim loại có thể tham khảo các giá trị cho trong Bảng 2.9.

2.3.5. Nghiệm thu công tác lắp dựng hệ bao che bằng kim loại được thực hiện bởi các bên liên quan, bao gồm: chủ đầu tư, tư vấn giám sát (nếu có) và nhà thầu thi công. Khi nghiệm thu, các bên phải ký vào các biên bản nghiệm thu theo quy định. Hồ sơ nghiệm thu bao gồm:

– Các biên bản nghiệm thu, trong đó có các biên bản nghiệm thu công việc lắp kín;

- Nhật ký thi công;
- Bản vẽ hoàn công;
- Chứng chỉ chứng nhận vật liệu, sản phẩm đầu vào;
- Hồ sơ kiểm tra trắc đạc.

Bảng 2.9 – Sai lệch lắp dựng cho phép (tham khảo)

Yêu cầu kỹ thuật	Sai lệch tối đa, mm	Kiểm tra (phương pháp, khối lượng)
Sai lệch chiều rộng tính toán của tấm kim loại	± 5	Đo đạc, từng tấm tôn, nhật ký thi công
Sai lệch lỗ khoan dùng cho vít tự khoan: Chiều sâu lỗ H; Đường kính lỗ D	H = chiều dài vít +10,0 D = Đường kính vít - 0,3	Đo đạc, kiểm tra xác suất 5% trên tổng số vít, sơ đồ thực hiện
Sai lệch lỗ khoan dùng cho đinh rút: Chiều sâu lỗ H; Đường kính lỗ D	H = Tổng chiều dày các bộ phận được liên kết D = Đường kính đinh rút +1,0	
Sai lệch vị trí lỗ khoan của các chi tiết liên kết: - Khoảng cách đến mép kết cấu chịu lực; - Sai lệch tâm lỗ khoan so với thiết kế	Không nhỏ hơn 10,0 $\pm 10,0$	Đo đạc, từng lỗ khoan, sơ đồ thực hiện

2.3.6. Công tác hàn

2.3.6.1. Kiểm tra công tác hàn theo TCVN 6115-1:2015 (ISO 6520-1:2007), TCVN 6115-2:2015 (ISO 6520-1:2013); các tiêu chuẩn từ TCVN 6834-1:2001 (ISO 9956-1:1995), TCVN 6834-2:2001 (ISO 9956-2:1995), TCVN 6834-3:2001 (ISO 9956-3:1995), TCVN 6834-4:2001 (ISO 9956-4:1995), TCVN 7296:2003, TCVN 7472:2005, TCVN 7474:2005, TCVN 7506-1:2011 (ISO 3834-1: 2005), TCVN 7506-2:2011 (ISO 3834-2: 2005), TCVN 7506-3:2011 (ISO 3834-3: 2005), TCVN 7506-4:2011 (ISO 3834-4: 2005), TCVN 7506-5:2011 (ISO 3834-5: 2005), TCVN 11224-1:2015 (ISO 15614-1:2004) và TCVN 11244-2:2015 (ISO 15614-2:2005), TCVN 11244-3:2015 (ISO 15614-3:2008), TCVN 11244-4:2015 (ISO 15614-4:2005), TCVN 11244-5:2015 (ISO 15614-5:2004), TCVN 11244-6:2015 (ISO 15614-6:2006), TCVN 11244-7:2015 (ISO 15614-7:2007), TCVN 11244-8:2015

(ISO 15614-8:2002), TCVN 11244-10:2015 (ISO 15614-10:2005), TCVN 11244-11:2015 (ISO 15614-11:2002), TCVN 11244-12:2018 (ISO 15614-12:2014), TCVN 11244-13:2018 (ISO 15614-13:2012), TCVN 11244-14:2018 (ISO 15614-14:2013) và các tiêu chuẩn liên quan khác, bao gồm các công tác sau:

- Kiểm tra đầu vào;
- Kiểm tra thao tác;
- Kiểm tra nghiệm thu.

2.3.6.2. Khi kiểm tra chất lượng công tác hàn tấm tôn, cần kiểm tra các nội dung sau:

- Chất lượng đầu vào của các vật liệu hàn, điều kiện bảo quản vật liệu hàn và công tác chuẩn bị hàn;
- Kiểm tra tình trạng của thiết bị;
- Kiểm tra việc tuân thủ công nghệ lắp ráp và quy trình hàn;
- Kiểm tra chất lượng các mối hàn.

2.3.6.3. Bề mặt que hàn phải được làm sạch và nhẵn nhụi, không có khuyết tật cơ học.

2.3.6.4. Vật liệu hàn phải được bảo quản trong phòng khô ráo và thông thoáng, ở nhiệt độ trên 18 °C và độ ẩm tương đối dưới 50 %.

2.3.6.5. Người phụ trách thi công phải thường xuyên kiểm tra việc tuân thủ công nghệ lắp ráp và quy trình hàn.

2.3.6.6. Khi kiểm tra kiểm thu chất lượng mối hàn, tất cả các mối hàn phải được kiểm tra bằng trực quan kết hợp đo đạc, kiểm tra và thử nghiệm cơ học xác suất đối với 5 % trên tổng số mối hàn. Kết quả kiểm tra đó phải được lập thành biên bản theo quy định.

2.3.6.7. Bề mặt mối hàn điểm sau khi lắp dựng phải có bề mặt nhẵn và chuyển tiếp trơn tru lên bề mặt kim loại cơ bản. Mối hàn điểm có đường kính (20 ± 2) mm, chiều cao phần nhô lên không vượt quá 4 mm. Mối hàn không được nứt, cháy và có kim loại bắn toé.

2.3.6.8. Kiểm tra mối hàn điểm bằng trực quan theo TCVN 7507 2005. Kiểm tra mối hàn điểm bằng phương pháp phá huỷ theo TCVN 5403 : 1991. Số lượng mẫu dùng để kiểm tra không ít 03 mẫu. Quy cách lấy mẫu theo TCVN 5400 : 1991. Cần tiến hành thử nghiệm mối hàn bằng phương pháp phá huỷ trước khi tiến hành hàn trên công trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TCVN 7452-5:2004 “Cửa sổ và cửa đi - Xác định lực đóng”.
- [2] TCVN 10357-1:2014 (ISO 9444-1:2009) Thép không gỉ cán nóng liên tục - Dung sai kích thước và hình dạng - Phần 1: Thép dải hẹp và các đoạn cắt
- [3] TCVN 10357-2:2014 (ISO 9444-2:2009) Thép không gỉ cán nóng liên tục - Dung sai kích thước và hình dạng - Phần 2: Thép dải rộng và thép tấm/lá
- [4] TCVN 12513-7:2018 (ISO 6362-7:2014) Nhôm và hợp kim nhôm gia công áp lực que/thanh, ống và sản phẩm định hình ép đùn. Phần 7: Thành phần hóa học
- [5] TCVN 12002:2020, Kết cấu thép xây dựng - Chế tạo và kiểm tra chất lượng
- [6] TCVN 13194:2020, Kết cấu thép - Lắp dựng và nghiệm thu
- [7] Analysis and Design of Curtain Wall Systems for High Rise Buildings – Wong Wan Sie (2017).
- [8] NF EN 13830 - Curtain walling — Product standard.
- [9] Cladding of Buildings.
- [10] NF EN 14509 – Self-supporting double skin metal faced insulating panels — Factory made products — Specification - Annex D.
- [11] NF EN 14509 – Self-supporting double skin metal faced insulating panels — Factory made products — Specification - Annex E.
- [12] Les methodes de dimensionnement aux EL des ouvrages de bardage et de couverture en panneaux sandwiches.
- [13] MCRMA (2010) Appropriate selection of metal thickness for use in walling and roofing applications
- [14] AAMA 103, AAMA Procedural Guide for Certification of Window and Door Assemblies
- [15] AAMA 105, AAMA Procedural Guide: Skylights
- [16] AAMA WSG, Window Selection Guide
- [17] AAMA CW-10, Care and Handling of Architectural Aluminum from Shop to Site
- [18] AAMA CW-DG-1, Aluminum Curtain Wall Design Guide Manual
- [19] AAMA CWG-1, Installation of Aluminum Curtain Walls
- [20] AAMA MCWM-1, Metal Curtain Wall Manual
- [21] AAMA SFM-1, Aluminum Storefront and Entrance Manual
- [22] AAMA SDGS-1, Structural Design Guidelines for Aluminum Framed Skylights
- [23] AAMA TSGG, Two-Sided Structural Glazing Guidelines for Aluminum Framed Skylights

- [24] AAMA 501.1-17: Water Penetration of Windows, Curtain Walls and Doors Using Dynamic Pressure
- [25] BS EN 10143:2006 Continuously hot-dip coated steel sheet and strip. Tolerances on dimensions and shape
- [26] BS EN 573-3:2019 Aluminium and aluminium alloys. Chemical composition and form of wrought products. Chemical composition and form of products
- [27] BS EN 10143:2006 Continuously hot-dip coated steel sheet and strip. Tolerances on dimensions and shape
- [28] BS EN 485-4:1994 Aluminium and aluminium alloys. Sheet, strip and plate. Tolerances on shape and dimensions for cold-rolled products