



BỘ XÂY DỰNG

VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

Vietnam Institute for Building Science and Technology (IBST)

Địa chỉ: 81 Trần Cung - Nghĩa Tân - Cầu Giấy - Hà Nội

Điện thoại: 024 3754 4196; Website: <https://www.ibst.vn>.

CHỈ DẪN KỸ THUẬT

SẢN XUẤT BÊ TÔNG CỐT SỢI PHI KIM PHỤC VỤ XÂY DỰNG CÁC CÔNG TRÌNH BIỂN, ĐẢO

MỤC LỤC

1. Phạm vi	5
2. Tài liệu viện dẫn.....	5
3. Thuật ngữ và định nghĩa	6
4. Quy định về chất lượng vật liệu dùng cho sản xuất.....	8
4.1. Sợi gia cường.....	8
4.2. Xi măng.....	8
4.3. Cốt liệu sử dụng để sản xuất cấu kiện BTCS thành mỏng.....	8
4.4. Nước trộn	8
4.5. Phụ gia hóa học.....	8
4.6. Phụ gia polyme acrylic.....	8
4.7. Bột màu.....	9
4.8. Nguyên liệu khác.....	9
5. Thành phần bê tông cốt sợi.....	9
5.1. Các yêu cầu của thành phần BTCS	9
5.2. Thiết kế thành phần BTCS.....	10
6. Quy trình trộn	11
6.1. Cân, đóng vật liệu cho mẻ trộn	11
6.2. Quy trình trộn	11
6.2.1. Trộn theo công nghệ phun.....	11
6.2.2. Trộn theo công nghệ trộn-phun và trộn-đúc.....	11
7. Tạo hình, tháo khuôn và vận chuyển	11
7.1. Quy trình tạo hình.....	11
7.2. Tháo khuôn, cầu và vận chuyển	12
7.3. Dung sai trong sản xuất	12
8. Bảo dưỡng.....	12
8.1. Bảo dưỡng ẩm BTCS không polyme	12
8.2. Bảo dưỡng khô BTCS có polyme	12
8.3. Bảo quản, cầu và vận chuyển.....	12
9. Kiểm tra, kiểm soát chất lượng	13
9.1. Hệ thống quản lý chất lượng	13
9.2. Lấy mẫu	13
9.3. Tần suất lấy mẫu.....	13
9.4. Thử nghiệm kiểm tra chất lượng	13
10. Nghiệm thu sản phẩm bê tông cốt sợi.....	14
10.1. Yêu cầu chung.....	14

10.2. Sự phù hợp	14
10.3. Sự không phù hợp	14
10.4. Nghiệm thu sản phẩm	15
Phụ lục A 16(Tham khảo) Các thông số tham khảo để thiết kế thành phần bê tông cốt sợi.....	16
Phụ lục B 18(Qui định) Dung sai chế tạo cấu kiện BTCS thành mỏng	18
Phụ lục C 20(Tham khảo) Thiết bị sản xuất sản phẩm bê tông cốt sợi	20

Lời nói đầu

Chỉ dẫn kỹ thuật sản xuất bê tông cốt sợi phi kim phục vụ xây dựng các công trình biển, đảo được biên soạn dựa trên cơ sở “Specification for the Manufacture, Curing & Testing of Glassfibre Reinforced Concrete (GRC) Products”, (2021).

Chỉ dẫn kỹ thuật này có tính chất tham khảo về sản xuất bê tông cốt sợi phi kim phục vụ xây dựng các công trình biển, đảo do Viện Khoa học Công nghệ xây dựng – Bộ Xây dựng nghiên cứu biên soạn, Vụ Khoa học Công nghệ và Môi trường đề nghị, Viện Khoa học công nghệ xây dựng ban hành.

Chỉ dẫn kỹ thuật sản xuất bê tông cốt sợi phi kim phục vụ xây dựng các công trình biển, đảo

Specification for the manufacture non-metallic fiber reinforced concrete serving the construction of marine and island projects

1. Phạm vi

Chỉ dẫn kỹ thuật này quy định về quy trình sản xuất, bảo dưỡng, thử nghiệm và đánh giá nghiệm thu các sản phẩm bê tông cốt sợi phi kim (BTCS) thành mỏng dùng cho các công trình xây dựng biển, đảo, được sản xuất theo ba công nghệ:

- Công nghệ phun: Mác 18 và 18P;
- Công nghệ trộn - phun: Mác 10 và 10P;
- Công nghệ trộn - đúc: Mác 8 và 8P.

Ký hiệu 'P' nghĩa là có polymer acrylic trong hỗn hợp BTCS.

2. Tài liệu viện dẫn

TCVN 2682:2020, *Xi măng Poóc lăng*.

TCVN 3105:2022, *Hỗn hợp bê tông và bê tông nặng - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử*.

TCVN 3108:2022, *Hỗn hợp bê tông – Phương pháp xác định khối lượng thể tích*.

TCVN 3117:2022, *Bê tông - phương pháp xác định độ co*.

TCVN 3118:2022, *Bê tông - phương pháp xác định cường độ chịu nén*.

TCVN 4453:1995, *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối - quy phạm thi công và nghiệm thu*.

TCVN 4506:2012, *Nước cho bê tông và vữa – Yêu cầu kỹ thuật*.

TCVN 5659:1992, *Bột màu xây dựng - xanh crom oxit*.

TCVN 6067:2024, *Xi măng Poóc lăng bền sulphat – Yêu cầu kỹ thuật*.

TCVN 6260:2020, *Xi măng Poóc lăng hỗn hợp - Yêu cầu kỹ thuật*.

TCVN 7570:2006, *Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật*.

TCVN 7711:2013, *Xi măng Poóc lăng hỗn hợp bền sulphat*.

TCVN 8826:2024, *Phụ gia hóa học cho bê tông*.

TCVN 8827:2011, *Phụ gia khoáng hoạt tính cao dùng cho bê tông và vữa – Silicafume và tro trấu nghiền mịn*.

TCVN 8828:2011, *Bê tông - Yêu cầu bảo dưỡng ẩm tự nhiên*.

TCVN 9346:2012, *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – Yêu cầu bảo vệ chống ăn mòn trong môi trường biển*.

TCVN 10302:2014, *Phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa xây và xi măng*.

TCVN 12392-2:2018, *Sợi cho bê tông – Phần 2: Sợi polymer*.

BS EN 1170, *Precast concrete products - Test method for glass-fibre reinforced cement (Sản phẩm bê tông đúc sẵn – Phương pháp thử bê tông cốt sợi thủy tinh) –*

Part 1: Measuring the consistency of the matrix - 'Slump test' method (Phần 1: Xác định độ linh động của hỗn hợp vữa – Phương pháp thử 'độ chảy').

Part 3: Measuring the fibre content of sprayed GRC (Phần 3: Xác định hàm lượng cốt sợi của bê tông phun).

Part 4: Measuring bending strength - 'Simplified bending test' method. (Phần 4: Xác định cường độ chịu uốn – Phương pháp thử ‘uốn tuyến tính’).

Part 5: Measuring bending strength- 'Complete bending test' method (Phần 5: Xác định cường độ chịu uốn – Phương pháp thử uốn phá hủy).

Part 6: Part 6. Determination of the absorption of water by immersion and determination of the dry density (Phần 6: Xác định độ hút nước và khối lượng thể tích)

Part 7: Measurement of extremes of dimensional variations due to moisture content (Phần 7: Xác định độ biến dạng do hút nước bão hòa)

BS EN 14649, Precast concrete products – Test method for Strength retention of Glass Fibres in Cement and concrete (SIC TEST) (Sản phẩm bê tông đúc sẵn – Phương pháp xác định độ bền của sợi thủy tinh trong xi măng và bê tông (SIC TEST)).

Specification for the manufacture, curing & testing of glassfibre reinforced concrete (GRC) products, 2021 (Hướng dẫn sản xuất, bảo dưỡng và thử nghiệm sản phẩm bê tông cốt sợi thủy tinh (GRC), năm 2021).

Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại theo QĐ 778/QĐ-BXD ngày 05/9/1998.

3. Thuật ngữ và định nghĩa

- Tỷ lệ Cốt liệu/Xi măng

Là tỷ lệ tổng khối lượng của cốt liệu ở trạng thái khô so với khối lượng của xi măng trong thành phần BTCS.

- Sợi thủy tinh bền kiềm (Alkali resistant – AR)

Sợi thủy tinh bền kiềm, hay sợi thủy tinh AR, là sợi thủy tinh thích hợp để sử dụng trong bê tông có khả năng bền kiềm cao do có hàm lượng zirconium dioxide (ZrO_2) trong thành phần từ 16 % trở lên. Sợi thủy tinh AR sử dụng trong BTCS phải phù hợp với các yêu cầu của TCVN 12392-2:2018.

- Phương pháp kiểm tra “Xô và túi”

Phương pháp hiệu chuẩn thiết bị phun BTCS theo BS EN 1170-3.

- Đặc tính kỹ thuật.

Các giá trị đặc trưng cho các tính chất của BTCS có xác suất đạt 95 % khi thử nghiệm bằng các phương pháp thông thường theo quy định.

- Súng phun BTCS đồng thời

Súng phun BTCS trong đó cả cốt sợi gia cường (sợi phi kim) và vữa xi măng được phun ra từ một vòi phun và phun lên khuôn (xem Phụ lục C). Súng phun đồng thời BTCS phải có khả năng cắt sợi gia cường có chiều dài khác nhau từ 6 mm đến 40 mm.

- Bảo dưỡng khô

Phương pháp bảo dưỡng nhằm ngăn sự mất nước ban đầu mà không cần làm ẩm BTCS. Bảo dưỡng khô được thực hiện bằng cách thêm một lượng thích hợp phụ gia polyme acrylic vào hỗn hợp của BTCS.

- Lớp mặt

Lớp vữa lót không có cốt sợi nhưng chứa cốt liệu trang trí hoặc bột màu.

- Hàm lượng cốt sợi

Tỷ lệ (phần trăm) của khối lượng sợi gia cường so với khối lượng của hỗn hợp BTCS bao gồm cả nước trộn.

- Mác (grade)

Mác cường độ của BTCS đặc trưng bởi giá trị ứng suất phá hủy khi uốn (MOR).

- Máy trộn xé

Máy trộn có cánh xé tốc độ cao có khả năng tạo hỗn hợp vữa Xi măng/cát đồng nhất, phù hợp cho quá trình phun trong công nghệ phun đồng thời (tham khảo Phụ lục C).

- Ứng suất đàn hồi (Limit of Proportionality - LOP)

Là ứng suất uốn cao nhất khi tỷ lệ ứng suất uốn trên biến dạng là tuyến tính.

- Cường độ chịu uốn hoặc ứng suất phá hủy khi uốn (Modulus of Rupture - MOR)

Là ứng suất phá hủy khi uốn.

- BTCS polyme biến tính

BTCS được biến tính bằng cách sử dụng polyme acrylic để 'bảo dưỡng khô' hoặc để tăng cường các tính chất khác.

- Sản xuất BTCS theo công nghệ phun

Công nghệ sản xuất cấu kiện BTCS thành mỏng bằng phương pháp phun đồng thời vữa xi măng và cốt sợi phi kim được cắt nhỏ ở đầu súng phun (xem Phụ lục C).

- Sản xuất BTCS bằng công nghệ trộn

Công nghệ sản xuất, trong đó cốt sợi phi kim đã cắt sẵn và vữa xi măng được trộn đều trong máy trộn (sau đây gọi là công nghệ trộn). Việc tạo hình sản phẩm của công nghệ trộn thực hiện theo hai phương pháp: Phương pháp phun hỗn hợp vữa trộn sẵn (gọi là công nghệ trộn - phun) và Phương pháp đúc hỗn hợp vữa trộn sẵn (gọi là công nghệ trộn - đúc).

- Máy trộn hai giai đoạn

Máy trộn (xem Phụ lục C) hai giai đoạn hoặc máy trộn có nhiều tốc độ để trộn vữa xi măng - cát (giai đoạn 1) và trộn cốt sợi gia cường cắt nhỏ (giai đoạn 2) trong quá trình sản xuất.

- Sản xuất BTCS theo công nghệ trộn - phun

Công nghệ sản xuất cấu kiện BTCS thành mỏng theo phương pháp phun hỗn hợp vữa xi măng có sợi gia cường bằng súng phun GRC (xem Phụ lục C).

- Sản xuất BTCS theo công nghệ trộn - đúc

Công nghệ sản xuất cấu kiện BTCS thành mỏng theo phương pháp đổ và đầm chặt hỗn hợp vữa xi măng có sợi gia cường bằng đầm rung như hỗn hợp bê tông thông thường.

- Nhà sản xuất

Đơn vị ký hợp đồng sản xuất sản phẩm BTCS.

- Khách hàng

Đơn vị ký hợp đồng mua sản phẩm BTCS.

- Kiểm tra độ chảy

Thử nghiệm xác định độ linh động của hỗn hợp vữa xi măng theo BS EN 1170-1.

- Tắm mẫu

Tắm BTCS được tạo ra trong quá trình sản xuất dùng để đánh giá chất lượng của sản phẩm BTCS. Tắm mẫu phải được tạo ra bằng cùng một công nghệ, tại cùng một thời điểm như các sản phẩm mà nó đại diện. Tắm mẫu có thể được cắt ra từ sản phẩm.

- Tổ mẫu

Các mẫu đơn cắt ra từ cùng một tắm mẫu để xác định một tính chất.

- Tỷ lệ nước/xi măng (N/X)

Tỷ lệ tổng khối lượng nước trên tổng khối lượng xi măng trong thành phần hỗn hợp BTCS. Khi phụ

gia khoáng hoạt tính được sử dụng chúng có thể được coi như xi măng và tỷ lệ N/X có thể được tính bằng tổng lượng nước chia cho tổng lượng xi măng và phụ gia khoáng hoạt tính. Phụ gia khoáng hoạt tính gồm: Tro bay, silicafume và metakaolin.

4. Quy định về chất lượng vật liệu dùng cho sản xuất

4.1. Sợi gia cường

Sợi gia cường (cốt sợi) là các loại sợi phi kim có tính bền kiềm để có độ bền cao trong môi trường kiềm của đá xi măng. Các loại sợi phi kim phải đáp ứng các yêu cầu của TCVN 12392-2:2018, Sợi cho bê tông – Phần 2: Sợi polyme.

4.2. Xi măng

Xi măng phải đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 6067:2024 loại PCMSR – xi măng pooc lăng bền sulfat và TCVN 7711:2013 xi măng pooc lăng hỗn hợp bền sulfat. Có thể thay thế bằng xi măng poóc lăng (đáp ứng yêu cầu của TCVN 2682:2020) có trộn thêm phụ gia khoáng hoạt tính (đạt yêu cầu của TCVN 8827:2011, TCVN 10302:2014) theo tỷ lệ thích hợp.

4.3. Cốt liệu sử dụng để sản xuất cấu kiện BTCS thành mỏng

Cốt liệu nhỏ hoặc cát phải được rửa sạch, sấy khô để loại bỏ các hợp chất hòa tan và để kiểm soát chính xác tỷ lệ N/X. Hạt cát cần có bề mặt tròn, nhẵn không bị rỗ tổ ong.

Đối với BTCS sản xuất bằng công nghệ phun, kích thước hạt tối đa là 1,25 mm;

Đối với BTCS sản xuất bằng công nghệ trộn (trộn – phun và trộn – đúc), kích thước hạt tối đa là 2,5 mm.

Trong cả hai trường hợp, các hạt mịn, (qua sàng 0,14 mm) phải nhỏ hơn 10 %.

Cát silica phải phù hợp với các yêu cầu kỹ thuật trong Bảng 1.

Bảng 1 - Yêu cầu kỹ thuật của cát silica

Hàm lượng Silic	> 96 %
Độ ẩm	< 2 %
Mất khi nung	< 0,5 %

Thành phần hạt và các tính chất khác của cát phải đáp ứng yêu cầu của TCVN 7570:2006 Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật.

Có thể sử dụng cát có độ ẩm cao, nhưng phải xác định chính xác độ ẩm và thành phần hỗn hợp bê tông phải được thay đổi cho phù hợp. Cát có nguồn gốc khác cũng có thể được sử dụng, nhưng nhà sản xuất phải cung cấp kết quả thử nghiệm đáp ứng yêu cầu. Không sử dụng cát có lẫn tạp chất.

4.4. Nước trộn

Nước trộn phải sạch và không chứa các thành phần có hại và phải thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của TCVN 4506:2012.

4.5. Phụ gia hóa học

Nên sử dụng phụ gia hóa học để nâng cao tính chất của BTCS. Phụ gia phải được sử dụng đúng theo chỉ dẫn của nhà sản xuất và không gây ảnh hưởng xấu đến tính chất của BTCS. Phụ gia có chứa Canxi clorua không được sử dụng nếu trong BTCS có cốt thép, chi tiết hoặc thiết bị đặt sẵn bằng thép. Phụ gia hóa học phải đáp ứng yêu cầu của TCVN 8826:2024.

4.6. Phụ gia polyme acrylic

Polyme acrylic được sử dụng theo quy định của nhà sản xuất và phải phù hợp với yêu cầu kỹ thuật trong Bảng 2.

Bảng 2 - Yêu cầu kỹ thuật của phụ gia Polyme

Số TT	Chỉ tiêu	Yêu cầu	Phương pháp thử
1	Loại Polyme	Gốc Acrylic	-
2	Hàm lượng chất khô, %	Từ 45 đến 55	TCVN 8826:2024
3	Màu sắc	Trắng sữa	Ngoại quan
4	Độ bền tia tử ngoại	Bền	-
5	Độ bền kiềm	Bền	BS EN 14649

Polyme có các tính chất khác với yêu cầu kỹ thuật trên có thể được sử dụng với sự đồng ý của khách hàng và phải có kết quả thử nghiệm phù hợp.

4.7. Bột màu

Bột màu hoặc keo màu có thể được sử dụng để sản xuất BTCS màu. Bột màu phải phù hợp với các tiêu chuẩn quốc tế hoặc tiêu chuẩn quốc gia tương ứng. Nếu sử dụng bột màu xanh Crome (Cr_2O_7) thì chúng phải đáp ứng yêu cầu của TCVN 5659:1992. Biến đổi màu sắc có thể xảy ra và phải chấp nhận về sự thay đổi màu trong phạm vi nhất định.

4.8. Nguyên liệu khác

Các nguyên liệu khác (silicafume, metakaolin, tro bay, chất độn, phụ gia) có thể được thêm vào để thay đổi các tính chất của hỗn hợp bê tông. Các phụ gia khoáng hoạt tính phải phù hợp với yêu cầu tương ứng của TCVN 8827:2011, TCVN 10302:2014 hoặc TCVN 6882:2016. Chúng phải được sử dụng phù hợp với hướng dẫn của nhà sản xuất và không ảnh hưởng xấu đến các tính chất của BTCS.

Tùy theo vị trí làm việc của công trình được phân loại theo vùng trong môi trường biển tại Bảng 1 của TCVN 9346:2012 và tuổi thọ công trình. Vật liệu sản xuất BTCS phải đáp ứng các yêu cầu bổ sung của Bảng 2 của tiêu chuẩn nói trên.

5. Thành phần bê tông cốt sợi

5.1. Các yêu cầu của thành phần BTCS

BTCS phải có các tính chất cơ lý như trong mục 10 của chỉ dẫn kỹ thuật này và phải phù hợp với các yêu cầu kỹ thuật của sản phẩm theo thiết kế. Các thành phần của BTCS trong Bảng 3a, 3b và 3c có tính định hướng và điển hình.

Bảng 3a - Thành phần BTCS định hướng sản xuất theo công nghệ trộn-đúc, Mác 8

STT	Chỉ tiêu	Mác 8	Mác 8P
1	Tỷ lệ Cốt liệu/Xi măng	Từ 0,50 đến 1,50	Từ 0,50 đến 1,50
2	Tỷ lệ Nước/Xi măng	Từ 0,30 đến 0,40	Từ 0,30 đến 0,40
3	Hàm lượng cốt sợi, % theo khối lượng so với hỗn hợp vữa khô	Từ 0,5 đến 3,0	Từ 0,5 đến 3,0
4	Hàm lượng chất khô của Polyme, % theo khối lượng xi măng	-	Từ 4 đến 7
5	Hệ số biến dạng tối đa, mm/m	Từ 0,6 đến 1,2	Từ 0,6 đến 1,2
6	Độ hút nước, %	Từ 5 đến 11	Từ 5 đến 11
7	Khối lượng thể tích BTCS, kg/m^3 , không nhỏ hơn	1.800	1.800
8	Khối lượng thể tích hỗn hợp BTCS, kg/m^3 , không nhỏ hơn	2.000	2.000

Bảng 3b - Thành phần BTCS định hướng sản xuất theo công nghệ trộn-phun, Mác 10

STT	Chỉ tiêu	Mác 10	Mác 10P
1	Tỷ lệ Cốt liệu/Xi măng	Từ 0,50 đến 1,50	Từ 0,50 đến 1,50
2	Tỷ lệ Nước/Xi măng	Từ 0,30 đến 0,38	Từ 0,30 đến 0,38
3	Hàm lượng cốt sợi, % theo khối lượng so với hỗn hợp vừa khô.	Từ 0,5 đến 3,5	Từ 0,5 đến 3,5
4	Hàm lượng chất khô của Polyme, % theo khối lượng xi măng	-	Từ 4 đến 7
5	Hệ số biến dạng tối đa, mm/m	Từ 0,6 đến 1,2	Từ 0,6 đến 1,2
6	Độ hút nước, %	Từ 5 đến 11	Từ 5 đến 11
7	Khối lượng thể tích BTCS, kg/m ³ , không nhỏ hơn	1.800	1.800
8	Khối lượng thể tích hỗn hợp BTCS, kg/m ³ , không nhỏ hơn	2.000	2.000

Bảng 3c - Thành phần BTCS định hướng sản xuất theo công nghệ phun, Mác 18

STT	Chỉ tiêu	Mác 18	Mác 18P
1	Tỷ lệ Cốt liệu/Xi măng	Từ 0,50 đến 1,50	Từ 0,50 đến 1,50
2	Tỷ lệ Nước/Xi măng	Từ 0,30 đến 0,38	Từ 0,30 đến 0,38
3	Hàm lượng cốt sợi, % theo khối lượng so với hỗn hợp vừa khô.	Từ 2,0 đến 5,5	Từ 2,0 đến 5,5
4	Hàm lượng chất khô của Polyme, % theo khối lượng xi măng	-	Từ 4 đến 7
5	Hệ số biến dạng tối đa, mm/m	Từ 0,6 đến 1,2	Từ 0,6 đến 1,2
6	Độ hút nước, %	Từ 5 đến 11	Từ 5 đến 11
7	Khối lượng thể tích BTCS, kg/m ³ , không nhỏ hơn	1.800	1.800
8	Khối lượng thể tích hỗn hợp BTCS, kg/m ³ , không nhỏ hơn	2.000	2.000

5.2. Thiết kế thành phần BTCS

Thông số đầu vào dùng để thiết kế thành phần BTCS

- Giá trị Cường độ chịu uốn tối thiểu của các mác: Theo quy định của Bảng 5.
- Các yêu cầu khác: Đối với các mác khác nhau theo yêu cầu của các Bảng 3a, 3b và 3c.

Các bước thiết kế:

- Thí nghiệm các chỉ tiêu hóa, lý của vật liệu sử dụng để sản xuất BTCS và các kết quả thí nghiệm phải đạt yêu cầu như quy định của mục 4.
- Thiết kế cường độ bê tông nền (bê tông không có sợi): Dựa vào yêu cầu mác BTCS, chọn Cường độ chịu nén và độ chảy của bê tông nền theo Bảng A.1 của Phụ lục A. Thiết kế bê tông nền có Cường độ chịu nén và độ chảy đã chọn theo quy luật ảnh hưởng của tỷ lệ N/X đến cường độ chịu nén của bê tông trong hướng dẫn của “*Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại*” theo QĐ 778/QĐ-BXD ngày 05/9/1998.

- Thiết kế mác BTCS: Bổ sung cốt sợi phân tán từ 0,5 % đến 5,5 % theo khối lượng vật liệu khô (tham khảo Phụ lục A) vào hỗn hợp bê tông nền đã được thiết kế ở trên. Trộn và tạo mẫu thí nghiệm theo quy trình và công nghệ như quy định của mục 6 và mục 7 dưới đây tùy thuộc vào công nghệ sản xuất.
- Bảo dưỡng mẫu như quy định của mục 8;
- Thử nghiệm mẫu theo các tiêu chuẩn tương ứng (BS EN 1170-5 và TCVN 3118:2022) sau đó dựng đồ thị quan hệ giữa hàm lượng cốt sợi với cường độ chịu uốn của BTCS. Từ đó lựa chọn thành phần BTCS có chỉ tiêu ứng suất uốn đặc trưng theo quy định của Bảng 4.

Chú ý: Việc tạo mẫu thí nghiệm phải sử dụng các thiết bị tương tự như trong sản xuất thực tế để tránh sai lệch chất lượng.

6. Quy trình trộn

Quy trình trộn để sản xuất BTCS bằng công nghệ trộn và công nghệ phun được quy định trong chỉ dẫn kỹ thuật này.

6.1. Cân, đóng vật liệu cho mẻ trộn

Nguyên liệu khô cho mẻ trộn được cân với sai số $\leq \pm 2 \%$.

Chất lỏng được cân hoặc đóng với sai số $\leq \pm 2 \%$.

6.2. Quy trình trộn

6.2.1. Trộn theo công nghệ phun

Vữa xi măng phải trộn bằng máy trộn xé (mục 3) có tốc độ phù hợp với chỉ dẫn của nhà sản xuất với thành phần đã chọn. Tính công tác của hỗn hợp BTCS được kiểm tra bằng cách đo độ chảy theo BS EN 1170-1.

6.2.2. Trộn theo công nghệ trộn-phun và trộn-đúc

Hỗn hợp vữa BTCS phải được trộn bằng máy trộn 2 giai đoạn (mục 3) hoặc máy trộn phù hợp cho sản xuất BTCS theo công nghệ trộn.

Giai đoạn 1: Vữa xi măng phải trộn trong máy trộn tốc độ cao, lực cắt mạnh.

Giai đoạn 2: Vữa được chuyển sang máy trộn thứ hai hoặc đặt chế độ tăng lực cắt hoặc sử dụng máy trộn thích hợp để cốt sợi phân tán đều trong vữa.

Thời gian trộn của từng giai đoạn không ít hơn 3 phút.

Cốt sợi được cho vào máy trộn bằng thủ công hoặc tự động bằng cách sử dụng máy cắt sợi tự động.

7. Tạo hình, tháo khuôn và vận chuyển

7.1. Quy trình tạo hình

7.1.1. Tạo hình theo công nghệ phun

Cần sử dụng thiết bị phun chuyên dụng cho phép phun đồng thời vữa và cốt sợi thủy tinh với tỷ lệ xác định. Trước khi sản xuất, thiết bị phun phải được kiểm tra theo BS EN 1170-3 (phương pháp 'túi và xô') để đảm bảo rằng hàm lượng cốt sợi đạt yêu cầu. Thử nghiệm này phải thực hiện ở đầu ca sản xuất cho từng máy phun. Nếu các thiết bị sử dụng làm việc liên tục cho kết quả tốt thì không cần thực hiện các thử nghiệm này.

Lớp áo không cốt sợi được phun mỏng nhất có thể (~1 mm) và phải phun ngay lớp BTCS đầu tiên khi lớp áo còn ướt. Có thể thi công lớp áo bằng cách phun hoặc đúc. Phải phun xong lớp vữa có cốt sợi trước khi lớp áo bắt đầu ninh kết.

Độ dày trung bình của lớp áo là 3 mm đến 5 mm tùy thuộc vào phương pháp xử lý bề mặt bằng phun cát hay rửa bằng a xít. Các lớp có cốt sợi phải phun với chiều dày của mỗi lần phun là 3 mm đến 4 mm cho đến khi đạt được chiều dày theo thiết kế.

Các lớp BTCS phun xong cần được đầm chặt bằng con lăn cao su trước khi phun lớp tiếp theo. Sau khi phun xong lớp BTCS cuối cùng, phải kiểm tra chiều dày của sản phẩm.

Chiều dày của sản phẩm BTCS phải được xem là tối thiểu. Cho phép chiều dày lớn hơn tại các vị trí góc hoặc khu vực có kích thước lồi ra. Sai số về chiều dày và trọng lượng của sản phẩm so với thiết kế như sau:

- Chiều dày của sản phẩm so với thiết kế tại bất kỳ diện tích phẳng nào: $< 4 \text{ mm}$;
- Trọng lượng tối đa của sản phẩm so với quy định của thiết kế: Không vượt quá.

Bất kỳ diện tích nào có chiều dày nhỏ hơn thiết kế phải được phun dày thêm và các diện tích dày hơn thì phải bào mỏng. Việc hoàn thiện bề mặt của sản phẩm phải sử dụng con lăn cao su và thiết bị bào.

7.1.2. Tạo hình theo công nghệ trộn - phun

Hỗn hợp vữa BTCS sau khi trộn được phun đầy khuôn, cấp pha bằng máy phun chuyên dụng. Lớp mặt (lớp lót) được phun đầu tiên. Hỗn hợp vữa BTCS được phun thành từng lớp 4 mm đến 6 mm và đầm chặt bằng con lăn cao su trước khi phun lớp tiếp theo. Phải kiểm soát độ dày sản phẩm trong quá trình sản xuất.

7.1.3. Tạo hình theo công nghệ trộn – đúc

- Tạo hình trong sản xuất sản phẩm BTCS thành mỏng:

Hỗn hợp vữa BTCS trộn xong được bơm hoặc rót đầy khuôn và đảm bảo được đầm chặt. Có thể sử dụng đầm rung trong hoặc đầm rung ngoài để đầm chặt hỗn hợp BTCS, hoặc sử dụng vữa tự đầm.

7.2. Tháo khuôn, cầu và vận chuyển

Chỉ được tháo khuôn các sản phẩm khi BTCS đạt cường độ đủ để tháo khuôn và vận chuyển mà không bị quá tải. Thời gian cần thiết lưu khuôn của sản phẩm phụ thuộc vào nhiệt độ bảo dưỡng. Khi tháo khuôn phải thực hiện sao cho không làm nứt mẻ sản phẩm. Phải đặt các chi tiết đặt sẵn trong sản phẩm để phục vụ việc tháo khuôn, nâng, cầu sản phẩm. Tất cả các chi tiết đặt sẵn phải làm bằng vật liệu thích hợp [tốt nhất bằng thép không gỉ hoặc kim loại màu] và nằm chìm trong sản phẩm BTCS. Kích thước, cách thức lắp đặt chi tiết đặt sẵn cần được thiết kế và bảo vệ chống ăn mòn hóa chất trước khi sản xuất.

7.3. Dung sai trong sản xuất

- Dung sai trong sản xuất cấu kiện BTCS thành mỏng: Theo Phụ lục B

8. Bảo dưỡng

8.1. Bảo dưỡng ẩm BTCS không polyme

Sản phẩm sau khi thành hình phải bảo dưỡng theo quy định của TCVN 8828:2011. Có thể thay đổi quy trình bảo dưỡng nhưng phải đạt các yêu cầu sau:

- Cho phép BTCS có các tính chất cơ lý đạt các yêu cầu trong mục 10.
- Đảm bảo không xảy ra nứt do đóng rắn quá nhanh.
- Phương pháp sửa chữa đáp ứng các yêu cầu của thiết kế và khách hàng.

8.2. Bảo dưỡng khô BTCS có polyme

BTCS có polyme acrylic sau khi được tạo hình không cần phủ Polyethylen và phải bảo dưỡng khô sau khi tháo khuôn. Loại 'P' phải được bảo dưỡng ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ tạo màng (MFFT) nhưng dưới 40°C . Tránh lưu giữ ở nhiệt độ trên 35°C hoặc dưới 5°C trong hai ngày đầu sau khi thành hình. Sản phẩm không được để tiếp xúc trực tiếp với gió khô và nhiệt độ giới hạn nêu trên trong 2 ngày đầu.

8.3. Bảo quản, cầu và vận chuyển

BTCS phải được bảo quản, cầu và vận chuyển theo quy định sau:

- Không có bộ phận nào của sản phẩm BTCS bị quá tải.
- Không tạo ra hiện tượng vặn, xoắn cho sản phẩm BTCS.
- Không làm sứt mẻ bất kỳ phần nào của sản phẩm, đặc biệt là góc, cạnh.
- Không làm biến màu, đổi màu vĩnh viễn do bảo quản gây ra.

Đối với các sản phẩm có kích thước lớn, Biện pháp bảo quản, cầu và vận chuyển phải được thiết kế trước.

9. Kiểm tra, kiểm soát chất lượng

9.1. Hệ thống quản lý chất lượng

Phải lập và vận hành hệ thống quản lý chất lượng cho quá trình sản xuất. Hệ thống này có thể là Đề án sản xuất được phê duyệt, ISO 9001 hoặc Hệ thống tương tự.

9.2. Lấy mẫu

Đúc mẫu và tạo hình tấm mẫu, tháo khuôn, bảo dưỡng mẫu trong cùng một điều kiện như các sản phẩm mà chúng đại diện.

Mẫu kiểm tra cường độ chịu nén: 6 mẫu (50 x 50 x 50) mm để thí nghiệm ở tuổi 7 ngày và 28 ngày. Bảo dưỡng mẫu theo mục 4 của TCVN 3105:2022 và nén mẫu theo TCVN 3118:2022.

Mẫu kiểm tra cường độ chịu uốn: Tấm mẫu kích thước (500 ± 2) mm x (800 ± 2) mm x (15 ± 2) mm dùng để cắt ra 8 thanh mẫu (50 ± 2) mm x (325 ± 25) mm x (15 ± 0,5) mm theo quy định của BS EN 1170-5. Mỗi lần tạo 2 tấm mẫu để kiểm tra cường độ chịu uốn ở tuổi 7 ngày và 28 ngày. Bảo dưỡng mẫu theo mục 4 của TCVN 3105:2022 và uốn mẫu theo BS EN 1170-5.

9.3. Tần suất lấy mẫu

Tấm mẫu được tạo với tần suất ít nhất 2 tấm/ngày/máy và cùng với nó là 6 viên mẫu (50 x 50 x 50) mm. Quy định này áp dụng cho công nghệ phun và Trộn. Các tấm mẫu không thử được lưu giữ dự phòng để thử nghiệm nếu có yêu cầu.

Tần suất tạo mẫu kiểm tra tối thiểu là:

- Đối với công nghệ phun: 2 lần mỗi tuần/máy hoặc với 10 tấn sản phẩm.
- Đối với công nghệ trộn: 1 lần/tuần hoặc 10 tấn sản phẩm

Trong cả 2 trường hợp, chọn tần suất lớn hơn. Các tần suất này là mức tối thiểu và các nhà sản xuất nhỏ lẻ có thể chọn kiểm tra với tần suất lớn hơn nếu thấy phù hợp.

Đây là số lượng tối thiểu cho sản xuất đơn và có thể tăng hơn nếu thấy cần thiết.

9.4. Thử nghiệm kiểm tra chất lượng

Các phép thử sau phải được thực hiện và phải đạt các yêu cầu kỹ thuật quy định trong Bảng 3a, 3b, 3c và bảng 5.

9.4.1. Kiểm tra độ chảy của hỗn hợp vữa

Cần kiểm tra độ chảy của hỗn hợp vữa theo BS EN 1170-1 của công nghệ phun đồng thời sau khi trộn xong hoặc trước khi phun. Tối thiểu thử nghiệm 1 lần đối với mẻ trộn đầu tiên của một ca sản xuất.

9.4.2. Thử nghiệm xác định hàm lượng cốt sợi

Hàm lượng sợi được thử nghiệm xác định bằng phương pháp “xô và túi” theo BS EN 1170-3, hoặc Phương pháp được phê duyệt khác. Thử nghiệm này phải thực hiện đối với hỗn hợp BTCS cho các Mác 18/18P ít nhất một lần/ ngày và tối thiểu 1 lần/ tuần cho Mác 8 và 10.

9.4.3. Thử nghiệm các tính chất cơ lý

- *Kiểm tra ứng suất uốn đàn hồi [LOP] và ứng suất uốn phá hủy [MOR]*

LOP và MOR được xác định ở tuổi 7 ngày và 28 ngày theo EN 1170-4 và EN 1170-5. Kết quả ở tuổi 7 ngày chỉ được chấp nhận nếu đạt các giá trị ứng suất đặc trưng trong Bảng 4. Tần suất thử nghiệm theo quy định trong mục 9.4.

Bảng 4 - Đặc tính kỹ thuật

Số TT	Giá trị ứng suất đặc trưng	Đơn vị	8 hoặc 8P	10 hoặc 10P	18 hoặc 18P
1	Giá trị ứng suất đàn hồi (LOP*)	MPa	5	6	7
2	Giá trị ứng suất phá hủy (MOR*)	MPa	8	10	18
3	Cường độ chịu nén	MPa	Đạt yêu cầu của thiết kế		

CHÚ THÍCH: *) Khuyến cáo sử dụng tối thiểu kết quả thử nghiệm của 40 tấm mẫu để phân tích tính toán giá trị ứng suất đặc trưng.

9.4.4. Kiểm tra độ hút nước và khối lượng thể tích

Độ hút nước được xác định theo BS EN 1170-6.

Khối lượng thể tích được xác định theo BS EN 1170-6.

Các thử nghiệm này cần thực hiện 1 lần/ tháng.

9.4.5. Thử nghiệm kiểm tra các chỉ tiêu khác

Phải thử nghiệm xác định sự thay đổi kích thước, biến dạng tối đa của BTCS theo BS EN 1170-7. Các thử nghiệm khác đối với BTCS có thể thực hiện theo yêu cầu của khách hàng bao gồm: Thử nghiệm gia tải phá hủy sản phẩm, bộ phận của sản phẩm, độ chịu lửa, thử nghiệm khả năng chịu tải của các chi tiết đặt sẵn vv. Các thử nghiệm này cần được thực hiện dưới sự giám sát của thiết kế hoặc tư vấn giám sát và các bên có liên quan.

10. Nghiệm thu sản phẩm bê tông cốt sợi

10.1. Yêu cầu chung

Nguyên liệu sản xuất BTCS phải đáp ứng các yêu cầu của mục 4 và thành phần của BTCS phải tuân theo Mục 5. BTCS phải sản xuất và bảo dưỡng theo mục 8. Việc lấy mẫu và thử nghiệm với tần suất theo quy định tại mục 9. Kết quả thử nghiệm phải đạt các yêu cầu trong mục 10.2.

10.2. Sự phù hợp

10.2.1. Giá trị tối thiểu để phù hợp

Trong Bảng 5 trình bày các giá trị tối thiểu của các kết quả thử nghiệm LOP và MOP để đánh giá sự phù hợp ban đầu. Để đáp ứng Yêu cầu kỹ thuật này, nhà sản xuất cũng có thể có chương trình thử nghiệm của mình để làm cơ sở phân tích và chứng minh sự phù hợp với các giá trị đặc trưng trong Bảng 4, Thử nghiệm này phải là một phần của Quy trình kiểm soát chất lượng được chấp thuận của nhà sản xuất.

Nếu các tính chất khác, ví dụ khối lượng riêng, hoặc độ xốp, được coi là quan trọng đối với ứng dụng, thì yêu cầu kỹ thuật cụ thể và phương pháp thử, tần suất lấy mẫu phải được nhà sản xuất và khách hàng thống nhất.

10.3. Sự không phù hợp

10.3.1. Sự không phù hợp

a) Nếu bất kỳ tấm thử đơn nào không đáp ứng yêu cầu, thì các sản phẩm BTCS giữa tấm mẫu thử trước và tấm mẫu thử sau đã đạt yêu cầu có khả năng không phù hợp.

b) Trường hợp các thử nghiệm không được thực hiện hàng ngày, các tấm mẫu thử còn lại có thể được thử nghiệm để xác định khả năng không phù hợp của các sản phẩm.

10.3.2. Xử lý sự không phù hợp

Xử lý các sản phẩm không phù hợp theo chỉ dẫn kỹ thuật này phải quan tâm đúng mức đến các hậu quả kỹ thuật của việc áp dụng các biện pháp khắc phục hoặc thay thế các sản phẩm bị từ chối.

Khi đánh giá chất lượng của BTCS không đạt tiêu chuẩn và để xác định cần phải thực hiện các công việc sau trong mọi lúc, mọi nơi nếu khả thi:

a) Các nguyên liệu và thành phần BTCS được kiểm soát phù hợp với các yêu cầu kỹ thuật của chỉ dẫn kỹ thuật này hoặc với các thỏa thuận giữa nhà sản xuất và khách hàng.

b) Chế độ bảo dưỡng trước khi thử nghiệm cần tuân thủ các quy định trong chỉ dẫn kỹ thuật này. Thử nghiệm lại các tấm mẫu thích hợp khi các điều kiện bảo dưỡng của sản phẩm có thể làm tăng chất lượng của chúng như kéo dài thời gian bảo dưỡng.

c) Cần lưu ý 3 yếu tố ảnh hưởng làm giảm cường độ và độ bền của sản phẩm BTCS:

- Các yếu tố an toàn được thiết kế chấp thuận.
- Độ dày của sản phẩm BTCS so với độ dày thiết kế.
- Yêu cầu ứng suất LOP/MOR theo tính toán của thiết kế.

Bảng 5 - Cường độ chịu uốn tối thiểu phù hợp

Số TT	Các chỉ tiêu	Mác (MPa)		
		8 hoặc 8P	10 hoặc 10P	18 hoặc 18P
I	Ứng suất đàn hồi (LOP)			
1	Giá trị trung bình của 4 tấm mẫu	7,25	8,00	8,00
2	Giá trị tối thiểu của tấm mẫu đơn	5,75	6,00	6,00
II	Ứng suất phá hủy (MOR)			
1	Giá trị trung bình của 4 tấm mẫu	9,50	12,00	21,00
2	Giá trị tối thiểu của tấm mẫu đơn	7,50	8,50	15,00

10.4. Nghiệm thu sản phẩm

Sản phẩm BTCS được đánh giá, nghiệm thu nếu có các chỉ tiêu kỹ thuật đạt các giá trị cường độ tối thiểu phù hợp quy định trong Bảng 5, đồng thời thỏa mãn các yêu cầu của mục 7.3; 10.1; 10.2 và các yêu cầu a, b, c của mục 10.3.2 nêu trên.

Phụ lục A

(Tham khảo)

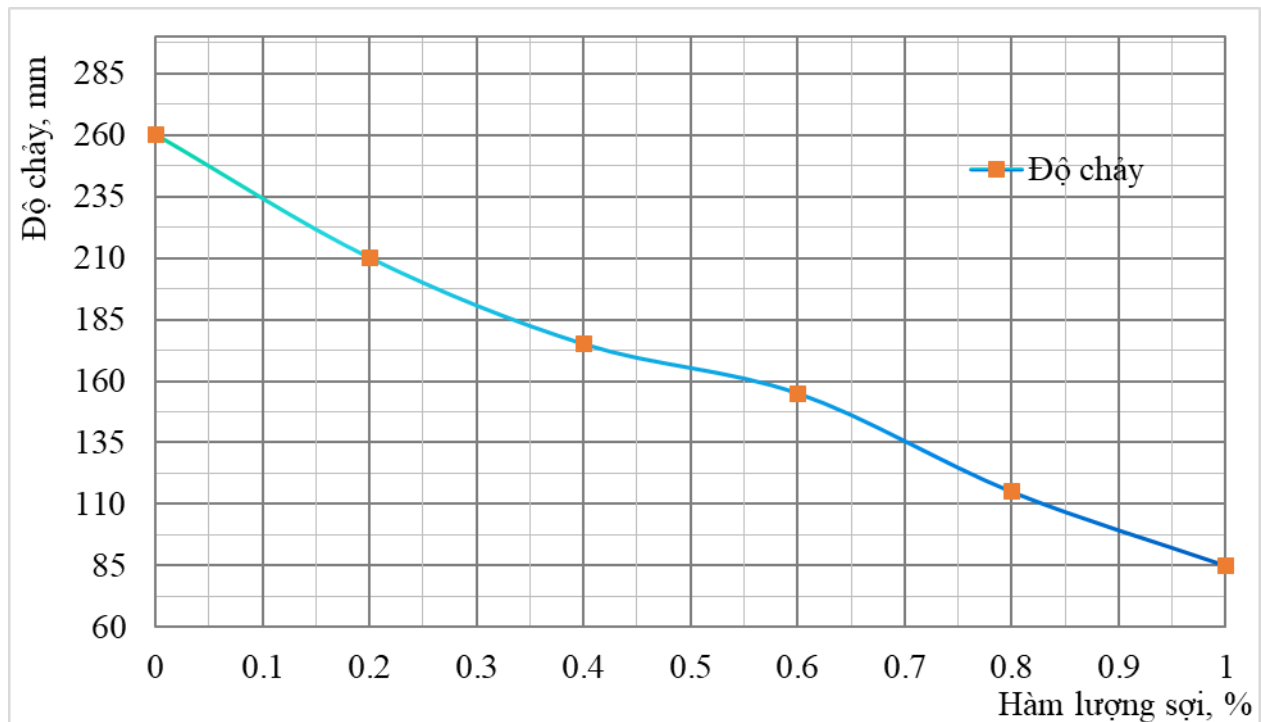
Các thông số tham khảo để thiết kế thành phần bê tông cốt sợi

A.1. Quan hệ giữa mác BTCS và cường độ chịu nén của bê tông nền

Bảng A.1. Quan hệ giữa mác BTCS và cường độ chịu nén của bê tông nền

Số TT	Cường độ chịu nén của bê tông nền và độ chảy	Đơn vị	Mác của BTCS		
			8 hoặc 8P	10 hoặc 10P	18 hoặc 18P
1	Cường độ chịu nén của bê tông nền	MPa	Từ 50 đến 60	Từ 50 đến 60	Từ 60 đến 80
2	Độ chảy (theo BS EN 1170-1)	mm	Từ 220 đến 260	Từ 210 đến 260	Từ 200 đến 260

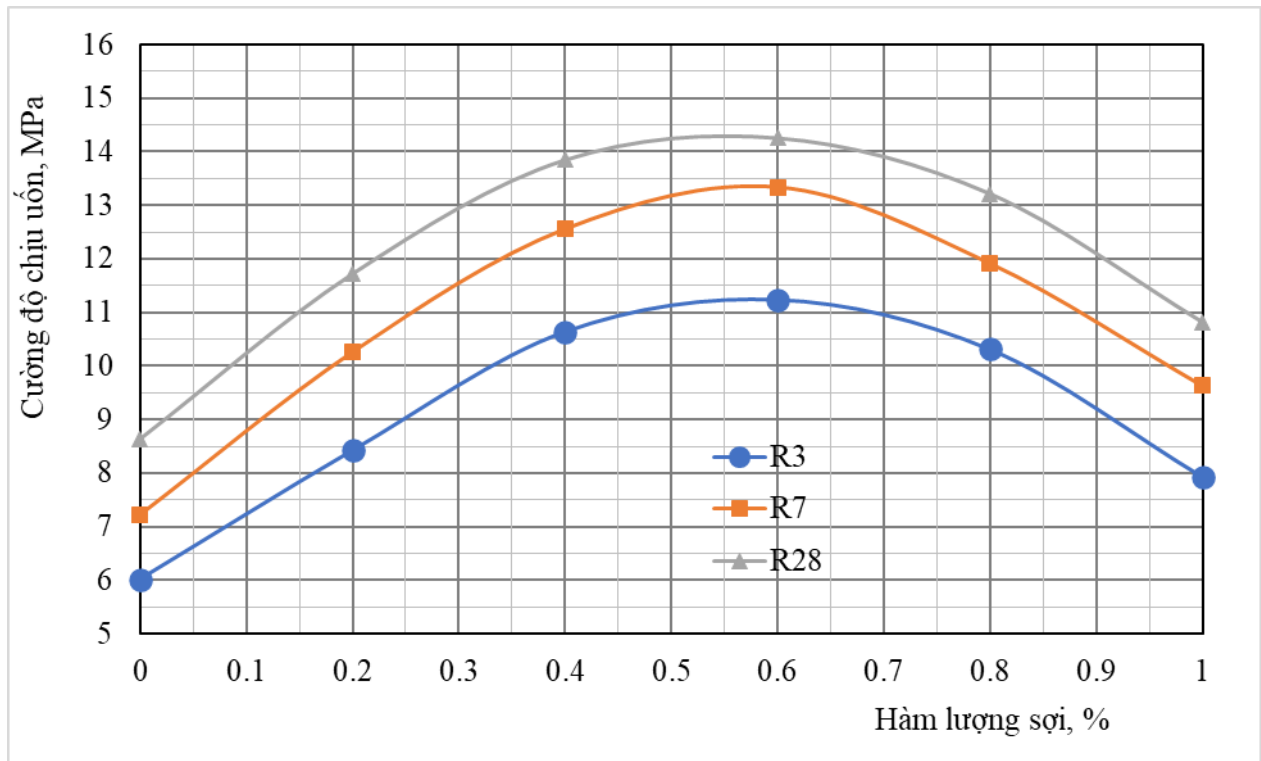
A.2. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi đến độ chảy của hỗn hợp BTCS



Hình A.1. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi Polyvinyl Alcohol (PVA) đến độ chảy của hỗn hợp BTCS

GHI CHÚ: Thành phần BTCS PVA: Xm: 1000 kg; Cát: 1046 kg; Phụ gia siêu dẻo: 24 lít; Nước: 260 lít; Sợi PVA (L=12 mm): 0; 4,0; 8,1; 12,1; 16,1; 20,2 kg. Hàm lượng sợi tính bằng phần trăm khối lượng thành phần khô của BTCS.

A.3. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi đến Cường độ chịu uốn (ứng suất phá hủy) của BTCS



Hình A.2. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi PVA đến cường độ chịu uốn của BTCS

GHI CHÚ: - Cường độ chịu nén của BTCS từ 60 MPa đến 70 MPa.
- Hàm lượng sợi tính bằng phần trăm tổng khối lượng thành phần khô của BTCS.

Phụ lục B

(Quy định)

Dung sai chế tạo cấu kiện BTCS thành mỏng

Kích thước các sản phẩm BTCS, được sản xuất phải đáp ứng các dung sai quy định dưới đây:

a) Kích thước (Chiều dài và chiều cao, xem Hình 1.)

i) ≤ 3 m: ± 3 mm

ii) > 3 m: ± 6 mm.

b) Cạnh góc (Hình 1): +2 mm đến 0 mm.

c) Độ dày (Xem Hình 1)

i) Chiều dày lớp mặt tạo hình kiến trúc (≥ 3 mm): +2 mm đến 0 mm

Lưu ý: Điều này có thể không thực hiện được đối với các lớp hoàn thiện tổng hợp/kết cấu nặng hơn. Trong những trường hợp như vậy, các mẫu chỉ dẫn có thể được tham chiếu để thiết lập các phương sai có thể chấp nhận được.

ii) Mặt sau: +5 mm đến 0 mm

iii) Độ sâu của các gân liền khối: +10 mm đến 5 mm.

d) Sự thay đổi góc của khuôn bên (xem Chi tiết B, Hình 1)

i) ≤ 75 mm độ sâu: ± 1 mm

ii) > 75 mm độ sâu: $\pm 1,5$ mm.

e) Các biến thể từ hình vuông (xem Hình 1)

Chênh lệch độ dài đường chéo hoặc tiêu chí tương tự khác: 3 mm đối với 2 m trở xuống hoặc 6 mm đối với trên 2 m.

f) Độ võng (xem Hình 2): $\leq L / 250$.

g) Các lỗ hờ trên mặt tấm (xem Hình 1): ± 5 mm.

h) Vị trí lỗ trong tấm sản phẩm (xem Hình 1): ± 3 mm.

i) Khung định hình (xem Hình 3), phải được chế tạo trong phạm vi dung sai sau:

i) Sắp xếp chiều dài theo chiều dọc và chiều ngang: 6 mm trên 3 m hoặc một phần của chúng.

Hoặc đối với kích thước dài hơn 5 m dung sai sẽ là 12 mm

ii) Chiều dài tổng thể: ± 10 mm

iii) Độ vuông góc của khung, (sai lệch đường chéo): 10 mm

iv) Chiều dài tổng thể của khung: ± 10 mm

Lưu ý: Có thể cần phải điều chỉnh các đồ gá lắp được sử dụng để chế tạo khung định hình, trước khi khung được mạ kẽm, để bù đắp một số biến dạng do quá trình mạ điện.

j) Cong vênh (xem Hình 4)

Độ cong vênh tối đa cho

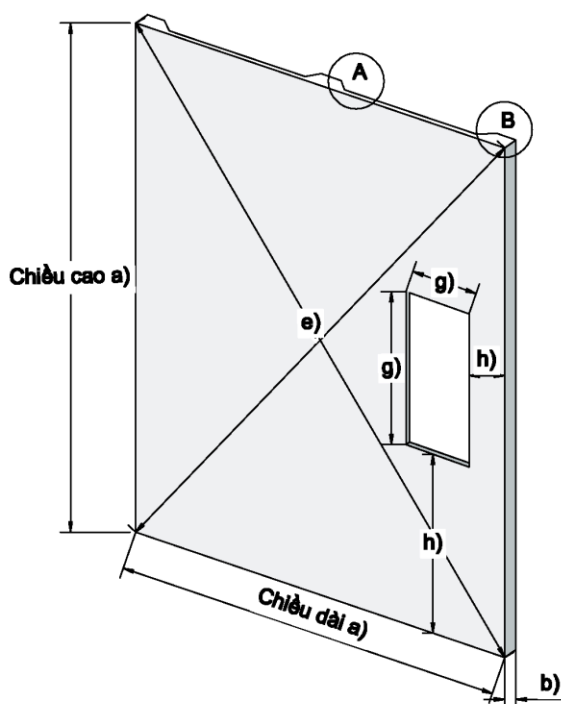
phép của một góc trong số ba góc còn lại không được cách góc liền kề gần nhất quá 5 mm/m.

Lưu ý: -) Tuy nhiên, có thể lắp đặt tấm BTCS trong phạm vi dung sai lắp đặt thông qua việc điều chỉnh kết nối;

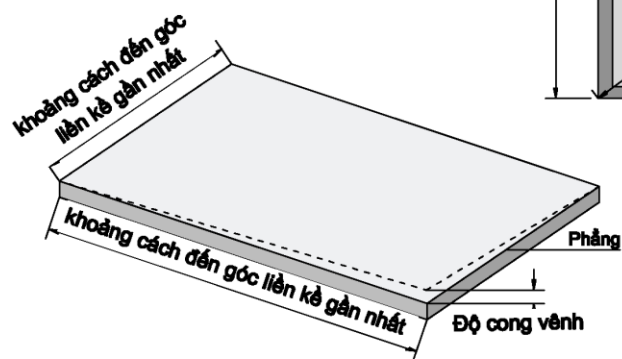
-) Trên đây không phải là danh sách đầy đủ. Ngoài ra, cần phải thừa nhận rằng các thiết kế thường phức tạp hơn cần được xem xét và đánh giá thêm.

PHỤ LỤC - Dung sai

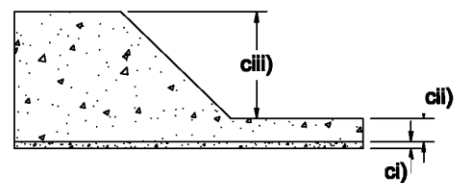
Hình 1



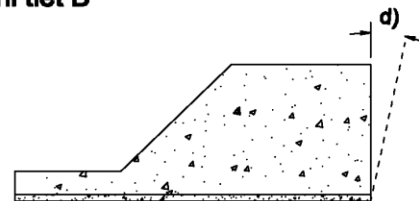
Hình 4 - Cong vênh



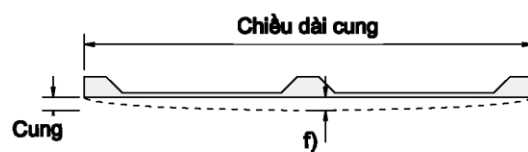
Chi tiết A



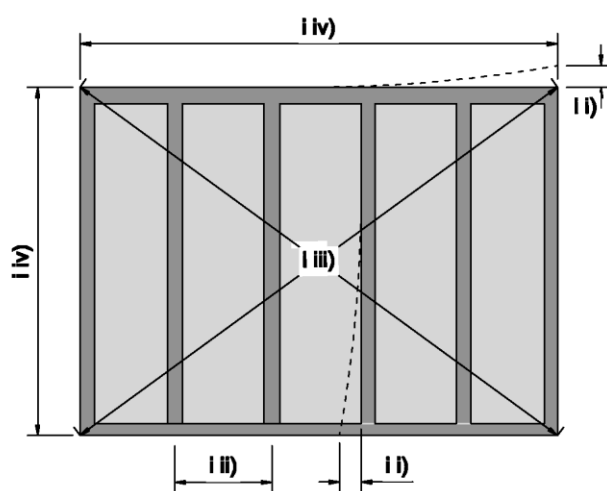
Chi tiết B



Hình 2 - Cánh cung



Hình 3 - Khung



Phụ lục C

(Tham khảo)

Thiết bị sản xuất sản phẩm bê tông cốt sợi

C.1. Thiết bị của công nghệ phun đồng thời

C.1.1. Trạm trộn phun đồng thời (Máy trộn, đầu cắt sợi, đầu phun)



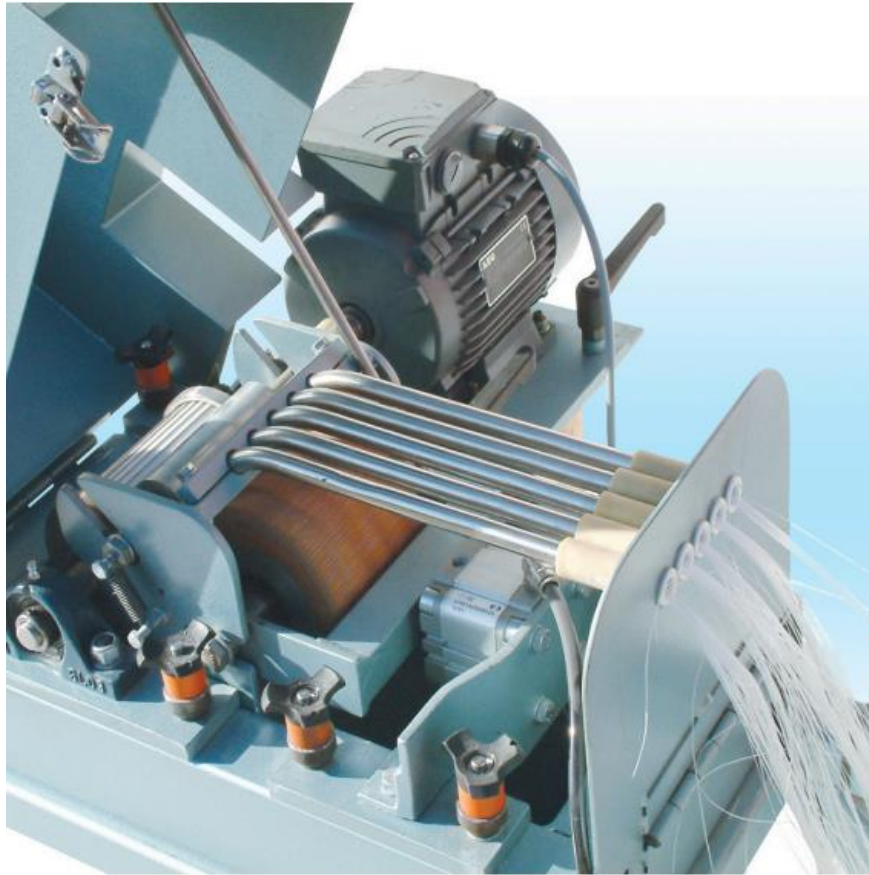
Hình C.1. Trạm trộn phun đồng thời

C.1.2. Máy trộn - phun

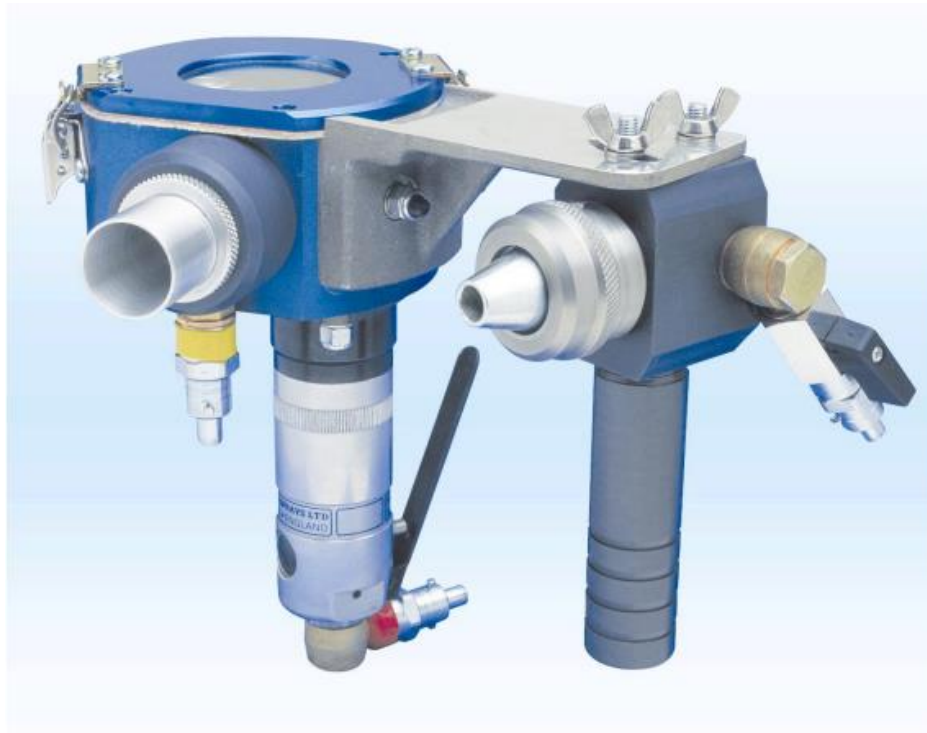


Hình C.2. Máy trộn - phun

C.1.3. Bộ phận cắt sợi và đầu phun



Hình C.3. Đầu cắt sợi



Hình C.4. Đầu phun đồng thời

C.2. Công nghệ trộn - phun

C.2.1. Máy trộn



Hình C.5. Máy trộn 2 tốc độ

C.2.2. Đầu phun



Hình C.6. Đầu phun lớp mặt



Hình C.7. Đầu phun lớp thân

C.3. Công nghệ trộn - đúc

C.3.1. Máy trộn



Hình C.8. Máy trộn 2 tốc độ



Hình C.9. Máy trộn xé

C.3.2. Bàn rung



Hình C.10. Bàn rung