

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN xxxxx:202x

Xuất bản lần 1

BÊ TÔNG SIÊU NẶNG – YÊU CẦU KỸ THUẬT

High density concrete – Specifications

HÀ NỘI – 202x

DỰ THẢO - DỰ THẢO - DỰ THẢO

Mục lục

	Trang
Lời nói đầu	4
1 Phạm vi áp dụng	5
2 Tài liệu viện dẫn	5
3 Thuật ngữ, định nghĩa	7
4 Phân loại	10
5 Yêu cầu chung	11
6 Nghiệm thu	18
7 Phương pháp kiểm tra	18
Phụ lục A (tham khảo) Các đặc tính nhiệt vật lý của bê tông siêu nặng	22
Phụ lục B (tham khảo) Các đặc tính kỹ thuật cơ bản của cốt liệu cho bê tông siêu nặng	23
Phụ lục C (tham khảo) Khối lượng thể tích của bê tông siêu nặng theo loại cốt liệu sử dụng	24
Thư mục tài liệu tham khảo	25

Lời nói đầu

TCVN xxxxx:202x do Viện Khoa học công nghệ xây dựng biên soạn,
Bộ Xây dựng đề nghị, Ủy ban Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng
Quốc gia thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bê tông siêu nặng – Yêu cầu kỹ thuật

High density concrete – Specifications

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này áp dụng cho bê tông siêu nặng trên cơ sở chất kết dính gốc xi măng và cốt liệu có khối lượng thể tích cao, dùng cho các kết cấu bảo vệ bức xạ ion hóa, kết cấu đối trọng cho cầu kéo và cầu nâng, kết cấu tăng tải cho đường ống, cũng như cho các kết cấu nhà và công trình có mô đun đàn hồi cao.

Tiêu chuẩn này thiết lập các yêu cầu kỹ thuật đối với bê tông siêu nặng, quy tắc nghiệm thu và phương pháp kiểm tra.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau đây rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi (nếu có).

TCVN 2682, Xi măng poóc lăng

TCVN 3106, Hỗn hợp bê tông - Phương pháp xác định độ sụt

TCVN 3108, Hỗn hợp bê tông - Phương pháp xác định khối lượng thể tích

TCVN 3109, Hỗn hợp bê tông - Phương pháp xác định độ tách vữa và độ tách nước

TCVN 3114, Bê tông - Phương pháp xác định độ mài mòn

TCVN 3115, Bê tông - Phương pháp xác định khối lượng thể tích

TCVN 3116, Bê tông - Phương pháp xác định độ chống thấm nước - Phương pháp vết thấm

TCVN 3117, Bê tông - Phương pháp xác định độ co

TCVN 3118, Bê tông - Phương pháp xác định cường độ chịu nén

TCVN 3119, Bê tông - Phương pháp xác định cường độ chịu kéo khi uốn

TCVN 3120, Bê tông - Phương pháp xác định cường độ chịu kéo khi bẻ

TCVN 4316, Xi măng poóc lăng xỉ lò cao

TCVN 4453, Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối - Quy phạm thi công và nghiệm thu

TCVN xxxxx:202x

TCVN 4460, Quặng tinh barit xuất khẩu - Yêu cầu kỹ thuật

TCVN 4506, Nước cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật

TCVN 5726, Bê tông - Phương pháp xác định cường độ lắng trụ, mô đun đàn hồi và hệ số poisson

TCVN 6067, Xi măng poóc lăng bền sulfat

TCVN 6260, Xi măng poóc lăng hỗn hợp

TCVN 7342, Thép phế liệu dùng làm nguyên liệu sản xuất thép cacbon thông dụng - Phân loại và yêu cầu kỹ thuật

TCVN 7569, Xi măng alumin

TCVN 7570, Cốt liệu cho bê tông và vữa

TCVN 7572-11, Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử - Phần 11: Xác định độ nén đập và hệ số hóa mềm của cốt liệu lớn

TCVN 7711, Xi măng poóc lăng hỗn hợp bền sun phát

TCVN 8826, Phụ gia hóa học cho bê tông

TCVN 8827, Phụ gia khoáng hoạt tính cao dùng cho bê tông và vữa - silicafume và tro trấu nghiền mịn

TCVN 9205, Cát nghiền cho bê tông và vữa

TCVN 10303, Bê tông - Kiểm tra và đánh giá cường độ trên mẫu đúc

TCVN 12251, Bảo vệ chống ăn mòn cho kết cấu xây dựng

TCVN 12252, Bê tông - Phương pháp xác định cường độ bê tông trên mẫu lấy từ kết cấu

TCVN 14524, Bê tông - Kiểm tra và đánh giá cường độ trên kết cấu toàn khối và sản phẩm đúc sẵn

TCVN 14525, Bê tông cường độ cao cho kết cấu toàn khối - Kiểm tra và đánh giá chất lượng

TCVN 14585, Bê tông - Yêu cầu kỹ thuật

TCVN 14586, Hỗn hợp bê tông - Yêu cầu kỹ thuật

TCVN xxxxa, Bê tông chịu nhiệt - Yêu cầu kỹ thuật

GOST 7076, Method of determination of steady-state thermal conductivity and thermal resistance (Vật liệu và sản phẩm xây dựng. Phương pháp xác định độ dẫn nhiệt và trở nhiệt trong điều kiện nhiệt ổn định)

GOST 10060, Concretes. Methods for determination of frost-resistance (Bê tông. Phương pháp xác định độ bền băng giá)

GOST 11964, Cast iron and steel shot for industrial use. General specifications (Bi gang và bi sắt kỹ thuật. Yêu cầu kỹ thuật chung)

GOST 13015, *Concrete and reinforced concrete products for construction. General technical requirements. Rules for acceptance, marking, transportation and storage* (Các sản phẩm bê tông và bê tông cốt thép cho xây dựng. Yêu cầu kỹ thuật chung. Nguyên tắc nghiệm thu, ghi nhãn, vận chuyển và bảo quản)

GOST 20426, *Non-destructive testing. Methods of defectoscopy radiation. Field of application* (Kiểm tra không phá hủy. Phương pháp phát hiện khuyết tật bằng bức xạ. Phạm vi áp dụng)

GOST 24544, *Concretes. Methods of shrinkage and creep flow determination* (Bê tông. Phương pháp xác định biến dạng co và từ biến)

GOST 25645.331, *Polymeric materials Requirements for radiation resistance estimation* (Vật liệu polimer. Yêu cầu về đánh giá độ bền bức xạ)

GOST 27006, *Concretes. Rules for mix proposing* (Bê tông. Nguyên tắc lựa chọn thành phần)

GOST EN 13471, *Thermal insulating products for building equipment and industrial installations. Method for determination of the coefficient of thermal expansion* (Sản phẩm cách nhiệt sử dụng trong thiết bị kỹ thuật cho nhà và thiết bị công nghiệp. Phương pháp xác định hệ số giãn nở nhiệt)

GOST R 54855, *Building materials and products. Determination of design thermal value* (Vật liệu và sản phẩm xây dựng. Xác định giá trị tính toán các đặc trưng nhiệt vật lý)

GOST R 56378, *Materials and systems for the protection and repair of concrete structures. Requirements for products repair and bond connections for rehabilitation of structures* (Vật liệu và hệ thống dùng bảo vệ và sửa chữa kết cấu bê tông. Yêu cầu đối với các sản phẩm sửa chữa và kết nối dùng trong khôi phục kết cấu)

3 Thuật ngữ, định nghĩa

Trong tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ được định nghĩa như sau:

3.1

Bê tông siêu nặng (high density concrete)

Bê tông có khối lượng thể tích lớn hơn 2 600 kg/m³.

3.2

Boron frit (boron frit)

Vật liệu hạt rời dưới dạng các hạt thủy tinh hóa chứa không ít hơn 50 % sodium tetraborate, thu được bằng cách nung kết với silicate.

3.3

Chỉ số độ bền bức xạ (radiation resistance index)

TCVN xxxxx:202x

Giá trị đặc trưng của trường bức xạ ion hóa tác động lên kết cấu khi đạt được tiêu chí độ bền bức xạ của bê tông. Đối với bê tông, đặc trưng này là thông lượng neutron hoặc liều hấp thụ bức xạ gamma.

3.4

Cốt liệu nặng (high density aggregate)

Cốt liệu lớn có khối lượng thể tích lớn hơn 3 000 kg/m³ hoặc cốt liệu nhỏ có khối lượng thể tích lớn hơn 2 800 kg/m³.

3.5

Cốt liệu nhân tạo (manufactured aggregate)

Cốt liệu thu được từ việc gia công bổ sung các nguyên liệu tự nhiên hoặc phế thải công nghiệp.

3.6

Cốt liệu tự nhiên (natural aggregate)

Vật liệu vô cơ thu được sau khi gia công nhưng không làm thay đổi thành phần hóa học và thành phần pha của chúng, được đặc trưng bởi nguồn gốc loại đá tạo nên vật liệu này.

3.7

Độ bền bức xạ của bê tông (radiation resistance of concrete)

Khả năng của bê tông duy trì các tính chất của nó (cơ lý, nhiệt lý và các tính chất khác) trong các giới hạn nhất định khi chịu tác động của bức xạ.

3.8

Độ bền nhiệt (temperature resistance)

Khả năng của bê tông chịu được các thay đổi nhiệt độ đột ngột từ nhiệt độ giới hạn cho phép đến nhiệt độ tối đa.

3.9

Gang phế liệu (cast iron scrap)

Phế thải lẫn xỉ của kim loại đen, hình thành trong quá trình sản xuất gang bằng lò cao và đúc gang.

3.10

Hệ số suy giảm bức xạ ion hóa (ionizing radiation attenuation coefficient)

Hệ số thể hiện sự thay đổi của thông số bức xạ ion hóa (liều lượng, công suất liều lượng, v.v.), được tính bằng tỷ lệ giá trị của thông số sau khi đi qua lớp bảo vệ so với giá trị trước khi đi vào lớp bảo vệ.

3.11

Kết cấu bảo vệ chống bức xạ ion hóa (radiation shielding structure)

Kết cấu được dùng để làm giảm dòng bức xạ ion hóa tới mức cho phép.

3.12**Khối lượng thể tích** (density)

Chỉ tiêu chất lượng bê tông, đặc trưng bởi tỷ lệ giữa khối lượng bê tông và thể tích (có tính đến cả thể tích lỗ rỗng) của nó ở trạng thái ẩm quy định.

3.13**Mác bê tông theo khối lượng thể tích (khối lượng thể tích tiêu chuẩn) D** (concrete density grade (standardized density) D)

Thông số chỉ tiêu chất lượng bê tông, được xác định theo giá trị trung bình của khối lượng thể tích của bê tông ở trạng thái khô trong không khí.

3.14**Mẫu chính** (main specimen)

Mẫu được dùng để xác định các đặc tính sau khi thử nghiệm độ bền bức xạ.

3.15**Mẫu kiểm tra** (control specimen)

Mẫu được dùng để xác định các đặc tính trước khi thử nghiệm mẫu chính.

3.16**Nước cấu tạo** (structural water)

Nước tham gia vào mạng lưới tinh thể của các khoáng dưới dạng các ion OH^- , H^+ , H_3O^+ .

3.17**Quặng giàu** (rich ores)

Quặng chứa hàm lượng sắt tổng lớn hơn 60 %.

3.18**Quặng trung bình** (medium ore)

Quặng chứa hàm lượng sắt tổng trong khoảng $50 \% < \text{Fe} < 60 \%$.

3.19**Quặng vê viên** (iron ore pellet)

Quặng tinh nghiền nhỏ có dạng hình cầu, sản phẩm thu được từ quá trình tuyển làm giàu quặng chứa sắt.

3.20**Sắt mịn** (fine-dispersed iron)

TCVN xxxxx:202x

Sản phẩm mịn có kích thước nhỏ hơn 0,5 mm, chứa hàm lượng sắt trên 62 %, thu được sau khi làm giàu quặng sắt bằng phương pháp tách từ.

3.21

Thép phế liệu (steel scrap)

Phế thải lẫn xỉ của kim loại đen hình thành trong quá trình luyện thép và đúc thép.

3.22

Thông số xác định độ bền bức xạ của bê tông (determining parameter of the radiation resistance of concrete)

Tính chất cụ thể của bê tông (cường độ, biến dạng, khối lượng thể tích, ...) mà nếu tính chất này thay đổi vượt quá mức quy định, bê tông sẽ không được sử dụng trong kết cấu.

3.23

Tiêu chí độ bền bức xạ (radiation resistance criterion)

Giá trị giới hạn của thông số quyết định độ bền bức xạ của bê tông.

3.24

Vảy oxit sắt (mill scale)

Chất thải của quá trình luyện kim, thu được khi cán nóng, làm sạch kim loại đen nhờ máy làm sạch bằng ngọn lửa oxy-gas.

4 Phân loại

4.1 Bê tông siêu nặng được phân loại theo chức năng chính, theo loại cốt liệu và theo điều kiện đóng rắn.

CHÚ THÍCH: Việc phân loại bê tông siêu nặng theo các đặc điểm khác do bên thiết kế chỉ định.

4.2 Theo chức năng chính, bê tông siêu nặng bao gồm:

- bê tông siêu nặng kết cấu (để chế tạo các kết cấu chịu lực của nhà và công trình, để làm các kết cấu tải trọng và đối trọng);
- bê tông siêu nặng đặc biệt (bền bức xạ, để làm các kết cấu bảo vệ chống bức xạ).

4.3 Theo loại cốt liệu sử dụng, bê tông được phân loại thành:

- bê tông siêu nặng cốt liệu tự nhiên đặc chắc;
- bê tông siêu nặng cốt liệu nhân tạo đặc biệt (ví dụ như viên kim loại, vảy oxit sắt, quặng vôi viên, gang thép phế liệu);
- bê tông siêu nặng cốt liệu phối hợp.

4.4 Theo điều kiện đóng rắn, bê tông được phân loại thành:

- bê tông siêu nặng đóng rắn trong điều kiện tự nhiên;
- bê tông siêu nặng đóng rắn trong điều kiện dưỡng hộ nhiệt ở áp suất khí quyển.

5 Yêu cầu chung

5.1 Bê tông siêu nặng được sử dụng cho các công trình bảo vệ chống bức xạ ion hóa, cho các kết cấu đối trọng của cầu kéo và cầu nâng, cho các kết cấu chịu tải đường ống, tường chắn, cũng như cho các kết cấu sàn, các cấu kiện của tòa nhà và các công trình có mô đun đàn hồi cao của bê tông.

5.2 Bê tông siêu nặng cần được sản xuất theo các yêu cầu của tiêu chuẩn này, cũng như các văn bản và tài liệu kỹ thuật áp dụng cho loại sản phẩm và kết cấu cụ thể, được phê duyệt theo quy định.

5.3 Đặc trưng của bê tông siêu nặng

5.3.1 Các chỉ tiêu chất lượng chính được tiêu chuẩn hóa và kiểm soát đối với bê tông siêu nặng là:

- cấp cường độ chịu nén B;
- cấp cường độ chịu kéo dọc trục B_t;
- mức khối lượng thể tích D;
- mức chống thấm nước W;
- mức chống mài mòn G;
- mức độ bền băng giá F.

5.3.2 Theo các chỉ tiêu chất lượng, bê tông siêu nặng được phân loại như sau:

- theo cấp cường độ chịu nén B15; B20; B22,5; B25; B27,5; B30; B35; B40; B45; B50; B55; B60; B70; B80; B90; B100;
- theo cấp cường độ chịu kéo dọc trục B_t0,8; B_t1,2; B_t1,6; B_t2,0; B_t2,4; B_t2,8; B_t3,2; B_t3,6; B_t4,0;
- theo mức khối lượng thể tích D2700, D2800, D2900, D3050, D3200, D3350, D3500, D3650, D3800, D4000, D4200, D4400, D4600;
- theo mức chống thấm nước W2; W4; W6; W8; W10; W12; W14; W16; W18; W20;
- theo mức chống mài mòn G1; G2; G3;
- theo mức độ bền băng giá F₁50; F₁75; F₁100; F₁150; F₁200; F₁300; F₁400; F₁600.

5.3.3 Các cấp cường độ, mức khối lượng thể tích, mức chống thấm nước, mức chống mài mòn và mức độ bền băng giá được chỉ định theo tiêu chuẩn thiết kế và được ghi rõ trong tài liệu thiết kế và công nghệ, tài liệu quy định và tài liệu kỹ thuật cho các sản phẩm và kết cấu.

5.3.4 Theo tốc độ phát triển cường độ, bê tông siêu nặng được coi là bê tông siêu nặng đóng rắn nhanh nếu tỷ lệ cường độ ở tuổi 2 ngày trên cường độ bê tông ở tuổi 28 ngày lớn hơn 0,4 và được coi là đóng rắn chậm nếu tỷ lệ này nhỏ hơn hoặc bằng 0,4.

5.3.5 Theo điều kiện làm việc của bê tông siêu nặng trong các môi trường khác nhau và điều kiện vận hành theo **TCVN 12251** và **TCVN xxxxa**, bên thiết kế quy định các yêu cầu bổ sung đối với bê tông siêu nặng. Đối với bê tông siêu nặng kết cấu chịu tác động của bức xạ, cần quy định các yêu cầu về khả năng chống bức xạ.

5.3.6 Tuổi mà bê tông siêu nặng cần đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật phải được ghi rõ trong thiết kế. Tuổi thiết kế của bê tông siêu nặng được xác định theo tiêu chuẩn thiết kế, có tính đến điều kiện đóng rắn, phương pháp thi công và thời gian chịu tải thực tế của kết cấu. Nếu không quy định tuổi thiết kế, bê tông siêu nặng phải đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật ở tuổi 28 ngày.

5.3.7 Các giá trị của chỉ tiêu cường độ tiêu chuẩn của bê tông cốt thép toàn khối ở tuổi trung gian được quy định trong tài liệu kỹ thuật.

5.3.8 Các đặc tính nhiệt của bê tông siêu nặng được trình bày trong **Phụ lục A**.

5.3.9 Trong quá trình sản xuất sản phẩm và kết cấu, cũng như trong việc xây dựng và vận hành các tòa nhà và công trình làm bằng bê tông siêu nặng, không được phát thải các chất độc hại, hỗn hợp khí độc hoặc nguy hiểm ra môi trường vượt quá ngưỡng theo quy định hiện hành.

5.4 Yêu cầu đối với hỗn hợp bê tông siêu nặng

5.4.1 Hỗn hợp bê tông siêu nặng được đặc trưng bởi các tính chất công nghệ sau:

- khối lượng thể tích;
- tính công tác;
- độ phân tầng
- nhiệt độ;
- tính bảo toàn tính chất theo thời gian.

5.4.2 Theo tính công tác, hỗn hợp bê tông siêu nặng được phân loại thành các mức theo độ sụt như trong **Bảng 1**.

Bảng 1 - Mức theo độ sụt

Mức hỗn hợp bê tông siêu nặng	Độ sụt mm
S1	từ 10 đến 40
S2	từ 50 đến 90
S3	từ 100 đến 150
S4	từ 160 đến 200
S5	lớn hơn 200

5.4.3 Độ phân tầng của hỗn hợp bê tông siêu nặng không được vượt quá các giá trị tại **Bảng 2**.

Bảng 2 - Yêu cầu đối với độ phân tầng của hỗn hợp bê tông siêu nặng

Mác theo tính công tác	Độ phân tầng, % , không lớn hơn, theo	
	Độ tách nước	Độ tách vữa
S1, S2	0,5	5
S3, S4, S5	1,0	7

5.4.4 Khi cung cấp hỗn hợp bê tông siêu nặng, sai lệch cho phép so với các giá trị quy định về khối lượng thể tích, tính công tác (độ sụt), độ phân tầng, nhiệt độ và tính bảo toàn các tính chất theo thời gian được trình bày tại **Bảng 3**.

Bảng 3 - Sai lệch cho phép so với giá trị quy định của các chỉ tiêu chất lượng hỗn hợp bê tông siêu nặng

Chỉ tiêu chất lượng hỗn hợp bê tông siêu nặng	Giá trị quy định	Sai lệch cho phép so với giá trị quy định
Khối lượng thể tích, kg/m ³	Từ 2 700 đến 2 900	± 50
	Trên 2 900 đến 3 800	± 75
	Trên 3 800 đến 4 600	± 100
Độ sụt, mm	Nhỏ hơn 160	± 20
	160 và lớn hơn	± 30
Độ phân tầng, % theo độ tách nước	nhỏ hơn 0,5	+ 0,1
	0,5 và lớn hơn	+ 0,2
Độ phân tầng, % theo độ tách vữa	nhỏ hơn 5	+ 0,5
	5 và lớn hơn	+ 1,0
Nhiệt độ, °C	Tất cả các giá trị	± 3
Tính bảo toàn các tính chất theo thời gian	Nhỏ hơn 1 h 30 min	- 10 min
	Từ 1 h 30 min đến 3 h 00 min	- 20 min
	Lớn hơn 3 h 00 min	- 30 min

5.4.5 Thành phần hỗn hợp bê tông được lựa chọn theo **GOST 27006** có tính đến các yêu cầu của **TCVN 12251** và **TCVN xxxxa**. Lựa chọn thành phần hỗn hợp bê tông siêu nặng cần được thực hiện bởi nhân sự có đủ năng lực tại phòng thí nghiệm đủ điều kiện hoạt động. Lựa chọn thành phần hỗn hợp bê tông cho các kết cấu bê tông tiếp xúc với bức xạ được thực hiện có tính đến việc đảm bảo khả năng chống bức xạ cần thiết của bê tông.

5.4.6 Đối với các loại bê tông có độ bền bằng giá từ F_{1200} trở lên, cần sử dụng phụ gia cuốn khí (tạo khí) nếu đã tính trước việc suy giảm khối lượng thể tích của bê tông, nhưng không quá 4 %.

5.4.7 Khi đặt ra một số yêu cầu thiết kế, thành phần hỗn hợp bê tông phải đảm bảo sản xuất ra bê tông có các chỉ tiêu tiêu chuẩn phù hợp với yêu cầu của tiêu chuẩn này.

5.4.8 Ký hiệu hỗn hợp bê tông khi đặt hàng phải bao gồm ký hiệu viết tắt hỗn hợp bê tông, trong đó chỉ rõ loại hỗn hợp bê tông, cấp cường độ, mác khối lượng thể tích, mác độ sụt, mác chống thấm nước, các chỉ tiêu chất lượng khác và ký hiệu của tiêu chuẩn này.

Ví dụ về ký hiệu cho hỗn hợp bê tông siêu nặng có cấp cường độ chịu nén B30, mác khối lượng thể tích D3350, mác độ sụt S2, mác độ chống thấm nước W6:

FHC B30 D3350 S2 W6 **TCVN xxxxx-202x**

5.5 Sản xuất hỗn hợp bê tông và công tác bê tông

5.5.1 Thời gian trộn hỗn hợp bê tông theo mỗi mác khối lượng thể tích và mác độ sụt cần được phòng thí nghiệm của bên sản xuất xác định bằng thực nghiệm nhưng không được ít hơn 2 min.

5.5.2 Để làm chặt hỗn hợp bê tông cần sử dụng thiết bị rung. Cho phép làm chặt hỗn hợp bê tông có mác theo độ sụt S5 mà không cần rung.

5.5.3 Thi công kết cấu toàn khối bằng bê tông siêu nặng cần thực hiện theo **TCVN 4453** và các yêu cầu bổ sung có tính đến đặc thù của bê tông siêu nặng.

5.6 Yêu cầu chung đối với vật liệu sản xuất bê tông

5.6.1 Xi măng, cốt liệu lớn và cốt liệu nhỏ, nước và phụ gia phải đáp ứng yêu cầu của các tiêu chuẩn và tài liệu kỹ thuật đối với loại vật liệu cụ thể, có tính đến các yêu cầu của **TCVN 12251** và **TCVN xxxxa**.

5.6.2 Để nâng cao mức độ liên kết của hỗn hợp bê tông siêu nặng và giảm độ tách vữa, nên sử dụng chất độn mịn và / hoặc sợi kim loại.

5.6.3 Hoạt độ phóng xạ tự nhiên của vật liệu chế tạo hỗn hợp bê tông không được vượt quá các giá trị giới hạn trong **TCVN 14585**.

5.7 Chất kết dính

5.7.1 Chất kết dính có thể là các loại xi măng poóc lăng, xi măng poóc lăng hỗn hợp, xi măng poóc lăng bền sun phát, xi măng poóc lăng hỗn hợp bền sun phát, xi măng alumin và các loại tương tự đáp ứng yêu cầu của các tiêu chuẩn tương ứng.

5.7.2 Để làm các kết cấu bê tông bảo vệ chống bức xạ ion hóa, nên sử dụng các loại xi măng sau:

- xi măng poóc lăng đáp ứng yêu cầu của **TCVN 2682**;
- xi măng poóc lăng hỗn hợp đáp ứng yêu cầu của **TCVN 6260** với phụ gia khoáng là xỉ hạt lò cao hoặc silica fume;
- xi măng poóc lăng xỉ lò cao đáp ứng yêu cầu của **TCVN 4316**;
- xi măng poóc lăng bền sunphát đáp ứng yêu cầu của **TCVN 6067**;
- xi măng poóc lăng hỗn hợp bền sunphát đáp ứng yêu cầu của **TCVN 7711** với phụ gia khoáng là xỉ hạt lò cao.
- xi măng alumin thường đáp ứng yêu cầu của **TCVN 7569**.

5.7.3 Nếu xi măng được lưu trữ trong thời gian dài (hơn 6 tháng) hoặc nếu có những dấu hiệu rõ ràng về sự xuống cấp chất lượng, chẳng hạn như vón cục, có tạp chất, v.v., thì cần phải kiểm tra chất lượng xi măng để đảm bảo đáp ứng các yêu cầu.

5.7.4 Lượng xi măng tối thiểu cần thiết cho bê tông siêu nặng dùng để sản xuất các sản phẩm và kết cấu sử dụng trong môi trường ăn mòn phải được xác định theo **TCVN 12251**.

5.7.5 Xi măng dùng để sản xuất bê tông siêu nặng phải kèm theo chứng từ chất lượng ghi rõ thành phần hóa học và khoáng vật của xi măng.

5.8 Cốt liệu

5.8.1 Cốt liệu cho bê tông siêu nặng được lựa chọn dựa trên kích thước hạt, khối lượng thể tích, cường độ, hàm lượng bùn, bụi, sét, sự hiện diện và hàm lượng các chất gây ô nhiễm có hại và các tạp chất, đặc tính vệ sinh bức xạ và các chỉ tiêu chất lượng khác theo **TCVN 7570** và các điều kiện kỹ thuật sản xuất.

5.8.2 Các vật liệu sau đây được sử dụng để sản xuất cốt liệu cho bê tông siêu nặng:

- Vật liệu tự nhiên, bao gồm: quặng sắt (magnetite, hematite, ilmenite, limonite, ...), quặng barite, barite nghiền và các loại đá khác (gabbro, diabase, basalt, peridotite, thạch anh chứa sắt, ...);
- Vật liệu nhân tạo: quặng vôi viên chứa sắt, vảy oxit sắt, phế liệu kim loại, hạt bi và xỉ.

5.8.3 Cốt liệu lớn cho bê tông siêu nặng có thể là đá dăm từ các loại đá đặc chắc không phải quặng và quặng có thành phần khoáng vật khác nhau, đá dăm từ xỉ, quặng vôi viên nén và phế liệu.

5.8.4 Thành phần hạt của cốt liệu lớn từ các loại đá phải đáp ứng yêu cầu của **TCVN 7570**.

5.8.5 Khi chế tạo bê tông siêu nặng, nên sử dụng cốt liệu nặng có kích thước lớn nhất của hạt cốt liệu đến 70 mm.

5.8.6 Mác theo độ nén đập trong xi lanh của cốt liệu nặng phải không nhỏ hơn 60 theo **TCVN 7570** dựa trên kết quả thử độ nén đập theo **TCVN 7572-11**.

5.8.7 Độ hút nước của cốt liệu tự nhiên phải không lớn hơn:

- 2 % đối với magnetite và barite;
- 10 % đối với limonite và hematite.

5.8.8 Hàm lượng các thành phần có hại trong cốt liệu sử dụng cho bê tông siêu nặng phải không lớn hơn:

- 1,5 % theo khối lượng các loại sulphat (thạch cao, anhydrite) và sunphit, ngoại trừ pirite, tính theo SO_3 ;
- 0,1 % khối lượng, Cl^- ;
- 0,25 % theo khối lượng, các sợi amiăng tự do;
- 1,0 % theo khối lượng, than và các mảnh gỗ.

5.8.9 Cốt liệu cho bê tông siêu nặng phải không gây nguy cơ phản ứng kiềm silic có hại trong bê tông.

CHÚ THÍCH: Bên thiết kế quy định tiêu chuẩn áp dụng trong đánh giá phản ứng kiềm silic của cốt liệu.

5.8.10 Đá dăm từ đá đi kèm quá trình khai thác đá tầng phủ và đá xen kẹp, chất thải không đạt chuẩn từ khai thác quặng kim loại và phi kim, cũng như từ công nghiệp luyện kim phải có khả năng chống lại mọi dạng phân rã.

5.8.11 Cốt liệu dùng trong bê tông siêu nặng phải có tài liệu chất lượng có thông tin về thành phần khoáng vật và hóa học. Tài liệu chất lượng phải được lập cho từng lô cốt liệu cụ thể.

5.8.12 Quặng sắt vụn không qua xử lý dùng làm cốt liệu lớn phải đáp ứng các yêu cầu của **TCVN 7342** hoặc các thông số kỹ thuật dựa trên đó chúng được sản xuất.

5.8.13 Để sản xuất các loại bê tông siêu nặng dùng trong các công trình bảo vệ chống bức xạ neutron, có thể sử dụng cốt liệu đã có hàm lượng nước cấu trúc không ít hơn 10 %.

5.8.14 Cốt liệu nhỏ làm bê tông siêu nặng có thể bao gồm: bi gang, bi sắt nghiền, bi thép đúc và bi thép nghiền có kích thước lên đến 6 mm **GOST 11964**; cát từ vảy oxit sắt có hàm lượng sắt ít nhất 70 % và khối lượng thể tích không nhỏ hơn 5 000 kg/m³; quặng vụn nghiền thành cát cỡ hạt từ 0,16 mm đến 5 mm, quặng barit có kích thước đến 5 mm, bột boron có cỡ hạt đến 5 mm, quặng sắt theo tiêu chuẩn cỡ hạt đến 5 mm, cũng như cát theo **TCVN 7570** và cát nghiền theo **TCVN 9205**.

5.8.15 Cốt liệu kim loại từ chất thải và phụ phẩm công nghiệp phải không chứa dầu, mỡ, sơn và gỉ sét.

5.8.16 Hoạt độ hiệu dụng riêng của các đồng vị phóng xạ tự nhiên trong cốt liệu không được vượt quá:

- 370 Bq/kg đối với bê tông trong các công trình dân dụng và công cộng;
- 740 Bq/kg đối với bê tông trong các công trình công nghiệp.

5.8.17 Cốt liệu cần được vận chuyển, phân loại và xử lý mà không bị lẫn tạp chất, bị đập vỡ hoặc phân tách cỡ hạt.

5.8.18 Các số liệu về cốt liệu được trình bày tại **Phụ lục B** và **Phụ lục C**.

5.9 Chất độn

Các vật liệu sau được sử dụng làm chất độn:

- bột sắt, vảy oxit sắt đã sàng chứa không ít hơn 95 % các hạt nhỏ hơn 0,45 mm;
- quặng sắt tinh chứa không ít hơn 95 % các hạt nhỏ hơn 0,45 mm;
- quặng barit tuyển theo **TCVN 4460**;
- thiêu kết boron trung tính dưới dạng cacbua;
- silicafume theo **TCVN 8827**;
- các loại phụ gia khoáng khác theo quy định của thiết kế.

CHÚ THÍCH: Bên thiết kế quy định các yêu cầu kỹ thuật đối với các chất độn chưa được chuẩn hóa.

5.10 Nước

Nước trộn hỗn hợp bê tông và nước cho phụ gia hóa học phải đáp ứng **TCVN 4506**.

5.11 Phụ gia

5.11.1 Phụ gia hóa học và/hoặc phụ gia khoáng-hóa được sử dụng để điều chỉnh các đặc tính của hỗn hợp bê tông và bê tông. Phụ gia hóa học phải tuân thủ các yêu cầu của **TCVN 8826**, cũng như các yêu cầu kỹ thuật của bên sản xuất phụ gia.

CHÚ THÍCH: Các loại phụ gia khác cần đáp ứng yêu cầu kỹ thuật của bên sản xuất phụ gia và các tiêu chuẩn tương ứng.

5.11.2 Việc sử dụng phụ gia cho bê tông siêu nặng không được làm suy giảm các tính chất vật lý và cơ học của bê tông, giảm khối lượng thể tích xuống dưới mức yêu cầu thiết kế, ăn mòn cốt thép và các bộ phận đặt trước, xuất hiện các khuyết tật, giải phóng hỗn hợp khí độc hại và dễ cháy nổ, hoặc tăng lượng khí tạo ra (theo hydro).

5.11.3 Khi sử dụng phụ gia theo **TCVN 8826** và các phụ gia khác, bao gồm cả các loại có chứa muối clorua, phải đáp ứng các yêu cầu trong **TCVN 12251**.

5.11.4 Các hỗn hợp bê tông mác theo độ sụt từ S3 đến S5 nên được sản xuất bằng cách sử dụng phụ gia siêu dẻo, phụ gia hóa dẻo.

5.11.5 Với bê tông siêu nặng chịu bức xạ neutron cường độ cao, có thể cần hạn chế hoặc cấm sử dụng các vật liệu chứa thành phần hữu cơ (như xi măng hoặc phụ gia khoáng trộn phụ gia hữu cơ, phụ gia hữu cơ, sợi polimer).

6 Nghiệm thu

6.1 Nghiệm thu hỗn hợp bê tông cần được thực hiện theo các chỉ tiêu khối lượng thể tích, tính công tác, độ phân tầng, nhiệt độ và tính bảo toàn các tính chất theo thời gian.

6.2 Nghiệm thu bê tông của các sản phẩm bê tông và bê tông cốt thép đúc sẵn theo các chỉ tiêu chất lượng cần được thực hiện tại nơi sản xuất theo **GOST 13015**.

6.3 Nghiệm thu bê tông của các kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối cần được thực hiện theo các chỉ tiêu chất lượng trong tài liệu thiết kế và công nghệ.

6.4 Nghiệm thu bê tông theo cường độ cần được thực hiện với mỗi lô sản phẩm và kết cấu theo **TCVN 10303**, **TCVN 14524** và **TCVN 14525**.

6.5 Lô sản phẩm đúc sẵn và kết cấu toàn khối sử dụng bê tông siêu nặng được nghiệm thu theo khối lượng thể tích nếu khối lượng thể tích của bê tông không nhỏ hơn giá trị yêu cầu.

6.6 Khả năng sử dụng lô sản phẩm và kết cấu có khối lượng thể tích thực tế không đáp ứng yêu cầu tại **6.5** phải được thống nhất với bên thiết kế.

7 Phương pháp kiểm tra

7.1 Loại, phương pháp và tần suất kiểm tra vật liệu đầu vào cần tuân thủ **TCVN 14586**.

7.2 Các tính chất của hỗn hợp bê tông xác định theo **TCVN 3106**, **TCVN 3108**, **TCVN 3109** và **TCVN 14586**.

7.3 Khối lượng thể tích của bê tông siêu nặng được xác định theo **TCVN 3115**. Khối lượng thể tích của bê tông siêu nặng được tính bằng trung bình cộng các kết quả thử của tất cả các viên mẫu trong tổ mẫu gồm không ít hơn 3 viên mẫu.

7.4 Khối lượng thể tích của bê tông siêu nặng cho kết cấu bảo vệ khỏi bức xạ ion hóa được xác định thông qua thử nghiệm các mẫu ở trạng thái khô tiêu chuẩn theo **TCVN 3115**.

7.5 Sự phù hợp về khối lượng thể tích của bê tông siêu nặng với giá trị yêu cầu được xác nhận bằng các thử nghiệm ở tuổi thiết kế. Chênh lệch khối lượng thể tích của mỗi mẫu thử riêng lẻ so với khối lượng thể tích yêu cầu cần nằm trong khoảng sai lệch cho phép về khối lượng thể tích tại **Bảng 4**.

Bảng 4 - Sai lệch cho phép khi thử nghiệm các mẫu bê tông siêu nặng riêng lẻ

Mác bê tông siêu nặng theo khối lượng thể tích	Sai lệch cho phép, kg/m ³
D2700; D2800	từ - 50 đến + 50
D2900; D3050; D3200; D3350	từ - 50 đến + 100
D3500; D3650; D3800	từ - 75 đến + 125
D4000; D4200; D4400; D4600	từ - 100 đến + 150

7.6 Cường độ bê tông được xác định theo TCVN 3118, TCVN 3119, TCVN 3120, TCVN 12252 và TCVN 14525.

7.7 Độ bền bằng giá của bê tông được xác định và đánh giá theo GOST 10060.

7.8 Độ chống thấm nước của bê tông được xác định và đánh giá theo TCVN 3116.

7.9 Độ mài mòn của bê tông được xác định theo TCVN 3114 và đánh giá theo GOST 13015.

7.10 Độ co của bê tông được xác định theo TCVN 3117, biến dạng từ biến của bê tông được xác định theo GOST 24544.

7.11 Mô đun đàn hồi, hệ số poisson, cường độ lắng trụ của bê tông được xác định theo TCVN 5726.

7.12 Hệ số dẫn nhiệt của bê tông siêu nặng được xác định theo GOST R 54855.

7.13 Hệ số giãn nở nhiệt tuyến tính được xác định theo GOST EN 13471.

7.14 Hệ số làm yếu bức xạ ion hóa của bê tông siêu nặng được xác định theo GOST 20426.

7.15 Xác định độ bền bức xạ của bê tông siêu nặng

7.15.1 Độ bền bức xạ được xác định dựa trên kết quả thử nghiệm bức xạ tại phòng thí nghiệm chuyên ngành được phép tiến hành các thử nghiệm đó, theo quy trình tại các văn bản quy phạm hiện hành dựa trên phương pháp theo GOST 25645.331.

7.15.2 Thử nghiệm chiếu xạ được thực hiện bằng máy X-quang, các nguồn phóng xạ kín dựa trên ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{192}Ir , ^{170}Tm và bức xạ hãm từ máy gia tốc betatron.

Cho phép sử dụng các nguồn năng lượng và bộ chuyển đổi bức xạ khác nếu chúng đảm bảo độ nhạy của thử nghiệm theo yêu cầu của các tài liệu tiêu chuẩn, tài liệu kỹ thuật và bản vẽ thi công đã được phê duyệt cho đối tượng thử nghiệm cụ thể.

7.15.3 Các chỉ số đặc trưng về độ bền bức xạ và tiêu chí đánh giá được quy định theo dự án cụ thể.

7.15.4 Đánh giá độ bền bức xạ là một phần việc trong xác định độ tin cậy vận hành của công trình sử dụng loại bê tông cụ thể chịu tác động của bức xạ.

7.15.5 Đánh giá độ bền bức xạ được thực hiện theo hai giai đoạn:

- giai đoạn 1 - đánh giá sơ bộ;
- giai đoạn 2 - đánh giá kết luận.

7.15.6 Đánh giá sơ bộ độ bền bức xạ của bê tông khi lập danh sách sơ bộ vật liệu cho kết cấu được thực hiện dựa trên chỉ số bức xạ đối với chỉ số đặc trưng quyết định độ bền bức xạ hoặc các dữ liệu tham khảo khác về độ bền bức xạ của bê tông sử dụng các vật liệu cụ thể đã có trước đó.

Đánh giá sơ bộ độ bền bức xạ của bê tông có thành phần đang xét đến được thực hiện dựa trên kết quả thử nghiệm bức xạ trong thành phần công việc nghiên cứu và thử nghiệm sơ bộ vật liệu đó.

7.15.7 Đánh giá kết luận độ bền bức xạ của vật liệu được thực hiện dựa trên thử nghiệm bức xạ.

7.15.8 Đánh giá kết luận về độ bền bức xạ bao gồm:

a) kết luận về khả năng sử dụng bê tông trong điều kiện vận hành quy định trong đầu bài kỹ thuật để tiến hành thử nghiệm bức xạ (sau đây gọi là kết luận về độ bền bức xạ);

b) thiết lập các chỉ số bức xạ nhằm mục đích so sánh các vật liệu dựa trên độ bền bức xạ của chúng.

7.15.9 Yêu cầu về nội dung của đầu bài kỹ thuật thử nghiệm bức xạ

7.15.9.1 Trong đầu bài kỹ thuật thử nghiệm bức xạ vật liệu phải cho trước các số liệu về kết cấu bê tông, về điều kiện thi công và điều kiện vận hành.

7.15.9.2 Số liệu về điều kiện vận hành bao gồm: loại, năng lượng, phổ, liều hấp thụ và công suất liều hấp thụ của bức xạ ion hóa, đặc điểm của tác động bức xạ (tĩnh hoặc xung), nhiệt độ, môi trường vận hành và các yếu tố ảnh hưởng bên ngoài khác với các đặc tính định lượng của chúng, cũng như độ không đồng nhất cho phép của phân bố liều hấp thụ trên toàn bộ chiều dày kết cấu. Đối với bức xạ xung, cần chỉ định thời lượng và tần số lặp lại.

7.15.9.3 Số liệu về kết cấu bê tông bao gồm: tên, mục đích sử dụng, cấp (mác), thông tin tiêu chuẩn áp dụng cho bê tông, độ dày của kết cấu, ngày sản xuất, điều kiện đóng rắn và các chỉ số đặc trưng về độ bền bức xạ cần thử nghiệm cũng như các giá trị tối đa cho phép của tải trọng bức xạ.

7.15.9.4 Tiêu chí phân định độ bền bức xạ của bê tông được lấy theo thay đổi tương đối cho phép của chỉ số đặc trưng hoặc chỉ số quyết định khả năng chống bức xạ trong hoặc sau khi chiếu xạ, được biểu thị bằng phần trăm với dấu cộng hoặc trừ (xem **Bảng 5**).

7.15.9.5 Tiêu chí phân định độ bền bức xạ không chỉ ra giới hạn khả năng làm việc của vật liệu.

7.15.10 Tiến hành thử nghiệm

7.15.10.1 Thử nghiệm độ bền bức xạ cần được tiến hành cho thành phần bê tông cụ thể.

7.15.10.2 Thử nghiệm được tiến hành trên mẫu hình trụ hoặc lập phương với các cạnh phụ thuộc vào kết cấu của buồng chiếu xạ. Trước khi thử nghiệm, mẫu được lưu giữ trong điều kiện độ ẩm thông thường trong vòng 28 ngày hoặc trong các điều kiện khác theo thỏa thuận với bên thiết kế.

7.15.10.3 Để đánh giá ảnh hưởng của tác động ion hóa và tác động nhiệt, cần chuẩn bị các tổ mẫu, bao gồm:

- tổ mẫu đối chứng;

- tổ mẫu thí nghiệm, được chiếu xạ bằng bức xạ neutron và/hoặc gamma.

7.15.10.4 Số lượng mẫu trong mỗi tổ mẫu kiểm tra không ít hơn 3 viên đối với mỗi loại thử nghiệm.

7.15.10.5 Môi trường và nhiệt độ khi thử nghiệm do bên thiết kế quy định.

Bảng 5 - Chỉ số đặc trưng và chỉ số quyết định độ bền bức xạ của vật liệu và tiêu chí phân định độ bền bức xạ

Chức năng của vật liệu	Chỉ số đặc trưng hoặc chỉ số quyết định độ bền bức xạ	Tiêu chí phân định độ bền bức xạ %	Tiêu chuẩn phương pháp thử
Vật liệu cho kết cấu chịu lực và bao che	Cường độ chịu nén, MPa Cường độ chịu kéo, MPa Khối lượng thể tích, kg/m ³ Hệ số dẫn nhiệt, W/m.K Biến dạng dài, mm/m	*	TCVN 3118 TCVN 3119, TCVN 3120 TCVN 3115 GOST 7076 TCVN 3117
Vật liệu sửa chữa gốc xi măng	Cường độ chịu nén, MPa Cường độ chịu kéo, MPa Cường độ bám dính, MPa	*	GOST R 56378 GOST R 56378 GOST R 56378
Vật liệu bảo vệ sinh học cho lò phản ứng hạt nhân	Hàm lượng nguyên tử hydro, % khối lượng	-1	**
* Tiêu chí phân định độ bền bức xạ do bên thiết kế quy định. ** Tài liệu tiêu chuẩn áp dụng cho vật liệu do bên thiết kế quy định.			

7.15.10.6 Điều kiện chiếu xạ mẫu (phổ neutron và lượng tử gamma, thông lượng neutron và liều hấp thụ bức xạ gamma, nhiệt độ chiếu xạ) phải tương ứng với các điều kiện vận hành trong kết cấu của bê tông được thử nghiệm.

7.15.10.7 Khi thử nghiệm độ bền bức xạ, cần kiểm tra các thông số sau: cường độ chịu nén và chịu kéo, khối lượng thể tích, hệ số dẫn nhiệt, biến dạng dài, động học và thành phần của khí hình thành. Để đánh giá tác động của bức xạ ion hóa cần so sánh các tính chất và thông số của mẫu thí nghiệm với mẫu đối chứng.

7.15.10.8 Kết quả của thử nghiệm là chỉ số bền bức xạ của thành phần bê tông nhất định, mà tiêu chí độ bền bức xạ của thông số xác định độ bền bức xạ của thành phần bê tông đó được đáp ứng

Phụ lục A

(tham khảo)

Các đặc tính nhiệt vật lý của bê tông siêu nặng

Bảng A.1 - Hệ số biến dạng nhiệt tuyến tính của bê tông siêu nặng

Tính toán khi tăng nhiệt	Hệ số biến dạng nhiệt tuyến tính của bê tông siêu nặng a_{bt} $10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, khi bê tông ở nhiệt độ, $^{\circ}\text{C}$			
	50	100	200	300
Ngắn hạn ^a	8,5	8,5	7,5	7,0
Dài hạn ^b	2,5	3,0	5,2	5,5

^a Tăng nhiệt ngắn hạn - quá trình tăng nhiệt đầu tiên của kết cấu đến nhiệt độ tính toán khi chế tạo.

^b Tăng nhiệt dài hạn - tác động của nhiệt độ tính toán trong quá trình vận hành (phân biệt tăng nhiệt dài hạn liên tục và tăng nhiệt dài hạn theo chu kỳ).

Bảng A.2 - Hệ số co nhiệt tuyến tính của bê tông siêu nặng

Tính toán khi tăng nhiệt	Hệ số co nhiệt tuyến tính a_{cs} $10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, khi bê tông ở nhiệt độ, $^{\circ}\text{C}$			
	50	100	200	300
Ngắn hạn ^a	0,0	0,5	0,9	1,1
Dài hạn ^b	7,0	6,5	3,5	2,8

^a Tăng nhiệt ngắn hạn - quá trình tăng nhiệt đầu tiên của kết cấu đến nhiệt độ tính toán khi chế tạo.

^b Tăng nhiệt dài hạn - tác động của nhiệt độ tính toán trong quá trình vận hành (phân biệt tăng nhiệt dài hạn liên tục và tăng nhiệt dài hạn theo chu kỳ).

Bảng A.3 - Các đặc tính nhiệt vật lý của bê tông siêu nặng

Các đặc tính nhiệt vật lý	Giá trị của các hệ số ở nhiệt độ $^{\circ}\text{C}$			
	20	100	200	300
Độ dẫn nhiệt, W/m.K	3,61	3,14	2,91	2,79
Độ khuếch tán nhiệt, $10^{-3} \text{ m}^2/\text{h}$	3,8	3,1	2,6	2,5
Nhiệt dung, kJ/(kg. $^{\circ}\text{C}$)	0,83	0,88	0,92	1,00

Phụ lục B

(tham khảo)

Các đặc tính kỹ thuật cơ bản của cốt liệu cho bê tông siêu nặng**Bảng B.1 - Các đặc tính kỹ thuật cơ bản của cốt liệu cho bê tông siêu nặng**

Loại cốt liệu	Chỉ tiêu			
	Khối lượng thể tích kg/m ³	Khối lượng thể tích xốp kg/m ³	Khối lượng thể tích xốp lèn chặt kg/m ³	Kích thước hạt mm
Quặng sắt vôi viên	4 800 - 5 200	2 000	2 400	-
Vảy oxit sắt cán nóng	5 300 - 5 400	2 200	3 000	0 - 10
Vảy oxit sắt làm sạch bằng lửa	5 000 - 5 600	2 200	3 000	0 - 5
Quặng sắt tinh	4 850 - 5 150	2 000	2 400	0,001 - 1
Cát từ vảy oxit sắt	5 400 - 5 550	2 200	2 850 - 3 100	0 - 5
Bi gang	7 200 - 7 300	4 200	4 200	0,1 - 8
Serpentine	2 400 - 2 850	-	-	-
Quặng magnetite	4 400 - 5 900	-	-	-
Quặng hematite	3 200 - 4 300	-	-	-

Phụ lục C

(tham khảo)

Khối lượng thể tích của bê tông siêu nặng theo loại cốt liệu sử dụng

Bảng C.1 - Khối lượng thể tích của bê tông siêu nặng

Loại cốt liệu	Khối lượng thể tích của bê tông kg/m ³
Đá dăm limonite, cát limonite	từ 2 600 đến 3 000
Đá dăm magnetite, cát magnetite	từ 2 800 đến 4 000
Đá dăm barite, cát thông thường	từ 3 000 đến 3 200
Đá dăm barite, cát barite	từ 3 300 đến 3 600
Đá dăm ilmenite, cát ilmenite	từ 4 000 đến 4 500
Đá dăm chromite, cát thông thường	từ 2 800 đến 3 050
Gang phế liệu	từ 3 700 đến 4 600

Thư mục tài liệu tham khảo

[1] GOST R 70222-2022 Extra heavy-weight concretes. Specifications.

DỰ THẢO - DỰ THẢO - DỰ THẢO