

ЖАРОСТОЙКИЕ БЕТОНЫ

СИНЯВСКИЙ А.С.

ВВЕДЕНИЕ

- **Жаростойкий бетон** — это специальный бетон, способный не изменять требуемые физико-механические свойства при длительном воздействии высокой температуры (свыше 200°C).
- Жаростойкий бетон предназначается для промышленных агрегатов (облицовки котлов, футеровки печей и т.п.) и строительных конструкций, подверженных нагреванию (например, для дымовых труб)..



ВИДЫ ЖАРОСТОЙКИХ БЕТОНОВ

- По прочности на сжатие жаростойких бетонов в соответствии с СТ СЭВ 1406-78 установлены следующие классы: В1; В1,5; В2; В2,5; В3,5; В5; В7,5; В10; В12,5; В15; В20; В25; В30; В35; В40.
- Различают жаростойкие бетоны следующих марок по средней плотности: D300; D400; D500; D600; D700; D800; D900; D1000; D1100; D1200; D1300; D1400; D1500; D1600; D1700; D1800;
- По термической стойкости в водных теплосменах (бетоны плотной структуры со средней плотностью 1200-2900 кг/м³): Твд5, Твд10, Твд15, Твд25, Твд35, Твд40
- По термической стойкости в воздушных теплосменах: Твз5, Твз10, Твз15, Твз20, Твз25 (бетоны плотной структуры 500-1100 кг/м³) Твз5, Твз10 (бетоны ячеистой структуры 600-1000 кг/м³)
- По морозостойкости (бетоны плотной структуры со средней плотностью 1200-2900 кг/м³): F15, F25, F35, F50, F75
- По водонепроницаемости (бетоны со средней плотностью 1200-2900 кг/м³): В2, В4, В6, В8
- Для жаростойких бетонов марок средней плотности D300-D1100 термическая стойкость в водных теплосменах, морозостойкость и водонепроницаемость не нормируется. Для жаростойких бетонов марок по средней плотности D300 и D400 не нормируется термическая стойкость в воздушных теплосменах.
- В зависимости от способа укладки и уплотнения бетонной смеси, различают жаростойкие бетоны: вибрированные, трамбованные, прессованные, торкретированные (нанесение пневмо- или механическим способом).

- По предельно допустимой температуре применения жаростойкие бетоны подразделяются на 14 классов:

Класс	Предельно допустимая температура применения, °С:
3	300
6	600
7	700
8	800
9	900
10	1000
11	1100
12	1200
13	1300
14	1400
15	1500
16	1600
17	1700
18	свыше 1800

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖАРОСТОЙКИХ БЕТОНОВ

- **Вяжущие материалы:**

Жаростойкий бетон изготавливают на портландцементе с активной минеральной добавкой (пемзы, золы, доменного гранулированного шлака, шамота). Шлакопортландцемент уже содержит добавку доменного гранулированного шлака и может успешно применяться при температурах до 700°C.

Портландцемент и шлакопортландцемент нельзя применять для жаростойкого бетона, подвергающегося кислотной коррозии (например, действию сернистого ангидрида в дымовых трубах). В этом случае следует применить бетон на жидком стекле. Он хорошо противостоит кислотной коррозии и сохраняет свою прочность при нагреве до 1000°C.

Еще большей огнеупорностью (не ниже 1580°C) обладает высокоглиноземистый цемент с содержанием глинозема 65-80%; в сочетании с высокоогнеупорным наполнителем его применяют при температурах до 1700°C.

Столь же высокой огнеупорности позволяют достигнуть фосфатные и алюмофосфатные связующие: фосфорная кислота алюмофосфаты и магнийфосфаты. Жаростойкие бетоны на фосфатных связующих можно применять при температурах до 1700°C, они имеют небольшую огнеую усадку, термически стойки, хорошо сопротивляются истиранию.



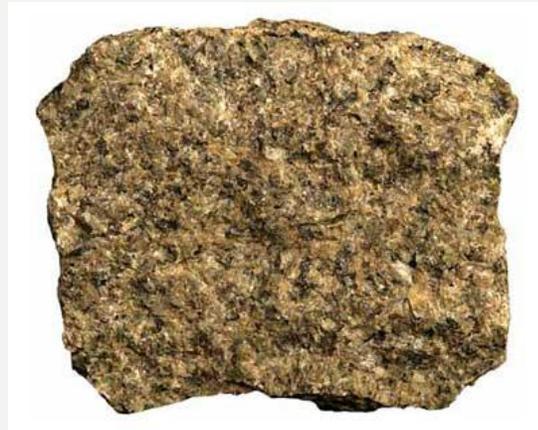
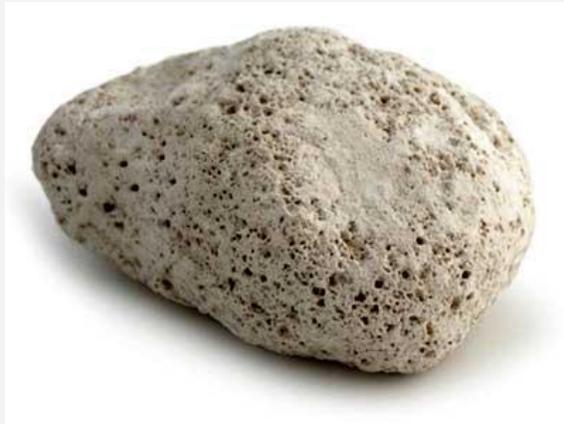
- **Заполнители:**

Заполнитель для жаростойкого бетона должен быть не только стойким при высоких температурах, но и обладать равномерным температурным расширением.

Бескварцевые изверженные горные породы как плотные (сиенит, диорит, диабаз, габбро), так и пористые (пемза, вулканические туфы, пеплы) можно использовать для жаростойкого бетона, применяемого при температурах до 700°C.

Для бетона, работающего при температурах 700-900°C, целесообразно применять бой обычного глиняного кирпича и доменные отвалы шлаки.

При более высоких температурах заполнителем служат огнеупорные материалы: кусковой шамот, хромитовая руда, бой шамотных, хроммагнетитовых и других огнеупорных изделий.



ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖАРОСТОЙКИХ БЕТОНОВ

- Вяжущее

№ п.п.	Вяжущее	Требования
1	Портландцемент, портландцемент с минеральными добавками, быстротвердеющий портландцемент	Марка цемента не ниже 400. Для бетонов с предельно допустимой температурой применения выше 300 °С употребляют только с тонкомолотой добавкой
2	Шлакопортландцемент	Марка не ниже 400. Необходимость введения тонкомолотой добавки определяется величиной остаточной прочности бетона
3	Глиноземистый цемент	Марка цемента не ниже 400
4	Высокоглиноземистый цемент	Марка не ниже 400. Для бетонов, предназначенных для работы в условиях агрессивной водородной среды, содержание оксида железа не должно превышать 0,05 % и оксида кремнезема 0,1 %
5	Жидкое стекло силикат натрия растворимый	Модуль жидкого стекла 2,4-3. Модуль определяется по ГОСТ 13078-81*или по прил. I. Плотность жидкого стекла 1,34-1,38г/см ³
6	Ортофосфорная кислота	Концентрация ортофосфорной кислоты 50 или 70 % в зависимости от состава бетона.

- **Отвердители**

Для обеспечения процессов твердения жаростойких бетонов на жидком стекле необходимо введение отвердителей, требования к которым приведены в таблице. Нефелиновый шлам является вторичным продуктом производства алюминия из нефелиновой породы и для употребления должен быть размолот до удельной поверхности, значения которой приведены в таблице. Шлаки, саморассыпающиеся в результате силикатного распада, так же являются вторичными продуктами ферросплавных и металлургических заводов и могут использоваться без дополнительного помола.

№пп	Отвердители	Дополнительные требования
1	Кремнефтористый натрий технический	Содержание Na_2SiF_6 не менее 93 %
2	Нефелиновый шлам	Химический состав: CaO -50..... 55 %; SiO_2 - 25 ... 30 %; FeO не более 4 %; Al_2O_3 - не более 5 %, п.п.п. - не более 4,5 %. Удельная поверхность не менее 2500 $\text{см}^2/\text{г}$
3	Шлаки саморассыпающиеся в результате силикатного распада	Химический состав: SiO_2 -25..... 30 %, CaO - 40..... 50 %, $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ не более 1 %, Al_2O_3 - 4..8 % и других примесей не более 20 %. Удельная поверхность не менее 3000 $\text{см}^2/\text{г}$

- **Тонкомолотые добавки**

Тонкомолотые добавки вводят в жаростойкий бетон на портландцементе для связывания свободного гидроксида кальция и обеспечения стойкости бетона в условиях воздействия высоких температур; в жаростойкий бетон на жидком стекле - для повышения температуры применения, улучшения удобоукладываемости бетонной смеси и обеспечения плотной структуры бетона; в жаростойкий бетон на ортофосфорной кислоте - для обеспечения твердения, улучшения удобоукладываемости бетонной смеси и обеспечения плотной структуры бетона.

№ п.п.	Тонкомолотая добавка	Содержание основных компонентов, %	Рекомендуется применять для бетонов	
			с предельно допустимой температурой, °С, не более	с вяжущим
1	Шамотная	Al ₂ O ₃ - 28 - 45, Fe ₂ O ₃ - не более 5,5	1200	Портландцемент
			1200	Быстротвердеющий портландцемент
			1200	Жидкое стекло
			1300	Ортофосфорная кислота концентрации 50 %
			1400	То же, 70 %
2	Муллитокорундовая	Al ₂ O ₃ -72-90, Fe ₂ O ₃ -- не более 1,5	1800	Ортофосфорная кислота 70 %-й концентрации
3	Корундовая	Al ₂ O ₃ - св. 90, Fe ₂ O ₃ - не более 1	1800	То же
4	Магнезитовая (периклазовая)	MgO - не менее 80	1600	Жидкое стекло

№ п.п.	Тонкомолотая добавка	Содержание основных компонентов, %	Рекомендуется применять для бетонов	
			с предельно допустимой температурой, °С, не более	с вяжущим
5	Глиноземистый цемент (при снижении активности молоть до удельной поверхности 2500 см ² /г)	-	1000	Портландцемент
6	Силикат-глыба с удельной поверхностью 2500 см ² /г	-	1000	То же
7	Бетонная из лома жаростойкого бетона на жидком стекле с шамотным заполнителем	Na ₂ O - не более 4	1100	-
8	Бетонная из лома жаростойкого бетона на портландцементе с шамотным заполнителем	CaO - не более 41, Al ₂ O ₃ - не менее 14	1100	-
9	Бетонная из лома жаростойкого бетона на глиноземистом цементе с шамотным заполнителем	CaO - не более 25, Al ₂ O ₃ - не менее 33	1100	-
10	Кордиеритовая	Содержание минерала кордиерит не менее 80, MgO-12-14, Fe ₂ O ₃ - не более 2,5	1100	-
11	Хромитовая	MgO - не менее 40, Cr ₂ O ₃ - не менее 25	600	-
12	Керамзитовая	SiO ₂ , - 55 - 80, Al ₂ O ₃ - 7 - 21	1000	-
13	Из катализатора ИМ 2201 отработанного	Al ₂ O ₃ - 60 - 80, Cr ₂ O ₃ - 10- 13, SiO ₂ - 8 - 10	1200	Жидкое стекло

- **Заполнители**

Заполнители, применяемые в жаростойких бетонах, могут быть промышленного изготовления или приготовлены на месте производства работ дроблением соответствующих материалов.

№ п.п.	Заполнитель	Содержание основных компонентов, %	Рекомендуется применять для бетона	
			с предельно допустимой температурой применения, °С, не более	с вяжущим
1	Из доменных отвалных шлаков	CaO и MgO - в сумме не более 48, в том числе MgO - не более 10, сульфатов в пересчете на SO ₃ - не более 5, свободных CaO и MgO - в сумме не более 2	700	Портландцемент, шлакопортландцемент
2	Аглопоритовые	Свободных CaO и MgO - в сумме не более 2, карбонатов - не более 2	900	То же
3	Из боя глиняного кирпича	То же	800	“
4	Шлаковая пемза (средняя плотность не более 750кг/м ³)	Свободных CaO и MgO - в сумме не более 1, Fe ₂ O ₃ - не более 5,5; сульфатов в пересчете на SO ₃ - не более 0,3	800	“
5	Из топливных шлаков и золошлаковая смесь	SiO ₂ и Al ₂ O ₃ - в сумме не менее 75, CaO - не более 4, Потери при прокаливании не более 8, сульфатов в пересчете на SO ₃ - не более 3	800	Портландцемент, шлакопортландцемент

№ п.п.	Заполнитель	Содержание основных компонентов, %	Рекомендуется применять для бетона	
			с предельно допустимой температурой применения, °С, не более	с вяжущим
6	Из литого шлака (устойчивый против любого вида распада)	CaO и MgO - в сумме не более 48, в том числе MgO - не более 10, сульфатов в пересчете на SO ₃ - не более 5, свободных CaO и MgO - в сумме не более 2	800	То же
7	Гранулированный шлак	То же	600	“
8	Бетонный из лома жаростойких бетонов с шамотным заполнителем на портландцементе	CaO - не более 41, Al ₂ O ₃ - не менее 14	1100	Портландцемент
9	Бетонный из лома жаростойких бетонов с шамотным заполнителем на жидком стекле	Na ₂ O - не более 4	1000 1200	Жидкое стекло с кремнефтористым натрием Жидкое стекло с нефелиновым шламом или саморассыпающимися шлаками

- Для заполнителей, используемых в бетоне с предельно допустимой температурой применения выше 1200 °С, огнеупорность должна быть не менее величин, указанных в таблице.

Заполнитель	Огнеупорность, °С, не менее
Шамотный и из боя шамотных легковесных изделий	1580
Титаноглиноземистый	1650
Хромоглиноземистый	1700
Периклазошпинельный	1800
Муллитокорундовый	1850
Корундовый	1900
Магнезитовый	Более 1900

- Для заполнителей, применяемых в бетоне со средней плотностью после сушки менее 900 кг/м³, средняя насыпная плотность заполнителя должна быть не более величин, указанных в таблице.

Заполнитель	Средняя насыпная плотность, кг/м ³
Перлит	300-500
Керамзит	350-800
Вспученный вермикулит	100-200
Из боя шамотных легковесных изделий	500-800

- Рекомендуемый зерновой состав заполнителей для жаростойкого бетона, кроме керамзита:

Заполнитель	Максимальная крупность зерен, мм	Полный остаток, % массы, на сите с отверстиями размером, мм							
		20	10	5	2,5	1,2	0,6	0,3	0,14
Мелкий	5	-	-	0,5	10-30	20-55	40-70	70-95	80-100
Крупный	20	0-5	30-60	90-100	-	-	-	-	-
“	10	-	0-5	90-100	-	-	-	-	-

- Рекомендуемый зерновой состав керамзитового заполнителя:

Размер отверстий сита в свету, мм	20	10	5	1,25	0,14
Полный остаток на ситах, % массы	0-5	25-40	45-65	70-75	80-100

- Особое внимание следует уделять чистоте заполнителя. Наличие в заполнителе включений известняка, доломита, гранита и др. не допускается. Заполнители для жаростойкого бетона, получаемые кратковременным обжигом природных пород (перлит и вермикулит), не должны содержать недовспученных зерен.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ ЖАРОСТОЙКОГО БЕТОНА

- Приготовление бетонной смеси в производственных условиях из отдельных исходных материалов включает дозирование составляющих бетонной смеси на один замес, перемешивание и подачу бетонной смеси к месту укладки бетона.
- Все исходные материалы дозируют по массе. При дозировании материалов на замес отклонения не должны превышать $\pm 1\%$ массы вяжущих, отвердителей, тонкомолотых добавок и воды и $\pm 2\%$ - массы заполнителей.
- Заполнители для легкого жаростойкого бетона (керамзит, вермикулит и перлит) допускается дозировать по объему с точностью $\pm 3\%$.
- Бетонную смесь следует готовить в бетоносмесителях принудительного действия. Приготовление бетонной смеси в смесителях принудительного действия должно осуществляться следующим образом: в смеситель загружают сухие материалы и перемешивают их не менее 1 мин, после чего в смесь заправляют один из затворителей (вода, жидкое стекло, раствор ортофосфорной кислоты), соответствующий данному виду бетона, и перемешивают смесь не менее 3 мин.
- Жаростойкие бетоны на портландцементе, высокоглиноземистом и глиноземистом цементах и жидком стекле со средней плотностью более 1300 кг/м³ допускается готовить в бетоносмесителях со свободным падением при обеспечении однородности бетона по прочности и средней плотности.

- При приготовлении бетонов на портландцементе, высокоглиноземистом, глиноземистом цементах и жидком стекле в смесителях со свободным падением материала в барабан заливают 0,9 потребного на замес количества воды или жидкого стекла и загружают тонкомолотую добавку, примерно половину крупного заполнителя и цемент, после чего перемешивают смесь не менее 1 мин. Затем при непрерывном вращении барабана загружают весь заполнитель и доливают остальную воду или жидкое стекло. Бетонную смесь перемешивают не менее 5 мин. При приготовлении бетонной смеси на жидком стекле рекомендуется производить предварительное перемешивание отвердителя и тонкомолотой добавки.
- Бетоносмеситель загружают в соответствии с его паспортной вместимостью, не допуская отклонения более чем на 10 %. Коэффициент выхода бетонной смеси 0,6 - 0,65.
- Бетонную смесь на глиноземистом цементе и жидком стекле с нефелиновым шламом или саморассыпающимися шлаками не рекомендуется готовить при температуре выше 25 °С, не допускается также воздействие прямых солнечных лучей на бетонную смесь.
- Готовую смесь из бетоносмесителя выгружают в транспортную тару, доставляют к месту укладки и загружают в опалубку или форму.
- Бетонные смеси на жидком стекле и ортофосфорной кислоте транспортированию автотранспортом не подлежат. Приготовление бетонной смеси должно производиться на месте производства работ. Время укладки бетонной смеси от затворения ее затворителем не должно превышать 30 мин. При транспортировании бетонной смеси на цементных вяжущих должны быть приняты меры, предотвращающие ее расслаивание; для этой цели следует по возможности сократить время и расстояние транспортировки.

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

- ГОСТ 310.2-76 Цементы. Методы определения тонкости помола
- ГОСТ 2642.0-86 Огнеупоры и огнеупорное сырье. Общие требования к методам анализа
- ГОСТ 9758-86 Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний
- ГОСТ 10060-87 Бетоны. Методы контроля морозостойкости
- ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия
- ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам
- ГОСТ 10181.0-81 Смеси бетонные. Общие требования к методам испытаний
- ГОСТ 10181.1-81 Смеси бетонные. Методы определения удобоукладываемости
- ГОСТ 12730.2-78 Бетоны. Метод определения влажности
- ГОСТ 12730.5-84 Бетоны. Методы определения водонепроницаемости
- ГОСТ 12865-67 Вермикулит вспученный
- ГОСТ 13015.1-81 Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные. Приемка
- ГОСТ 18105-86 Бетоны. Правила контроля прочности
- И многие другие