**Государственный комитет СССР по делам строительства**

**(Госстрой СССР)**

**инструкция**

**по технологии изготовления конструкций и изделий из плотного силикатного бетона**

**СН 529-80**

*Утверждена постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 23 октября 1980 г. № 168*

Инструкция по технологии изготовления конструкций и изделий из плотного силикатного бетонаСН 529-80/Госстрой СССР.

Регламентирует требования по технологии изготовления конструкций и изделий из плотного силикатного бетона. Приведены технические требования к исходным сырьевым материалам: параметры вяжущего и бетонных смесей, способы их приготовления и контроля; параметры формирования и уплотнения смесей, параметры автоклавной обработки. Рассмотрены методы контроля качества изделий и правила их приемки.

Для инженерно-технических работников заводов-изготовителей строительных конструкций.

Инструкция разработана НИИСКом Госстроя СССР, ВНИИстромом им. Í.Í. Áóäíèêîâà Ìèíñòðîéìàòåðèàëîâ ÑÑÑÐ è ÂÍÈÈÏÎ ÌÂÄ ÑÑÑÐ.

Редакторы - инж. *Г.М. Гунько* (Госстрой СССР, кандидаты техн. наук *В.И. Скатынский, Å.È. Яикота,* инж. *С.М. Финкельштейн* (НИИСК Госстроя СССР), кандидаты техн. наук *П.М. Зильберфанб, С.М. Медин, Е.Н. Леонтьев* (ВНИИстром им. П.Н. Будникова Минстройматериалов СССР), д-р техн. наук проф. *А.И.* *Яковлев* (ÂÍÈÈÏÎ ÌÂÄ ÑÑÑÐ).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Государственный  | Строительные нормы | СП 529-80 |
| комитет СССР по делам строительства (Госстрой СССР) | Инструкция по технологии изготовления конструкций и изделий из плотного силикатною бетона | ⎯ |

**1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

1.1. Настоящая Инструкция содержит основные требования по производству крупноразмерных конструкций и изделий из силикатного бетона плотной структуры (проектных марок по прочности на сжатие от М 150 до М 700).

Плотный силикатный бетон - искусственный каменный материал, получаемый в результате автоклавного твердения бетонных смесей, приготовленных из известково-кремнеземистых вяжущих, заполнителей и воды.

1.2. Изготовление конструкций и изделий из плотного силикатного бетона должно производиться по утвержденным и установленном порядке технологическим картам, составленным применительно к условиям конкретного производства и вида конструкций и изделий.

1.3. Конструктивные характеристики плотного силикатного бетона должны соответствовать главе СНиП по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из плотного силикатного бетона.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Внесены НИИСКом Госстроя СССР и ВНИИстромом им. П.П. Будникова Минстройматериалов СССР | Утверждена постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 23 октября 1980 г. № 168 | Срок введения в действие 1 июля 1981 г. |

**2. МАТЕРИАЛЫ И ТРЕБОВАНИЯ К НИМ**

2.1. Для приготовления силикатного бетона плотной структуры следует применять вяжущие, получаемые на основе известковых и кремнеземистых материалов, заполнители и воду.

**Известково-кремнеземистые вяжущие**

2.2. Известково-кремнеземистым вяжущим материалом является продукт совместного тонкого измельчения негашеной воздушной кальциевой извести или вяжущих известково-белитового типа (известь гидравлическая и известково-белитовое вяжущее) с кремнеземистыми материалами, которые вступают между собой в химическое взаимодействие в процессе автоклавной обработки. Допускается использование воздушной магнезиальной и доломитовой извести, удовлетворяющей требованиям ГОСТ 9179-77, если она получена обжигом в кипящем слое или во взвешенном состоянии и по заключению научно-исследовательских организаций пригодна в производстве изделий из плотного силикатного бетона. В состав вяжущих вводятся также добавки для регулирования сроков схватывания, повышения размолоспособности и пластификации. В качестве кремнеземистых компонентов используются:

песок кварцевый, кварцево-полевошпатовый или полиминерального состава, отходы горнообогатительных комбинатов;

шлаки ⎯ все разновидности гранулированных шлаков (металлургии, энергетики и электротермического производства фосфора) и доменные медленно охлажденные (отвальные) шлаки.

2.3. Инструкция предусматривает применение известково-кремнеземистого вяжущего следующих видов:

известково-песчаного, приготовленного на основе воздушной кальциевой, магнезиальной или доломитовой извести и песка;

известково-песчаного, приготовленного на основе вяжущих известково-белитового типа (известь гидравлическая, получаемая из мергелизованных карбонатных пород естественного состава и известково-белитовое вяжущее, получаемое из искусственных карбонатно-кремнеземистых смесей);

èçâåñòêîâî-øëàêîâîãî приготовленного на основе воздушной извести и шлаков.

2.4. Известь воздушная кальциевая, магнезиальная и доломитовая должна удовлетворять требованиям ГОСТ 9179-77 для всех трех сортов с длительностью гидратации не более 25 мин.

Известь гидравлическая, получаемая из мергелизованных карбонатных пород естественного состава, должна удовлетворять требованиям ГОСТ 917977 или извести двух видов — слабо- и сильногидравлической.

Известково-белитовое вяжущее, получаемое из искусственных карбонатно-кремнеземистых смесей, должно удовлетворять требованиям ТУ 21-31-80.

2.5. Песок, используемый в качестве компонента вяжущего, должен удовлетворять требованиям ОСТ 21-1-80, применительно к изделиям из плотного силикатного бетона.

2.6. Шлаки должны соответствовать ГОСТ 3476-74 и удовлетворять следующим требованиям:

содержание сернистых и сернокислых примесей в пересчете на SO3 - не более 2%;

содержание загрязняющих примесей не допускается

2.7. Гипсовый камень, используемый для регулирования сроков гидратации вяжущего и повышения его размолоспособности, должен удовлетворять требованиям ГОСТ 413-74.

2.8. Подготовки материалов, используемых для приготовления вяжущего, состоит из следующих операций:

известковые материалы и гипсовый камень измельчают до предельной крупности кусков 25 мм, а шлак - до предельной крупности 10 мм;

для отделения металлических примесей из шлака его подвергают электромагнитной сепарации;

песок карьерной влажности просеивают через виброгрохот с отверстиями 10 мм; мерзлый песок до поступления в расходные бункера необходимо отогревать;

шлак влажностью более 2 %, в целях улучшения условий работы мельниц, подлежит сушке; во избежание ухудшения качества доменных гранулированных шлаков (их расстекловывания) температура шлака при выходе из сушильного агрегата не должна превышать 150 °С.

2.9. Все компоненты вяжущего дозируются по весу.

Для известковых материалов, гипсового камня и шлака точность дозирования ± 2 %, для песка ± 3 %*.* Компоненты вяжущего в заданном соотношении поступают в мельницу без предварительного перемешивания или после кратковременного перемешивания в смесителе непрерывного или периодического действия и совместно измельчаются. В случае, когда карьерная влажность песка не обеспечивает получение вяжущего с заданной степенью гидратации в нем окиси кальция, песок дополнительно увлажняют или недостающее количество воды вводят в питатель или мельницу.

2.10. В целях обеспечения санитарно-гигиенических норм в производственных помещениях питатели, транспортные устройства по передвижению смеси компонентов вяжущего к мельнице и бункера перед ней уплотняют и снабжают аспирацией.

2.11. Измельчение материалов производят в шаровых мельницах. При использовании извести с нестабильными свойствами вяжущее необходимо усреднять в гомогенизаторах, в которых осуществляется механическое и пневматическое перемешивание продукта помола.

2.12. Основные требования к вяжущим для получения бетонов марок от М 150 до М 700 приведены в табл. 1.

Òàáëèöà 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | Едини­ца  | Известково-кремнеземис­тые вяжущие на основе |
| № пп | Компоненты известково-кремнеземистых вяжущих и требования к ним | из­мере­ния | воздушной извести | вяжущих известково-белкового типа |
|  |  |  | извес­тково-песча­ное | извес­тково-шла­ковое | известково-белито-песча­ное |
| 1. | Известь воздушная (каль­циевая, магнезиальная и доломитовая) | % по массе | 31-47 | 8-10 | ‑ |
|  | В том числе в пересчете на CaO+MgO активную | То же | 25-38 | 6,4-8 | ‑ |
|  | Песок | То же | 68-51 | 22-10 | ‑ |
|  | Гипсовый камень | То же | 2 (0) | 0-5 | ‑ |
|  | Шлаки | То же | ‑ | 70-75 |  |
|  | Вяжущее известково-бели­тового типа, получаемое из карбонатных пород естест­венного состава или из ис­кусственных карбонатно-кремнеземистых смесей | То же | ‑ | ‑ | 40-70 |
|  | В том числе в пересчете на свободную СаО | То же | ‑ | ⎯ | 14 - 35 |
|  | Песок | То же | ⎯ | ⎯ | 30 - 60 |
|  | Ãèïñîâûé камень | То же | ⎯ | ⎯ | 0 - 1,5 |
| 2. | Тонкость помола |  |  |  |  |
|  | По удельной поверхности: |  |  |  |  |
|  | известково-кремнеземис­того вяжущего, не менее | тыс.см2/г | 5 (4) | 5 | 4 |
|  | измельченного песка: |  |  |  |  |
|  | не менее | » | 1 (1,8) | ⎯ | 1 |
|  | не более | » | 2,5 (2) | ⎯ | 2,5 |
|  | измельченного шлака: |  |  |  |  |
|  | не менее | » | ⎯ | 2 |  |
|  | не более | » | ⎯ | 3 | ⎯ |
|  | По остатку известково-кре­мнеземистого вяжущего на сите № 009, не более | % | 8 (15) | 8 | 8 |
|  | По содержанию зерен акти­вных СаО + МgО крупнее 0,3 мм не более | % | 0,5(не нор­миру­ется) | 0,5 | 0,2 |
| 3. | Степень гидратации окиси кальция в известково-крем­неземистом вяжущем из мельницы ⎯ Са(ОН)2 по отношению к общему соде­ржанию СаО активной или СаО свободной | % | 40-80 (до 30) |  | 40-80 |
| 4. | Начало схватывания извест­ково-кремнеземистого вя­жущего, не менее | мин. | 20 (не нор­миру­ется) | 20 | 20 |

Примечания: 1. Валовое содержание воздушной извести (п. 1,а) указано из условия содержания активных СаО+МgО в количестве 80%. При ином содержании активных СаО+МgО оно соответственно корректируется.

2. В известково-шлаковое вяжущее для получения бетона марок более М 300 вводят добавку молотого песка в количестве 10% при использовании кислого шлака и 20% при использовании основного шлака, без изменения наименования вяжущего.

3. Методика определения удельной поверхности молотого песка, остàòка извести на сите № 02, степени гидратации окиси кальция и содержания СаО свободной проводятся в прил. 2⎯7.

4. В скобах указаны требования к вяжущим, которые используются при втором (гидратном) способе приготовления бетонных смесей (п. 3.2). Все остальные требования относятся к вяжущим, которые используются при первом и втором способах приготовления бетонной смеси.

2.13. Состав вяжущего выбирают с учетом требований, предъявляемых к конструкциям и изделиям. Вяжущие с повышенным содержанием активной или свободной СаО (30% и более) необходимо применять при изготовлении конструкций и изделий для зданий I, II и III степени огнестойкости. Для таких изделий степень гидратации СаО в вяжущем должна быть не менее 70%. При изготовлении других изделий содержание активной или свободной СаО и степень гидратации СаО в вяжущем назначаются в зависимости от необходимости получения бетона требуемой прочности и плотности при наилучших технико-экономических показателях. Для получения бетонов повышенной жесткости применяют вяжущее с меньшим содержанием активной или свободной СаО (до 30%).

**Заполнители**

2.14. Для приготовления мелкозернистого плотного силикатного бетона применяются рядовые природные или искусственные пески, которые должны удовлетворять требованиям ОСТ 21-2-80.

2.15. Допускается использование смеси мелкого и крупного заполнителя, удовлетворяющего требованиям ГОСТ 10268-70, если применение последнего оправдано технико-экономическими показателями:

**Вода**

2.16. Применяемая для приготовления вяжущего и бетонных смесей вода должка удовлетворять требованиям ГОСТ 23732—79.

**Арматура**

2.17. Для армирования конструкций и изделий из плотного силикатного бетона применяют арматуру и закладные детали в соответствии с техническими требованиями ГОСТ 10922-75.

**3. ПРИГОТОВЛЕНИЕ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ**

3.1. При приготовлении бетонной смеси вяжущее и песок дозируются по весу, вода ⎯ по веñó или объему. Точность дозирования вяжущего и воды ±2%, песка ±3%.

**3.2.** Бетонные смеси па основе известково-песчаного и известково-белито-песчаного вяжущего приготовляются двумя способами:

1) с сохранением эффекта гидратационного схватывания окиси кальция в бетонной смеси;

2) с полной гидратацией окиси кальция в пушонку без эффекта схватывания (гидрататный способ).

Áåòîííûå смеси на основе известково-шлакового вяжущего готовят только по первому способу.

3.3. По первому способу все компоненты бетонной смеси (вяжущее, заполнитель, вода) перемешиваются в смесителе (например, типа С-356, СБ-93, С-951) в один прием и затем используются для формования.

Загрузку компонентов бетонной смеси в смеситель производят в следующем порядке: заполнитель, вяжущее. После кратковременного перемешивания (30 с) подают воду. Общая продолжительность перемешивания 3—4 мин.

Для ускорения процесса гидратации извести и повышения прочности бетона-сырца следует применять воду, подогретую до 40 ⎯ 80 °С.

3.4. Приготовление бетонной смеси по второму способу осуществляется в два приема. Вначале готовится смесь вяжущего, песка и воды, которая после тщательного перемешивания в смесителях выдерживается в силосах до полной гидратации извести. Количество вводимой воды определяется ее потребностью на реакцию гидратации извести, испарение в окружающую среду и обеспечение остаточной влажности в 2,5-3%.

Выдержанная в силосах смесь подлежит вторичному перемешиванию с добавлением в нее воды в количестве, обеспечивающем получение бетонной смеси требуемой консистенции.

Перемешивание компонентов бетонной смеси осуществляется в смесителях непрерывного или периодического действия.

3.5. Бетонная смесь, приготовленная по первому способу, при укладке и форму должна иметь температуру 20 — 25 °С. Это обеспечивает получение бетона-сырца прочностью, достаточной для предотвращения появления трещин при транспортировании отформованных изделий и образования дефектов на поверхности изделий от капели в начальной стадии их тепловой обработки. Температура смеси, приготовленной по гидратному способу, не регламентируется.

3.6. Для пластификации бетонной смеси с водой вводят пластифицирующие добавки - кремнийорганические жидкости (ГКЖ-10 и ГКЖ-11) по ТУ 6-02-696-72, синтетическую пластифицирующую добавку (СПД) по ТУ 38-101-253-72 и поверхностно-активный щелок по ТУ 6-03-26, триэтаноламин по ТУ 6-02-916-74.

3.7. Состав бетонной смеси может быть подобран по любому известному методу, позволяющему получить бетон, удовлетворяющий заданным техническим требованиям. Следует при этом учитывать минимально допускаемые величины содержания вяжущего в бетонной смеси, которые зависят от крупности песка-заполнителя и способа приготовления ее. Крупность песка-заполнителя определяется по ГОСТ 8736-77.

При первом способе подготовки бетонной смеси минимальные расходы вяжущего, кг/м:

для крупного песка ..................................... 200;

для песка средней крупности ......................230;

для мелкого и очень мелкого песка ........... 280.

Минимальное содержание в бетонной смеси активной СаО+МgО при использовании воздушной извести и свободной СаО в случае применения вяжущих известково-белитового типа составляет соответственно 4 и 2%.

Для бетонов, приготовленных по второму (гидратному) способу, расходные нормы вяжущего устанавливаются исходя из минимального содержания активной СаО+МgО - 5%, а свободной окиси кальция - 3%.

Примеры подбора состава бетона приводятся в прил. 8.

3.8. Удобоукладываемость бетонной смеси назначают в зависимости от конфигурации и размера изделий, насыщенности арматурой и способов уплотнения. Она характеризуется показателями жесткости и определяется на приборе ВНИИстрома (прил. 9). Для изделий, применяемых в зданиях I, II и III степеней огнестойкости, показатель жесткости смеси при сплошном их сечении должен быть не менее 30 с и при пустотных - 20 с.

3.9. Бетонная смесь, поступающая на формовочный пост, должна сохранять однородность при транспортировании и укладке. Смеси, приготовленные по первому способу, должны быть использованы для формования изделий не позднее, чем через 30 ⎯ 60 мин. Меньшая продолжительность выдерживания смесей относится к вяжущим со степенью гидратации окиси кальция до 60%, а до 60 мин ⎯ к вяжущим с более высокой степенью гидратации окиси кальция, а также к известково-шлаковым вяжущим, содержащим небольшое количество негашеной извести и при подготовке бетонной смеси по второму способу.

3.10. Излишки и просыпи бетонной смеси могут быть использованы при формовании следующей формы, для чего их следует вернуть в бетономешалку или раздаточный бункер бетоноукладчика. Засыпка излишков на дно формы не допускается.

**4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ АРМАТУРНЫХ СЕТОК И КАРКАСОВ**

4.1. Арматура и закладные детали должны соответствовать рабочим чертежам изделий, а сварные арматурные сетки должны изготовляться согласно требованиям ГОСТ 8478-66.

4.2. С целью обеспечения проектного положения арматуры необходимо установить фиксаторы. Расстояние между фиксаторами по длине ненапрягаемой арматуры должно составлять:

при ∅ 3 ⎯ 4 мм ............ 0,4 — 0,5 м;

при ∅ 5 ⎯ 6 мм............. 0,6 — 0,8 м;

при ∅ 8 ⎯ 12мм............ 0,8 — 1,2м.

4.3. Коррозионная стойкость арматуры в конструкциях и изделиях из плотного силикатного бетона зависит от плотности бетона, наличия защитного слоя бетона и условия эксплуатации изделий. Толщина защитного слоя бетона должна соответствовать указанной в рабочих чертежах.

4.4. Защита арматуры при определенных условиях эксплуатации конструкций и изделий, предусмотренных СН 165-76, производится специальными антикоррозионными средствами.

4.5. При изготовлении предварительно напряженных конструкций и изделий натяжение арматуры следует производить в соответствии с проектом.

**5. ФОРМОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ И ИЗДЕЛИЙ**

5.1. Конструкции и изделия из плотного силикатного бетона формуют по агрегатно-поточной и конвейерной технологии. Выбор технологических методов формования зависит от вида конструкций и изделий и обосновывается технико-экономическим расчетом.

5.2. Конструкции и изделия из плотного силикатного бетона формуют в стальных формах. Формы изготовляют в соответствии с ГОСТ 18886-73\*.

5.3. Перед формованием поддоны и бортоснастка должны быть тщательно очищены и смазаны.

5.4. Для укладки бетонных смесей следует применять специальные бетоноукладчики и другие механизмы с рабочими органами, обеспечивающими равномерное распределение смеси по всей площади изделия.

Укладка бетонной смеси в формы должна производиться при высоте свободного падения смеси не более 1 м.

5.5. Формование изделий из силикатного бетона производят с использованием виброформовочных машин и установок. Выбор формовочного оборудования производится с учетом номенклатуры конструкций и изделий, их геометрических размеров и массы. Параметры виброуплотнения: частота колебаний 2300 — 3000 в мин, амплитуда 0,6 — 0,8 мм. Распределение амплитуд колебаний по площади формы должно быть равномерным, отклонения величины амплитуды в отдельных точках от среднего значения должны быть не более 20%.

5.6. При толщине изделий 14 см и более необходимо уплотнять бетонную смесь дополнительно поверхностной вибрацией или другими способами, обеспечивающими равномерность уплотнения.

5.7. Продолжительность уплотнения смеси 60 — 90 с в зависимости от ее жесткости.

5.8. Имеющиеся в конструкциях и изделиях вкладыши могут извлекаться сразу же после окончания процесса формования.

5.9. Лицевая поверхность конструкций и изделий должна быть откалибрована и отделана в процессе формования с помощью калибровочной заглаживающей установки, снабженной срезывающим шнеком или виброрейкой.

5.10. Формы с изделиями следует устанавливать плавно без толчков и ударов с помощью траверсы на вагонетку в штабеля с прокладками, обеспечивающими опирание формы на четыре точки. Зазор между поддоном и изделием должен быть в пределах 1 - 3 мм. Сверху на штабель форм устанавливается теплоизолирующий щит, обеспечи­вающий равные условия нагрева и остывания всех изделий.

5.11. Конструкции и изделия, отформованные из бетонных смесей по первому способу, должны загружаться в автоклав не ранее чем через 3 ч после окончания формования. При втором способе приготовления бетонных смесей нет необходимости в выдержке изделий.

**6. АВТОКЛАВНАЯ ОБРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ И ИЗДЕЛИЙ**

6.1. Конструкции и изделия подвергают автоклавной обработке насыщенным паром при избыточном давлении 0,8 — 1,2 МПа.

6.2. Режим автоклавной обработки при минимальной его продолжительности должен обеспечивать заданную прочность бетона, не вызывая образования дефектов в конструкциях и изделиях.

6.3. Продолжительность изотермического периода приведена в табл. 2.

Продолжительность изотермического периода в каждом конкретном случае подлежит уточнению в производственных условиях при освоении технологии, а в последующем при изменениях характеристики сырья, номенклатуры изделий и основных технологических параметров.

Таблица 2

|  |  |
| --- | --- |
| Толщина изделия, см | Продолжительность изотермического периода, ч, при автоклавировании при температуре (давление избыточное) |
|  | 175°С (0,8 МПа) | 183°С (1,0 МПа) | 191°С (1,2 МПа) |
| 10 | 5 | 4 | 4 |
| 14 | 6 | 5 | 4 |
| 18 | 7 | 6 | 5 |
| 20 | 8 | 7 | 6 |

Примечания: 1. Указанная в таблице продолжительность изотермической выдержки изделий предусматривает применение в качестве компонента вяжущего песка с содержанием кварца не менее 70%. При меньшем количестве кварца в песке продолжительность изотермической выдержки должна быть увеличена на 1 ч.

2. Продолжительность изотермического периода для пустотелых элементов с тонкими (до 10 см) перемычками принимают как для сплошных изделий толщиной 10 см.

3 При использовании вяжущих известково-белитового типа возможно сокращение указанной в таблице продолжительности изотермической выдержки при условии сохранения прочностных характеристик конструкций и изделий.

6.4. Подъем и снижение температуры среды в автоклаве следует производить равномерно в течение 2 ⎯ 3 ч; скорость изменения температуры среды при этом не должна превышать установленную ВНИИСтроммашем допустимую скорость нагрева корпуса автоклава.

6.5. Производительность источника пароснабжения и сечение паровой магистрали должны обеспечить подачу в автоклав в период подъема температуры среды необходимого количества пара без снижения давления в других работающих автоклавах.

6.6. Регулирование подачи пара в автоклав производят в соответствии с заданным режимом при помощи программных устройств.

6.7. Образующийся в процессе автоклавной обработки конденсат должен непрерывно удаляться из автоклава.

6.8. При совпадении периодов подъема давления в одном автоклаве и снижения в другом должен производиться перепуск пара.

**7. ВЫГРУЗКА, РАСПАЛУБКА КОНСТРУКЦИЙ И ИЗДЕЛИЙ, РЕМОНТ ИХ ЛИЦЕВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

7.1. Выгружаемые из автоклава конструкции и изделия не должны подвергаться резкому охлаждению. Остывание конструкций и изделий должно происходить в неразобранных штабелях на вагонетках. Разборку штабелей форм с конструкциями и изделиями и снятие с верхнего изделия теплоизолирующего щита следует производить при разности температур поверхности изделий и цеха не более 40 °С.

7.2. Съем конструкций и изделий должен производиться без рывков и толчков. Съем стеновых панелей производят после кантования форм с изделиями в наклонное положение под углом 80 ⎯ 85°С. При съеме стеновых панелей без квантования формы с изделием необходимо предварительно удалить борта формы у нижней грани изделия.

7.3. Ремонт изделий, имеющих околы, производится путём нанесения приготовленного строительного раствора на изделия после их автоклавной обработки.

Состав строительного раствора (весовые части):

песок ................................................. 2,6;

портландцемент .............................. 0,8;

глиноземистый цемент ................... 0,2;

ПВА .................................................. 0,05 ⎯ 0,1;

вода ................................................... 0,5 ⎯ 0,8.

**8. XPAHЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ И ИЗДЕЛИЙ**

8.1. Готовые конструкции и изделия, рассортированные по маркам и партиям, должны храниться в штабелях на специально оборудованных складах.

8.2. Условия хранения и транспортирования конструкций и изделий, принятых ОТК, должны соответствовать требованиям ГОСТ 13015-75, а также ГОСТам и ТУ на конкретные виды изделий.

**9. КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КОНСТРУКЦИЙ И ИЗДЕЛИЙ**

9.1. Технический контроль технологического процесса производства конструкций и изделий из плотного силикатного бетона включает проверку:

качества исходного сырья (извести, шлака, песка и др.);

приготовления вяжущего и его качества;

приготовление бетонной смеси и ее свойств;

армирования;

параметров формования конструкций и изделий;

режима автоклавной обработки конструкций и изделий;

качества бетона в конструкциях и изделиях.

9.2. Для известковых материалов должны быть выполнены следующие анализы1:

определение содержания в воздушной извести (кальциевой, магнезиальной и доломитовой) активных CaO+MgO по ГОСТ 22688—77 (анализ производится при контрольной проверке поступившей партии и во время приготовления вяжущего);

определение содержания свободной СаО в вяжущем известково-белитового типа (прил. 7) (анализ производится при контрольной проверке поступившей партии и во время приготовления известково-белито-песчаного вяжущего).

1Количество анализируемых проб определяется технологической картой производства.

9.3. Для песка, используемого в качестве компонента вяжущего, производят следующие анализы:

химический с обязательным определением несвязанного SiO2 (прил. 1), общего содержания SiO2, сернистых и сернокислых примесей по ГОСТ 2642.1-72;

определение содержания щелочных окислов (Na2O+K2O) с помощью пламенной фотометрии по ГОСТ 19609.5-79;

определение пылевидных, илистых и глинистых частиц методом отмучивания по ГОСТ 8735-75;

петрографический анализ с установлением содержания слюды по ГОСТ 8735 75;

определение содержания органических примесей колориметри­чес­ким методом по ГОСТ 8735-75 (анализ производят при контрольной проверке свойств песка, впервые используемого на данном предприятии).

9.4. Для песка, используемого в качестве заполнителя, помимо анализов, проводимых для песка-компонента вяжущего, должны быть определены удельный вес, объемная масса в насыпном и виброуплотненном состоянии, пустотность, зерновой состав и модуль крупности с помощью ситового анализа (по ОСТ 21-1-80). Хотя для песка-заполнителя и не нормируется содержание SiÎ2 (общего и несвязанного), этот анализ следует проводить с целью определения возможности использования одного и того же песка не только в качестве наполнителя, но и для приготовления нижущего.

9.5. Для гипсового камня, применяемого при приготовлении вяжущего в качестве замедлителя гидратации извести, производится определение содержания двуводной сернокислой соли кальция СаSO4 2H2O по ГОСТ 4013-74. Качество гипсового камня проверяют в каждой новой поступившей партии.

9.6. Контроль качества шлака состоит в определении содержания сернистых и сернокислых примесей по ГОСТ 5382-73. Качество шлака проверяют при каждом изменении поставщика.

9.7. Контроль качества вяжущих производят во время их приготовления и после усреднения в гомогенизаторах. Во время приготовления вяжущего контролируется содержание активных СаО+МgO (свободной СаО) и степень гидратации окиси кальция (прил. 4 7) примерно один раз в течение 45 — 60 мин работы мельницы. После усреднения вяжущего контролируется содержание активных СаО+МgO (свободной СаО), степень гидратации извести и тонкость помола вяжущего и молотого песка (прил. 2 6) один раз после заполнения гомогенизатора. При отсутствии гомогенизатора производят те же определения, но чаще. Количество содержание активных СаО+МgO (свободной СаО) следует проверять не реже одного раза в смену и каждый раз после изменения состава готовящегося вяжущего.

9.8. Проверка качества сварки арматуры и сварных закладных деталей должна производиться по ГОСТ 10922-75.

9.9. Контроль качества предварительно напряженной арматуры производят в соответствии с инструкциями по технологии изготовления предварительно напряженных железобетонных конструкций.

9.10. Контроль приготовления бетонных смесей предусматривает проверку:

содержания активных СаО+МgO (при использовании воздушной извести) и свободной СаО при использовании гидравлической извести, не реже двух раз в смену;

содержания влаги - не реже двух раз в смену;

удобоукладываемости (прил. 9) - не реже одного раза в смену.

9.11. Контроль процесса (формования заключается в проверке: подготовленности форм, соответствия укладки арматуры требованиям проекта, соблюдения требований по режимам уплощения смеси, по отделке лицевой поверхности.

9.12. Контроль автоклавной обработки заключается в проверке работы программных регуляторов температуры и давления. Следует контролировать также соответствие продолжительности остывания изделий.

9.13. Прочность бетона проверяют испытанием контрольных кубов по ГОСТ 10180-78.

9.14. Испытание бетона на морозостойкость производят по ГОСТ 10060-76.

**10. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА КОНСТРУКЦИЙ И ИЗДЕЛИЙ, ПРАВИЛА ИХ ПРИЁМКИ**

Правила приемки конструкции и изделий, а также методы их контроля качества и испытаний должны соответствовать государст­вен­ным стандартам и техническим условиям, установленным на конкретные виды конструкций и изделий.

**11. ОХРАНА ТРУДА, ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ**

При производстве изделий из плотного силикатного бетона необходимо руководствоваться правилами техники безопасности в соответствии с главой СНиП по технике безопасности в строительстве.

Кроме того, при работе по защите арматуры составами, содержащими органические растворители (цементно-полистирольные, цементно-перхлорвиниловые), необходимо выполнять следующие условия:

пользоваться специальной одеждой (комбинезонами, резиновыми фартуками, перчатками, сапогами и др.), а также распираторами и защитными очками;

помещения или посты, на которых производится эта работа, должны быть оборудованы вентиляцией;

на месте производства работ с этими составами следует иметь противопожарное оборудование (огнетушители, кошму, ящики с песком и т.д.);

бидоны с составами, содержащие органические растворители, нельзя освещать спичками и другими источниками огня во избежание взрыва;

запрещается курить и вести работы, связанные с искрообра­зова­нием, в местах нанесения защитных обмазок;

мастики и растворители следует транспортировать в герметически закрытой железной таре (бочках, бидонах) согласно правилам по перевозке огнеопасных материалов.

*Приложение 1*

Определение содержания в песке кварца (несвязанной SiÎ2)

Определение несвязанной SiÎ2 основано на обработке минеральной породы концентрированным раствором фосфорной кислоты удельного веса 1,78 ⎯ 1,80 при температуре 250 ⎯ 280 °С. При этих условиях все минеральные составляющие породы переходят в растворимое состояние, а свободный кремнезем не подвергается воздействию фосфорной кислоты и остается в осадке. Важным условием является соблюдение концентрации фосфорной кислоты - удельного веса 1,78 ⎯ 1,80. Фосфорная кислота более низкого удельного веса не разлагает в должной мере глинистые материалы.

Необходимые реактивы:

кислота ортофосфорная по ГОСТ 6552⎯58, плотностью 1,78 — 1,80;

натрий углекислый по ГОСТ 83—79, 5%-ный раствор;

кислота соляная по ГОСТ 3118—77, 5%-ный раствор;

кислота фтористоводородная по ГОСТ 10484—78, 40%-ный раствор.

Навеску 0,5 ⎯ 1,0 г, предварительно высушенную при 110 °С, помещают в платиновую чашку вместимостью 50 мл и прокаливают в муфельной печи в течение часа при температуре 500 ⎯ 600 °С.

После охлаждения в чашку медленно наливают 25 мл ортофосфорной кислоты плотностью 1,78 ⎯ 1,80, и содержимое чашки перемешивают платиновым шпателем, а затем помещают в термостат или муфельную печь и выдерживают при 250 ⎯ 280 °С в течение 30 мин, периодически перемешивая 2-3 раза платиновым шпателем.

По охлаждении в чашку наливают 30 мл дистиллированной воды и переводят осадок в стакан вместимостью 500 мл. Осадок тщательно смывают со стенок чашки дистиллированной водой, доводят объем до 300 мл, тщательно перемешивают и оставляют на 12 ч для отстаивания мелких частиц кремнезема.

Фильтрат отделяют от осадка на воронке Бюхнера (по ГОСТ 9147-73) с помощью вакуум-насоса. На воронку укладывают двойной беззольный фильтр: один маленький по диаметру воронки, а второй несколько больше, чтобы он был загнут и касался стенок воронки.

Осадок на воронке промывают 3-4 раза 5%-ным раствором соляной кислоты и 3-4 раза горячей водой, а затем вместе с фильтром переносят в фарфоровую чашку.

Осадок в чашке обрабатывают 100 мл 5%-ного раствора соды. После окончания промывания содой производят пятикратную обработку осадка 5%-ным раствором соляной кислоты и 8-10 раз кипящей дистиллированной водой.

Промытый осадок с фильтром переносят во взвешенный платиновый тигель, озоляют при низкой температуре и прокаливают при температуре 1050 ⎯ 1100 °С до постоянной массы.

Для проверки чистоты полученного кремнезема, прокаленный осадок обрабатывают 10 мл плавиковой кислоты с добавлением 4-5 капель концентрированной серной кислоты.

После отгонки SiÎ2 плавиковой кислотой определяют количество примесей, захваченных осадком, и вычитают их массу из массы осадка. Содержание кварца (несвязанной SiÎ2) определяют по формуле:

SiÎ2несвяз = %,

где *а* ⎯ масса после прокаливания, г;

*А ⎯* масса навески, г.

*Приложение 2*

**Определение удельной поверхности измельченного песка в вяжущем**

Удельную поверхность молотого песка определяют путем измерения скорости прохождения воздуха через слой материала на приборе ПСХ-4.

Отделение молотого песка из вяжущего производят следующим образом: берут навеску известково-песчаного вяжущего в количестве 30 г, высыпают в химический стакан, куда небольшими порциями наливают горячую 10%-íóþ соляную кислоту, взятую в количестве 100 мл. (содержимое перемешивают стеклянной палочкой до прекращения газовыделения.

После этого стакан нагревают на плитке с асбестовой прокладкой до кипения. Затем смесь взбалтывают и фильтруют. Измельченный песок, оставшийся на фильтровальной бумаге, промывают теплой водой до получения нейтральной реакции.

Осадок на фильтре высушивают в сушильном шкафу при температуре 110 °С до постоянной массы. Пробу из этого осадка подвергают анализу на приборе ПСХ-4, снабженном соответствующей инструкцией.

*Приложение 3*

**Определение содержания в вяжущем зерен активных CaO+MgO (CaOñâîб) крупнее 0,2 мм**

Усредненную пробу вяжущего массой 100 г просеивают через сито №02.

В остатке определяют содержание активных CaO+MgO по ГОСТ 22688-77 (CaOñâîб по ТУ 21-31-34-80), Расчет содержания в вяжущем активных CaO+MgO (CaOñâîб) крупнее 0,2 мм производят по формуле



где *h* ⎯ содержание активных CaO+MgO (CaOñâîб) крупнее 0,2 мм, %;

*N ⎯* остаток вяжущего на сите № 02, %;

*A* ⎯ содержание активных CaO+MgO (CaOñâîб) в остатке на сите № 02,%.

*Приложение 4*

**Определение степени гидратации извести в вяжущем по тепловыделению**

Определение степени гидратации извести в вяжущем по тепловыделению производят по установленным ранее для разных составов вяжущего эталонным кривым зависимости

*β* = *f*(Δ*t*),

где *β ⎯* степень гидратации извести в вяжущем, %;

Δ*t* ⎯ разница между максимальной температурой гидратации вяжущего и исходной температурой суспензии вяжущего, °С.

Для построения эталонных кривых следует использовать известково-кремнеземистое вяжущее трех составов с содержанием активной СаО порядка 25, 30 и 35% с применением извести и песка конкретного предприятия. Для определения степени гидратации извести берут навеску вяжущего и воды по 20 г и готовят суспензию в сосуде Дьюара. Начальные температуры вяжущего и воды должны быть равными 20°С. Колбу сосуда закрывают пробкой с плотно вставленным термометром на 100 °С и оставляют в покое. Отсчет температуры прекращают после начала ее снижения, фиксируют максимальную температуру гидратации извести — *t*°Смакс. Рассчитывают Δ*t* = *t* °Смакс - *t* °Снач.

Одновременно определяют степень гидратации извести по аналитическому методу (прил. 5).

По экспериментальным данным строят эталонные кривые зависимости Δ*t* от степени гидратации извести для каждого из исследуемых составов (рис.1).

Рис. 1. Эталонные кривые зависимости тепловыделения (Δ*t*, °С)и степени гидратации извести в вяжущем (β, %)

1 ⎯ активный СаО в вяжущем ⎯ 25%; 2 ⎯ активный СаО в вяжущем ⎯ 30%; 3 ⎯ активный СаО в вяжущем ⎯ 35%

Описываемый метод не отличается большой точностью и применяется в качестве экспресс-метода во время контроля свойств вяжущего в процессе его приготовления. Определяя во время помола содержание активной СаО в вяжущем и величину Δ*t*, корректируют в нужном направлении дозировку компонентов вяжущего (песка, извести и воды) для получения вяжущего заданного состава и степени гидратации извести.

*Приложение 5*

**Определение степени гидратации извести в вяжущем аналитическим методом**

Фарфоровый тигель, предварительно высушенный в термостате при 120 °С в течение 30 мин, охлаждают в эксикаторе 20 мин и взвешивают на аналитических весах вместе с тонкой стеклянной палочкой длиной 1-4 см.

Навеску вяжущего 3 г высыпают в тигель и взвешивают вместе с палочкой на аналитических весах. Во взвешенную пробу вливают 3 мл дистиллированной воды, перемешивают стеклянной палочкой, которую оставляют в тигеле, высушивают пробу в термостате в течение 1 ч при 120 °С, первые 30 мин тигель накрывают крышкой. Затем охлаждают пробу в эксикаторе в течение 20 мин и взвешивают. Для проверки полноты высушивания дополнительно сушат пробу в течение 30 мин. После получении постоянной массы определяют степень гидратации и вяжущем:



ãäå *β* ⎯ количество гидратной извести, т.е. извести, находящейся в виде Са(ОН)2, по отношению к общему содержанию активной СаО в вяжущем, %;

*Р* ⎯ навеска исследуемого материала, г;

Δ*Р* ⎯ изменение массы материала при высушивании, г;

*А* ⎯ содержание активной СаО в вяжущем, %.

*Приложение 6*

**Определение степени гидратации извести в вяжущим методом прокаливания**

Определение степени гидратации извести в вяжущем производят путем определения в нем связанной воды и активной окиси кальция. Для определения связанной воды пробу вяжущего предварительно высушивают в сушильном шкафу при температуре 105 — 110°С в течение 2 ч и охлаждают в эксикаторе с поглотителем влаги (прокаленных хлористый кальций, натронная известь).

В предварительно прокаленный и взвешенный платиновый или фарфоровый тигель, отвешивают 1-2 г высушенной пробы вяжущего и помещают на 2 ч в муфельную печь, нагретую до температуры 520±10°С. Тигель с навеской охлаждают в герметически закрытом эксикаторе с поглотителем влаги, а затем взвешивают.

Содержание гидратной воды определяют по формуле



где *W* ⎯ содержание гидратной воды, г, на 1 г вяжущего;

*а* ⎯ навеска вяжущего, г;

*b* ⎯ навеска вяжущего после прокаливания, ã.

Определение общего содержания активной окиси кальция в вяжущим осуществляют по сахаратному способу в соответствии с ГОСТ 2268-77. Степень гидратации извести в вяжущем рассчитывают по формуле



где *β* ⎯ степень гидратации извести в вяжущем, %;

*А* ⎯ содержание активной СаО, %;

 0,32 ⎯ количество воды на гидратацию 1 г СаО;

*W* ⎯ содержание гидратной воды, г.

*Приложение 7*

**Определение содержания свободной окиси кальция в известково-белито-песчаных вяжущих**

Применяемые реактивы и растворы:

сахароза по ГОСТ 5833-75, 10%-ный раствор,

фенолфталеин по ГОСТ 5850—72, 1%-ный спиртовой раствор,

соляная кислота по ГОСТ 31 18—77, 1н. титрованный раствор.

Навеску вяжущего около 2 г помещают в коническую колбу вместимостью 250 мл, добавляют 100 мл раствора сахарозы, плотно закрывают пробкой и энергично взбалтывают в течение 15 мин.

Для улучшения перемешивания в колбу предварительно помещают 3 ⎯ 5 стеклянных бус или оплавленных стеклянных палочек длиной 5 ⎯ 7 мм.

Содержимое колбы фильтруют на воронке Бюхнера с применением вакуум-насоса. Стенки колбы и остаток на фильтре промывают 10%-ным раствором сахарозы из промывалки по 3 ⎯ 4 раза (примерное количество раствора сахарозы для промывки ⎯ 100 мл). В фильтрат добавляют 2 ⎯ 3 капли фенолфталеина и титруют 1н. раствором соляной кислоты. Титрование производят по каплям до исчезновения розовой окраски. Количество свободной окиси кальция в процентах вычисляют по формуле

,

где *V ⎯* объем 1н. раствора соляной кислоты, пошедшей на титрование мл.;

*ТСаО ⎯* титр 1н. раствора соляной кислоты, выраженный в г СаО;

*G* ⎯ масса навески вяжущего, г.

*Приложение 8*

**Подбор состава бетона**

1. Бетонные смеси готовят по первому способу (см. разд. 3).

Исходными данными для назначения состава бетона являются: требуемая марка бетона, требуемая удобоукладываемость смеси, характеристика исходных материалов, давление пара и продолжительность изотермической выдержки.

В основу описываемого способа подбора состава силикатного бетона заложена взаимосвязь между прочностью бетона и вяжущеводным отношением:

,

где *R —* прочность бетона;

*B ⎯* вяжущее;

*W* ⎯ вода.

Вначале определяют свойства исходных материалов. Если они соответствуют требованиям, приведенным в настоящей Инструкции, подбор состава бетона ограничивается изготовлением образцов-кубов из бетонных смесей разного состава без изготовления крупноразмерных изделий требуемой номенклатуры.

Учитывая, что состав вяжущего и тонкость измельчения его компонентов при принятом режиме автоклавной обработки определяют реакционную способность измельченной смеси, в целях выбора наиболее рационального состава силикатного бетона с меньшим расходом цементирующего вещества, при подборе состава бетона варьируют составами вяжущего, отличающимися соотношением в них СаО:SiO2*.*

В первых опытах по подбору состава бетонов марок от М 150 до М 500 следует использовать вяжущее с содержанием активной СаО 35±3% и тонкостью измельчения по удельной поверхности молотого песка для марок М 150 - 200 в пределах 1000 ⎯ 1300 см2/г, для более высоких марок — 1500 — 2200 см2/г; степень гидратации извести в вяжущем в пределах 60 ⎯ 80%. В экспериментах по подбору состава бетона необходимо соблюдать следующие условия:

удобоукладываемость смесей назначать с учетом принятых на производстве средств уплотнения и типа формуемого изделия, его конфигурации, степени армирования и пр.;

уплотнение бетонных смесей производить теми же средствами, которые приняты при изготовлении изделий на предприятии (например, на виброплощадке с теми же динамическими параметрами вибрации); продолжительность уплотнения смесей назначать с учетом достижения максимальной объемной массы бетона (60-90 с);

формовать образцы тех же размеров, какие будут приняты на производстве при контроле прочности бетона;

гидротермальную обработку образцов производить по режиму, принятому на производстве или заложенному в проекте,

Зависимость между прочностью бетона и *В*/*W* на определенном участке представляет собой прямую, поэтому для ее построения достаточно иметь две точки. Однако в целях контроля для построения такой зависимости необходимо иметь три точки.

В соответствии с этим на основе вяжущего изготовляют образцы из бетонных смесей трех составов. При постоянстве показателей жесткости смесей они будут отличаться по расходу вяжущего и его составляющих, а также по значениям *В*/*W.*

Для удобства расчетов при проведении экспериментов задаются различными значениями содержания активной СаО в бетонной смеси с тем, чтобы получить разные прочности бетона ⎯ например 4,0; 5,5 и 7,0%; величину *В*/*W* определяют фактическую по выявленным в опыте расходам вяжущего и воды.

При расчете сухих компонентов бетонной смеси на 1 замес следует исходить из того, что суммарное количество вяжущего и песка-заполнителя на 1 л бетонной смеси (с учетом возможных потерь при изготовлении образцов) составит 2,4 кг. Тогда для изготовлении трех образцов-близнецов с общим объемом, *V* потребуется

*В* + *П* = 2,4 *V*,

где *V —* объем трех образцов, л;

*В ⎯* расход вяжущего на 1 замес, кг;

*П ⎯* расход песка на 1 замес, кг.

Для каждого состава бетонной смеси расход вяжущего на 1 замес определяется по формуле

,

где *aá* — принятое содержание активной СаО в бетоне;

*aâ* — содержание активной СаО (свободной СаО) в используемом вяжущем

Расход песка на 1 замес: *П* *=* 2,4‑*В*.

Количество воды затворения подбирают из условия получения бетона требуемой жесткости, контролируемой показателем жесткости (см. прил. 9). Ориентировочно содержание воды в бетонной смеси, уплотняемой вибрацией, в зависимости от свойств материалов и консистенции бетонкой смеси изменяется в пределах 8 — 12% от веса сухих компонентов.

Для вычисления расхода материалов на 1 м3 бетона при изготовлении образцов определяется объемная масса уплотненной бетонной смеси. Для этого необходимо взвесить форму без смеси, а затем ту же форму ⎯ с уплотненной бетонной смесью.

Объемная масса уплотненной бетонной смеси γб.см определяется следующим образом:

γб.см = ,

где *Q1 ⎯* масса формы без смеси, кг;

*Q2 ⎯* масса формы с уплотненной бетонной смесью, кг;

*V —* объем формы, л.

Расход материалов, кг/м3, бетона составит:

вяжущего

⋅1000;

песка-заполнителя

⋅1000;

воды

⋅1000.

Величины *Â*, *П* и *W* расход вяжущего, песка и воды на 1 замес.

Через сутки после окончания автоклавной обработки образцы освобождают от форм, взвешивают и определяют объемную массу отвердевшего бетона и предел прочности его при сжатии.

По полученным значениям прочности бетона в пересчете на марку (*Rб*), расхода вяжущего (*В*) и величины вяжуще-водного отношения (*В*/*W*) строят графики зависимостей:

*Rб* = *f* (*В*/*W*); *В* = *f* (*В*/*W*)*.*

На основании построенных графиков, представляющих собой отрезки прямых, не проходящих через начало координат, для бетона требуемой марки определяют величины *В*/*W* è *Â* и рассчитывают содержание активной CàÎ â бетонной смеси.

В случае, если бетон требуемой марки не получен на основе исследуемого вяжущего, следует либо изменить его состав (уменьшить в нем содержание активной), либо повысить дисперсность молотого песка в нем (в пределах, указанных в табл. 1).

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содер­жание  | Содер­жание  | Влаж­ность  |  | Состав смеси по весу, кг\* | Вес, кг |
| активной СаО в вяжу­щем, % | активной СаО в бетонной смеси | бетон­ной смеси | *В W* | вяжущее | песок | вода | формы | формы с бето­ном | бетона в объеме формы |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 36,6 | 4,0 | 7,6 | 1,43 | 0,79 230 | 6,41 1873 | 0,55 162 | 7,555 | 14,350 | 6,795 |
| 36,6 | 5,5 | 8,0 | 1,88 | 1,08 315 | 6,12 1782 | 0,575 168 | 10,300 | 17,100 | 6,800 |
| 36,6 | 7,0 | 8,4 | 2,27 | 1,375 402 | 5,82 1720 | 0,605 178 | 7,960 | 14,870 | 6,910 |

Продолжение табл. 1

|  |  |
| --- | --- |
|  | Бетонныå образцы |
| Объемная масса  | Размеры, см |  | Объемная  | Предел прочности при сжатии, МПа |
| сырца, кг/м3 | *a* | *b* | *h* | Вес, кг | масса, кг/м3 | фактичес­кий | в пересчете на кубы с ребром 15 см |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|  | 10,1 | 10 | 10,1 | 2115 | 2070 | 37,8 |  |
| 2265 | 10 | 10 | 10 | 2100 | 2100 | 39,2 |  |
|  | 10 | 10 | 10 | 2095 | 2095 | 35,2 |  |
|  |  |  |  | Сред. | 2090 | 37,4 | 34,0 |
|  | 9,9 | 10 | 10 | 2115 | 2140 | 51,3 |  |
| 2265 | 10  | 10  | 10 | 2125  | 2125  | 46,8 4 |  |
|  | 10 | 10 | 10 | 2130 | 2130 | 47, |  |
|  |  |  |  | Сред. | 2130 | 48,2 | 43,8 |
|  | 10,1 | 10 | 10 | 2175 | 2130 | 56,2 |  |
| 2300 | 10  | 10  | 10  | 2150  | 2150  | 61,7  |  |
|  | 10 | 10 | 10 | 140 | 2140 | 16,6 |  |
|  |  |  |  | Сред. | 2140 | 58,5 | 53,2 |

\*Над чертой ⎯ расход материала на 1 замес, под чертой ⎯ на 1 м3 бетона.

Поясним предложенное конкретным примером.

Для изготовления панелей внутренних стен толщиной 16 см требуется применять силикатный бетон марки М 300 с показателем жесткости 20 с.

Для приготовления вяжущего используют известь с содержанием в ней активной окиси кальция 80 %. Основные показатели свойств песка, применяемого в качестве компонента вяжущего:

песок очень мелкий, Мк ⎯ 1,11;

содержание SiO2несвяз ⎯ 94,8%;

органические примеси ⎯ светлее эталона;

отмучиваемые пылевидные, глинистые и илистые примеси - 0,5%.

Свойства песка заполнителя:

содержание SiO2несвяз ⎯ 56,8%;

модуль крупности ⎯ 3,l;

содержание отмучиваемых примесей ⎯ 2,7%.

Таким образом, песок как компонент вяжущего и как заполнитель удовлетворяет нормативным требованиям.

Применение разных песков для приготовления вяжущего и в качестве заполнителя обусловлено тем, что последний, вследствие большой крупности, нецелесообразно подвергать измельчению, если имеются карьеры более мелкого песка, тем более с повышенным содержанием SiO2несвяз.

Учитывая требования к прочности бетона (марка М300) и свойства сырья (высокое содержание кварца в песке-компоненте вяжущего, крупный песок-заполнитель хорошей гранулометрии) принимают состав вяжущего по содержанию активной СаО, близкий к верхнему пределу ⎯ 38%, а степень измельчения вяжущего по удельной поверхности молотого песка, равной 1500 см2/г.

В рассматриваемом примере фактическое содержание активной СаО в вяжущем составило 36,6%, а удельная поверхность молотого песка ⎯ 1500 см2/г.

На основе исследуемых материалов (вяжущего и песка) были приготовлены бетонные смеси с содержанием активной СаО 4; 5,5 и 7% с одинаковым показателем жесткости — 20 с. Уплотнение смесей осуществлялось вибрацией при частоте колебаний 2800 в мин и амплитуде 0,7 — 0,8 мм. Изготовляли кубы с ребром 10 см. Автоклавирование производили при 1,0 МПа с изотермической выдержкой 4 ч.

Рис. 2. Зависимость прочности бетона от вяжуще-водного отношения (*В*/*W*)

Результаты опытов по подбору состава бетона приведены в табл. 1 и на рис. 2, где по оси абсцисс отложена величина *Rб*, равная прочности бетона в кубах с ребром 10 см, умноженной на коэффициент 0,91 в соответствии с ГОСТ 10180-78. Опыты показали, что даже при самом меньшем значении *B*/*W* äëÿ состава бетона с содержанием активной СаО ⎯ 4% получен бетон с прочностью 340 кгс/см2, т.е. выше требуемой.

По данным рис. 2 находим, что бетон марки М 300 получается при величине *B*/*W* равной 1,28 и расходе вяжущего на 1 м3 бетона - 200 кг/м3, из них извести 200⋅36,6/80 = 92 кг/м3 и молотого песка 200 ‑ 92 = 108 кг/м3.

Расход воды на кубометр бетона составляет 200/1,23 = 156 л, а суммарное количество сухих компонентов:

γсырца ‑ W = 2260 ‑ 156 = 2104 кг.

Содержание извести в бетоне рекомендуемого состава:

*aá.см* = = 3,5%; принимаем минимально допускаемое ⎯ 4%.

В рассматриваемом примере бетон марки М300 получен при небольшом расходе вяжущего и содержании извести в бетонной смеси вследствие использования благоприятного сырья, характеристика которого была приведена выше.

Подобранный состав бетона проверяется испытанием контрольных образцов, изготовляемых одновременно с крупными изделиями, и в случае надобности корректируется. При необходимости установления оптимальной продолжительности выдержки изделий при постоянном давлении, опыты по подбору состава бетона проводятся при автоклавировании образцов с разными сроками изотермического периода.

Влияние состава бетонной смеси на прочность бетона во многом зависит от свойств сырья, в частности от содержания кварца в песке-компоненте вяжущего и песке заполнителе и пр. не исключено, что в некоторых случаях изменения в составе бетонной смеси в пределах, приведенных в рассмотренном выше примере, могут практически не отразиться на прочности бетона. В таком случае, естественно, выбирается состав бетона, обеспечивающий получение требуемой марки при минимальном расходе вяжущего.

2. Бетонные смеси готовят по второму способу (см. разд. 3).

Для расчета расхода материалов на 1 м3 бетонной смеси исходными данными являются:

марка бетона;

объемная масса бетона, кг/м;

содержание активных СаО+МgО в бетонной смеси (*añì*), %;

масса 1 м3 бетона (*Рá*), кг;

содержание тонкомолотого кварцевого песка (*Ïм*), %;

величина водотвердого отношения (*В*/*Т*)*.*

Кроме того, устанавливают количество извести по содержанию активной СаО+МgО (*aè*),%.

Потребность в активной СаО+МgО извести, кг, рассчитывается по формуле



Потребность в валовой извести определяется по формуле

 кг.

Потребность в молотом песке определяется по формуле

 кг.

Затраты воды на гидратацию извести рассчитываются по формуле

 кг.

Состав вяжущего и бетонной смеси назначается с учетом требуемой прочности бетона, руководствуясь данными приведенными в табл. 2.

Таблица 2

|  |  |
| --- | --- |
| Марка бетона, М | Содержание в бетонной смеси, % |
|  | активной СаО | молотого песка |
| 150 | 5 ⎯ 6 | 5 ⎯ 6 |
| 200 | 6,5 ⎯ 7 | 6 ⎯ 8 |
| 300 | 7 ⎯ 8 | 8 ⎯ 10 |

Расход гидратированного вяжущего на приготовление 1 м3 бетона рассчитывается по формуле *рвяж* = *Ив* + *Рм* + *Вг*, кг. Масса сухого карьерного песка определяется по формуле

** = *γб* ‑ (*рвяж* + *Вмех*) кг,

где *Вмех* ⎯ свободная влага, содержащаяся в бетоне, кг, определяется по формуле *Вмех* *= *

где *Wб ⎯* остаточная влажность бетона через сутки после автоклавирования, %.

Масса карьерного песка естественной влажности рассчитывается по формуле

 кг,

По данным расчета приготовляют бетонные смеси и формуют лабораторные образцы при принятом значении *В/Т* и *В/Т* ± 0,02*.* После уплотнения определяют объемную массу сырого бетона, рассчитывают объемную массу автоклавированного бетона.

При недостаточном уплотнении бетонной смеси производят повторную формовку, увеличивая величину *В/Т* на 0,01 до получения бетона удовлетворительной плотности. Через сутки после автоклавирования образцы испытывают на прочность при сжатии. При соответствии прочности бетона требованиям проекта бетонная смесь принимается в производство. В случае меньшей прочности бетона состав бетонной смеси корректируют за счет изменения содержания извести, молотого песка и воды. В первую очередь изменяют *В/Т,* затем повышают содержание молотого песка и содержание активных СаО+МgО, т.е. расход вяжущего.

*Пример расчета состава бетонной смеси*

Проектируемая марка бетона ⎯ 200.

Объемная масса бетона *γб* = 1950 кг/м3.

Содержание активных СаО+МgО в извести ⎯ 75%.

Ориентировочная величина *В/Т* в пределах 0,10 ⎯ 0,14.

Содержание в бетонной смеси активных CaOMgO и содержание молотого песка принимаем ориентировочно по табл. 2: *Асм* = 6,5%, *Пм* = 6%.

Равновесная влажность бетона *Вмех =* 5%

Определяет потребность в активной СаО+МgО:

кг

Определяем вес извести по валу:

 кг.

Определяем потребность в сухом молотом песке:

 кг.

Определяем вес карьерного песка, расходуемого на приготовление вяжущего при *Wп* = 3%:

 кг.

Вес вяжущего, расходуемого на изготовление 1 м бетона:

*рвяж* = *Ив* + = 169 + 121 = 290 кг.

Общие затраты воды на гидратацию вяжущего:

= 0,32⋅127 = 41 кг.

Потребность в дополнительной воде на реакцию гидратации:

=‑ (‑ *рм*)= 41 ‑ (121 ‑ 117) = 41 ‑ 4 = 37 кг.

Вес вяжущего после завершения процесса гидратации извести:

= *рвяж* + = 290 + 37 = 327 кг.

Вес сухого песка-заполнителя:

** = *γб* ‑ (+ *Вмех*) = 1950 ‑ (327 + ⋅5) = 1950 ‑ 424 =

= 1526 кг.

Вес песка-заполнителя при *Wп* = 3%.

 кг.

Вес воды в карьерном песке-заполнителе:

*Вкар* = ‑ * =* 1572 ‑ 1526 = 46 кг

Общая потребность в формовочной воде при *В/Т ⎯* 0,10; 0,12; 0,14:

*Вобщ* = *Рсух* *В*/*Т =* ( + **) *В/Т =* 1852 *В*/*Т*;

*Вобщ.1* = 1852 ⋅ 0,10 = 185 л;

*Вобщ.2* = 1852 ⋅ 0,12 = 222 л;

*Вобщ.3* = 1852 ⋅ 0,14 = 259 л;

Расход компонентов бетонной смеси на 1м3 бетона:

известь воздушная, кг 169;

песок молотый, сухой, кг 117;

вода на гидратацию

активных СаО+МgО, л 41;

песок-заполнитель (сухой), кг 1526;

0,10 185;

0,12 222;

0,14 259.

*Приложение 9*

**Способ определения жесткости бетонных смесей и устройство для его осуществления**

1. Жесткость бетонной смеси Ж характеризуется временем вибрации с, необходимым для полного уплотнения бетонной смеси, уложенной в цилиндре прибора для определения жесткости (рис. 3).

2. Уплотнение бетонной смеси в приборе производят на лабораторной виброплощадке, которая с установленным на ней прибором без бетонной смеси должна обеспечивать вертикально направленные колебания с частотой 2800 ⎯ 3000 в 1 мин и амплитудой 0,5 мм.

Рис. 3. Прибор для определения жесткости известково-песчаной бетонной смеси

1 ⎯ плита; 2 ⎯ цилиндр; 3 ⎯ крышка; 4 ⎯ диск; 5 ⎯ штанга;

6 ⎯ стрелка

3. Виброплощадка должна иметь устройства, обеспечивающие при испытании бетонной смеси жесткое крепление прибора к поверхности стола виброплощадки.

4. Цилиндр прибора изготовляют из листовой стали. Внутренняя сторона цилиндра должна иметь гладкую поверхность, степень шероховатости которой не должна быть более 40 мк.

5. Общая масса диска 4 и штанги 5 со стрелкой-указателем 6 прибора должна составлять 1750±50 г.

6. Определение жесткости бетонной смеси производят следующим образом:

вначале очищают и протирают влажной тканью все соприкасающиеся с бетонной смесью поверхности прибора;

прибор устанавливают на виброплощадку и жестко закрепляют опорную плиту 1, на которой крепят цилиндр 2;

цилиндр заполняют бетонной смесью путем свободного засыпания ее кельмой с высоты 1 ⎯ 5 см; избыток смеси срезают металлической линейкой вровень с верхними краями цилиндра;

на уложенную в цилиндре смесь устанавливают диск прибора *4* со штангой 5, проходящей через крышку 3, затем крышку закрепляют на цилиндре. После этого одновременно включают виброплощадку и секундомер и наблюдают за уплотнением смеси в цилиндре по перемещению стрелки-указателя 6 в прорези вертикальной части крышки прибора;

бетонную смесь вибрируют в цилиндре до полного ее уплотнения, которое определяется прекращением перемещения стрелки-указателя. В момент полного уплотнения смеси выключают виброплощадку и секундомер. Полученное время, с, от начала до конца уплотнения характеризует жесткость бетонной смеси.

жесткость бетонной смеси вычисляют с точностью до 1 с как среднее арифметическое результатов двух определений жесткости из одной пробы смеси, отличающихся между собой не более чем на 20%; при большем расхождении результатов определения повторяют.