

**Учебный
материал по
торкретированию**

Логично ожидать, что мастер должен владеть основами теории бетона. Мастер торкретировщик должен понимать, что такое бетон, из чего он сделан и как ведет себя бетон в различных ситуациях. Торкретировщик обязан знать основные свойства бетона, а также должен принимать меры предосторожности, необходимые для защиты себя и своих коллег при укладке бетона и отделке бетонной поверхности. Понимание основ теории бетона поможет торкретировщику делать более качественный бетон. Большая часть этого руководства посвящена технике торкретирования, но в данном руководстве также будут затронуты и другие типы бетона и методы его укладки.

Глава 1 Что мастер торкретирования должен знать о бетоне

1.1 Что такое бетон?

Бетон (от фр. beton) — строительный материал, искусственный каменный материал, получаемый в результате затвердевания рационально подобранной и уплотненной смеси вяжущего вещества (цемент или др.), заполнителей, воды. В ряде случаев может содержать специальные добавки.

В наши дни бетон является наиболее широко используемым строительным материалом. Во всем мире около 1 тонны бетона производится каждый год на каждого живого человека на Земле. Это происходит потому бетон это наиболее доступный строительный материал в мире. Из всех известных строительных материалов, будучи доступным, бетон также очень прочен, долговечен, устойчив к воздействию воды, огня, а также легко может быть уложен в бесконечном разнообразии форм и размеров (что, к слову, является ключевым преимуществом для торкретирования).

Успех бетонного строительства напрямую зависит от того какие свойства заложил проектировщик на этапе проектирования сооружения, в основном это набор прочности и другие свойства.

Прочность бетона, кроме прочего, напрямую зависит от рабочего на стройплощадке. Поэтому для того чтобы работать с бетоном, каждому рабочему очень важно понять некоторые важные факторы, влияющие на свойства бетона.

Бетон представляет собой смесь из двух компонентов: заполнителя и цементной пасты. Паста из портландцемента и воды, работает как клей, который связывает заполнитель (песок, гравий или щебень), благодаря химической реакции цемента и воды, при котором цементная паста затвердевает и превращается в цементный камень.

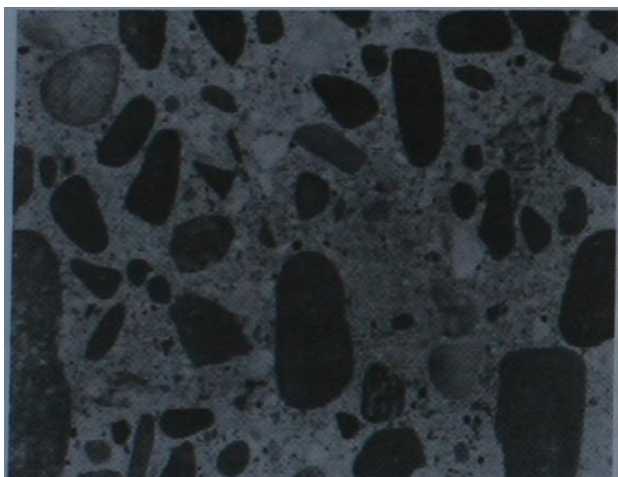


Рис 1.1 Отполированное сечение бетона. Паста из воды и цемента укрывает фрагменты заполнителя и заполняет все пространство между ним.

В основном, термин «цемент», используемый в строительстве относится к понятию портландцемент. Иногда считают, что смесь цемента, воды и заполнителя, это и есть цемент, но это технически неправильно, это бетон. Заполнители, как правило, разделены на две группы: мелкие и крупные. Мелкий заполнитель состоит из природного или искусственного песка с размером частиц до 5 мм, в крупных заполнителях большинство частиц превышает 5 мм и доходит до 150 мм (для мостовых балок, массивных фундаментов и пр.)

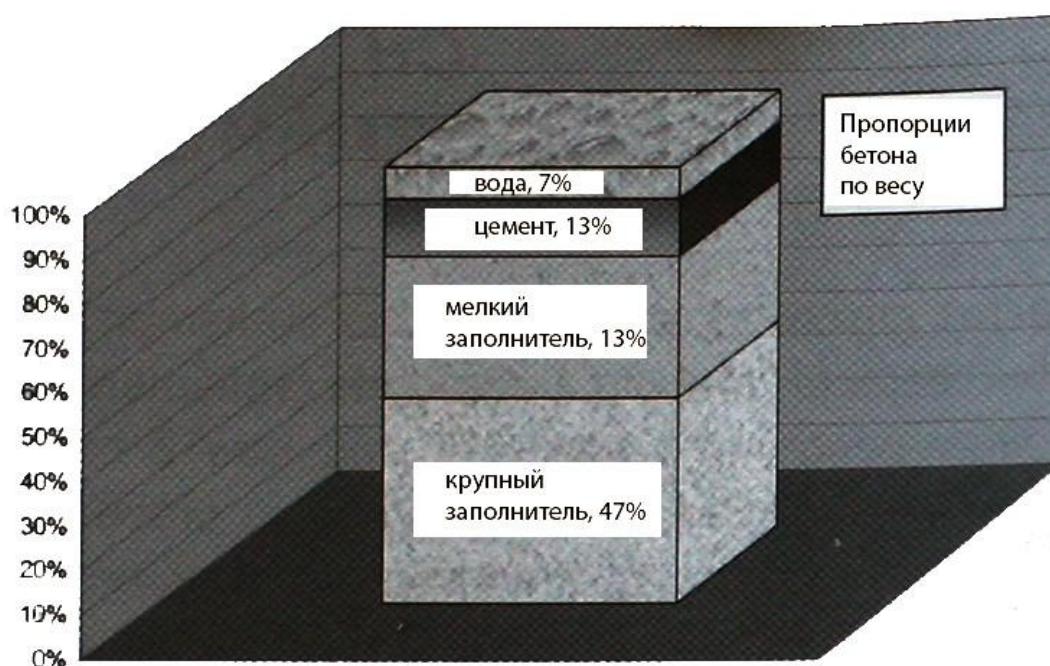


Рис. 1.2 Пропорция по весу материалов в типичной свежесмешанной бетонной смеси. В других смесях доля заполнителя может достигать от 70 до 80% от веса, а доля цемента 13 до 20% от веса

Качество бетона зависит в значительной степени от качества цементной пасты. В правильно приготовленном бетоне, каждая частица заполнителя полностью покрыта цементной пастой, также все пространство между частицами полностью заполнено пастой, как показано на рис. 1.1. Для любого конкретного набора материалов в рецептуре бетона и условий отверждения бетона, качество бетона определяется количеством воды, используемой в отношении к количеству цемента.

Ниже приведены некоторые преимущества снижения содержания воды в бетоне:

- Повышенная прочность на сжатие и изгиб;
- Пониженная проницаемость воды и др. веществ;
- Повышенная стойкость к погодным условиям;
- Лучшая связь между слоями в бетоне и между бетоном и арматурой;
- Меньшее изменение объема бетона от затворения до высыхания
- Снижение тенденции к трещинообразованию из-за усадки

Другими словами, **чем меньше воды используется в бетоне, тем лучше его качество**

1.1.1 Виды бетона

1. По виду вяжущего вещества подразделяют на цементные, силикатные, гипсовые, шлакощелочные, асфальтобетон, пластобетон (полимербетон) и др.

2. По назначению различают бетоны

- a. обычные (для промышленных и гражданских зданий)
- b. специальные — гидротехнические, дорожные, теплоизоляционные, декоративные, а также бетоны специального назначения (химически стойкие, жаростойкие, звукопоглощающие, для защиты от ядерных излучений и др.).

3. По объёмной массе бетоны подразделяют на

- a. особо тяжёлый (плотность свыше 2500 кг/м) — баритовый, магнетитовый, лимонитовый
- b. тяжёлый (плотность от 1800 до 2500 кг/м) — гравийный, щебёночный (базальтовый, известняковый, гранитный)
- c. легкий (плотность от 500 до 1800 кг/м) — керамзитобетон, пенобетон, газобетон, арболит, вермикулитовый, перлитовый
- d. особо лёгкий (плотность менее 500 кг/м)

4. По содержанию вяжущего вещества и заполнителей различают бетоны

- a. тощие (с пониженным содержанием вяжущего вещества и повышенным содержанием крупного заполнителя),
- b. жирные (с повышенным содержанием вяжущего вещества и пониженным содержанием крупного заполнителя),
- c. товарные (с соотношением заполнителей и вяжущего вещества по стандартной рецептуре).

1.2 Основы теории бетона

В данном разделе под бетоном следует понимать обычный бетон. Так как торкретбетон это тоже бетон, данный раздел становится важным в понимании процесса торкретирования, который будет описан в главах 4 -13 этого руководства.

1.2.1 Свежий бетон

Бетон должен быть пластичным или полужидким, и как правило, его можно сформировать ладонью руки. Очень жидкая бетонная смесь также может быть сформирована, если не ладонью, то с помощью формы.

В пластичной бетонной смеси все зерна песка и других заполнителей заключены и «подвешены» в цементной пасте. Ингредиенты не склонны разделяться при транспортировке, и когда бетон отвердеет, становятся однородной смесью всех компонентов. Правильно приготовленный бетон должен быть пластичным, не комковаться, а медленно перетекать без разделения на составляющие.

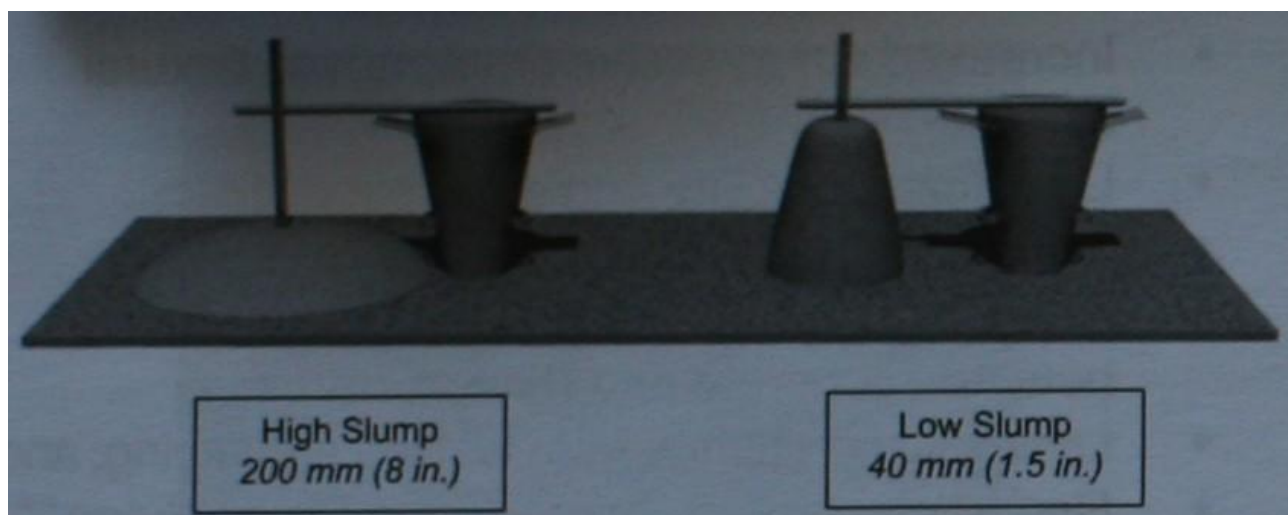


Рис. 1.3 Мера подвижности бетона (высокая осадка конуса по сравнению с низкой осадкой конуса)

Осадка используется как мера подвижности бетона (рис. 1.3). Измерение осадки представляет собой стандартный метод испытаний, который состоит из помещения образца свежего бетона в конусообразную форму и уплотнение бетона стержнем арматуры. Форма поднимается и бетон оседает. Расстояние по вертикали между бетоном, уложенным в форму и осевшим бетоном называется осадкой конуса бетона. Бетон с низкой осадкой имеет жесткую консистенцию, и чем выше осадка, тем влажнее смесь. В строительной практике, тонкостенные бетонные элементы и густо армированные элементы часто требуют более высокой осадки (но никогда жидкой консистенции) смеси для удобства укладки.

1.2.2 Удобокладываемость и подвижность

Удобокладываемость отражает простоту укладки, уплотнения, и отделки свежего бетона. С одной стороны, бетон должен быть вмеру подвижным, а с другой, не должен разделяться на составляющие и чрезмерно выделять цементное молочко. Под выделением цементного молока понимают миграцию воды к верхней поверхности свежеложенного бетона, вызванную осадкой твердых частиц (под действием вибрации и силы тяжести). Чрезмерное выделение цементного молочка увеличивает содержание воды в верхней поверхности бетона и делает верхний слой менее прочным и, если отделочные работы происходят в то время как на поверхности присутствует вода, менее износостойким. В связи с тенденцией свежего бетона к разделению и выделению воды, очень важно поместить каждую порцию бетона как можно ближе к месту укладки.

1.2.3 Уплотнение

В обычном бетоне, надлежащее уплотнение достигается за счет механической вибрации, а также с помощью штыкования, если бетон достаточно подвижен. При правильном уплотнении могут быть использованы более жесткие смеси, которые, в результате, повышают качество бетона и позволяют достичь экономии в работах. В процессе торкретирования надлежащее уплотнение достигается за счет напыления бетона на поверхность с большой скоростью.

1.2.4 Гидратация, Время Схватывания, и Твердение

Процесс отверждения цементной пасты из-за химической реакции между цементом и водой, называется гидратацией. Продукт этой химической реакции - гидратированное цементное тесто, которое чаще называют просто тестом или паста, под которой понимают связующее (клей) в рецептуре бетона.

Различные химические вещества из которых состоит цемент по-разному реагируют друг от друга. Некоторые из них будут реагировать раньше и быстрее, в то время как другие требуют больше времени для активации, а затем будут реагировать медленно. Отвердевшее цементное тесто образует плотное соединение, которое связывает зерна песка и фрагменты крупного заполнителя цементируя все вместе. Бетон схватывается, твердеет и набирает прочность.

Затвердевший бетон содержит мелкие поры наполненные водой и воздухом, которые не имеют прочности. Прочность можно наблюдать только в твердой части пасты. Чем меньше пор в затвердевшем цементном камне, тем прочнее долговечнее бетон. В приготовлении бетона должно быть воды не больше и не меньше, чем необходимо для придания бетону нужной пластичности и подвижности. Знание о том, что бетон в процессе гидратации выделяет тепло полезно при планировании строительства. Зимой гидратация в определенной степени может помочь защитить бетон от низких температур. Летом выделение тепла, может быть вредным. Необходимо соблюдать осторожность в жаркую погоду, так как в результате повышения температуры смеси, может ускориться реакция гидратации, тем самым уменьшая время схватывания и ограничивая подвижность бетонной смеси. Другие факторы, влияющие на скорость гидратации: включают температуру, количество воды, тип цемента и добавок, присутствующих в бетонной смеси.

1.2.5 Уход за бетоном

Так как гидратация это реакция между водой и цементом, которая генерирует клеящее вещество, важно, чтобы вода была доступна для набора требуемой прочности. Если обеспечить постоянное смачивание бетона или относительную влажность воздуха около 80% с надлежащей температурой воздуха, бетон продолжает набирать прочность с возрастом до тех пор, пока негидратированный цемент по-прежнему присутствует. При относительной влажности, окружающего бетон воздуха, ниже 80% и температуре окружающей среды ниже нуля градусов, гидратация и набор прочности бетона останавливается.

Если бетон увлажняется после высыхания гидратация частично возобновляется и иногда можно наблюдать продолжение набора прочности, при условии что бетон не был заморожен. Лучше всего непрерывно ухаживать за бетоном с момента укладки до момента достижения желаемого качества. Правильный уход также снизит вероятность появления усадочных трещин.

1.2.6. Высыхание бетона

Бетон не становится прочнее при высыхании. Как указывалось ранее, бетон должен продолжать удерживать достаточное количество влаги в период созревания для того чтобы цемент гидратировал. В свежеприготовленном бетоне содержится больше влаги чем необходимо для гидратации, но по мере того как будет происходить высыхание от поверхности вглубь бетона, набор прочности остановится как только относительная влажность снизится ниже 80%. Распространенным примером этого может служить бетонный пол, который

твердел при отсутствии достаточной влаги — т. к. бетон твердеет слишком быстро, поверхность становится слабой и пылит. Бетон усаживается при высыхании также как и дерево, бумага и глина. Усадка — первая причина трещин. Так как открытая поверхность бетона высыхает быстрее чем массивные элементы, форма элемента влияет на скорость высыхания бетона. Элементы с большой площадью поверхности по отношению к объему высыхают быстрее чем массивные элементы с малой площадью поверхности (как, например, мостовые балки)

1.2.7. Прочность

Уровень прочности бетона называется компрессионной прочностью (КП). КП показывает какую нагрузку при раздавливании может нести тот или иной образец бетона (бетонный куб или цилиндр, раздавленный на лабораторном прессе после 28 дней созревания бетона). КП — основной показатель при расчете и проектировании сооружений из бетона (железобетона). КП бетона во многом зависит от количества воды и цемента в смеси (часто называемой водоцементным соотношением), возрастом бетона, уровня развития гидратации.

1.2.8 Масса (плотность)

Обычный бетон, как правило, используется для тротуаров, зданий и других сооружений, имеет вес около 2350 кг /м³. Специальные супертяжелые бетоны, применяемые в противовесах или для радиационной защиты весят до 3200 кг/м³. Удельный вес (плотность) бетона изменяется в зависимости от количества и удельного веса заполнителей, объема воздуха, который попадает в бетон, содержания воды и цемента, которое в свою очередь зависит от таких факторов, как максимальный размер заполнителя и используемых химических добавок. При проектировании железобетонных конструкций, предполагается что сочетание обычного бетона и арматуры имеет вес около 2350 кг/м³.

1.2.9 Морозостойкость

Бетон который используется в сооружениях, тротуарах, туннелях, должен иметь длительный срок службы и низкие эксплуатационные расходы. Хорошая прочность бетона позволит противостоять влияниям окружающей среды. Одним из наиболее разрушительных факторов является воздействие атмосферы в виде замораживания и оттаивания во время того как бетон все еще влажен, особенно при наличии противобледенительных солей. Замерзание воды в цементном тесте, частиц заполнителя или того и другого является причиной быстрого износа бетона. При правильном вовлечении воздуха, бетон становится намного более устойчивым к износу вызванному циклами замерзания и оттаивания. Бетон с вовлеченным воздухом более морозоустойчив чем бетон без вовлеченного воздуха, бетон с низким водоцементным соотношением (В/Ц), более долговечен чем бетон с высоким В/Ц.

1.2.10 Водопроницаемость и водонепроницаемость

Бетон который используется в гидротехнических сооружениях или особо подвержен воздействию погодных условий или других тяжелых условий, должен быть настолько водонепроницаемым, насколько это возможно. Водонепроницаемость это способность бетона сдерживать или поглощать воду без видимых утечек. Под проницаемостью понимают количество воды

проходящее через бетон, в случае, когда вода находится под давлением, или способность сопротивляться бетону к проникновению воды или других веществ (жидкости, газа, ионов). Как правило, те же свойства бетона, которые делают бетон менее проницаемым также делают его более водонепроницаемым. Низкое В/Ц уменьшает расслоение, выделение цементного молочка и способствует увеличению водонепроницаемости. Чтобы для того чтобы сделать бетон водонепроницаемым, он должен быть без трещин, полостей и пазух.

1.2.12 Контроль образования трещин

Существуют две основные причины по которым появляются трещины в бетоне:

1) усилия вследствие пластичной усадки при высыхании или изменения температуры 2) усилия вследствие силовых нагрузок. Пластичную усадку на поверхности свежего бетона можно наблюдать вскоре после укладки, если имеет место чрезмерное испарение воды затворения.

Колебания температуры могут привести к растрескиванию, особенно на раннем возрасте созревания бетона. Усадка бетона вследствие высыхания неизбежна, поэтому правильно расположенная арматурная сталь и формирование деформационных швов используется в монолитном железобетоне для уменьшения размера трещин.

1.3 Заполнители

Песок, гравий и щебень, которые смешиваются с цементом и водой, в производстве бетона, называются заполнителями. Эти материалы составляют от 70 до 80% веса бетона. Кубический метр тяжелого бетона может содержать от 1600 до 1800 кг мелкого и крупного заполнителя.

Типичные заполнители должны соответствовать стандартам качества. Основные качества заполнителя, которые существенно влияют на качество бетона:

- Максимальный размер зерна
- Распределение размера зерен
- Форма зерен
- Твердость зерен
- Содержание влаги
- Количество крупных и мелких включений

1.3.1 Максимальный размер зерен в заполнителе

Наибольший размер зерна может быть выбран в зависимости его от размера и формы, расстояния между арматурными стержнями в бетоне, ограничений бетоноподающего оборудования (типом бетононасоса, диаметром шланга и т.д.). Обычно выбирают экономически доступный заполнитель с наибольшим диаметром частиц т.к. чем больше размер частиц заполнителя, тем меньше необходимо связующего (цемента) и меньше воды (уменьшение В/Ц и усадки)

1.3.2 Распределение размера зерен в заполнителе

Заполнитель состоит из частиц, которые различаются по размеру. Для того чтобы сделать замесы бетона одинаковыми, количество заполнителя и распределение в нем частиц должно быть также одинаковым. Для замера размера зерен заполнителя, просушенный образец заполнителя просеивают через ряд стандартных сит, начиная с сит с наибольшими отверстиями, заканчивая самыми мелкими ситами. Распределение размера зерен определяется по весу заполнителя, который остался в каждом из сит.

Есть несколько причин для необходимости определять распределение размеров частиц в заполнителе и определять максимальный размер частиц. Количество цемента и воды, которое необходимо для приготовления смеси нужной подвижности, строго зависит от размера частиц заполнителя. Например для приготовления бетона с максимальным размером частиц 25 мм необходимо меньше цемента и воды с определенной прочностью, чем для бетона с заполнителем 12.5 мм.

Размер и распределение частиц заполнителя также влияют на удобоукладываемость, наличие пор, морозостойкость бетона, и его пригодность к перекачиванию, а также на ряд других характеристик. В добавок к проблемам с перекачиванием, нестабильное распределение частиц приведет к неоднородности и несхожести замесов бетона из одного того же заполнителя. Лучшие результаты по всем параметрам даст заполнитель (песок) при расसेве которого не будет избытка или недостатка на любом из сит т. е. частицы по размеру в заполнителе будут распределены равномерно.

Такие заполнители называют «с равномерной кривой рассева» или хорошо градуированным заполнителем (рис. 2.1 (а)).

Чем больше в бетоне хорошо градуированного заполнителя, тем меньше объем который необходимо заполнить вяжущим (цементной пастой), тем меньше площади поверхности заполнителя, который необходимо «склеить», таким образом требуется меньше воды и цемента. Нормальное распределение частиц заполнителя необходимо для эффективного и экономного использования цемента и воды. Распределение частиц с промежутками (рис. 2.1 (б)) или равномерное распределение частиц (рис. 2.1 (с)) приведет к увеличению количества цементной пасты для заполнения образовавшихся пустот, и, если цементной пасты окажется недостаточно, могут появиться проблемы с отвердением или перекачиванием бетона.

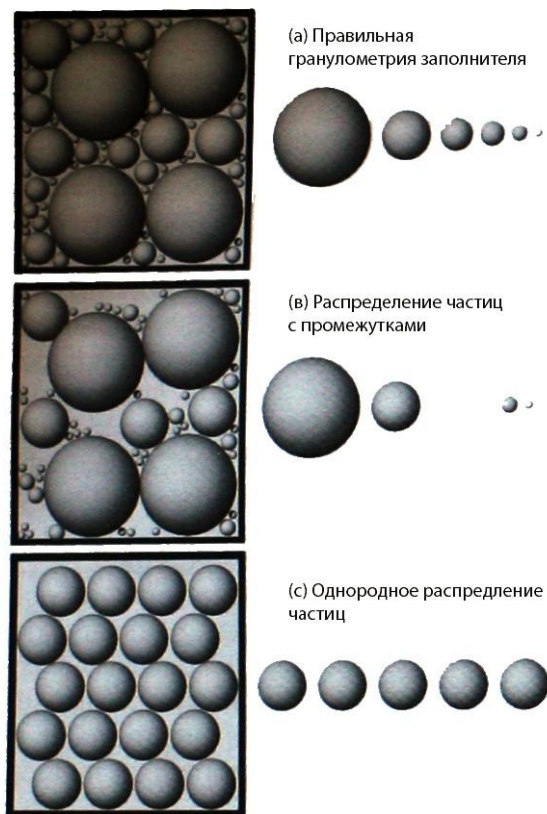


Рис 2.1 Хорошо градуированный заполнитель (а), распределение частиц с промежутками(б), равномерное распределение частиц (с)

1.4 Затворение водой

Качество воды является проблемой, потому что химические вещества, даже в очень небольших количествах, иногда могут существенно изменить время схватывания смеси или повлиять на свойства бетона в долгосрочном периоде. Практически любая питьевая вода может быть использована для затворения бетона.

Морская вода может не навредить прочности бетона самого по себе, но существенно ускорить коррозию арматуры если используется железобетон. Вода, содержащая жир, соль, водоросли, грузь или сахар не должна использоваться для затворения бетона.

1.5 Добавки в бетон

Любые вещества, специально добавляемые перед или во время приготовления бетона, кроме цемента, дополнительных вяжущих веществ, воды, заполнителей и армирующих волокон (фибры), называется добавками. Характеристики свежего бетона могут быть изменены добавлением добавок в рецептуру бетона. как правило, в жидком виде, во время дозирования. Добавки обычно используются для: 1) регулировки времени схватывания, 2) сокращения В/Ц (водо-цементного соотношения), 3) увеличения подвижности, 4) намеренного вовлечения воздуха в бетон 5) изменения других свойств. Типы добавок:

- Ускорители схватывания (используются в холодную погоду тк при низких температурах бетон схватывается медленно);
- Замедлители схватывания (используются в жаркую погоду для того чтобы бетон не схватился до или в процессе укладки);
- Уменьшающие В/Ц (повышают подвижность (усадку конуса));
- Суперпластификаторы (добавки в бетон широкого спектра действия)
- Воздухововлекающие добавки (увеличение морозостойкости и теплосопротивления)
- Различные специальные добавки (цветные пигменты, ингибиторы коррозии, упрощающие перекачивание, латексные модификаторы итд)

1.6 Рецептуры бетона (применительно к торкретбетону)

Рецептура торкретбетона или торкретсемси должна обеспечивать бетон с такими качествами: экономичный, удобоукладываемый (подвижный), легко транспортируемый (сухие смеси для сухого торкретирования), легко перекачиваемый (торкретбетон для мокрого торкретирования), и легко напыляемый. Рецептура должна соответствовать требованиям проекта (осадка конуса затворенной смеси, содержание воздуха, прочность, долговечность). Для достижения этой цели нужно использовать хорошо градуированный (с правильным гранулометрическим составом) заполнитель и цементную пасту соответствующего высокого качества. Хорошего градуированный заполнитель (рис. 2.1 (а)), необходим для улучшения и облегчения торкретирования (лучшее уплотнение, меньший отскок, и т.д.).

Хорошее качество цементного теста определяется с помощью относительно низкого В/Ц, как описано в разделе 3.1. В случаях, когда В/Ц выбран слишком низким, чтобы получить нужную подвижность, в бетон вводятся специальные добавки, таких как суперпластификаторы и / или добавки уменьшающие В/Ц. Эти мероприятия позволяет сохранить В/Ц низким при производстве и укладке

высококачественного торкретбетона.

После разработки рецептуры смеси, которая будет соответствовать всем требованиям конкретного проекта, рецептура торкретсмеси может быть похожа на пример в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Типичная рецептура торкрет-смеси

Материал	Количество на м3
Цемент	440 кг
Вода	190 кг ($B/C=190\text{кг}/440\text{кг}=0.43$)
Мелкий заполнитель (сухой вес, без учета естественной влажности)	от 1250 до 1520 кг
Крупный заполнитель	от 200 до 500 кг

1.7. Так такое железобетон?

Железобетон - это сочетание бетона и стальной арматуры, монолитно соединённых и совместно работающих в конструкции. Термин "Железобетона" нередко употребляется как собирательное название железобетонных конструкций и изделий. Идея сочетания в двух крайне различающихся своими свойствами материалов основана на том, что прочность бетона при растяжении значительно (в 10—20 раз) меньше, чем при сжатии, поэтому в железобетонной конструкции он предназначен для восприятия сжимающих усилий; сталь же, обладающая высоким временным сопротивлением при растяжении и вводимая в бетон в виде арматуры, используется главным образом для восприятия растягивающих усилий.

Взаимодействие столь различных материалов весьма эффективно: бетон при твердении прочно сцепляется со стальной арматурой и надёжно защищает её от коррозии, т. к. в процессе гидратации цемента образуется щелочная среда; монолитность бетона и арматуры обеспечивается также относительной близостью их коэффициентов линейного расширения (для бетона от $7,5 \cdot 10^{-6}$ до $12 \cdot 10^{-6}$, для стальной арматуры $12 \cdot 10^{-6}$); в пределах изменения температуры от -40 до $+60^\circ\text{C}$ основные физико-механические характеристики бетона и арматуры практически не изменяются, что позволяет применять железобетон во всех климатических зонах.

Основа взаимодействия бетона и арматуры — наличие сцепления между ними. Значение сцепления или сопротивления сдвигу арматуры в бетоне зависит от следующих факторов: механического зацепления в бетоне специальных выступов или неровностей арматуры, сил трения от обжатия арматуры бетоном в результате его усадки (уменьшения в объёме при твердении на воздухе) и сил молекулярного взаимодействия (склеивания) арматуры с бетоном; определяющим является фактор механического зацепления. Применение арматуры периодического профиля сварных каркасов и сеток, устройство крюков и анкеров увеличивают сцепление арматуры с бетоном и улучшают их совместную работу.

Нарушение структуры и заметное снижение прочности бетона наступает при температуре свыше 60°C ; при кратковременном воздействии температуры в 200°C прочность бетона снижается на 30%, а при длительном — на 40%.

Температура в $500—600^\circ\text{C}$ является для обычного бетона критической, при

которой он разрушается в результате обезвоживания и разрыва скелета цементного камня. Поэтому обычный железобетон рекомендуется применять при температуре не выше 200°C. В тепловых агрегатах, работающих при температурах до 1700°C, используется жаростойкий бетон. Для предохранения арматуры от коррозии и быстрого нагревания (например, при пожаре), а также надёжного её сцепления с бетоном в железобетонных конструкциях предусматривается устройство защитного слоя бетона толщиной от 10 до 30 мм; в агрессивной среде толщина защитного слоя увеличивается.

Широкое распространение железобетона в современном строительстве обусловлено его большими техническими и экономическими преимуществами по сравнению с другими материалами. Сооружения из железобетона огнестойки и долговечны, не требуют специальных защитных мер от разрушающих атмосферных воздействий; прочность бетона со временем увеличивается, а арматура не поддаётся коррозии, будучи защищённой окружающим её бетоном. Железобетон обладает высокой несущей способностью, хорошо воспринимает статические и динамические (в т. ч. сейсмические) нагрузки. Из железобетона относительно легко создавать сооружения и конструкции самых разнообразных форм, достигающих большой архитектурной выразительности. Основным объём железобетона составляют повсеместно распространённые материалы — щебень, гравий, песок. Применение сборного железобетона позволяет значительно повысить уровень индустриализации строительства; конструкции изготавливаются заранее на хорошо оснащенных заводах, а на строительных площадках выполняется только монтаж готовых элементов механизированными средствами. Тем самым обеспечиваются высокие темпы возведения зданий и сооружений, а также экономия денежных и трудовых затрат.

ГЛАВА 2 Что такое торкретирование?

Торкрет — метод возведения монолитных горизонтальных и потолочных поверхностей при котором бетон подается через систему шлангов и наносится на поверхность под действием сжатого воздуха с большой скоростью для достижения максимального уплотнения.

Торкретирование делает возможным строительство стен и других конструкций с использованием только односторонней опалубки. Во многих ситуациях случаях торкретирование является более экономичным, чем традиционная укладка бетона из-за своей универсальности и гибкости. В Европейской практике большинство резервуаров, бассейнов, тоннелей, шахт, скульптурных скал, несущих стен необычной формы, укреплений грунта, подпорных стен обычно строятся с использованием торкретирования. Кроме того, широкий спектр работ при ремонте железобетона можно выполнять с помощью торкрет-бетона. Торкрет может быть нанесен слоями различной толщины на одностороннюю форму или опалубку (или уже существующую бетонную, каменную, грунтовую или прочую поверхность).

Природа укладки торкрета различна из-за параметров процесса торкретирования, описанного в Главе 8

Торкретирование подразумевает отскок и брызги. Брызги - это мелкие частицы с достаточным количеством цемента для того чтобы прилипнуть к любой близлежащие поверхности. Отскок - в основном крупные частицы заполнителя и цемент, которые рикошетом отражаются от торкретируемой поверхности и опадают на низлежащие горизонтальные поверхности. Параметры, которые влияют отскок описаны в главе 8.

Сопловик - это мастер, который физически укладывает торкретбетон. Сопловик

несет ответственность за качество торкрета и является важным членом торкрет-бригады. Сопловик должен иметь понимание принципов работы оборудования, техники безопасности, и материала укладки которого он занимается

Несмотря на то что данный материал создан для сопловиков-торкретировщиков, они не являются единственными важными участниками процесса торкретирования. Заказчик, инженер, подрядчик и вся торкрет-бригада также не менее важна для процесса торкретирования. Только в сотрудничестве и самоотверженности всех участников процесса торкретирования, выполненная работа будет успешной.

2.1 Сухое торкретирование

При сухом способе торкретирования сухая бетонная смесь (заполнитель, цемент, порошкообразные добавки) загружается в бункер, сжатым воздухом в разряженном потоке подается в сопло. В основании сопла материал смешивается и затворяется водой или водным раствором добавок и увлекается воздухом на поверхность. При соударении с торкретируемой поверхностью происходит дополнительное смешивание и уплотнение бетонной смеси. При соударении с основанием происходит уплотнение бетонной смеси. Данный метод применяется в основном для крупных ремонтных проектов, где можно эффективно организовать защиту от пыли и удаление отскока, не требуется высококачественной отделки поверхности и внешний вид не имеет решающего значения. Для такого способа характерна возможность подачи материала на большие расстояния, возможность нанесения большого слоя за один проход, большее уплотнение укладываемой смеси.

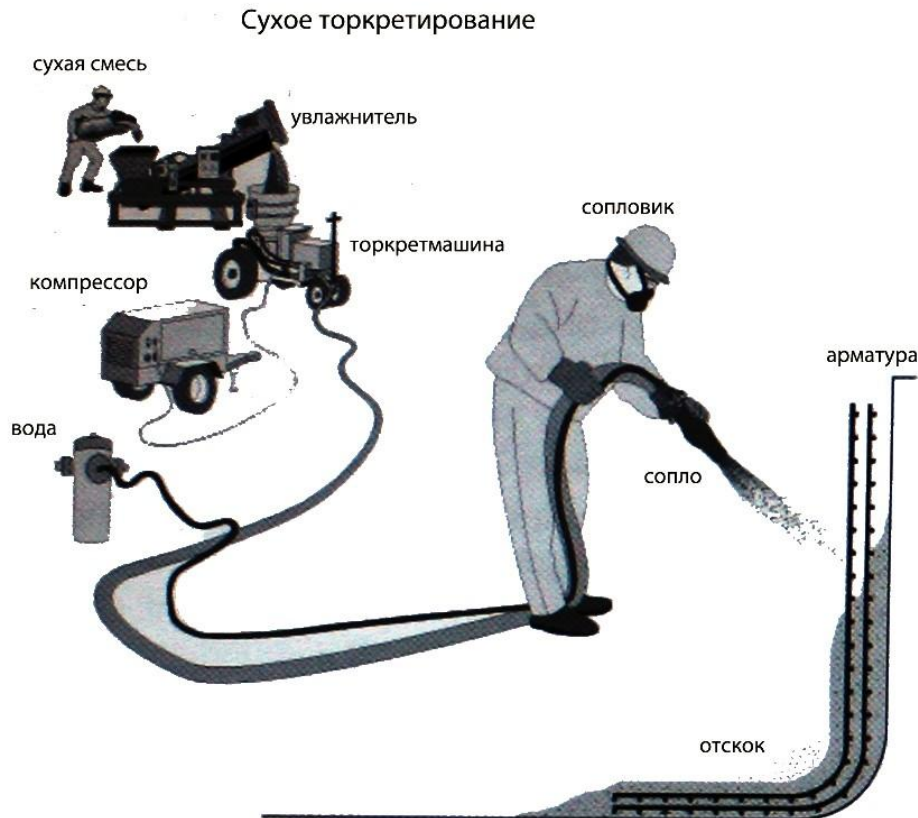


Рис. 4.1 Общая схема сухого торкретирования. Сухая смесь пневматически подается через напорный рукав, на конце которого, в сопле, добавляется вода.

2.2 Мокрое торкретирование

Процесс мокрого торкретирования проиллюстрирован на рис. 4.2, все ингредиенты смеси — цемент, заполнители, добавки и вода затворения, тщательно перемешиваются перед тем как загружаются в установку мокрого торкретирования (бетононасос), и далее подаются по шлангам к месту распыления. Сжатый воздух от компрессора, подаваемый к соплу, ускоряет смесь и сообщает ей дополнительную скорость. Торкретбетон распыляется из сопла на большой скорости на поверхность.



Рис. 4.2 Общая схема мокрого торкретирования. Все ингредиенты тщательно смешиваются, прежде чем прокачиваются оборудованием в напорный рукав. Сжатый воздух ускоряет смесь на выходе из сопла.

2.3 Сравнение методов торкретирования

Каждый из методов, сухой и мокрый, подходит для достижения качества бетона, согласно проекту. На выбор конкретного метода торкретирования влияют различные факторы такие как: опыт экипажа торкрет-бригады, необходимый объем и сроки укладки торкрет-бетона, доступ к строй площадке, наличие необходимых материалов и т.д.)

Основные отличия между методами торкретирования указаны в Таблице 4.1. По своей сути, торкрет это высококачественный бетон. У торкретбетона, как правило, низкое В/Ц, и высокое содержание цемента. Свое высокое качество и некоторые уникальные характеристики, торкрет получает благодаря уплотнению бетонной смеси при соударении с поверхностью. Именно поэтому важно чтобы смесь наносилась с высокой скоростью для достижения уплотнения.

В процессе торкретирования, именно сопловик несет ответственность за обеспечение правильной укладки смеси. Качество торкрета в значительной

степени зависит от мастерства, знаний и опыта торкретировщика и является довольно сложным процессом. Торкретирование не должно осуществляться неподготовленным человеком, имеющим физические ограничения.

Принимая во внимание, что торкрет это метод укладки бетона, от торкретировщика требуется опыт и знания по работе с оборудованием, а также знания по правильному приготовлению торкрет-смесей. Последующие главы данного руководства описывают необходимую информацию по составляющим торкретбетона (глава 5), торкрет оборудованию (глава 6), подготовке перед нанесением, технологии и принципам нанесения (главы 7-10), отделке и инспекции качества торкрета (главы 11-13)

Таблица 4.1 Сравнение процессов торкретирования

Сухой метод	Мокрый метод
Контроль над смешиванием воды и консистенции смеси на выходе из сопла для адаптации к требованиям объекта	Затворение смеси происходит до загрузки в торкрет оборудование. Количество воды может быть точно измерено
Больше подходит для ремонтных работ, где торкрет необходимо укладывать небольшими порциями	Гарантирует что смесь более тщательно перемешана
Возможность транспорта смеси на большие расстояния	Уменьшенное пылеобразование и меньшая потеря цемента при нанесении
Транспортные шланги легче, их легче передвигать и управлять ими	Меньшее количество отскока, и, как результат, меньше отходов
Меньшая производительность оборудования	Большая производительность оборудования

Глава 3 Составляющие торкретбетона

Как описано в предыдущих главах, бетон представляет собой смесь двух основных компонентов: заполнителей и цементной. Цементная паста, изготовленная из материалов и воды, связывает заполнители, и, по мере застывания, превращается в цементный камень.

Схватывание представляет собой химический процесс называемый гидратацией, а не процесс высыхания. Гидратация это может происходить как под водой, так и при контакте с воздухом. Бетон твердеет по мере гидратации цемента, если присутствует достаточное количество влаги. Когда бетон высыхает полностью, он перестает набирать прочность.

Цементная паста, входящая в состав бетона, также содержит воздух, называемый захваченным, обычно он составляет до 2% от объема.

Вовлеченные воздушные пустоты, как правило, хаотично разбросаны, и по размеру сравнимы с крупными зернами песка. Часто цементная паста содержит очень маленькие сферообразные пустоты воздуха, которые слишком малы чтобы увидеть их невооруженным глазом. Такие пустоты называют вовлеченным воздухом. Иногда воздух специально вовлекают в бетон для улучшения определенных его свойств.

Как и на традиционный бетон, на торкрет влияют: водоцементное соотношение (В/Ц), температура, тип цемента и дополнительные вяжущих материалы, химические добавки.

Состав смеси должна быть такой, чтобы в уложенном состоянии, торкретбетон набрал необходимые физические свойства. Как правило, рецептура смеси влияет на торкретбетон так же, как и на обычный бетон. Эффекты, связанные с процессом напыления такие как уплотнение, отскок, определенная ориентацию волокон фибры, могут повлиять на свойства уложенной торкретсмеси.

Как правило, торкрет смесь состоит из тех же составляющих, что и обычный бетон. Не смотря на это, для торкрета разрабатываются специальные рецептуры с учетом того, что бетон будет напыляться с высокой скоростью с помощью специального оборудования.

Содержание цемента в торкретбетоне, как правило, выше (для улучшения укладываемости, подвижности, уменьшения отскока)), а максимальный размер частиц ограничен 8 мм из-за возможностей оборудования и уплотнения о поверхность.

3.1 Торкретирование

В/Ц для высококачественного бетона при торкретировании колеблется в пределах 0,35 - 0,45.

Надлежащее уплотнение необходимо для достижения хорошего качества торкрет-бетона.

3.1.1 Сухое торкретирование

Для того чтобы получить правильное количество воды в торкретбетоне, сопловик регулирует количество воды, управляя соответствующим клапаном на сопле, до появления на поверхности торкрета легкого блеска. Если сопловик дает недостаточное количество воды, поверхность становится сухой и зыбкой. Следовательно, будет увеличиваться количество отскока. Если сопловик дает слишком много воды, материал становится жидким и стекает по поверхности, а не остается на месте. Опытный сопловик с легкостью видит сколько воды необходимо добавить.

Для нормального нанесения, в заполнителе (песке) должно содержаться не более 3-5% влаги. Если количество влаги превышает допустимое количество, сухая смесь будет комковаться и образовывать пробки в шлангах или сопле. Если влаги слишком мало, при торкретировании будет образовываться больше пыли и увеличится отскок. Т.к. в заполнителе практически всегда присутствует влага, после смешивания сухую смесь необходимо использовать не позднее чем 45 минут после смешивания. Очень важно чтобы составляющие смеси были тщательно перемешаны. В случаях, когда готовая сухая смесь поставляется на объект в мешках, дополнительное перемешивание не требуется.

Использование предувлажнителей смеси уменьшает пылеобразование, улучшает смешивание и уменьшает образование статических токов в сопле.

3.1.2 Мокрое торкретирование

Мокрое торкретирование представляет собой процесс, в котором составляющие торкретбетона, включая воду, смешивают до загрузки в оборудование. В Европе торкретбетон (с рецептурой, подобранной для конкретного объекта) обычно доставляется на объект в миксере. При необходимости, в бетон вводят добавки до загрузки в бетононасос. Если используется ускоритель схватывания, то он добавляется в сопло. Правильный торкретбетон для мокрого метода должен быть пригоден к перекачиванию бетононасосом и напылению через сопло.

Правильный подбор градации заполнителя позволит минимизировать выделение цементного молочка и улучшить перекачиваемость.

Если в заполнителе частицы распределяются с разрывом (Рис. 2.1), мельчайшие частички песка пройдут сквозь большие частицы и вода отделится от смеси, создавая выделение цементного молочка. С выдавленным молочком, смесь комкуется, образуя пробки.

Смесь с избытком песка (недостатком крупного заполнителя или слишком мелким песком) может приводить к образованию пробок в шлангах при перекачивании и, вероятнее всего, будет причиной недостаточной прочности и сокращенной долговечности бетона.

Другой важной характеристикой прокачиваемости является достаточность цементной пасты (вяжущих материалов и воды). Паста должна покрыть поверхность всех частиц заполнителя и обеспечить смазывание шланга при перекачивании. При торкретировании обычно используется больше мелкого заполнителя поэтому требуется больше цементной пасты для смазки бетонопроводов (шлангов)

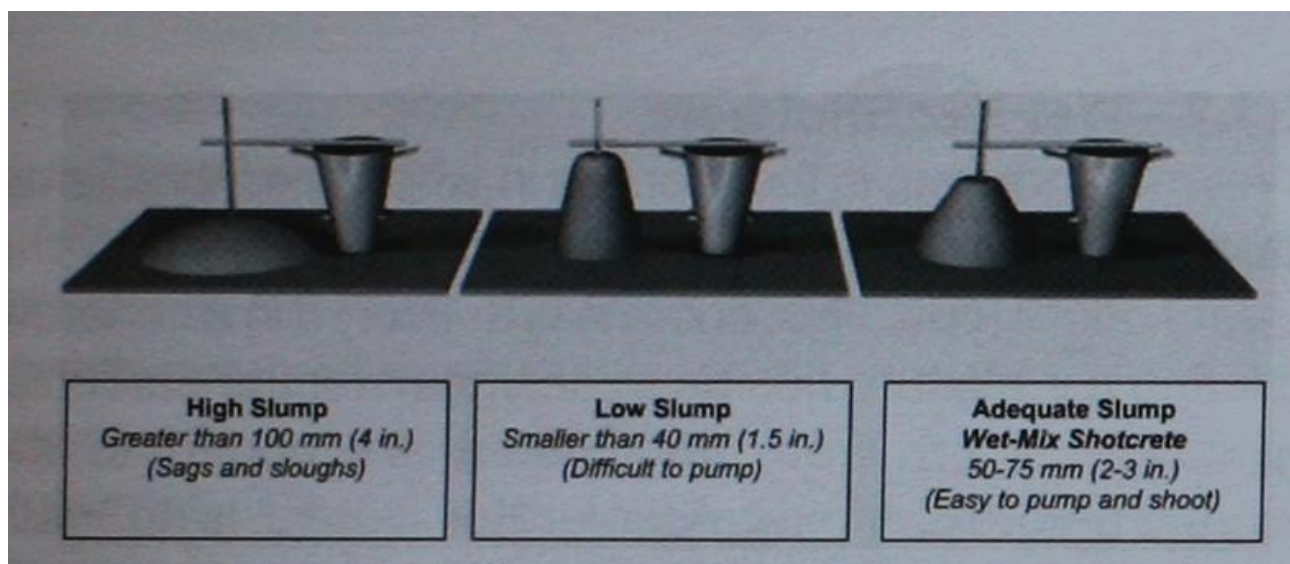


Рис. 5.1. Мера подвижности мокрой торкрет-смеси.

Если торкретсмесь доставлена на объект в миксере и слишком плотна для перекачивания, можно добавить соответствующие добавки, если позволяет рецептура. Для разжижения смеси, если того не предусматривает рецептура, ни в коем случае нельзя добавлять воду. Дополнительная вода повышает В/Ц, уменьшает прочность бетона, увеличивает усадку и трещинообразование. Дополнительные 4 л. воды уменьшат Компрессионную Прочность бетона на один порядок.

Тест с осадкой конуса используется для определения подвижности смеси. Каждый торкретировщик должен знать как проводить данный тест в соответствии с правилами. Смесь с высокой осадкой конуса не будет прилипать к поверхности вертикальных стен и будет садится за арматурой. Смесь со слишком низкой осадкой не будет перекачиваться. Как правило хорошо себя ведет смесь с осадкой 50-75 мм.

Смесь для мокрого торкретирования должна быть использована не более чем через 90 мин после затворения.

3.2 Армирование

Использование арматуры необходимо для контроля трещинообразования и распределения нагрузок. Есть несколько типов арматуры, используемых в торкрет-бетонировании. С надлежащей рецептурой смеси и мастерством сопловика, арматура может быть закрыта и включена в работу необходимым образом.

3.2.1 Арматурная сталь

Для того чтобы правильно закрыть арматурный стержень или сварную сетку, торкретбетон необходимо равномерно распределить вокруг и за элементами армирования.

Чем больше диаметр арматуры, тем сложнее ее закрыть с помощью торкретирования. Расстояние между параллельными стержнями должно быть не менее 2х диаметров. При раскладке армокаркаса по мере возможности следует избегать связанных соединений стержней, тк такие узлы удваивают размер препятствия для проникновения торкрета. Если подобные узлы все таки

используются, их нужно взять спереди-назад, параллельно торкрет потоку. Перед торкретированием армокаркас должен быть надежно закреплен, и не вибрировать при распылении. Вибрация армокаркаса приведет к образованию пазух вокруг стержней. Арматура должна быть чистой втч от отскока и брызг от предыдущих проходов.

3.2.2 Сварная армировочная сетка

Сварная сетка должны быть установлена согласно чертежам. При пересечении слоев сетки, необходимо стараться наложить сетку ячейку в ячейку чтобы уменьшить препятствие для проникновения торкрета. На углах при пересечении 3х и более слоев сетки, стоит срезать ненужную сетку. Очень важно надежно закрепить сетку перед торкретированием, провисшая сетка обязательно приведет к вибрациям и пазухам в уложенном торкрете.

3.2.3 Стальные и синтетические волокна (фибра)

В мокром и сухом процессе могут быть использованы любые типы фибры для увеличения прочности торкрета, снижения образования трещин. При укладке торкрета с фиброй, торкретировщик должен следить за тем чтобы волокна распределялись равномерно и не комковались. Комки фибры снизят прочность бетона. При сухом торкретировании имеет место значительная потеря волокон в связи с отскоком. При использовании фибры, торкретировщик обязательно должен одевать защитные очки и защиту органов дыхания.

ГЛАВА 4 Торкрет оборудование

4.1 Расположение оборудования

Правильное расположение оборудования для торкретирования имеет важное значение для эффективного, экономичного и успешного торкретирования. Важно, чтобы оборудование было размещено как можно ближе к месту непосредственных работ, для того чтобы минимизировать длину рабочего шланга. Если работа рассредоточена на значительной площади, оборудование должно быть равноудалено от мест предполагаемых работ, для того чтобы уменьшить количество перемещений оборудования. Чтобы избежать дополнительного перемещения материалов, оборудование должно быть расположено так, чтобы доставка материала к оборудованию была легкой, с прямым доступом к смесителю, торкрет-машине или бетононаосу. При перекачивании бетона на очень большие расстояния, следует применять стальные бетоноводы для уменьшения количества гибких шлангов, используемых в установке. Типичное расположение оборудования для обоих процессов отражено на рис. 4.1 и 4.2.

4.2 Эксплуатация оборудования

Важно, чтобы каждая единица оборудования регулярно проверялась и очищалась по крайней мере раз в день. Оборудование необходимо содержать в соответствии с рекомендациями производителя. Должны проводиться регулярные планерки по подготовке торкретировщиков к правильному использованию и обслуживанию оборудования. Необходимое запасное оборудование, а также запасные части должны быть легко доступны, чтобы минимизировать время вероятного простоя. Должное обслуживание оборудования снижает риски для безопасности рабочих.

4.3 Сухое торкретирование

Есть два типа установок сухого торкретирования: (а) одно или двухкамерные пневматические установки (также известные как сосуды высокого давления) и (б) роторные установки постоянной подачи.

4.3.1 Одно или двухкамерные пневматические установки

Однокамерные установки обеспечивают прерываемый поток (укладку смеси) из-за периодической загрузки камеры, которая периодически закрывается и нагнетается под давлением. Под давлением смесь проталкивается в шланг. Когда камера становится пустой, ее разгерметизируют и вновь наполняют торкрет смесью, и операция повторяется. В некоторых однокамерных пневмоустановках используется вращающийся барабан который нормализует поток смеси в шланге. Однокамерные установки используются на маленьких объектах, где требуемая производительность укладки не превышает 0.8 м³/час. Двухкамерные установки позволяют не прерывать процесс торкретирования за счет наличия дополнительного воздушного клапана, их производительность может достигать 1.5 м³/час

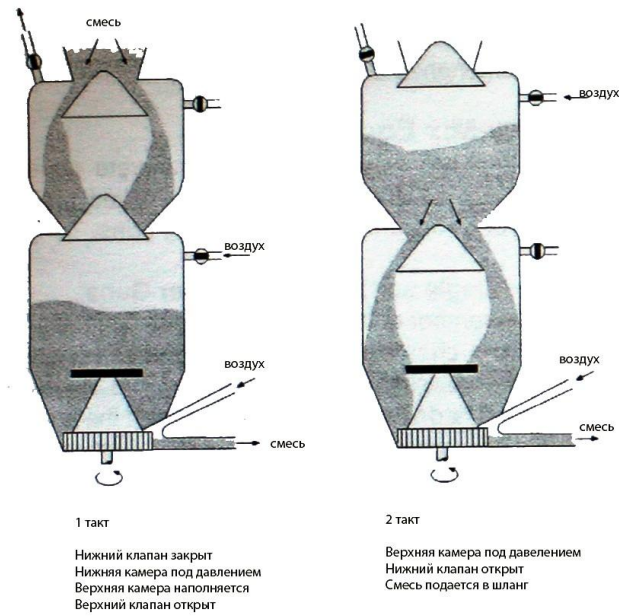


Рис. 6.1 Последовательность операций в двухкамерной установке сухого торкретирования.

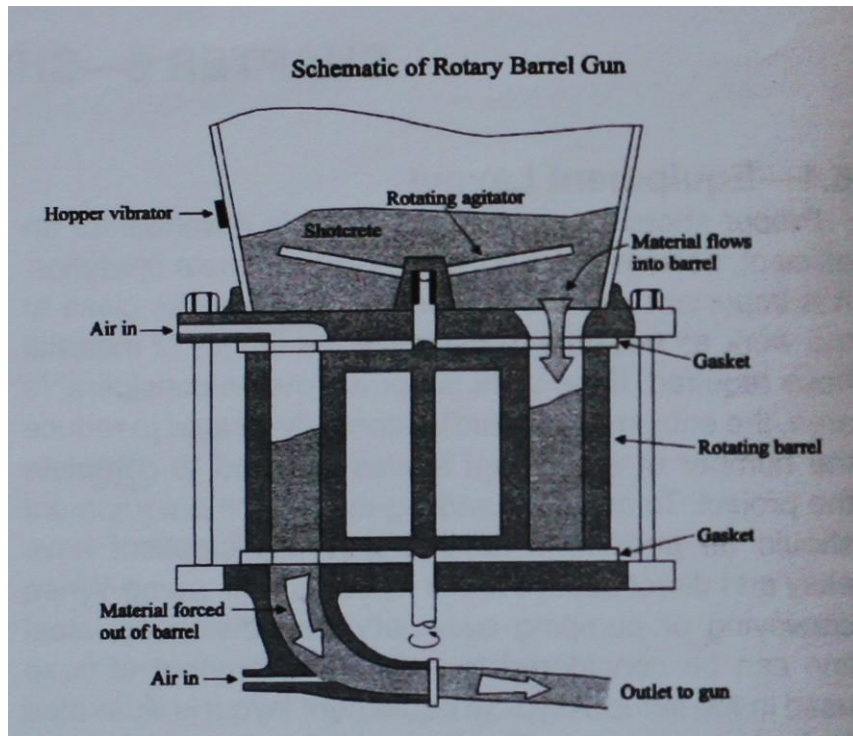


Рис. 6.2 Принципиальная схема установки сухого торкретирования барабанного типа

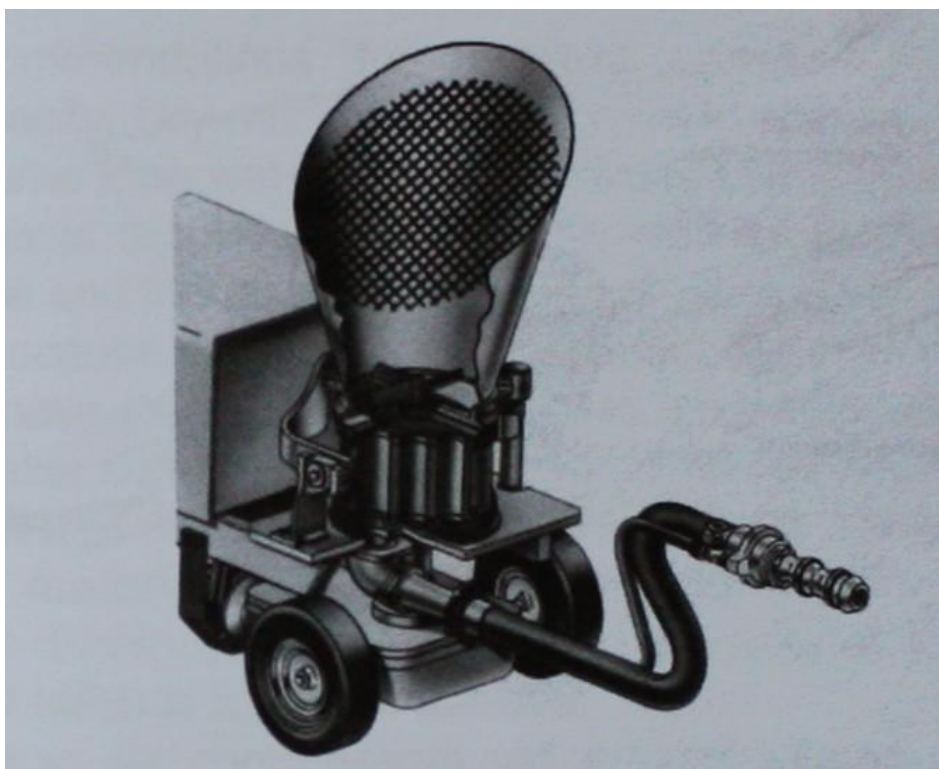


Рис. 6.3 Разрез установки сухого торкретирования барабанного типа

4.3.2 Установки с непрерывным потоком роторного типа

Непрерывная подача в установках данного типа обеспечивается за счет принципа вращающегося пневмоклапана. Существует две разновидности роторных установок — барабанного типа и чашеобразного типа. Барабанная установка, как показано на рис. 6.2 и 6.3, использует уплотнительные пластины в верхней и нижней части вращающегося элемента.

Сухая смесь, под действием силы тяжести заполняет цилиндры барабана с одной стороны, и после вращения, освобождается под действием воздуха, с противоположной стороны. Дополнительный воздух вводится в выпускную магистраль для того чтобы обеспечить надлежащий объем смеси и сбалансировать исходящий поток смеси по шлангу. В конструкции установки чашеобразного типа используется одна уплотнительная плита на поверхности вращающегося элемента (Рис. 6.4).

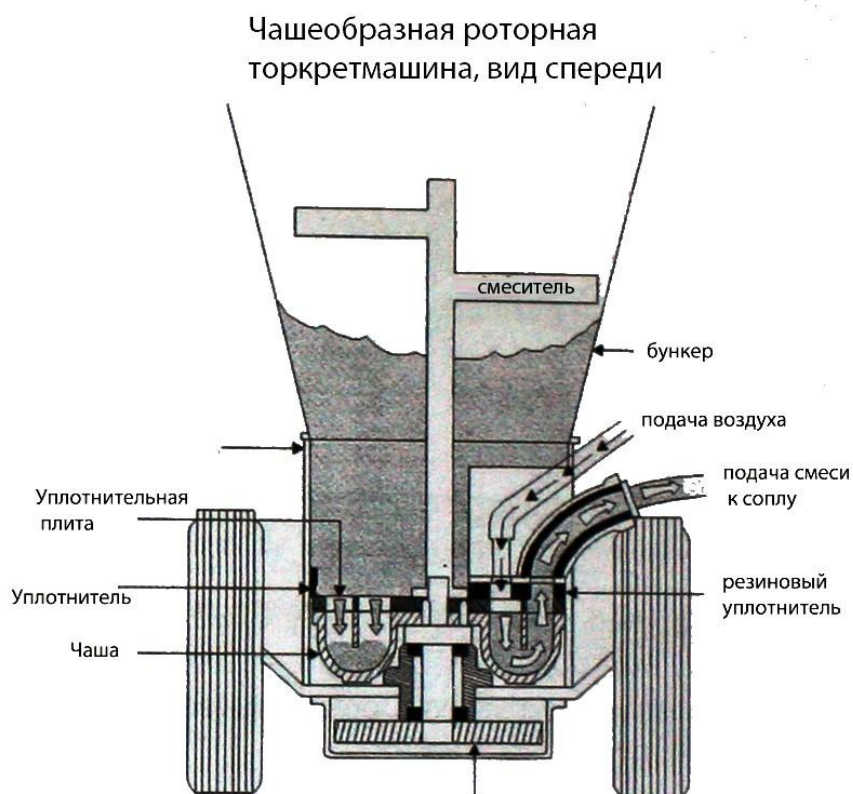


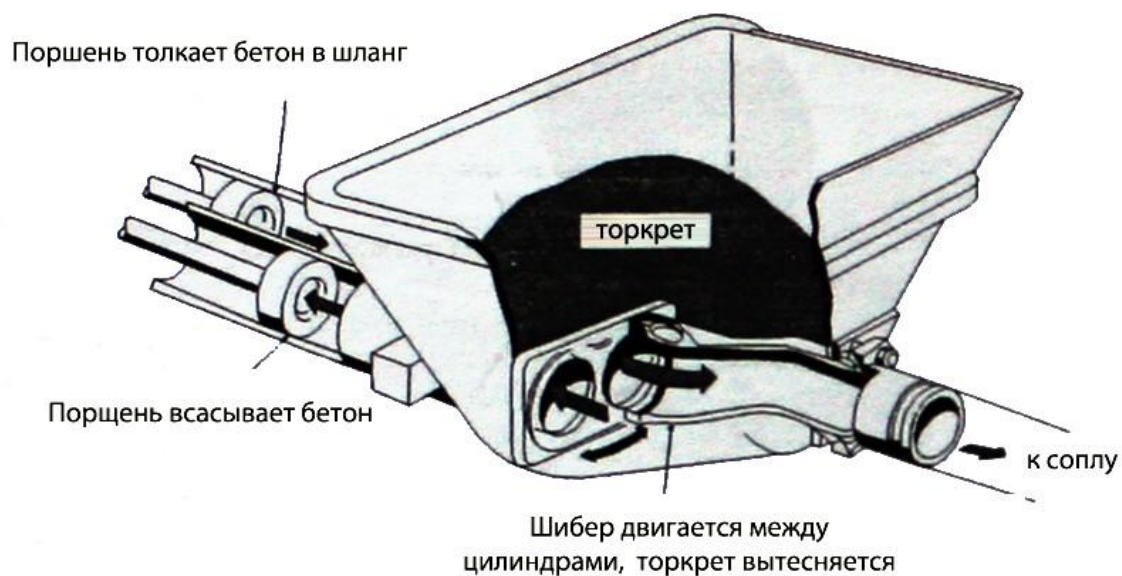
Рис 6.4. Принципиальная схема установки чашеобразного типа

Сухая смесь, из загрузочного ковша под действием силы тяжести заполняет чашеобразные полости вращающегося барабана и выдувается у выпускной магистрали.

Роторные машины используются в основном для сухого процесса, но некоторые производители оборудования приспособили подобную конструкцию для затворенной (мокрой) смеси. Данная конструкция может обеспечить производительность от 1 до 6 м³/час.

4.4 Оборудование для мокрого торкретирования

Мокрая смесь как правило наносится с помощью бетононасоса. Бетононасосы используются для прокачивания бетона через напорный шланг (Рис. 6.5). Для перемещения бетона большинство бетононасосов используют работу поршней в противофазе вместе с работой клапана. Роль клапана состоит в том чтобы освободить пустой поршень для засасывания смеси, в то время как полный поршень выталкивает смесь в транспортный шланг (Рис 6.6).



Поршневой бетононасос

Рис 6.6 Принципиальная схема работы установок поршневого типа

4.5 Воздушный компрессор

Для торкретирования необходим компрессор достаточной производительности (измеряется в м³/мин). Компрессор должен обеспечивать сухим, чистым от примесей и масла воздухом, для придания смеси необходимой скорости. Также сжатый воздух необходим для оборудования которое имеет пневмопривод.

Требования к производительности компрессора может меняться в зависимости от типа применяемого оборудования, его режима работы и технического состояния.

Следует следовать рекомендациям производителя оборудования касательно требуемой производительности компрессора.

Как правило, процесс сухого торкретирования требует большего расхода воздуха, нежели мокрый т. к. большой объем воздуха требуется для доставки сухой смеси к соплу и само оборудование имеет пневмопривод. Т.к. в мокром торкретировании смесь к соплу доставляется энергией, сообщенной поршнями, требуется меньшая производительность компрессора только для того чтобы увеличить скорость нанесения смеси. При мокром торкретировании требуется производительность от 5.6 до 10 м³/мин и давление около 7 атм.

4.6 Шланги и сопла

Шланги используются для торкретбетона, воды и воздуха. Они должны быть соответствующего размера, типа и прочности.

Соединительные муфты на шлангах не должны препятствовать или ограничивать поток воздуха или поток торкретбетона. Внутренний диаметр шланга должен быть как минимум в три раза больше размера самого крупного зерна заполнителя. Используйте шланги специально разработанные специально для торкрет-бетона. Шланги других типов могут быстро изнашиваются и даже взорваться из-за высокого рабочего давления.

Распыление сухой смеси с сухим заполнителем может привести к образованию

статического электричества в сопле. Для его отведения должен быть предусмотрен заземляющий провод если не предусмотрено другое решение. Шланги и бетоноводы должны сразу чиститься после использования, чтобы предотвратить накопление и цементирование материала внутри шлангов. Воздушные шланги должны выдерживать по крайней мере двойное рабочее давление.

Сопла для сухого торкрета имеют съемный наконечник и кольцо подачи воды с клапаном (рис. 6.7). Оператор торкретировщик регулирует водный клапан, для контроля количества воды. Сопло для мокрой смеси схоже, за исключением кольца нагнетания воздуха, которое используется вместо кольца для подачи воды (рис. 6.8). По мере необходимости жидкие добавки (напр. ускоритель схватывания) добавляется в сопло. Все сопла имеют съемные наконечники, которые, как правило, имеют меньший диаметр, чем шланг для того чтобы увеличить скорость нанесения смеси. Форма и размер наконечника зависят от того какую поверхность торкрета необходимо получить. Короткие наконечники дают широкий «факел» набрызга, длинные - узкий. Есть множество различных уникальных конструкций сопла. Рисунок 6.9 показывает сопло HYDROMIX, в котором вода дополнительно вводится в шланг за 3-5 м. до сопла. Такая конструкция позволяет уменьшить отскок и пылеобразование, увеличивает однородность смеси.

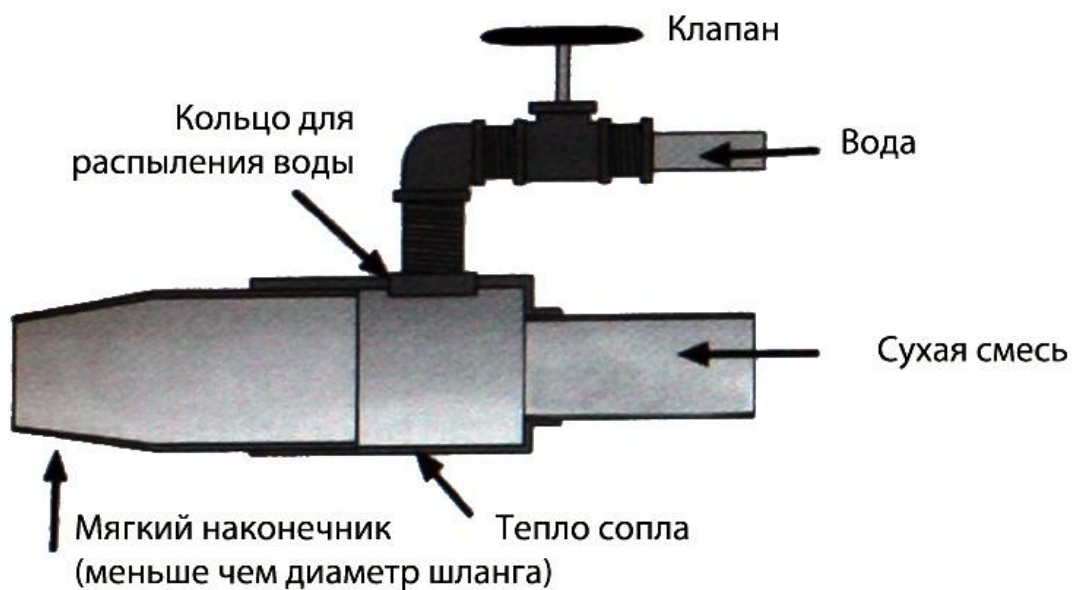


Рис 6.7 Конструкция сопла для сухого торкретирования



Рис 6.8 Конструкция сопла для мокрого торкретирования

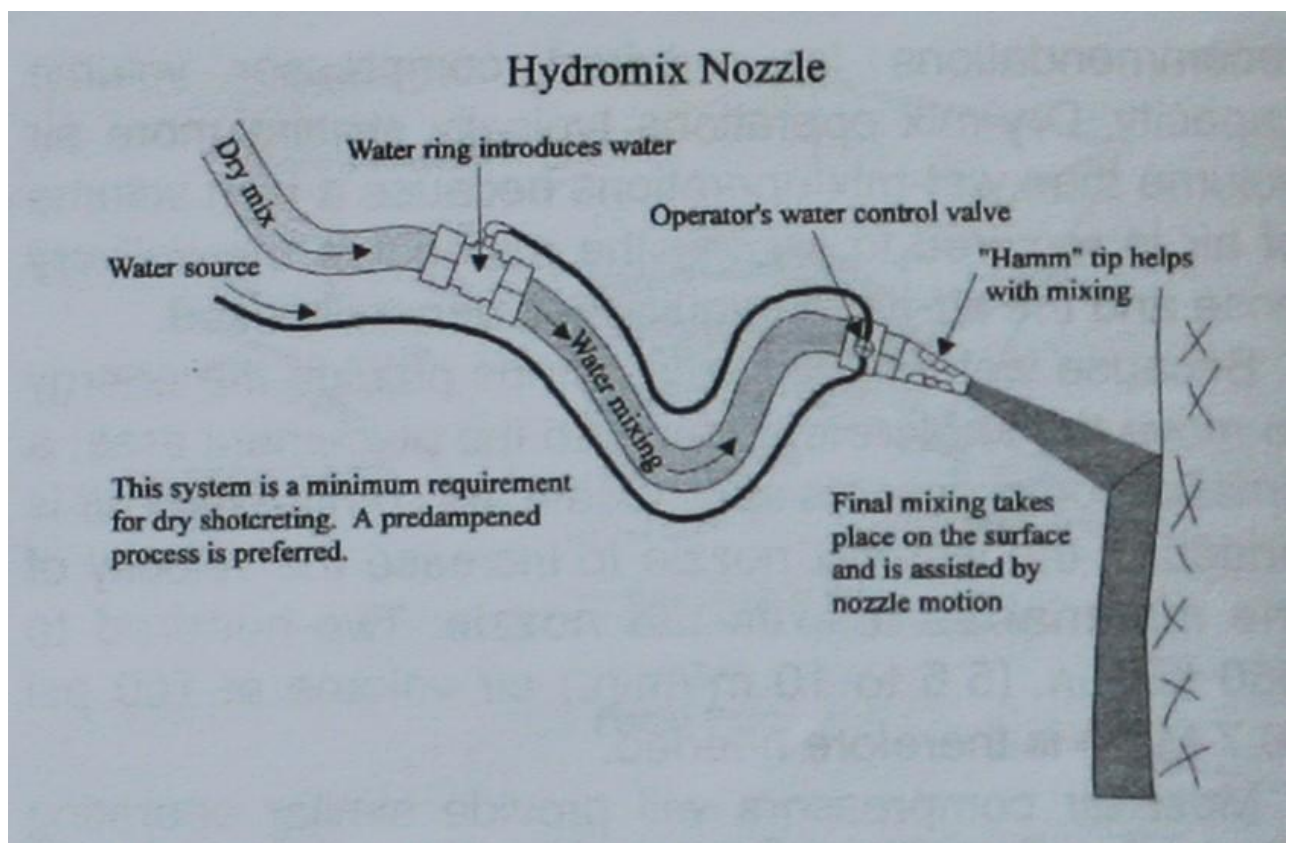


Рис 6.9 Конструкция сопла HYDROMIX

4.7 Начало работ

4.7.1 Сухое торкретирование

При запуске оператор включает только воздух в шланг подачи материала, в это время сопловик регулирует подачу воды. Следуя указаниям сопловика, оператор включает подачу смеси на минимальный режим. Сопло должно быть направлено не на рабочую поверхность пока не будет достигнута нужна консистенция материала. Если материал подается порциями, работа должна быть остановлена, в противном случае сопловик не сможет должным образом настроить подачу воды, и скорее всего смесь будет либо слишком сухой, либо слишком мокрой.

При окончании работ, сначала прекращается подача сухой смеси, а только потом закрывается кран подачи воздуха когда шланг полностью освобождается от смеси.

Оператор торкрет машины должен следить за давлением в системе, наполненностью бункера со смесью и наблюдать за сопловиком. Оператор должен быть всегда готов остановить работу если об этом сигнализирует сопловик.

Если в шланге образовалась пробка, сопловик должен сперва ослабить давление в системе. Никто не должен пытаться разъединить шланги для прочистки пока сопловик не подаст соответствующий сигнал. Если попытаться разъединить шланг под давлением, соединительная муфта может взорваться.

4.7.2 Мокрое торкретирование

До начала перекачивания, бетононасос должен быть осмотрен и проверен в соответствии с рекомендациями производителя.

До подачи бетона в бетононасос, бетоноводы следует смазать раствором воды и цемента (либо специальным раствором)

После смазки остатки данной жидкости не должны быть использованы повторно т. к. она не имеет никакой структурной прочности.

Получив сигнал от сопловика, оператор бетононасоса подает бетон в бетоновод. Оператор должен следить за давлением в системе, загрузкой бункера, и следить за сигналами сопловика. Оператор должен быть всегда готов остановить работу если об этом сигнализирует сопловик.

Если в шланге образовалась пробка, сопловик должен сперва ослабить давление в системе приведением бетононасоса в «реверс» для того чтобы насос прокачал смесь в обратном направлении. Никто не должен пытаться разъединить шланги для прочистки пока сопловик не подаст соответствующий сигнал. Если попытаться разъединить шланг под давлением, соединительная муфта может взорваться. Как и в случае с сухим торкретированием, после прекращения работы необходима тщательная промывка системы и оборудования. Если работа временно остановлена, воздушный клапан на сопле должен быть немного приоткрыт для того чтобы цементная паста на заблокировала воздушное кольцо.

Глава 5 Подготовка к нанесению

Поверхность, на которую должен быть нанесен торкрет необходимо исследовать на предмет надлежащей кондиции. Требования проекта как правило описывают необходимую подготовку поверхности. Для торкретирования по подготовленной поверхности не требуется нанесение дополнительных адгезивов. Поверхности должны оставаться чистыми (вт.ч. от брызг и отскока) непосредственно перед укладкой торкретбетона.

5.1 Грунтовые поверхности

Грунт должен быть устойчив и спланирован желаемым образом до торкретирования.

Мягкий или рыхлый грунт не обеспечит должного основания для торкрета. Поверхность грунта которая существенно отличается от поверхности желаемой отделки потребует нанесения больших слоев, что увеличит расход материала, и, скорее всего, приведет к растрескиванию. Торкретирование по нелинейным поверхностям является нормальным, но желательно чтобы нанесение производилось относительно равномерным слоем. Пазухи и отверстия должны быть заполнены до основного торкретирования для уменьшения риска растрескивания. Перед нанесением стоит убедиться что грунт достаточно влажен чтобы не абсорбировать влагу из торкретбетона, необходимую для гидратации. Не укладывайте торкрет на промерзший грунт.

5.2 Опалубка

Опалубка должны быть достаточно жесткой чтобы предотвратить вибрацию. При проектировании опалубки можно пренебречь гидростатическими нагрузками. Тем не менее опалубка должна без движения выдерживать нагрузку от удара смеси о поверхность. Опалубка должны быть собрана таким образом чтобы исключить аккумуляцию отскока. Опалубка для колонн должна быть двухсторонней. Напыление торкрета в узкие места или глубокие отверстия не рекомендуется.

5.3 Существующий бетон или кладка

Если адгезией к основанию можно пренебречь, стоит лишь обследовать поверхность на наличие кислот, противодействующих процессам схватывания. Поверхность должна быть увлажнена чтобы не отбирать влагу у смеси. Так как адгезия к поверхности важна в большинстве случаев, основание необходимо очистить и придать ему шероховатость.

Дефектные материалы с поверхности должны быть удалены с помощью скалывания и обработаны абразивным методом с последующей пескоструйной обработкой или промывкой высоконапорными установками гидроструйной очистки (мин. 270 атм.)

(Примите во внимание что некоторые основания нельзя обрабатывать отбойными молотками т.к. это может стать причиной появления микротрещин) Следует избегать резких изменений в толщине слоя. В случае ремонта бетона края ремонтируемого участка не должны быть скругленными. Края участка

должны быть пропилены на глубину минимум 13 мм или расколоты перпендикулярно к требуемой поверхности (Рис 7.1). Пескоструйная обработка применима для поверхностей, которые не требуют скалывания для удаления старых лакокрасочных покрытий, жира и других загрязнений, а также для придания поверхности шершавости для лучшей адгезии.

5.4 Сталь

Сталь должна быть чиста от ржавчины, жира, окалины, посторонних веществ и краски. В жаркую погоду стальную поверхность необходимо охладить. Нанесение на сталь должно подразумевать надежно закрепленное основание для предотвращения вибраций.

Глава 6 Принципы и техника укладки торкретбетона

Правильная укладка — наиболее важный элемент для достижения высокого качества торкрета. Большинство дефектов и проблем в торкретбетоне вызваны низким качеством его укладки. Торкрет напрямую зависит от умений и действий сопловика. Цель сопловика — достичь надлежащего уплотнения, избавиться от отскока и брызг насколько это возможно, и, если присутствует арматура, хорошо укрыть ее.

6.1 Введение

Техники нанесения отличаются в зависимости от метода торкретирования, местоположения места нанесения, толщины слоя, типа поверхности и наличия требований по укрытию арматуры. Важно понять что торкретирование — метод укладки бетона. По мере выхода из сопла, а поток смеси становится «факелом». Материал в центре потока преодолевает наименьшее расстояние и приобретает наибольшую скорость, ударяясь о поверхность с наибольшей силой. В первые секунды заполнитель отлетает от поверхности, пока поверхность не будет укрыта достаточным количеством цементной пасты которая приклеит заполнитель (Рис 8.1). Удар торкрет потока уплотняет торкретсмесь. Непрямой поток, который образует факел, ударяется о поверхность с меньшей скоростью и под углом. Часть непрямого потока рикошетит от поверхности, создавая брызги и отскок.

Отскок рикошетит от повежности



Заполнитель укладывается только в достачное количество цементной пасты



Рис 8.1 Поведение потока после выхода из сопла

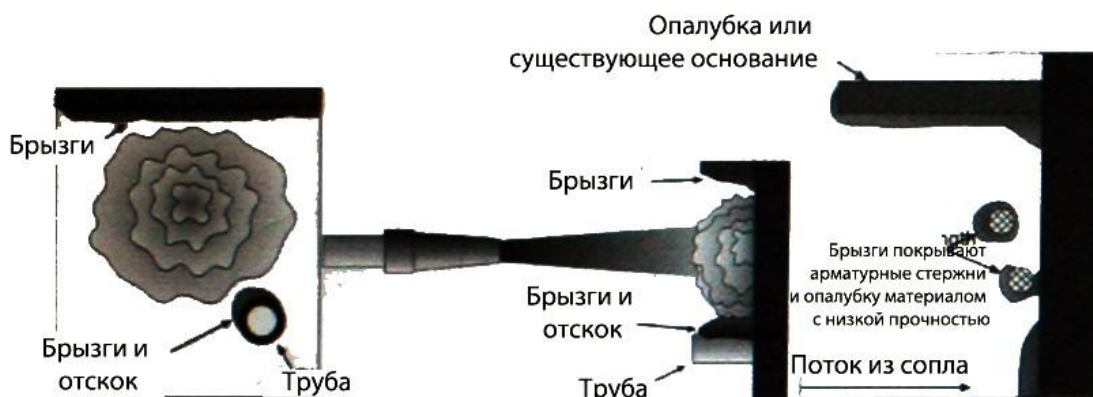


Рис 8.2 Составляющие и поведение отскока и брызг

Брызги прилипают к близлежащим краям и арматуре. Брызги состоят из мелкого и крупного заполнителя с небольшим количеством цемента. Отскок состоит из отскочившего от поверхности заполнителя и падает на низлежащие поверхности. В составе отскока и брызг как правило достаточно связующего для того чтобы быть липким. В то же время этого количества связующего недостаточно для нормального укрытия пространства между частицами заполнителя.

Следовательно, прочности отскока и брызг не достаточно для формирования качественного бетона. Мокрый торкрет создает меньше брызг, чем сухой. Оба метода создают отскок. Контроль брызг и отскока необходим для достижения высокого качества торкрета.

Контроль брызг осуществляется направлением потока строго перпендикулярно поверхности, а также заполнением мест где может скапливаться отскок, например углы, в первую очередь. Для контроля отскока также необходимо направлять поток перпендикулярно, а также использовать пневмопику, сдувающую отскок. Базовые принципы нанесения одинаковы для обоих методов. Правильно чтобы рабочий шланг находился между ног сопловика, а зона работы сопла — от пояса до плечей. Для того чтобы сбалансировать напор потока, сопловик упирается одной ногой упирается позади себя чтобы принять устойчивую позу. Сопло нужно держать строго перпендикулярно (Рис. 8.3(а) и (с)) для того чтобы увеличить силу удара потока о поверхность. Нанесение под углами, которые отличаются от 90 град. увеличивает отскок и брызги и уменьшает уплотнение нанесенного торкрета. (Рис. 8.3(б) и (с) и Рис. 8.4).

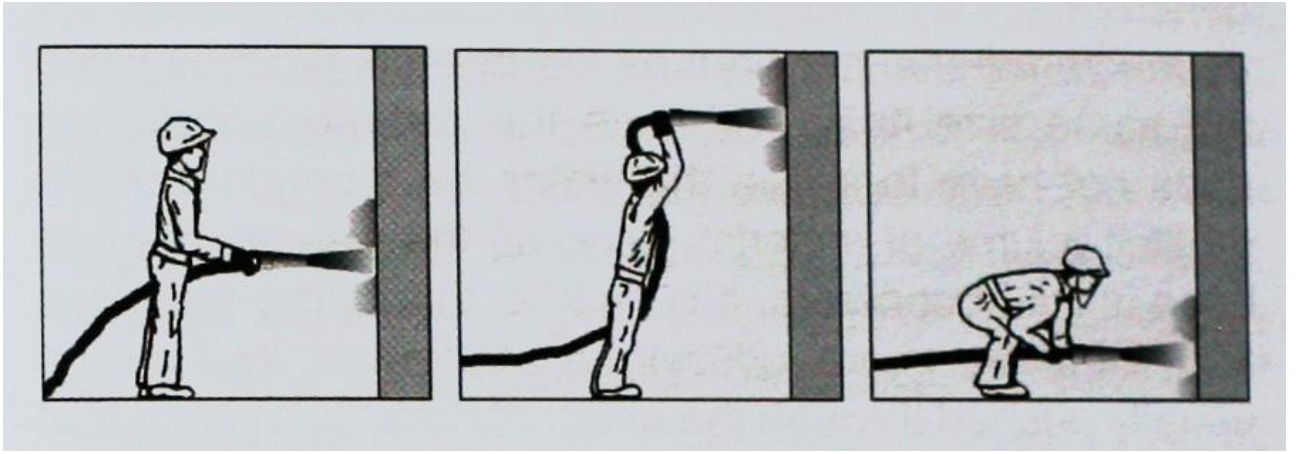


Рис. 8.3(а) Правильные позиции для торкретирования, при которых сопло и поток располагается перпендикулярно поверхности

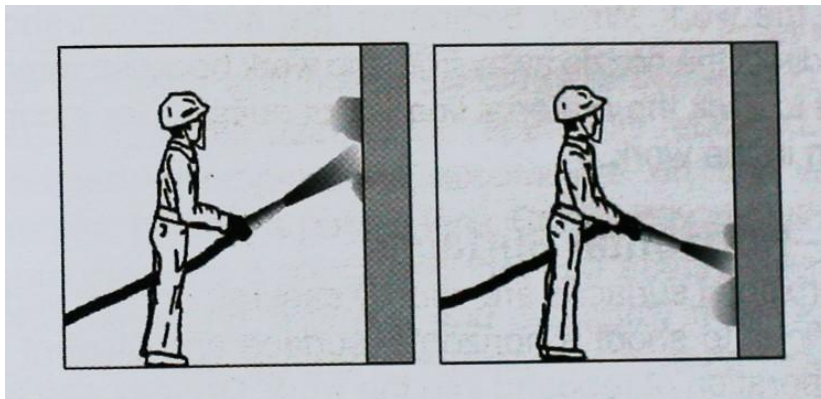


Рис. 8. 3(б) Неправильные позиции для торкретирования, сопло не перпендикулярно поверхности

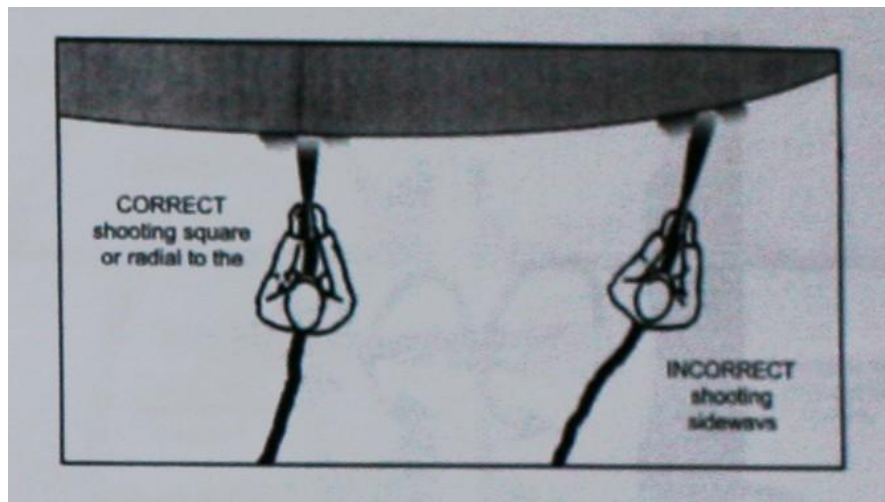


Рис. 8.3(с) Правильная и неправильная позиция при торкретировании, вид сверху

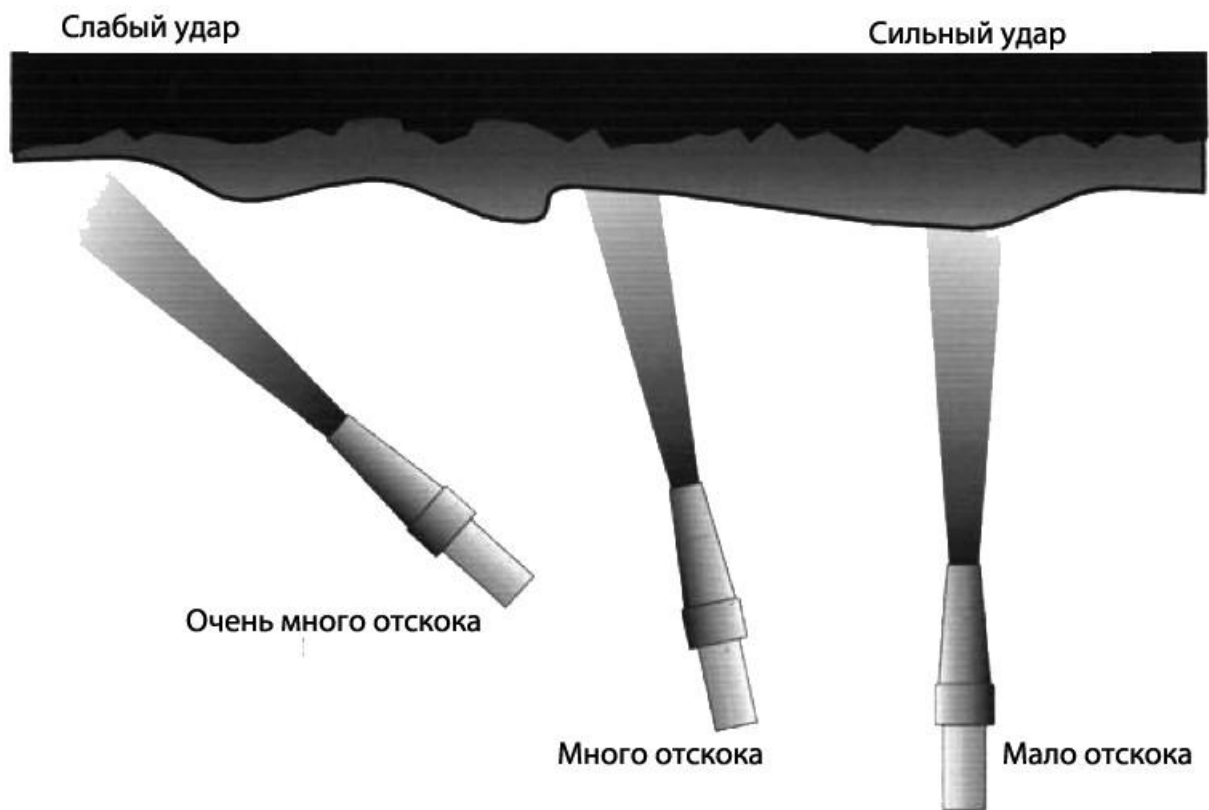


Рис. 8.4 Влияние положения сопла на количество отскока

6.2 Сухое торкретирование

Сухое торкретирование считается более сложным процессом, чем мокрое. Кроме направления сопла на рабочую поверхность, сопловик должен самостоятельно контролировать количество воды, которое поступает в сопло. Для того чтобы правильно оценить необходимое количество воды, сопловик должен постоянно наблюдать за торкретом. Правильная консистенция дает небольшой блеск поверхности без видимых сухих участков. Смесь которая недостаточно увлажнена выглядит темной и рыхлой. Слишком увлажненная смесь оползает и стекает. Торкрет должен иметь постоянный равномерный поток, если поток прерывается или становится нестабильным, необходимо отвести сопло от рабочей поверхности и устранить причину.

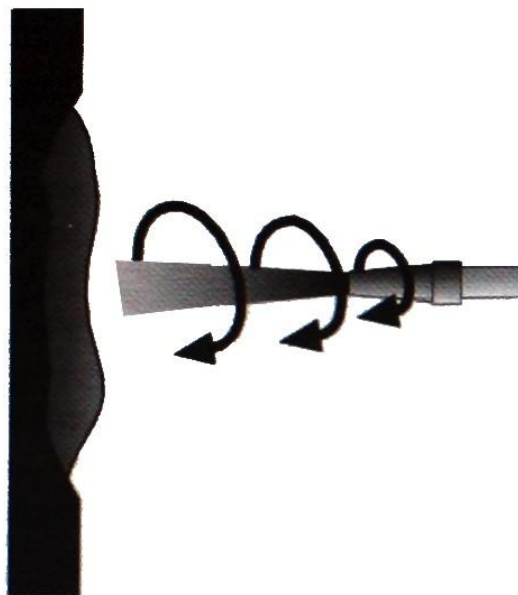


Рис. 8.5 Манипуляция соплом круговыми движениями дает нужный результат

Для того чтобы повысить уплотнение, улучшить смешивание и получить гладкую и плоскую поверхность которая требует минимум усилий для подрезки, сопловик должен укладывать смесь круговыми движениями (Рис 8.5.).

6.3 Мокрое торкретирование

Укладка затворенной смеси похожа на работу с сухим торкретом. При одинаковом диаметре шланга, производительность в мокром методе повышается в 4 раза благодаря тому что весь объем шланга заполнен бетоном. Хотя и сопловик в мокром торкретировании не должен следить за подачей воды, он должен справляться с большей производительностью укладки и удерживать более тяжелый шланг-бетоновод. При мокром методе, смесь как правило подается с пульсациями из-за особенностей конструкции бетононасосов.

Сопловик при мокром процессе должен планировать положение сопла для того чтобы сгладить волны в подаче смеси. При уменьшении скорости потока (перебое в подаче воздуха или появлении пробки в магистрали), сопловик должен отвести сопло в сторону от рабочей поверхности. При начале работ сопловик также должен убрать сопло от рабочей поверхности.

6.4 Горизонтальные поверхности

Более рационально заливать горизонтальные поверхности, чем наносить смесь с помощью торкретирования. Довольно сложно обеспечить защиту горизонтальной поверхности от попадания отскока в непосредственно в смесь. Сухой и мокрый метод отличаются в нанесении на данный тип поверхностей.

6.4.1 Сухое торкретирование

Как и при любом типе торкретирования, сопловик должен направлять поток строго перпендикулярно поверхности. Для нанесения перпендикулярно полу, сопловик должен сделать виток из шланга над головой и направить сопло к ногам. Заполнитель будет отскакивать, пока не накопится достаточное для количество цементной пасты. Отскок быстро начнет скапливаться вокруг сопловика.

Для контроля отскока сопловик должен быстро перемещаться, укрывая доступную поверхность тонким слоем цементной пасты и постоянно повторять этот процесс. Вдобавок с накоплением отскока, брызги начинают прилипать к окружающим вертикальным поверхностям. Контроль брызг также сводится к покрытию цементной пастой всех близлежащих углов и краев для поглощения брызг. Сопловик должен работать от краев к центру (Рис. 8.6).

Вертикальные поверхности должны постоянно укрываться, в противном случае брызги образуют пористые залежи. Необходимо постоянно укрывать поверхность тонкими слоями для поглощения брызг. При нанесении брызги и отскок могут выглядеть как торкрет хорошего качества, именно поэтому сопловик должен постоянно перемещаться по заданной траектории, постоянно обновляя поверхность. Конечный продукт по сути должен состоять из множества тонких слоев. Работайте на небольшой площади, которую можно постоянно обновлять

6.4.2 Мокрый торкрет

Сопловик при мокром методе также должен начать с заполнения углов и нарастить толщину слоя, держа сопло под углом 45 град. Мокрую смесь

необходимо наносить под углом 45 град. по отношению к полу и под углом 90 град. по отношению к краю рабочей поверхности, на только что уложенный торкрет. Только нанесение в толстую подушку из цементной пасты даст возможность увлечь большую часть заполнителя и минимизировать отскок.

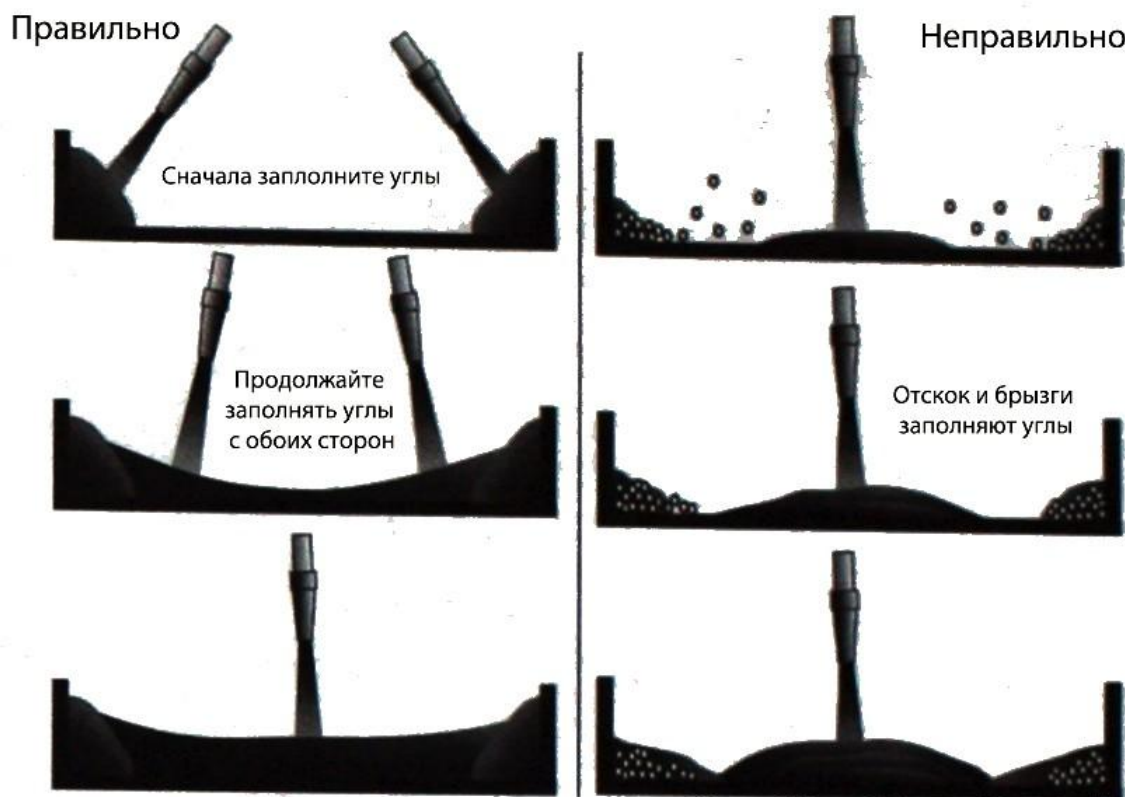


Рис. 8.6 Правильный и неправильный порядок нанесения на горизонтальную поверхность.

6.5 Углы

В угол, который образован двумя вертикальными поверхностями, торкрет необходимо укладывать под углом 45 град. для того чтобы угол заполнился, и из смеси образовалась поверхность под 45 град. к стенкам угла. Уменьшение отскока достигается нанесением на предыдущий слой под углом 90 град. Углы раковины необходимо заполнить в первую очередь, в противном случае отскок и брызги будут сосредотачиваться именно в этих местах. При нанесении на стену, сопловик должен продвигаться вперед, в первую очередь, закрывая препятствия для того чтобы не скапливался отскок и брызги.

6.6 Вертикальные поверхности

Существует два метода нанесения на вертикальные поверхности — метод укладки уступами и вертикального наложения.

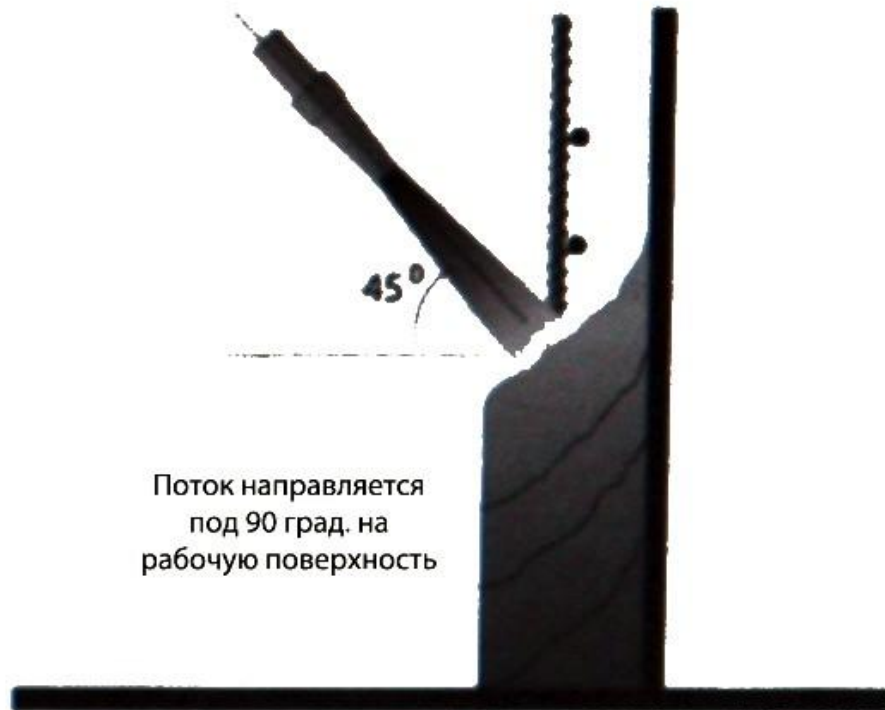


Рис 8.7 Метод укладки уступами для густо армированных стен



Рис. 8.8 Метод укладки уступами тренировочной панели

6.6.1 Метод укладки уступами

Метод укладки уступами является наиболее распространенным для торкретирования толстых, густо армированных стен. Данный метод требует достаточной поддержки свежеложенного материала снизу. Нанесение начинается с основания. Сопло необходимо направить под 45 град. к углу стена-пол (Рис. 8.7 и 8.8). Смесь образует уклон в 45 град., в который сопловик продолжает направлять перпендикулярный поток для минимизации отскока и брызг. Уклон позволяет появившемуся отскоку соскальзывать. Как правило, смесь стоит укладывать на высоту до 0,5-1 м. и возвращаться вниз для создания следующей порции аналогичной высоты. Если торкрет уложен на

слишком большую высоту, появятся провалы и пустоты под горизонтальными арматурными стержнями. В худшем случае, вся порция может провиснуть или оползти. Максимальная высота порции зависит от плотности смеси (на которую в основном влияют пропорции смеси и температура окружающей среды) и шероховатость основания. Иногда необходимо чтобы другой член бригады работал с пневмопистолетом, удаляя отскок.

6.6.2 Метод вертикального наложения

Вертикальное наложение — другой метод, который используют для построения стен, при котором стена наращивается из множества поочередно уложенных слоев (Рис. 8.9). Каждый последующий слой держится на предыдущий. Поток из сопла необходимо направить перпендикулярно, и иногда немного вверх, если необходимо укрыть арматуру. Торкерт нужно наносить снизу вверх, но иногда для облегчения уборки отскока, стоит работать сверху вниз при условии, что смесь будет оставаться на месте. Толщина каждого последующего слоя зависит от жесткости смеси и шероховатости основания. Гладкое основание может удержать лишь 12-25 мм смеси, шероховатые поверхности, до 50 мм. Как и в методе укладки уступами, вначале необходимо направить поток в угол стена-пол. Для достижения гладкой поверхности необходимо вращать сопло для достижения перекрывающихся кругов (которые позволяют сопловику заполнять низлежащую поверхность плавными ровными движениями)

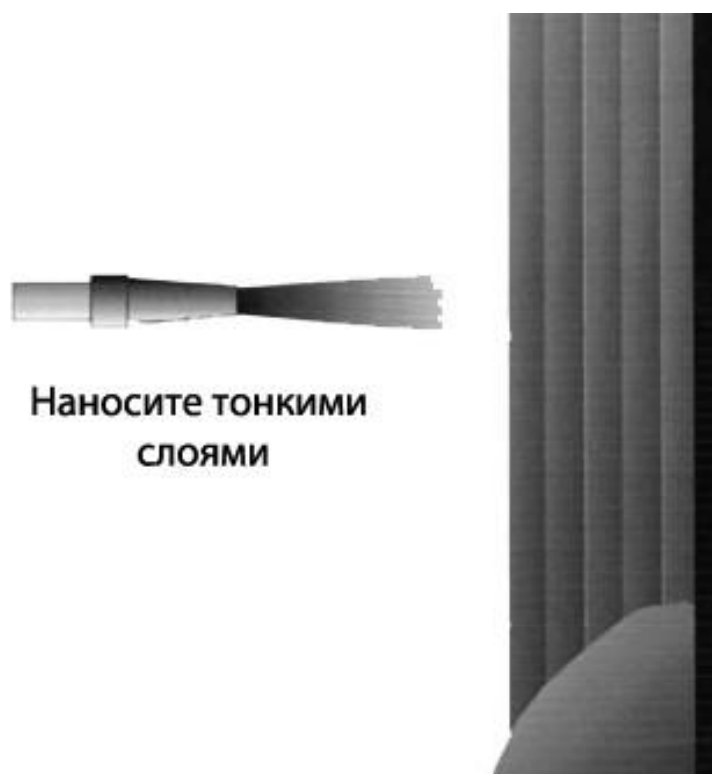


Рис. 8.9 Метод вертикального наложения при устройстве стены

6.7 Потолочные поверхности

Наносить смесь на потолочные поверхности довольно сложно. Пока не будет уложен достаточный слой пасты, увлекающий заполнитель, практически вся смесь будет отлетать обратно в сопловика. При работе с потолочными поверхностями чаще всего используют тонкие слои для предотвращения

провисаний и отвалившихся фрагментов смеси.

При потолочном напылении чаще всего используют ускорители схватывания для увеличения слоя за один проход. Как и в остальных случаях, сопло нужно держать перпендикулярно поверхности. Отскок как правило не является проблемой, кроме как серьезно ослабляет видимость для сопловика. Брызги продолжают появляться, но их количество можно уменьшить, укрывая рабочую площадь тонкими слоями. Также может быть полезным увеличение давления воздуха.



Рис. 8.10 За арматурой могут образовываться мертвые зоны из-за отсутствия потока.

6.8 Укрытие арматуры

Правильное укрытие арматурных стержней очень важно. По мере того как того как при торкретировании попадает арматура или другие препятствия, образуется мертвая зона, куда не проникает поток (Рис 8.10). Размер мертвой зоны увеличивается по мере удаления по рабочей поверхности и увеличения размера препятствия. т. к. поток смеси не проникает в мертвую зону, в ней не происходит должного уплотнения. Могут образовываться пустоты. Для того чтобы проникнуть в мертвую зону у торкретсмеси должна быть соответствующая консистенция, у мокрой смеси должна быть подходящая подвижность и в обоих процессах достаточная скорость укладки должна позволить смеси обогнуть арматуру (Рис. 8.11)

При слишком жесткой смеси или недостаточной скорости потока, будет образовываться нарост на арматуре, который увеличивает площадь препятствия и способствует образованию полостей за арматурой. В какой-то мере с жесткой смесью может справиться бóльшая скорость. Приближение сопла к поверхности или добавление давления в сопло увеличивает скорость потока. Нормальным расстоянием до поверхности является 0.6-1.2 м. Признаком

хорошего укрытия арматуры является формирование ребра, а не полости позади стержня (Рис 8.1.1). Ключ к правильному укрытию — правильная консистенция (сухой метод) и подвижность (мокрый метод). Подвижность для хорошего укрытия арматуры — 50-75 мм. Для работы с высокопластичной смесью (75-100 мм) требуется меньшая скорость потока для огибания препятствия. Работа сопловика — убедиться что смесь имеет необходимую подвижность и скорость. Когда эта комбинация подобрана верно, поверхность арматурного стержня будет блестеть и оставаться чистой. Рисунки 8.12 и 8.15 иллюстрируют правильную и неправильную технику укрытия. Для того чтобы укрыть стержни более 16 мм следует повысить влажность сухой смеси и подвижность мокрой смеси. Удалить мертвую зону можно с помощью поворота сопла под небольшим углом вокруг стержня (Рис 8.16), при этом требуется подвижность 50-75 мм. В некоторых случаях можно уменьшить объем воздуха и работать соплом ближе к поверхности.

Рис. 8.11 Правильный и неправильный метод укрытия арматурных стержней

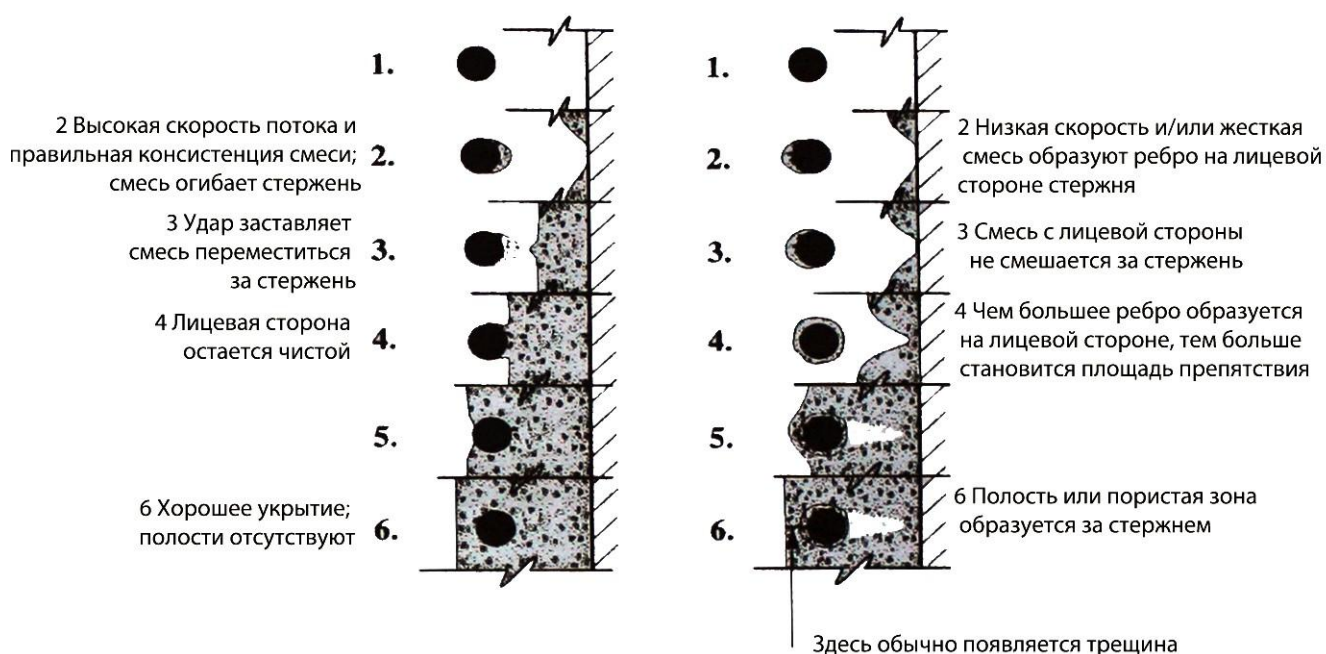




Рис. 8.12 Хорошее укрытие арматуры. Хорошее уплотнение и подходящая скорость. Обратите внимание на блеск и равномерность укладки смеси



Рис 8.13 Еще один пример удачной укладки. Обратите внимание на равномерность укладки смеси и как образуются ребра за стержнями.

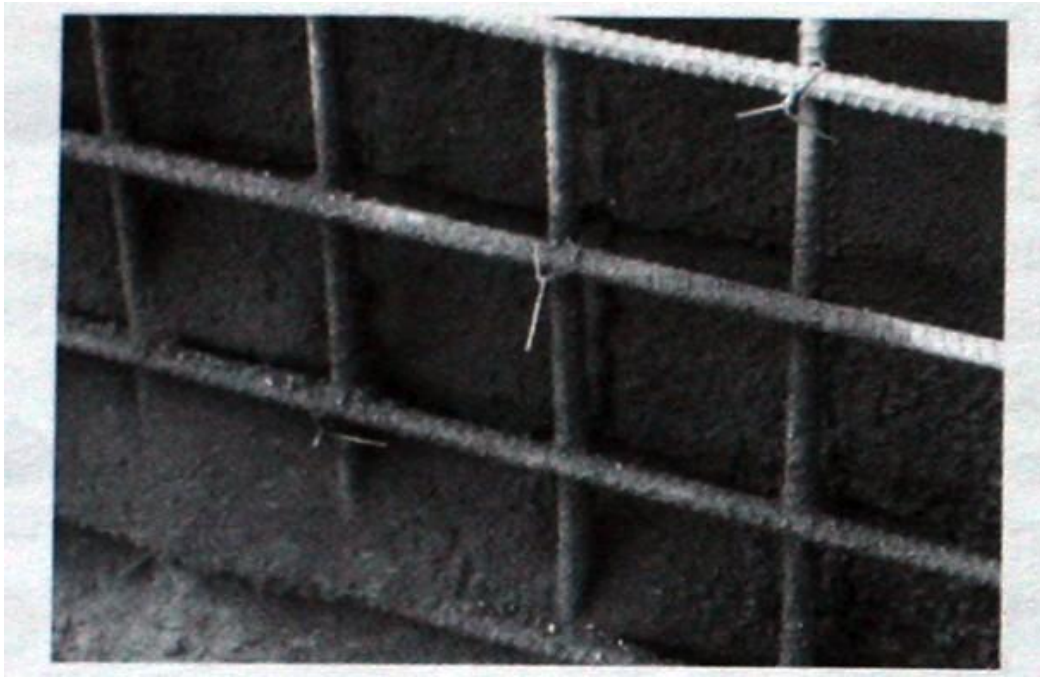


Рис. 8.14 Пример неправильного укрытия. Смесь слишком сухая и мертвые зоны образуются за стержнями. Обратите внимание на очевидные канавки в смеси.

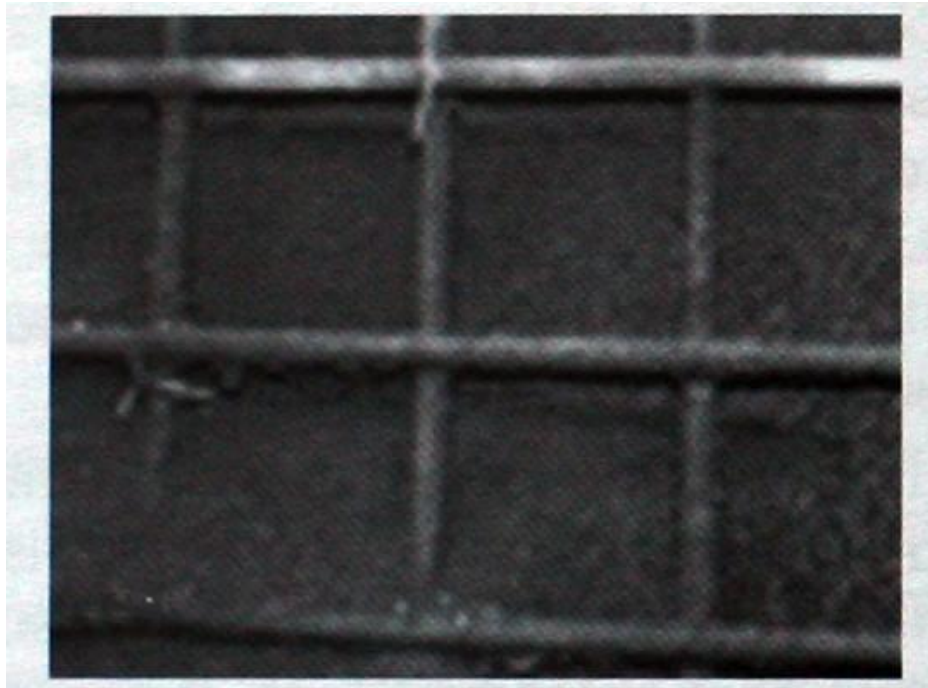


Рис. 8.15 Еще один пример неудачной работы. Мертвые зоны за стержнями и канавки в смеси. Обратите внимание на песочную поверхность и отсутствие блеска.

6.9 Обязанности в бригаде

Торкрет бригада обычно состоит из бригадира, сопловика, оператора пневмопистолета (пневмопики), подсобных рабочих, отделочников и оператора торкрет оборудования. Бригадир ответственный за планирование и организацию работ. Отделочник занимается подрезкой, затиркой и чисткой поверхности, придавая ей окончательный внешний вид. Операторы ответственны за работу, обслуживание и загрузку оборудования. Оператор пневмопистолета необходим для очищения поверхности от отскока. Сопловик отвечает за укладку смеси и должен обладать лидерскими качествами, необходимыми для качественного торкретирования. Если смесь слишком влажная, не хватает скорости потока, слишком сильный ветер, недостаточна закреплена опалубка, не надежно установлены леса, сопловик должен прекратить работу и устранить проблему. Много проблем в торкретировании вызваны недостаточным опытом, умениями и знаниями или недостаточными лидерскими качествами именно сопловика. Сопловик — единственный человек, который видит материал при укладке и является ключевым в производстве качественного торкрета. Управление соплом - не простая задача. Сопло и шланг довольно тяжелые и поток торкрета создает сильную отдачу, которой должен противостоять сопловик. Понадобится определенное время для того чтобы новичок развил интуитивные способности удерживать сопло и одновременно правильно направлять поток. Хороший сопловик действует расслабленно и планирует каждый свой шаг. Хороший сопловик это мастер.

12 правил хорошего торкрета

1. Обучение (сопловика и бригады)
2. Соблюдайте безопасность на стройплощадке
3. Все время поддерживайте оборудование в хорошем состоянии
4. Будьте уверены в хороших компонентах и правильном смешивании торкретбетона
5. Защищайте торкрет от ветра, жары, и холода
6. Тщательно готовьте основание перед нанесением
7. Контролируйте водо-цементное соотношение и подвижность смеси
8. Контролируйте скорость потока
9. Контролируйте угол сопла
10. . Заранее планируйте весь процесс торкретирования, каждый член бригады должен четко знать что делать
11. . Контролируйте отскок и брызги
12. Уход, уход, уход и еще раз уход за бетоном. Это очень важно.

Удачного торкретирования!