

УСИЛЕНИЕ ГРУНТОВ БУРОУГОЛЬНОЙ ЗОЛОЙ

Д. А. Маршалкин

Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Приводятся описание буроугольной золы как материала и непосредственное описание лабораторного опыта, т.е. инъектирование водной суспензии буроугольной золы в подготовленный грунт в лаборатории Алтайского государственного технического университета

Ключевые слова: буроугольная зола, состав и строение золы, лабораторные испытания, инъектирование, водная суспензия, элементарный куб.

Инъекционное закрепление грунтов и материалов является наиболее эффективным технологическим методом усиления оснований и фундаментов зданий и сооружений.

Целью применения буроугольной золы является закрепление и уплотнение грунтовых массивов путем пропитки их поровой структуры водной суспензией с последующим затвердеванием массива. Буроугольная зола является альтернативой органическим инъекционным составам.

Проблемы инъекционного закрепления всегда состояли в гарантированном обеспечении долговечности и прочности закрепляемых массивов грунта или конструкций, в возможности создавать массивы со значительными габаритами, а также в экологической и санитарной безопасности применяемых инъекционных составов.

В процессе закрепления грунтов между твердыми частицами устанавливаются прочные, обусловленные вяжущим веществом, связи, которые в значительной степени увеличивают прочность грунта и уменьшают его сжимаемость.

Закреплению данным методом поддаются грунты, относительно хорошо фильтрующие воду или газопроницаемые, так как этот процесс связан с внедрением в поры грунта водной суспензии. Закрепленные грунты в некоторых случаях можно рассматривать как фундаменты, которые сделаны без отрывки котлована. Хотя такое устройство фундаментов имеет ряд преимуществ, однако оно применяется весьма редко вследствие высокой стоимости работ. Закрепление грунтов в основном применяют при реконструкции и усилении зданий и сооружений под существующие фундаменты.

Характеристика материала

Буроугольная зола – это несгораемый остаток минерального происхождения, который образуется в процессе горения твердого топлива на тепловых электростанциях. Зола улавливается электрофильтрами, а затем в сухом состоянии отбирается специальным отборником для производственных нужд, либо со шлаком и водой отправляется на отвал.

Состав и строение золы зависит от ряда факторов: морфологических особенностей и вида топлива, тонкости помола, зольности топлива, температур в зоне сжигания, химического состава минеральных компонент топлива, времени горения частиц в данной зоне.

Значительное содержание карбонатов в минеральной доле исходного топлива в процессе горения обуславливает образование силикатов, алюминатов и ферритов кальция – способных к гидратации минералов. Такая зола при затворении способна схватываться и самостоятельно твердеть. В ней содержится окись магния, кальция в свободном состоянии.

Бурые золы Канско-Ачинского района (КАТЭК) наиболее распространены в России, так как залежи данных углей составляют около 40% от общенациональных запасов. Эти угли используются тремя ТЭЦ Красноярска, одной ТЭЦ Новосибирска, Омска, Ачинска, Барнаула. На данный момент в отвалах находится 24 миллиона тонн зол. Только одна новосибирская ТЭЦ ежедневно пополняет отвалы 200 тоннами отходов. Из достоинств такой золы можно выделить самостоятельные вяжущие свойства из-за наличия клинкерных минералов и гипса. Поэтому они могут применяться как замена в пенобетоне части цемента.

Золы твердого топлива с высоким содержанием кальция являются многофазными материалами. У них присутствуют вяжущие свойства.

Концентрация отдельных компонент в них различна. На вяжущие свойства влияет состав и соотношение фаз, которые слагают золу. Качественный баланс фаз позволяет получать предельную гидравлическую активность и улучшать химические и физические свойства материала. Получение оптимального содержания вяжущих материалов возможно в случае хорошего изучения гидравлической активности фаз и механизма их взаимодействия. Фазы высококальцевых зол могут объединяться по типу твердения либо же свойствам в такие группы:

- Клинкерные материалы: ферриты кальция, силикаты;
- Воздушные вяжущие материалы: свободная окись магния, кальция, безводный и полуводный сульфат кальция;
- Стекловидная вата: основное и кислое стекло;
- Нерастворимый остаток.

Из-за неоднородного состава зерен топливной смеси наряду с возможностью контакта пылинок, которые сгорают в подвешенном состоянии, все химические процессы протекают в объемах отдельных крупниц. Это приводит к сосредоточению железосодержащих, клинкерных минералов и основного количества оксида кальция в тяжелой зольной фракции (удельный вес более 2,88). Средняя фракция наполнена кварцем (1,83-2,88), алюмосиликатным стеклом и оксидом кальция. Легкая фракция сосредотачивает полые внутри шарики силикатного стекла (менее 1,83).

Существует связь между гидравлической активностью и химическими свойствами фаз высококальцевых зол. Все слагающие золы фазы делят на два вида в зависимости от их способности к твердению и гидратации:

- Фазы, которые способны гидратироваться. Сюда относят воздушные вяжущие вещества и клинкерные материалы;
- Фазы, которые способны гидратироваться и генерировать искусственный камень исключительно в присутствии активаторов затвердевания: это нерастворимый остаток и стекловидная фаза. Последний материал гидратируется и затвердевает лишь в присутствии свободной окиси кальция наряду, сульфата кальция, а нерастворимый остаток – при взаимодействии со свободным оксидом кальция.

Лабораторные испытания

Лабораторные испытания сводятся к исследованиям элементарного куба грунта

объемом 0,07 м³. Испытываемый грунт доводится до необходимой плотности путем послойного трамбования. Оптимальная влажность достигается опрыскиванием. Инъекционный раствор внедряется по трубопроводам через набор инжекторов. Инъекционный раствор в трубопровод попадает из растворной емкости, в которую нагнетается воздух с помощью компрессора. Избыточное давление, создаваемое компрессором, осуществляет подачу инъекционного раствора в трубопровод. Регулирование расхода раствора осуществляется с помощью шарового крана накрученного на выходное отверстие.

Необходимое оборудование:

1. Компрессор PATRIOT 1.4HP (рисунок 1). Технические характеристики:

Мощность: 1500 Вт.

Объем ресивера: 2,4 л.

Максимальное давление: 8 атм. (0,8 МПа).

Возможность регулирования давления: до 8 атм. (0,8 МПа)

Масса компрессора: 24 кг.

Напряжение: 220 В.

Производительность: 240 л/мин.

2. Растворная емкость (рисунок 2). Технические характеристики:

Высота: 1,7 м.

Диаметр входного отверстия для подачи воздуха: 10 мм.

Диаметр отверстия для подачи раствора: 20 мм.

Диаметр растворной емкости: 150 мм.

Длина шланга: 3,5 м.

Отверстие для наполнения раствора – фланцевое с креплением на 12 болтах.

3. Набор ящиков – 2 шт. Технические характеристики:

Материал исполнения – фанера $\delta = 10$ мм.

Габаритные размеры: 400×400×400 мм.

Объем испытываемого материала 0,07 м³.



Рисунок 1 – Компрессор



Рисунок 2 – Растворная емкость



Рисунок 3 – Защитный кондуктор

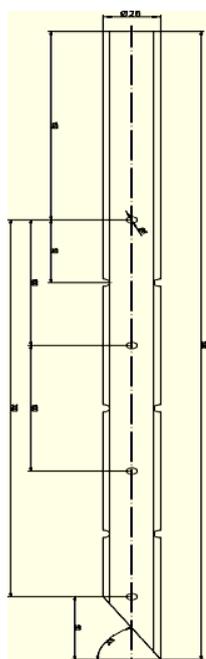


Рисунок 4 – Инъектор: а – внешний вид;
б – схема

4. Защитный кондуктор (рисунок 3). Технические характеристики:

Материал исполнения – сталь.

Диаметр отверстия: 27 мм.

Диаметр круга: 150 мм.

5. Набор инъекторов – 2 шт (рисунки 4, 5). Технические характеристики:

Внутренний диаметр: 20 мм.

Внешний диаметр: 26 мм.

Длина: 500 мм.

Диаметр отверстий: 5 мм.

Технология проведения лабораторных испытаний

Компрессор включают и доводят давление в ресивере до 8 атм., по достижению данного давления компрессор отключается. Приготавливается растворная смесь по заданному рецепту. Инъектор внедряется в толщу элементарного куба грунта. В растворную емкость заливается инъекционный раствор, после чего фланец емкости закручивается и проверяется герметичность емкости. Включается вентиль подачи давления на компрессоре. Вентиль подачи раствора должен быть закрыт. После установления в системе необходимого давления вентиль подачи раствора постепенно открывается. Устанавливается время начала подачи раствора. Остановка подачи раствора осуществляется при:

- полном опустошении растворной емкости;
- выдавливании раствора из-под защитного кондуктора;
- появлении раствора по краям стенок куба.

Инъектирование водной суспензии бурогоугольной золы в элементарный куб.

Испытуемый грунт: супесь лессовидная, желто-бурого цвета, лессовидного облика, неоднородные: с прослоями и гнездами песка мелкого. Его характеристики:

Природная влажность: $\omega = 9\%$.

Влажность на границе текучести: $\omega_L = 17,5\%$.

Влажность на границе раскатывания: $\omega_P = 12,6\%$.

Коэффициент пористости: $e = 0,677$.

Коэффициент водонасыщения: $S_r = 0,367$.

Число пластичности: $I_p = 4,9$.

Показатель текучести: $I_L = -0,7$.

Испытываемый грунт уплотнили. С помощью стандартного кольца определили удельный вес грунта. Данные представлены в таблице 1.

Влажность испытываемого грунта составляет 9%.

Таблица 1 – Данные для определения удельного веса грунта

Масса кольца, г	Масса грунта с кольцом, г	Масса грунта, г	Объем кольца, см ³	Удельный вес, г/см ³
176,87	441,04	264,17	150	1,76



Рисунок 5 – Полученная область инъектирования

Приготовление водной суспензии:
 - водозольное соотношение раствора 1:5;
 - объем приготовленного раствора 10 дм³.

Время схватывания раствора – 12 ч.
 Длительность нагнетания – 2 мин.

Время нагнетания раствора составило 2 мин. Давление подачи 4 атм.(0,4 МПа). Подачу раствора прекратили после того, как раствор закончился в емкости. Испытуемый образец подвергся выдержке в течение 10-ти дней. После чего стенки ящика были демонтированы и грунт послойно снимался. Результаты полученной области инъектирования (рисунок 5).

В результате испытаний область инъектирования грунта оказалась сплошной заинъектированной толщей грунта. Степень однородности толщи грунта визуалью можно считать удовлетворительной.

Можно сделать общий вывод по технологии приготовления инъекционного раствора. Раствор должен быть достаточно жидким и подаваться под давлением в 4 атм. (0,4 МПа). Подача раствора должна быть плавной. При соблюдении данных условий инъектируемая область будет удовлетворять требованиям общей технологии укрепления грунтового массива. Инъектируемая область с использованием экспериментального инъектора имеет примерную форму цилиндра с размерами $d = 250$ мм, $h = 300$ мм. Объем используемого раствора составляет 10 дм³.

По результатам компрессионных испытаний модуль деформации грунта инъектированного бурогоугольной золой увеличился в среднем на 3 МПа. В соответствии с полученными данными можно полагать, что грунтовый массив после введения в него водной суспензии бурогоугольной золы приобретает более высокие физико-механические свойства.

Маршалкин Д.А. – магистрант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: Marshal_dima@mail.ru.