

Студенты: гр. 10404119 Родевич В.А., гр. 10404118
Мисюк А.Н., гр. 10404118 Мисюк И.Н.
Научный руководитель – Коренюгин С.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время разработано более 100 составов холоднотвердеющих смесей для изготовления форм и стержней. Все многообразие ХТС можно классифицировать по виду связующего, по способу отверждения (ввод катализатора в смесь при ее приготовлении, продувка формы или стержня реагентами), по длительности цикла отверждения (с длительным циклом – 30-45 мин и коротким циклом – 5-180 с) и по реологическим свойствам смеси (пластичные, сыпучие, жидкоподвижные).

По виду связующего можно выделить смеси с неорганическими (жидкое стекло, фосфаты, кристаллогидраты), органическими (смолы, ЛСТ и др.) и комбинированными связующими (органическими и неорганическими).

Жидкостекольные смеси. Это наиболее широко применяемые холоднотвердеющие смеси. Для обеспечения твердения смесей с жидким стеклом используются продувка CO_2 , ввод в смесь двухкальциевых силикатов, жидких эфиров, ферросилиция, выдержка на воздухе.

CO_2 -процесс. Освоение жидкостекольных смесей, отверждаемых продувкой CO_2 , было начато в 1950-х гг. Эти смеси явились первыми холоднотвердеющими смесями, позволившими во многих случаях исключить сушку форм и стержней, повысить производительность труда и качество отливок, снизить их себестоимость.

На практике применяются следующие способы продувки форм и стержней углекислым газом:

- Продувка через отверстия в модели и стенках стержневого ящика;
- Продувка через каналы в форме по контуру модели или в знаковой части стержня (до извлечения из оснастки);
- Установка на полуформу или стержневой ящик со стержнем герметизированной камеры, из которой CO_2 поступает в рабочее пространство формы или стержень;
- Выдержка стержней в камере, наполненной CO_2 .

Для продувки форм и стержней применяют чистый, пищевой углекислый газ либо углекислый газ, разбавленный воздухом или дымовыми газами (до концентрации CO_2 50-60 %). Прочность смеси и скорость твердения увеличиваются при повышении температуры газа.

Важными параметрами смесей являются модуль и плотность жидкого стекла, а также его содержание в смеси. В процессе продувки прочность смеси повышается до некоторой величины, а затем уменьшается. С увеличением модуля жидкого стекла длительность продувки до достижения максимальной прочности сокращается, но при этом снижается величина максимальной прочности. Поэтому при необходимости отверждать формы и стержни быстро при малом сроке их хранения следует применять жидкое стекло с модулем 2,6-3.

С увеличением модуля жидкого стекла падает живучесть смеси. Для сохранения пластических свойств смеси в течение нескольких суток целесообразно применять жидкое стекло с модулем 2,3-2,6. При изготовлении крупных форм и стержней, обладающих высокой прочностью, следует использовать жидкое стекло с модулем 2-2,3.

Оптимальные вязкость и содержание влаги в жидком стекле обеспечиваются при его плотности 1480-1520 кг/м³. При большей плотности ухудшается распределение жидкого стекла по зернам песка, а при меньшей плотности снижается прочность смеси.

Обычно в смесях содержится 5-7 % жидкого стекла. При меньшем содержании прочность смесей мала, а при большем ухудшается выбиваемость смеси. Для CO_2 -процесса следует применять пески с минимальным содержанием глины, которая снижает прочность в обработанном состоянии.

ХТС с жидким стеклом нетоксичны, обладают хорошей податливостью. На стальном литье при их применении получается легкоудаляемый пригар, даже без окраски формы. К недостаткам этих смесей следует отнести их плохую выбиваемость и затрудненную регенерацию.

Твердение смеси при тепловой сушке и провяливание. При сушке ХТС на жидком стекле образуется прочная структура стекловидной пленки силикатов натрия. Оптимальная температура сушки составляет $150\text{ }^\circ\text{C}$, длительность – 0,5-1,5 ч. Максимальная прочность (11 МПа) достигается при остаточной влажности 0,3 %. При пропускании горячего воздуха через смесь длительность сушки сокращается до 30-40 мин. При высушивании смеси жидкое стекло теряет влагу. При $200\text{ }^\circ\text{C}$ потери влаги составляют 93 %. По мере обезвоживания жидкого стекла формируется весьма прочная стекловидная структура в виде кремнекислородного каркаса.

На практике применяют комбинацию продувки смесей CO_2 с последующей тепловой обработкой при $200\text{ }^\circ\text{C}$. При этом с повышением длительности продувки CO_2 эффективность последующей сушки падает, что приводит к уменьшению прочности с увеличением продолжительности предварительной продувки CO_2 . При выдержке на воздухе ХТС с жидким стеклом твердеют медленно (от 7 до 24 ч).

Отверждение двухкальциевыми силикатами. Жидкостекольные ХТС, в которых для отверждения применяют двухкальциевые силикаты (ферро-хромовый шлак и нефелиновый шлак), бывают двух видов: пластичные и жидкие самотвердеющие смеси.

Жидкие самотвердеющие смеси. Они обладают высокой жидкотекучестью, позволяющей ей качественно заполнять стержневые ящики и пространство между опокой и моделью под действием собственного веса без применения внешних воздействий. Обеспечение высокой текучести основано на применении ПАВ. Все поверхностно-активные по отношению к воде вещества имеют асимметричную молекулярную структуру. Их молекула состоит из двух значительно отличающихся по своим свойствам частей: полярной гидрофильной группы с большим сродством к воде – на одном конце молекулы и длинной неполярной гидрофобной углеводородной группы – на другом.

Полярные группы чаще всего имеют вид $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{COOH}$, $-\text{SO}_2\text{OH}$, $-\text{SO}_3\text{Na}$, $-\text{O}-\text{SO}_2\text{OH}$ и др. Молекулы ПАВ самопроизвольно адсорбируются из растворов на различных поверхностях раздела жидких, газообразных и твердых фаз. Адсорбция ПАВ на границе «жидкость – газ» приводит к снижению поверхностного натяжения жидкости и при замешивании воздуха – к пенообразованию.

Текучесть смеси при применении ПАВ объясняется пенообразованием и снижением поверхностного натяжения воды, приводящим к уменьшению сил связи между смоченными зернами наполнителя. К ПАВ, используемым в ЖСС, предъявляются следующие основные требования: высокая пенообразующая способность и умеренная устойчивость пены (пена должна опадать за относительно короткое время, 5-20 мин).

Пенообразующая способность и устойчивость пены зависят от длины углеводородного радикала и количества содержащихся в нем атомов углерода. Низкомолекулярные ПАВ (при малом числе атомов углерода в углеводородном радикале) обладают низкой пенообразующей способностью с малой устойчивостью пены, а высокомолекулярные – высокой пенообразующей способностью с высокой устойчивостью пены. Поэтому для получения пенообразователей с оптимальными свойствами необходимо сочетать, по крайней мере, два вещества, выбираемые из низших и высших гомологов ПАВ.

В состав ЖСС входят жидкая композиция (ПАВ, жидкое стекло и вода), наполнитель, отвердитель и различные добавки для регулирования технологических и рабочих свойств смеси.

Состав и количество жидкой композиции должны обеспечивать общую влажность смеси в пределах 4,5-5 %. Содержание жидкого стекла в смесях составляет 6-7 % при использовании в качестве отвердителя феррохромового шлака и 3,5-4,5 % при применении нефелинового шлама. В качестве пенообразователей используют следующие ПАВ: контакт Петрова (0,5 %) + мылонафт (до 0,15 %) или ДС-РАС (0,1-0,15 %). В состав жидкой композиции вводят 1,5-2 % воды. Жидкое стекло должно иметь модуль 2,6-2,9 при плотности 1,46-1,52 г/см³. Общее содержание жидкой композиции в смесях – 5,5-10 % (сверх 100 % твердой составляющей).

В качестве наполнителей для ЖСС используют кварцевые пески групп 016-04 с содержанием глинистой составляющей не более 2 %. Могут применяться и другие наполнители указанного гранулометрического состава. Для обеспечения твердения смесей в них вводят 3-5 % феррохромового шлака или нефелинового шлама. Феррохромовый шлак имеет следующий минералогический состав: $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ – 70 %, $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{FeO}(\text{Al}, \text{Cr})_2\text{O}_2$ – 20-25 %. Содержание CaO в феррохромовом шлаке должно быть не менее 48 %, влажность – не более 1,5 %, удельная поверхность частиц шлама – не ниже 1800-2000 см²/г.

Нефелиновый шлам (побочный продукт производства глинозема из нефелиновых руд) содержит 80-85 % $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$. В нем должно содержаться не менее 53 % CaO (с удельной поверхностью зерен 7500-8000 см²/г).

Твердение смесей является следствием обменных реакций между жидким стеклом и силикатом кальция. Первым этапом является растворение силиката кальция в жидком стекле. В растворе происходит взаимодействие в соответствии с реакцией.

Раствор оказывается пересыщенным образующимися гидросиликатами. Выделяясь из раствора, они обеспечивают связку зерен наполнителя. Состав образующихся гидросиликатов по мере твердения смеси изменяется в сторону повышения их основности, постепенно приближаясь к равновесному составу. Одновременно изменяется состав жидкой фазы, модуль которой М понижается. Равновесные составы образуются после длительного периода твердения – 1-3 суток. Образование гидросиликатов в процессе твердения смеси сопровождается поглощением SiO_2 из жидкой фазы. Поэтому ее модуль изменяется от 2,9 (при модуле жидкого стекла 2,9) в начале твердения до 0,5 в конце. Формирование прочности смеси находится в прямой зависимости от количества, образовавшегося гидросиликата.

Наращение прочности ЖСС во времени характеризуется наличием инкубационного периода ти, величина которого зависит от продолжительности достижения предельной растворимости гидросиликатов в жидком стекле. С повышением концентрации жидкого стекла в смеси эта продолжительность увеличивается, что приводит к возрастанию ти. Увеличение количества отвердителя и его удельной поверхности ведет к снижению ти. С величиной ти связана живучесть смеси. Для обеспечения качественного заполнения опок и стержневых ящиков живучесть смеси должна быть не менее 2-3 мин.