

ФОРМОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Технологической стадией, предваряющей литье металлических сплавов, является формовка.

♦ **Формовка – это процесс получения формы для литья металлов, а формовочная масса служит материалом для этой формы.**

Основными компонентами формовочных масс являются огнеупорный мелкодисперсный порошок и связующие вещества.

Формовочные материалы должны обладать следующими свойствами:

- **обеспечивать точность литья**, в том числе четкую поверхность отлитого изделия;
- **легко отделяться от отливки**, не «пригорая» к ней;
- **затвердевать в пределах 7-10мин**;
- **создавать газопроницаемую оболочку** для поглощения газов, образующихся при литье сплава металлов;
- **достаточным для компенсации усадки затвердевающего металла коэффициентом термического расширения.**

В создании расширяющейся литейной формы играют роль четыре механизма:

расширение при твердении формовочной массы. Возникает как результат обычного роста кристаллов. Расширение, вероятно, увеличивают частицы окиси кремния в формовочной массе, которые препятствуют формированию кристаллической структуры гипсовых формовочных материалов, вызывая их расширение снаружи. Этот тип расширения в обычных условиях, как правило, составляет около 0.4%, но расширение частично ограничено металлическим кольцом опоки;

гигроскопическое расширение. Его можно использовать для увеличения обычного расширения. Формовочной массе дают отвердеть в присутствии воды, вызывая дополнительное расширение. Предполагается, что вода, в которую погружается формовочная масса, замещает воду, занятую в процессе гидратации. Это удерживает пространство между растущими кристаллами, позволяя им непрерывно расширяться наружу вместо их ограничения. Это расширение варьируется от 1,2% до 2,2%, и его можно контролировать добавлением определенного количества воды к твердеющей формовочной массе;

расширение восковой модели. Возникает в жидкой формовочной массе, когда воск нагревается до температуры, при которой он моделировался. Тепло может выделяться от химической реакции в формовочной массе или от водяной бани, куда погружено кольцо. Расширение восковой модели при нахождении формы в воде меньше, чем в случае застывания формовочной массы на воздухе;

термическое расширение. Расширение формовочной массы возникает при нагревании ее в муфельной печи. Нагревание формы помогает также убрать восковую модель и избежать застывания сплава до полного заполнения формы. Метод высокотемпературного выжигания в первую очередь основывается на термическом расширении формы. Формовочной массе вокруг восковой модели дают затвердеть на воздухе при комнатной температуре, а затем нагревают приблизительно до 650°C. При этой температуре формовочная масса и металлическое кольцо опоки

расширяются достаточно, чтобы компенсировать усадку золотого сплава.

В современном литейном производстве используют гипсовые, фосфатные и силикатные формовочные материалы.

Гипсовый формовочный материал состоит из гипса (20–40%) и окиси кремния. Гипс в этом случае является связующим. Окись кремния, выступающая в качестве наполнителя, придает массе необходимую величину усадочной деформации и теплостойкость. Приготовление формовочной массы сопровождается увеличением объема, что используется для компенсации усадки отливки. Так, например, усадка золотых сплавов, которая составляет 1,25–1,3% объема, полностью компенсируется расширением формовочного материала.

В качестве регуляторов скорости затвердевания и коэффициента температурного расширения в смесь добавляется 2–3% хлорида натрия или борной кислоты. Замешивается масса на воде при температуре 18–20°C. Номинальная температура разогревания формы подобного состава до заливки металла составляет 700–750°C. Эти формы непригодны для получения отливок из нержавеющей стали, температура плавления которой равна 1200–1600°C, из-за разрушения гипса, а потому их применяют для литья изделий из сплава золота.

Типичным представителем материалов данной группы является **Силаур**, который предназначен для изготовления форм при литье мелких золотых конструкций (вкладок, искусственных зубов, кламмеров, дуг и пр.). Выпускается в виде тонкоизмельченной смеси гипса и диоксида кремния (кремнезема) в соотношении 3:1. Замешивание проводят водой, время схватывания составляет 10–30 мин. Для отливки деталей повышенной точности применяют массу **Силаур-3Б**, для получения более крупных деталей – **Силаур-9**.

Подобные свойства и назначение имеет **СМ-10 Кристобалит** производства фирмы «С&М» и др.

В качестве примера гипсовых формовочных материалов следует отметить продукцию фирмы «Спофа Дентал» (Чехия).

Глория специаль – формовочная масса на основе кварца и твердого гипса предназначена для литья сплавов металлов, точка плавления которых не превышает 1000°C. Материал имеет очень тонкую зернистость. В качестве жидкости затвердения используется вода. Продолжительность затвердевания составляет 20 мин. Кювету следует нагревать до температуры 700°C. При длительных температурах выше 800°C возникает опасность изменения микрокристаллической структуры формовочной массы, а тем самым искажения формы.

Экспадента – формовочная масса с высокими техническими параметрами для сплавов на основе благородных металлов. Смешанная с водой, превращается в течение 15 мин в твердую массу, которую можно уже спустя 1ч постепенно нагревать. Состав предусмотрен с таким расчетом, чтобы в критическом температурном интервале между 200–300°C не произошло внезапного изменения объема, что гарантирует компактность формы. Литье отличается высокой точностью.

Материалу присущи следующие физико-механические свойства: продолжительность затвердевания 15 мин, продолжительность полного затвердевания 1–2ч, прочность при сжатии за сутки – 6МПа, расширение при затвердевании – 0,6 линейных %, расширение при нагреве до 300°C – 2,1 линейных %.

Фосфатные формовочные материалы состоят из порошка (цинкфосфатный цемент, кварц молотый, кристобалит, окись магния, гидрат окиси алюминия и др.) и жидкости (фосфорная кислота, окись магния, вода,

гидрат окиси алюминия).

Эти материалы компенсируют усадку при охлаждении нержавеющей сталей, которые имеют температурный коэффициент объемного расширения примерно $0,027^{\circ}\text{C}^{-1}$. Усадка золотых сплавов составляет примерно 1,25%, и эту усадку компенсирует гипсовая форма. Схватывание фосфатных форм в зависимости от состава продолжается 10–15 мин.

Силикан – универсальная формовочная масса на основе фосфатного вяжущего материала, кварца и кристобалита производства фирмы «Спофа Дентал» (Чехия) применяется для литья высокоплавких (хромокобальтовых) сплавов. Для улучшения качества приготовления массы целесообразно использование вибратора.

Силикан-Ф – фосфатная формовочная масса, содержит самые чистые сорта кварца и жаростойкого вяжущего материала. Зернистость формовочной массы выбрана с таким расчетом, чтобы продолжительность затвердевания, прочность формы после обжига и изменения объема были оптимальными для применяемого лабораторного изготовления протезов из высокоплавких сплавов.

Для замешивания Силикана можно использовать воду (соотношение 1:1), но для предотвращения возможной деформации формы в этом случае необходимо применить бумажную манжету. Наиболее целесообразным для замешивания является использование золь-кремниевой кислоты (жидкость Силисан), так как литейная форма в этом случае компенсирует температурные изменения сплава.

Применение золя способствует также повышению прочности формы, что сказывается в повышенной устойчивости формы при нагревании. За 6–8 мин смесь застывает в твердую массу прочностью до 20 МПа.

Безуглеродистую тонкозернистую фосфатную формовочную массу **Уолдвест** (фирма «Уолд Эллайз», США), расфасованную в упаковки по 60 и 100 г в комплекте со специальной жидкостью, применяют для безопорочного литья сплавов металлов. При отливке каркасов протезов в металлической опоке следует использовать специальную бумажную прокладку (манжету).

Пауэр Кэст – это тонкозернистый, свободный от углерода формовочный материал, обеспечивающий быстрое выгорание и создающий безопорным методом литьевую форму, не имеющую трещин. Он выдерживает быстрый подъем температуры, легко разбивается, позволяет получить точные отливки с высокой чистотой поверхности, очистка и обработка которой требует минимальных затрат времени.

Жидкость для замешивания придает форме высокий коэффициент расширения, необходимый для литья неблагородных сплавов. При использовании других сплавов жидкость может быть разбавлена. Оптимальная концентрация жидкости для безопорного метода должна составлять не более 80%.

Пауэр Кэст Ринглесс Систем – комплект материалов, обеспечивающий полностью способ безкольцевого литья. Кроме порошка и жидкости, в комплект входят кольца четырех размеров специальной конструкции для быстрого удаления матрицы. Наличие прочных и многократно используемых прозрачных пластиковых колец обеспечивает максимальное расширение отливки и исключает необходимость применения гильзы кольца. Резервуары, образованные у литникового канала, предупреждают появление пор. Усилены и сделаны более долговечными основания направляющих шаблонов.

При использовании металлической опоки внутри нее помещают керамическую или бумажную прокладку (манжету), не доходящую до краев

на 6 мм. Прокладку закрепляют мягкой восковой проволокой. Опоку с прокладкой устанавливают в воду на 1 мин, а затем ее хорошо встряхивают (для получения дополнительного расширения опоку можно погрузить в Смутекс – специальную жидкость, которая обеспечивает дополнительное расширение материала). Для замешивания требуется использование следующих инструментов и оборудования: смеситель Вакумиксер, шпатель, мерный стакан, пластиковая опока и литниковая чаша, формовочный материал и жидкость для его замешивания.

Рекомендуемые соотношения порошка и жидкости: 60г/14мл; 90г/21мл; 100г/23мл. В емкость для замешивания необходимо налить отмеренное количество жидкости, добавить в нее порошок и в течение 20с проводить ручное перемешивание.

Затем на 90с перейти на механическое смешивание в условиях вакуума с низкой скоростью (350-450 об/мин). При этом вакуумный вибратор включается на 2-3с, после чего смесь остается в вакууме, но без вибрации еще 5-10с.

Для формования необходимо залить неподвижную опоку приготовленной смесью при низкой скорости вибрации. При этом следует соблюдать осторожность, чтобы не допустить захвата воздушных пузырьков формовочной массой около восковой модели. При заполнении опоки приготовленная смесь должна перекрывать восковую модель, как минимум, на 6мм. Смесь затвердевает 45мин. При использовании металлической опоки перед помещением формы в муфельную печь надо удалить основание литникового конуса, небольшую часть слоя с верхнего основания формы, а затем ополоснуть форму водой.

Для быстрого выгорания воска *Пауэр Кэст* опоку можно сразу поместить в горячую печь при температуре 700-800°C, затем поднять температуру до конечной величины и выдержать литьевую форму в печи в течение 40мин. Экономия времени при таком способе составляет приблизительно 80мин.

Если предписана более высокая температура, то литьевую форму следует поместить в печь при температуре 430°C, после чего произвести подъем температуры до нужной величины.

Форму можно поместить также в холодную печь для двухступенчатого прокаливания. Скорость подъема температуры от комнатной до 430°C составляет 8°C/мин. При температуре 430°C форму нужно выдержать 30 мин, а затем поднять температуру до максимальной величины со скоростью нагрева 14°C/мин и выдержать еще 30 мин.

Литье сплава проводится с помощью кислородно-пропановой горелки или на индукционной машине в соответствии с инструкциями изготовителей.

При использовании центрифужной литейной машины число полагаемых циклов составляет 1-2 для отливки коронок и мостовидных протезов из золотого сплава, 2-3 для золотых каркасов комбинированных мостовидных протезов, 3 для высокопалладиевых и неблагородных сплавов.

Для удаления формовочного материала необходимо его разбить и освободить металлический каркас для последующей пескоструйной очистки оксидом алюминия (50-60мкм) или в ультразвуковом очистителе.

Вест-Джи – фосфатный паковочный материал фирмы «ДжиСи» (Япония) применяется для любых сплавов. Уменьшенная прочность этого материала после литья обеспечивает легкое удаление отливки из формы. Расширение массы может быть увеличено до 3,26% за счет изменения количества жидкости при замешивании.

Фудживест и Фудживест Супер – не содержащий углерод фосфатный формовочный материал фирмы «ДжиСи» (Япония). Эти материалы специально разработаны для литья из всех видов сплавов. Фудживест может быть помещен прямо в нагретую печь при конечной температуре $800^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$, что обеспечивает экономию времени до двух часов. Такой быстрый прогрев формы не оказывает влияния на расширение и качество поверхности материала. Стандартные методы прогрева также могут быть использованы при работе с этим материалом.

Альфакаст №2 (рис.37) – фосфатносиликатная точная паковочная масса для литья золота. Состоит из порошка и жидкости. Металлические каркасы легко освобождаются от нее.



Рис. 37. Набор фосфатного формовочного материала Альфакаст Универсал фирмы «Шутц-Дантал» (Германия)

Керамикор – масса (порошок и жидкость) на основе фосфата производства фирмы «С&М» может быть использована для литья любых сплавов металлов.

Силикатные формовочные материалы почти повсеместно вытеснены фосфатными материалами. Они отличаются высокой термостойкостью и прочностью. Их внедрение вызвано применением КХС и нержавеющей сталей. Кроме гипса и фосфатов, в качестве связующих здесь используют кремниевые гели. Из органических соединений кремния чаще применяется тетраэтилортосиликат $[\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4]$, который легко гидролизуеться с образованием при прокаливании конечных продуктов в виде двуокиси кремния.

Вяжущая жидкость силикатной формовочной массы состоит из смеси этилового спирта, воды и концентрированной соляной кислоты, куда постепенно (по каплям) введен этилсиликат. В качестве огнеупорной составляющей (порошка) чаще применяются кварц, маршаллит, корунд, кристобалит и другие вещества.

Силикатные формовочные массы отличаются большим коэффициентом термического расширения. Для обеспечения точности литья необходимо соблюдать правильное соотношение между порошком и жидкостью (вяжущим раствором). Оптимальное соотношение, обеспечивающее компенсацию усадки формы, составляет 30г жидкости и 70г порошка. Время схватывания материала равняется 10–30мин.

Формолит служит для отливки зубов и деталей протезов из нержавеющей стали. Представляет собой набор материалов – молотого пылевидного кварца, предназначенного для получения огнеупорных покрытий (оболочек) на восковых моделях, песка формовочного и борной кислоты, используемых как наполнитель.

Аурит – масса формовочная огнеупорная для литья из сплавов золота – обладает необходимой прочностью и чистотой поверхности. Представляет собой смесь кристобалита с техническим гипсом. Термическое расширение при 700°С составляет не менее 0,8%. Массу замешивают на воде в соотношении 100г порошка и 35-40мл воды. Для более качественного смешения рекомендуется проводить эту операцию на вибростоліке. Время схватывания обмазки равно 10-15мин.

Смесь формовочная **Сиолит** предназначена для получения огнеупорной литейной формы при литье каркасов съемных и несъемных протезов из высокотемпературных сплавов. **Сиолит** состоит из порошка и жидкости. Порошок представляет собой смесь кварцевого песка, фосфатов и периклаза. Жидкостью является силиказоль. Характеризуется высокими компенсационными и прочностными свойствами.

Порошок замешивается с жидкостью в соотношении 100:18-20. Замешивание смеси проводится в резиновой чашке на вибростоліке в течение 30-40с. Затем на вибростоліке устанавливают металлическую опоку с восковой заготовкой и проводят заполнение опоки формовочной смесью.

Затвердевание начинается через 10-15мин и заканчивается через 30мин после замешивания. Через 2ч керамическая форма устанавливается в холодную муфельную печь. В интервале от 20°С до 400°С и от 600°С до 800°С подъем температуры можно проводить с любой скоростью (от 30 до 60мин). В интервале от 400°С до 600°С скорость нагрева должна быть не менее 1ч. При конечной температуре 800°С литейную форму необходимо выдержать 40-60 мин. Затем проводится литье металла в готовую форму, а через 1ч после этого готовая деталь извлекается из опоки.

Известна также паковочная масса **Вировест**. Она поставляется в двух вариантах: для замешивания с использованием воды (твердость 140Н/мм²) или с использованием прилагаемой к ней жидкости (твердость 180Н/мм²). Более твердой (190Н/мм²) является масса **Вироплюс**. Применяется также наполненная графитом формовочная масса фирмы «Бего» (Германия) **Бегостал** (расширение 2,45%), предназначенная для литья сплавов благородных металлов, а кроме того, замешиваемые на дистиллированной воде **Ауровест Софт** и **Дегувест Софт** (расширение – 2,15%) и безграфитная **Ауровест Б** (расширение – 2,45%).

Дегувест HFG – фосфатосодержащая точная формовочная масса фирмы «Дегусса» (Германия) для литья из благородных сплавов. Разводится специальной жидкостью, от концентрации которой зависит степень расширения. Благодаря редуцирующим добавкам образуется гладкая поверхность отливок. Соотношение порошка и жидкости при замешивании составляет 100:14. Время схватывания равно 12мин, общее расширение колеблется от 1,2 до 2,0%. Две последние массы предназначены для литья каркасов металлокерамических протезов из благородных сплавов металлов.

Формовочная масса **Сегакэст** фирмы «Гафнер» является фосфатной и может применяться со всеми сплавами. За счет изменения концентрации жидкости для замешивания можно регулировать расширение материала.

Следует указать на наличие еще одного материала, который широко применяется в зуботехническом производстве. Им является **Мольдин** – плотная однородная пластичная масса, в состав которой входят каолин, глицерин, гидрат окиси натрия (или калия). Материал применяют при штамповке коронок в **аппарате Паркера**.