

УДК 621.743

СОВРЕМЕННЫЕ СВЯЗУЮЩИЕ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ЛИТЕЙНЫХ СТЕРЖНЕЙ

Громов Н. В., Саттаров И. Д.

Научный руководитель

канд. техн. наук Саначева Г.С., канд. техн. наук Дубова И.В.

Сибирский Федеральный Университет

Литейное производство является основной заготовительной базой машиностроения. Повышение требований к экономичности и качеству продукции машиностроения и металлообработки, в первую очередь, связано с повышением качества и точности отливок, максимальным приближением их размеров к размерам готовых деталей. Основными потребителями литых заготовок и деталей являются: машиностроение — 60%; строительство — 20%; металлургия — 15%. Методом литья получают детали сложной конфигурации, большинство которых невозможно изготовить другими способами (например, ковкой, штамповкой, прокатом) при этом стоимость литых заготовок, как правило, меньше, а качество выше. Масса отливок может быть самой различной — от нескольких граммов до сотен тонн. До 75% отливок изготавливают из чугуна, 15% — из стали, 10% — из сплавов цветных металлов (алюминиевых, медных, цинковых, титановых и др.).

При изготовлении отливок в разовых песчаных формах применяются стержни, образующие внутренние отверстия в отливках. Литейные стержни со всех сторон окружены расплавленным металлом в момент заливки форм, а при охлаждении металла испытывают сжимающее усилие, поэтому к стержням предъявляются особые требования. Стержневая смесь – многокомпонентная смесь материалов, состоящая из огнеупорного наполнителя (формовочный песок) и связующих добавок органического (смолы) и неорганического (жидкое стекло) происхождения, и другие.

Выбор и разработка связующих для литейных формовочных и стержневых смесей базируется на необходимости обеспечения комплекса технических, технологических, санитарно-гигиенических и экономических требований к литейной форме. Общего, единого, критерия оценки выбора связующего для литейных формовочных и стержневых смесей нет и, видимо, быть не может, так же как не может быть создано универсальное связующее для литейного производства, пригодное для любого технологического процесса литья и любого металла. Оптимизация состава связующего может быть в некоторой степени конкретизирована, если сформулирована задача изготовления литейной формы.

В современных процессах изготовления форм и стержней для получения отливок из черных и цветных сплавов используют широкую гамму связующих материалов, отличающихся как по химической номенклатуре, так и по механизму действия.

Связующая композиция состоит из собственно связующего, отвердителя или катализатора отверждения, а также может включать специальные модифицирующие добавки для достижения определенных служебных характеристик самого связующего или смесей на его основе. Связующее является основой композиции, образуя при затвердевании мосты между зернами песка и обладая как высокой собственной прочностью (когезией), так и адгезией к наполнителю. Отвердитель, или катализатор – компонент, который вызывает отверждение связующего, но сам при этом не обладает связующими свойствами. Отвердитель вступает в прямое (углекислый газ в CO_2 – процессе) или косвенное (путем разложения, например, при гидролизе сложных эфиров с выделением карбоновой или угольной кислоты в смесях с жидким стеклом)

химическое взаимодействие со связующим материалом. Катализатор обеспечивает отверждение связующего в результате изменения pH среды (кислоты для фурановых смол, амины для феноло–изоцианатов). Регуляторами скорости отверждения служат ускорители и замедлители.

По характеру затвердевания различают необратимые, обратимые и промежуточные связующие. Наиболее широко применяются необратимые связующие, в основе затвердевания которых лежат процессы полимеризации смол.

Процесс изготовления стержней с использованием необратимых связующих, отверждаемых в нагреваемой оснастке носит название – Hot-box – процесс. В качестве связующих используются синтетические смолы – продукты конденсации формальдегида с карбамидом и/или фенолом и/или фурфуриловым спиртом. Ускорителями горячего отверждения служат кислые соли (преимущественного латентного действия), с низкой каталитической активностью (кислотностью) при нормальной температуре и с повышенной – при нагреве в условиях отверждения в горячей оснастке.

Таблица 1. Характеристики Hot Box процессов изготовления стержней

Процесс	Связующие	Отвердитель	Способ отверждения	Продукт твердения
Hot-box-процесс	Карбамидо- и фенолофурановые смолы	Водный раствор азотнокислой меди	Нагрев 220-240 ⁰ С	Фурановый полимер
	Фенолформальдегидные смолы	Кислые соли		Фенольный полимер

Недостатками процесса изготовления стержней в нагреваемой оснастке являются тяжелая экологическая обстановка на стержневых и заливочных участках; большие эксплуатационные затраты на энергоносители (газ, электроэнергию). В таблице 1 приведены сравнительные показатели процессов изготовления стержней. Недостатки Hot Box технологий стали исходным пунктом для создания и развития технологий изготовления форм и стержней без использования подогрева технооснастки, то есть отверждаемых химически.

Процессы изготовления литейных стержней в «ненагреваемой» оснастке под общим названием Cold Box основаны на отверждении стержневой смеси под действием «внешних» (газофазных отвердителей или катализаторов) или «внутренних» (жидких, реже порошкообразных, отвердителей или катализаторов) реагентов. В отечественном литейном производстве доля стержней и форм, изготавливаемых из холоднотвердеющих смесей (ХТС) по экспертным оценкам составляет 50-55%. Ниже представлены характеристики наиболее применяемых Cold Box процессов изготовления стержней (таблица 2).

Таблица 2. Характеристики Cold Box процессов изготовления стержней

Процесс	Связующие	Отвердитель	Способ отверждения	Продукт твердения
Cold-box-amin	Безводная бензилэфирная (фенолформальдегидная) смола	Изоцианат	Газофазная продувка (амин) просушенный воздух	Полиуретан

<i>Ероху</i> – <i>SO₂</i>	Эпоксидная (эпоксикрилатная) смола	Органический пероксид	Газофазная продувка <i>SO₂</i> просушенны й воздух	Эпоксидный полимер
<i>Альфа-сет</i>	Феноло– формальдегидные смолы	Жидкие ацетаты глицерина или этиленгиколь, гамма битолактон или пропиленкарбо нат	Перемешива ние	Резит
« <i>Бетта</i> - <i>сет</i> »	Феноло– формальдегидные смолы	метилформиат	Газофазная продувка аэрозоль или пары метилформи ата в сжатом воздухе	Фенольный полимер

Отметим преимущества Cold Box процесса по сравнению с Hot Box: повышение прочности отливок на 1-2- класса и, соответственно, уменьшение припусков на обработку на 10-20 %, высокая качество литых поверхностей, возможность полной автоматизации процессов изготовления стержней; снижении на 20—30 % потер от брака отливок, снижении расхода энергии более чем в 10 раз. Улучшение экологической обстановки и условий труда в стержневых отделениях. С другой стороны Cold Box требует исключительной четкости организационных решений, высокой культуры производства и больших капитальных вложений для ее осуществления. Это иллюстрируется ниже приведенной таблицей 3.

Таблица 3. Сравнительная характеристика Hot Box и Cold Box процессов.

Показатель	Hot Box	Cold Box
Коробление стержней при изготовлении	1,0 – 1,5	нет
Возможность изготовления моноблоков стержней	нет	да
Брак стержней при изготовлении и сборке, %	10 – 15	2 - 3
Затраты на изготовление нового комплекта стержневой оснастки, %	100	70 – 80
Затраты на эксплуатацию и ремонт стержневой оснастки, %	100	20 – 30
Размер припусков на механообработку, %	100	60 – 70
Потери от брака отливок, %	100	50
Затраты на связующие и вспомогательные материалы	100	110
Наличие токсичных газовых выделений на операциях смесеприготовления и изготовления стержней	Формальде гид фенол	Нет
Объем токсичных газовых выделений на операциях смесеприготовления и выбивки отливок, %	100	50 – 60
Затраты на захоронение отходов стержней, %	100	12

Высокая эффективность Cold Box процесса обуславливает его широкое использование в литейных цехах Европы и России.

В последнее время ведущие производители связующих комплексов продолжают активный поиск в области создания экологически чистых материалов для изготовления стержней по Cold Box – процессам.

Наряду с синтетическими смолами для ХТС используется жидкое стекло (силикат натрия). В качестве отвердителей используется углекислый газ (СО₂ – процесс), двухкальциевый силикат в виде белого саморассыпающегося феррохромового шлака и сложные эфиры.

Таблица 4. Характеристики СО₂-процесса процессов изготовления стержней

Процесс	Связующие	Отвердитель	Способ отверждения	Продукт твердения
СО ₂ -процесс	Жидкое стекло	СО ₂	Продувка СО ₂	Силикагель и высокомодульные формы натриевых силикатов

Данный процесс имеет следующие преимущества: низкая стоимость исходных материалов (за исключением СО₂) и их доступность; простота технологии, экологическая безопасность процесса. По экологическим критериям и масштабам внедрения применение жидкостекольных смесей не имеет себе равных в отечественной практике. Однако, основными недостатками процесса являются затрудненная выбиваемость, большие трудозатраты на финишных операциях, затрудненная регенерация отработанных смесей, большой объем вывоза их в отвал. За многие годы литейщики за счет регулирования модуля и количества жидкого стекла, использования различных добавок научились управлять процессом твердения и формирования прочности и других технологических свойств формовочных и стержневых смесей.

Процессы изготовления стержней из жидкостекольных, жидких самотвердеющих смесей и СО₂ – процесс, постоянно совершенствуются, обеспечивая положительные результаты. Другими словами, потенциал этой технологии далеко ещё не исчерпан.

В настоящее время зарубежные исследователи достигли хороших результатов в этой области. Так, для СО₂ – процесса разработано жидкое стекло, модифицированное органическими и неорганическими добавками. Примером такого процесса является Rhenoxu СО₂-процесс.

Фундаментальным поворотом в создании связующих систем является ФОСКОН – процесс, в котором полностью неорганическая матрица и единственный растворитель вода. В зависимости от типа связующего матрица состоит из комбинации фосфатных, силикатных и боратных групп. При «затвердении» огнеупорных материалов происходит полимеризация фосфатных связей – объединение существующих или вновь образовавшихся соединений в крупные молекулы, что и приводит их к затвердеванию. Под действием термонагрузок фосфатные связующие охрупчиваются, что позволяет выбивать стержни из отливок механическим способом.

Производственное опробование и внедрение рекомендуемых смесей показало: практическое отсутствие вредных выбросов на рабочих местах и в окружающую среду, (бензопирена, диоксид углерода); обеспечения требуемого качества отливок; использования отечественных исходных материалов и универсального смесеприготовительного оборудования; легкую выбиваемость смеси из отливок; использования отработанной смеси после механической регенерации.

Проведенный анализ современных процессов изготовления стержней показал, что в литейной технологии используют широкую гамму связующих композиций, различающихся по типу материалов и организационно-технических решений, направленных на технологические свойства смеси, экономические и экологические факторы.