

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ**О НОВОМ ПОДХОДЕ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЖИДКОСТЕКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛИТЬЯ В ПЕРИОД ВСЕОБЩЕГО КРИЗИСА****Часть 4. СТЕРЖНИ И ФОРМЫ, ОТВЕРЖДАЕМЫЕ ПОРОШКАМИ
И ЭФИРАМИ МНОГОАТОМНЫХ СПИРТОВ**

к.т.н. Белобров Е.А., Белобров К.Е., Белобров А.Е., Карпенкова О.А.
(КНПП «Формовочные материалы Украины», г. Краматорск)

А.М.Лясс [1] условно разделил технологии литейного формообразования на 4 класса: I класс – нетвердеющие стержни и формы; II класс – стержни и формы, требующие нагрева; III класс – стержни и формы, требующие обработки внешними реагентами, одним из которых является CO_2 ; IV класс – стержни и формы, твердеющие на воздухе. К этому классу относятся жидкие самотвердеющие смеси (далее ЖСС) и пластичные самотвердеющие смеси (далее ПСС). Последние подразделяются на ПСС, отверждаемые порошками (феррохромовый шлак, белит, доменный шлак) и эфирами (триацетин, пропиленкарбонат, ацетаты этиленгликоля и др.).

Жидкостекельные ЖСС

Научно-технические основы этой технологии были заложены двумя школами: школой Челябинского политехнического института (Ю.П. Васин, Н.А. Субботин, П.В. Черногоров), разработавшей основы отверждения жидкостекельных смесей доменными и другими шлаками; школой Харьковского политехнического института (Б.А. Носков, И.В. Рыжков, В.Д. Пепенко, И.В. Богдан, Б.Н. Тютюнников), разработавшей основы получения жидких смесей с низкой влажностью. Но ни первая, ни вторая отдельно взятые разработки практическими технологиями еще не были. Реальная технология появилась, когда ЦНИИТмаш (А.М. Лясс, П.А. Борсук) соединили эти две части в одно целое. Это произошло в начале 60-х годов прошлого века. В тогдашнем варианте ЖСС состояла из кварцевого песка, феррохромового шлака, жидкого стекла, пенообразователя – поверхностно-активного вещества (далее ПАВ) и воды. Впоследствии происходило усовершенствование ЖСС прежде всего по пенообразователям (ДС-РАС, смачиватель НБ, НЧК, разнообразные ПАВ противопожарного назначения).

Главное достоинство ЖСС состоит в отсутствии необходимости уплотнять формовочную смесь с использованием громоздкой механизации, ручного труда и энергоносителей.

Главные недостатки ЖСС:

- интенсивное пылеобразование при транспортировании сыпучих материалов и приготовлении ЖСС;
- высокая пористость (50%), негативно влияющая на размерную точность отливок и повышающая их склонность к образованию пригара;
- затрудненная выбиваемость;
- плохая регенерируемость;
- высокая влажность (6-8%), обуславливающая в большинстве случаев необходимость тепловой сушки стержней и форм;
- необходимость громоздкой механизации.

Эта технология используется для производства крупных чугунных и стальных отливок типа чаш шлаковозов, изложниц, станин тяжелых станков, деталей коксохимического оборудования, конусов засыпных аппаратов доменных печей и др.

В 60 – 70-е годы прошлого века ЖСС были внедрены на многих заводах тяжелого машиностроения.

В бывшем СССР уже в 1969 г. по этой технологии было произведено 1 млн. т отливок [1]. Впоследствии по разным причинам объемы производства с использованием этой технологии значительно уменьшились. Одной из причин этого было внедрение аналогичной технологии на основе органического связующего лигносульфоната технического, а смесь получила название органической ЖСС (ОЖСС). Но эта технология имела ограниченное распространение по причине очень вредного и опасного для здоровья человека отвердителя (хромпика). Ее взяли на вооружение лишь 12-15 заводов в бывшем СССР. Другая причина – появление на смену ЖСС жидкостекельных ПСС.

В Украине технология ЖСС успешно используется в ЗАО «Новокраматорский

машиностроительный завод», ОАО «Старокраматорский машиностроительный завод», ОАО «Краматорский завод тяжелых станков», в ОАО «Сумское машиностроительное научно-производственное объединение им. М.В. Фрунзе», «Днепротяжмаш» (г. Днепропетровск), на металлургическом заводе «Запорожсталь» и др.

Основные положения технологии ЖСС для изготовления стержней и форм заключаются в следующем.

Состав ЖСС. ЖСС состоит из 96-97 мас.ч. кварцевого песка, 4-3 мас.ч. феррохромового шлака и 10 мас.ч. так называемой жидкой композиции, которая имеет следующий состав, мас.ч.:

- жидкое стекло (силикатный модуль 2,6-3,0; плотность 1,48-1,50 г/см³) – 7,5;
- вода – 2,5; паста РАС (ПАВ) – 0,1.

Жидкая композиция приготавливается заранее в отдельных емкостях и имеет плотность 1,32-1,34 г/см³.

Физико-механические свойства ЖСС по ОСТ 24.903.01:

- $\sigma_{сж}$, кгс/см²: через 1 ч – 1,8-2,2; через 3 ч – 4,0-5,0; через 24 ч – 12,0.
- газопроницаемость, ед.: через 1 ч – 80-120; через 3 ч – 150-180; через 8 ч – не менее 250;
- влажность – не более 5,5%;
- текучесть – 380-400 мм;
- устойчивость пены – 10-12 мин.

Изготовление стержней и форм. При изготовлении изложниц, чаш шлаковозов, чаш и конусов засыпных аппаратов доменных печей используется плотнооблегающая оснастка, позволяющая до минимума свести расход ЖСС, обеспечивая при этом экономную толщину облицовочного слоя ЖСС 150-200 мм.

Стержневые ящики и модели покрываются разделительным покрытием, предупреждающим прилипание смеси к оснастке.

Как и по обычной технологии, используются каркасы и подъемы, после чего в стержневые ящики или опоки заливается ЖСС.

Через 10-15 мин после окончания заливки ЖСС линейкой удаляется избыток смеси и обнажаются подъемы.

Раскрытие стержневых ящиков и извлечение отъемных частей оснастки производится через 25-35 мин после заливки ЖСС.

Поднятие и транспортировка мелких стержней объемом до 0,5 м³ осуществляется через 1 ч, более крупных стержней – через 1,5-2 ч.

После заделки поврежденных мест формы и стержни окрашиваются водными противопопригарными красками и подвергаются сушке при 250-300°С в течение 2,5-5,0 ч.

Краски можно наносить кистью, пульверизатором или путем облива форм и стержней. При этом избыток краски сливается в специальную емкость, подвергается фильтрованию и используется повторно (опыт Орско-Халиловского металлургического комбината, Россия).

С применением ЖСС изготавливаются чугунные отливки массой до 40 т, стальные до 25-30 т при толщинах стенок от минимальных до 200 мм.

ПСС, отверждаемые феррохромовым шлаком

Мировым опытом установлено, что самые передовые во всех отношениях технологии изготовления стержней и форм основываются на использовании самотвердеющих смесей.

Самой дешевой и доступной в СНГ в настоящее время является технология на основе жидкого стекла и порошковых или жидких отвердителей.

Эта технология характеризуется следующими достоинствами:

- дешевизной и низким расходом жидкого стекла;
- простотой исполнения как при периодическом приготовлении смеси, так и непрерывно в шнековых смесителях;
- значительно лучшей выбиваемостью по сравнению с обычными жидкостекляными смесями;
- отсутствием необходимости в тепловой сушке стержней и форм с экономией энергии и энергоресурсов;
- хорошей противопопригарной стойкостью и сочетанием с быстросохнущими противопопригарными красками;

- отсутствием больших деформаций в нагретом металлом состоянии, как это имеет место при применении ЖСС, и хорошей размерной точностью отливок;
- полным отсутствием факторов вредности для здоровья человека и окружающей среды.

В Украине отсутствует производство порошковых отвердителей для жидкостекляных смесей, поэтому порошковый отвердитель белит (раньше он назывался феррохромовым шлаком) предприятия Украины импортируют из России (г. Челябинск). Кроме того, порошковый отвердитель имеет много недостатков: самопроизвольно твердеет при хранении в цеховой атмосфере; неудобен при дозировании, интенсивно пылит при его транспортировании, дозировании и перемешивании до ввода жидкого стекла; высок его расход в составе смеси (3-4%).

Эти смеси появились в литейном производстве бывшего СССР в начале 60-х годов прошлого века и отчасти заменили собой ЖСС и обычные жидкостекляные смеси, отверждаемые CO_2 и теплом.

Отработанная практически опытом смесь состоит из 96-98 мас.ч. кварцевого песка, 4-2 мас.ч. феррохромового шлака и 5-6 мас.ч. жидкого стекла плотностью 1,48-1,50 г/см³ с силикатным модулем 2,2 -2,4. Иногда для устранения своего рода жесткости и улучшения пластичности ПСС в ее состав вводят порошковые глину или бентонит. При производстве чугуна в состав ПСС можно добавлять углеродсодержащие технологические добавки, а также ПАВ в количествах 0,03-0,05 % от массы песка и феррохромового шлака. Так же как и глина, ПАВ улучшают текучесть ПСС, делают их более подвижными и легкоуплотняемыми.

На некоторых заводах для организационных и технологических удобств приготовление ПСС разделено на два этапа: сначала приготавливают базовую смесь, состоящую, например, из песка и феррохромового шлака, а потом смешивают ее с жидким стеклом. Такое сочетание компонентов обусловлено тем, что жидкий компонент, например жидкое стекло, легче дозировать в смесителях непрерывного действия, чем сыпучий компонент в виде феррохромового шлака.

Возможен и обратный порядок, когда базовая смесь состоит из песка и жидкого стекла. Но это менее технологичный вариант.

Кроме того, базовую смесь можно приготавливать в бегунах, чем еще больше упрощается эта технология.

Недостатком этой ПСС является ее ограниченная живучесть, т.е. промежуток времени от выпуска ПСС из смесителя до окончания ее уплотнения, определяемый по снижению прочности после затвердевания на 30 % против прочности этой же смеси, которую она имела бы, будучи уплотненной тотчас после выпуска из смесителя. Живучесть смеси можно увеличить снижением модуля жидкого стекла и уменьшением содержания феррохромового шлака. Но это технологически малопривлекательно, поэтому приготовленную ПСС надо как можно быстрее уплотнять и не допускать ее деформаций после этого, так как деформации разрушают микроструктуру жидкого стекла и феррохромового шлака, формирующих макропрочность.

Область применения ПСС та же, что и обычных жидкостекляных смесей и ЖСС. Например, краматорский завод «Энергомашспецсталь» по этой технологии изготавливает стальные чаши шлаковозов массой до 25 т.

Для осуществления этой технологии модельная оснастка должна иметь увеличенные уклоны, как это предусмотрено в ГОСТ 3212-92.

ПСС выгодно отличается от ЖСС своей меньшей пористостью (30% против 50%), что благоприятно влияет на чистоту поверхностей отливок.

Другой положительный фактор - отсутствие необходимости тепловой сушки форм и стержней.

ПСС характеризуется следующими физико-механическими свойствами:

- газопроницаемость – не менее 80 ед.;
- влажность – 2,8-3,2%;
- прочность на срез, кгс/см²: через 2 ч – 1,5-2,5; через 8 ч – 2,5-4,0; через 24 ч – >8.

Освобожденные от оснастки формы и стержни, не прибегая к сушке, можно окрашивать быстросохнущими противопожарными красками.

ПСС, отверждаемые эфирами

В литейном производстве еще в бытность СССР создана и освоена технология изготовления стержней и форм из самотвердеющих смесей на основе эфиров многоатомных спиртов. Это так называемые жидкие отвердители (далее ЖО) типа ацетатов этиленгликоля (далее АЦЭГ) и глицерина (триацетин).

Применение ЖО имеет следующие преимущества перед порошковыми:

- очень низкий его расход (0,5 % от массы песка против 3- 4% порошкового отвердителя);
- удобство хранения (не замерзает), при дозировании отсутствует пылевыведение;
- широкий диапазон живучести смеси (от 5-15 мин до нескольких часов), что регулируется химическим составом и качеством АЦЭГ;
- отсутствие необходимости в тепловой сушке;
- хорошее сочетание с быстросохнущими красками;
- более легкая по сравнению с порошковым отвердителем выбиваемость и более высокая противопопригарная стойкость;
- возможность длительного хранения стержней и форм без снижения их прочности;
- низкие влажность и гигроскопичность.

До настоящего времени применение ЖО высокого качества по приемлемой цене сдерживалось отсутствием их производства в Украине.

Принимая во внимание вышеизложенное, украинская фирма «ХимРост» при нашем концептуальном участии создала крупномасштабное производство АЦЭГ быстрого (живучесть смеси 5-15 мин), среднего (живучесть смеси 30-40 мин) и медленного (живучесть смеси 70 мин и более) действия. Она может осуществлять поставки АЦЭГ, о чем подробнее будет сказано ниже.

Результаты исследований ПСС на жидких отвердителях

Наши исследования ПСС на основе гаммы разнообразных ЖО позволяют констатировать следующее.

При использовании жидких отвердителей быстрого действия (далее ЖОБД) ПСС характеризуется живучестью 10 мин, хорошими текучестью, и уплотняемостью, $\sigma_{сж}$, достигающей 7-10 кгс/см² через 1 ч твердения при комнатной температуре.

Испытания ЖОБД на гелеобразование показали их положительные свойства, заключающиеся в том, что в начальный период (5-7 мин) жидкое стекло под их действием лишь слабо загустевает, обеспечивая тем самым необходимую живучесть смеси. Впоследствии процесс твердения идет быстрее, и проба через 18 мин полностью затвердевает. Этим ЖОБД выгодно отличаются от ранее применявшегося отечественного пропиленкарбоната, обеспечивавшего живучесть смеси лишь 3-5 мин. Наилучшие результаты с учетом твердения смеси во все периоды получаются при модуле жидкого стекла 2,0-2,4. С точки зрения прочности, осыпаемости, живучести и формуемости лучшие результаты получаются при модуле 2. Однако, исходя из соображений приемлемой выбиваемости смеси, в производственных условиях следует использовать жидкое стекло с модулем 2,2-2,4.

Наиболее высокими значениями прочности характеризуется весьма чистый по примесям глины вольногорский песок. Для достижения равной прочности ПСС (по сравнению, например, с вольногорским песком и песками Ореховского и Староверовского месторождений) надо увеличивать содержание жидкого стекла и жидкого отвердителя примерно на 20-30%.

При добавлении в ПСС 1% порошковой глины ее прочность вполне приемлема для изготовления стержней. При содержании глины 1,5-2% требуются компенсационные добавки жидкого стекла и жидкого отвердителя в количестве 15-30 % от их первоначального содержания, характерного, например, для вольногорского песка.

ЖОБД хорошо сочетаются с хромитом и хромомagnesитом как высокоогнеупорными наполнителями ПСС. Для получения удовлетворительной прочности и других свойств ПСС на хромите и хромомagnesите надо увеличивать расход жидкого стекла примерно до 8% (в два раза больше, чем в ПСС на кварцевом песке), а ЖОБД – до 20% от жидкого стекла, или 1,6% в пересчете на огнеупорную основу смеси.

С уменьшением температуры смеси ее прочность независимо от продолжительности твердения прогрессивно падает. Снижение температуры на 10°C ниже комнатной при прочих равных условиях вызывает уменьшение прочности смеси на жидком стекле с модулем 2 примерно в 1,5-2 раза. При снижении температуры на 15°C прочность уменьшается в 2,5-4,3 раза. Аналогичное снижение прочности имеет место и при использовании в составе смеси жидкого стекла с модулями 2,2 и 2,4.

Существенным резервом ускорения процесса твердения смеси при пониженных температурах является повышение модуля и снижение плотности жидкого стекла, а при повышенных – наоборот. Кроме того, при повышенных температурах надо использовать жидкие отвердители медленного действия (далее ЖОМД) или их смеси с ЖОБД.

При использовании жидкостекольной ПСС в качестве облицовочной и более важной песчано-

глинистой смеси в качестве наполнительной в месте их контакта имеет место миграция влаги из наполнительной в облицовочную смесь, снижающая прочность последней на 15-50 %. Миграция влаги остается без последствий для качества форм и отливок при непродолжительной выдержке форм (в течение нескольких часов) и может снижать его при выдержке в течение более длительного времени. Особенно нежелательна длительная выдержка собранных форм, так как при этом за счет миграции влаги из наполнительной смеси облицовочная смесь увлажняется и в определенной мере разупрочняется, что может приводить к обвалам форм.

Импульсный способ уплотнения дает более высокие показатели прочности ПСС, чем ручной. При протяжке модели через 25-30 мин после уплотнения поверхностная твердость формы достигает 93-97 ед., чего вполне достаточно для изготовления форм в опоках размерами до 1600x1200 мм включительно.

ПСС после окрашивания ее противпригарной краской на основе жидкого стекла в качестве связующего подвергается разупрочнению на глубину проникновения дисперсионной среды (жидкой части краски). Полное разупрочнение затвердевшей смеси вызывает также увлажнение ее водной. Чем дольше твердеет ПСС с жидким отвердителем, тем менее она может быть подвержена разупрочнению под действием влаги, проникающей в подкрасочный слой смеси из противпригарной краски. Положительно в этом отношении влияние кратковременной тепловой подсушки стержней пламенем газовой горелки или другими сушильными агрегатами. Дополнительная тепловая подсушка форм из жидкостекляной ПСС при 100-200°C исключает разупрочнение подкрасочного слоя смеси. Низкотемпературная подсушка (до 80°C) практически не повышает стойкости смеси против разупрочнения.

Изменение содержания ЖОБД от 5 до 20% от жидкого стекла слабо влияет на склонность ХТС к разупрочнению. Увлажненная смесь в равной мере разупрочняется при любом содержании ЖОБД в вышеуказанных пределах.

Окрашивание стержней циркононой жидкостекляной краской вызывает разупрочнение подкрасочного слоя смеси толщиной 3-5 мм. После удаления влаги (независимо теплом или провализацией на воздухе) прочность ПСС полностью восстанавливается.

Пропитка смеси жидким стеклом низкой плотности ($\gamma = 1,2 \text{ г/см}^3$) также вызывает ее разупрочнение, но несколько медленнее, чем вода.

Щелочные растворы едкого натра низкой плотности (до $1,3 \text{ г/м}^3$), наоборот, способствует большему упрочнению ПСС.

ПСС практически не разупрочняется при окрашивании стержней дистенсиллиманитовой водной краской ДП-2 на связующей основе лигносульфоната технического. При нанесении спиртовой самовысыхающей краски каких-либо признаков разупрочнения подкрасочного слоя не наблюдали.

Комбинированное применение растворов лигносульфоната технического, полифенольного понизителя вязкости и патоки, блокирующих разупрочнение ПСС, с одной стороны, и жидкостекляной по своей связующей основе краски – с другой, позволяет исключить разупрочняющее действие жидкого стекла на ПСС, отвержденную при помощи ЖОБД.

Применявшиеся в литейном производстве бывшего СССР смесители непрерывного действия непригодны для приготовления ПСС с жидкими отвердителями, расход которых по сравнению с другими традиционными компонентами очень низок - всего 0,5% от массы песка или 10% от жидкого стекла. Жидкие компоненты при этом неравномерно перемешиваются с сухими огнеупорными наполнителями, ввиду чего ухудшаются физико-механические характеристики смесей либо, при равенстве характеристик, увеличивается расход связующего и отвердителя. Радикальным средством снижения расхода жидких компонентов и улучшения физико-механических характеристик ХТС может быть создание гаммы смесителей непрерывного действия принципиально новой конструкции с быстроходным и тихоходным валами, что обеспечит интенсивное перетирание компонентов смеси и их наиболее благоприятное распределение. По качеству приготовления смесь сравнима со смесью, приготовленной в катковом смесителе. Это утверждение основывается на очень тщательных экспериментах и исследованиях, выполненных нами.

Одним из существенных достоинств ПСС на ЖО является ее хорошая выбиваемость. Об этом свидетельствует такой эксперимент. Для отливки «шаровая опора» (масса отливки 720 кг, масса жидкого металла 1130 кг, марка стали 30ЛП по ГОСТ 977-75) был изготовлен стержень с диаметром его шаровой полости 320 мм и с толщинами стенок 100-110 мм. Стержень не подвергался окрашиванию, как это было принято по штатной технологии (СО₂- процессу). Стержень полностью выбился из отливок на выбивной решетке. Лишь в нескольких местах остались приставшие к металлу

корки смеси размерами 30x50 мм, которые легко отделялись от тела отливки при легком постукивании молотком. Образованная стержнем поверхность была покрыта слоем окалины и смеси толщиной в одну песчинку. Отливка полностью была очищена в дробеметной камере без приложения ручного труда. По выбиваемости стержни и формы из ПСС можно сравнить с аналогичными формами и стержнями, изготовленными по песчано-глинистой технологии.

Использование ПСС на ЖО на краматорских заводах тяжелого машиностроения подтвердило высокую эффективность этой технологии и ее перспективность с точки зрения широкого внедрения в литейных цехах с мелкосерийным и индивидуальным производством.

Термостойкость и обгар верхов форм

В публикации [2] мы на основании наших исследований констатировали высокую склонность форм из жидкостекольных смесей, особенно верхов, к их тепловому разрушению, связанному с низкой температурой плавления силиката натрия (800°C), из которого изготавливают жидкое стекло. Это явление называется обгаром. Обгар происходит в период от начала заливки формы до подхода расплавленного металла к верхним горизонтальным поверхностям полости формы. Чем больше жидкого стекла в состав смеси и тем ниже его модуль, тем в большей степени форма подвержена обгару. Как количество жидкого стекла, так и его модуль определяют большее или меньшее содержание NaOH в смеси, а отсюда – колебания температуры плавления силиката натрия.

Особым достоинством жидкостекольной ПСС на ЖО является ее высокая термостойкость.

Низкое содержание жидкого стекла в ПСС делает его связующие пленки более тонкими. Благодаря этому они становятся менее эластичными и подвижными и потому труднее деформируемыми. Макрорезультатом этого является уменьшение интенсивности обгара верхов форм.

Обгар верхов из жидкостекольной ПСС изучали путем заливки сталью специальных ступенчатых проб (см. схему на рис. 1). В этой пробе заливка металла производилась через ступень 3, верх которой более всего подвергается облучению. Верх ступени 2 начинает облучаться позже. Самой последней заполняется ступень 1, время облучения верха которой минимальное. Металл всех ступеней верха формы не касался. Излишки металла на расстоянии 20 мм от верха сливались в отдельную емкость.

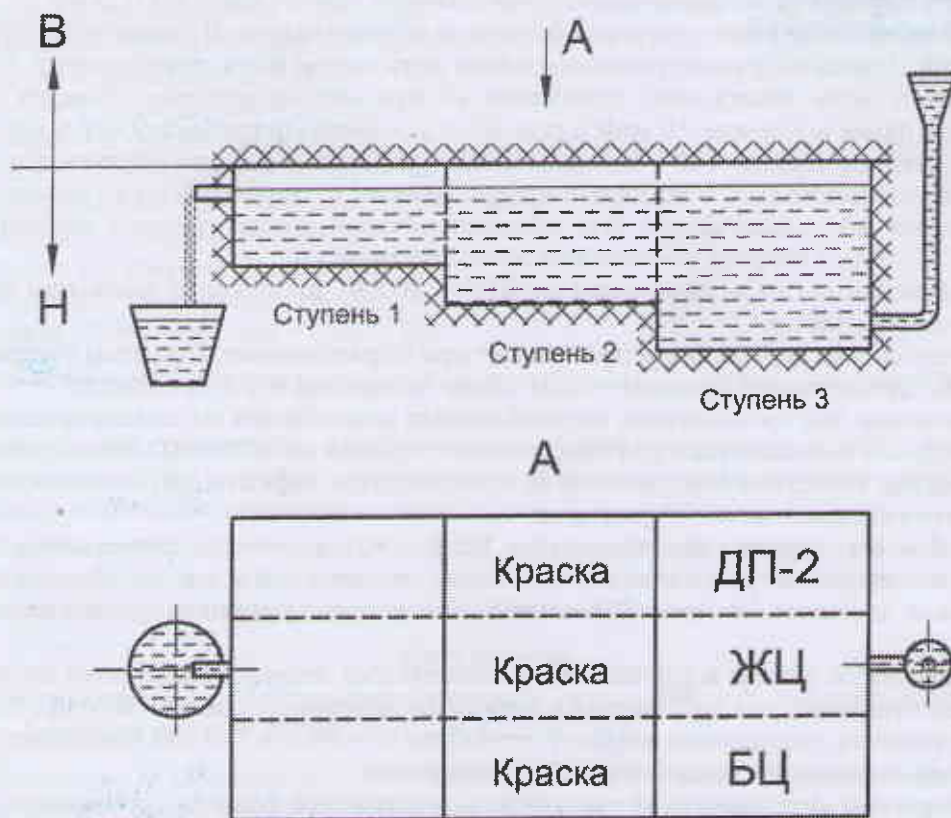


Рис. 1: Схема испытания ПСС на термостойкость

В экспериментах использовали следующие противопопригарные краски: первая – водная дистенсиллиманитовая (ДП-2); вторая – жидкостекольная цирконовая с добавлением нейтрализованной ортофосфорной кислоты (ЖЦ); третья – быстросохнущая цирконовая на поливинилбутиральном лаке (БЦ).

В первом эксперименте верхнюю полуформу через 1 ч после ее набивки один раз окрасили указанными красками, после чего форму в течение 24 ч провяливали в цеховом помещении. После сушки лишь по краям окрашенного краской БЦ участка наблюдались трещины.

В целом поверхности формы, окрашенные всеми тремя красками, были прочными. При заливке в течение 140 с через форму пропущено 130 кг стали при температуре 1570°C.

В процессе заливки разрушения окрашенных поверхностей не наблюдали, однако через 10 мин после окончания заливки на первой ступени произошло отслоение краски БЦ, а через 30 мин и краска ЖЦ кое-где отошла от поверхности формы, вспучилась.

После остывания осмотр окрашенных поверхностей дал следующие результаты: красочный слой краски ДП-2 очень хорошо держался на поверхности, трещин и других дефектов красочного слоя не наблюдали; слой краски ЖЦ удерживался на поверхности, но легко счищался и шелушился вместе с подкрасочным слоем. Общая толщина красочного и подкрасочного слоев – 1-1,5 мм. Красочный слой краски БЦ отвалился. Толщина красочного и подкрасочного слоев – также 1-1,5 мм.

Во втором эксперименте верх формы через 1 ч после набивки в течение 5 мин просушили пламенем газовой горелки, затем окрасили. После высыхания красочных слоев верх формы повторно окрасили теми же красками. Красочные слои после повторного окрашивания формы быстро высохли за счет ее остаточного тепла, прочно держались, не луцились и не осыпались.

Через форму пропущено 150 кг стали при температуре 1580°C. Пропускание металла через форму продолжалось 150 с.

Во время пропускания металла разрушения красочного слоя не было. Через 5 мин после окончания пропускания металла от поверхностей, окрашенных красками ЖЦ и БЦ, отвалились полосы краски длиной 50-80 мм. Слой краски ДП-2 существенных изменений не претерпел.

Через сутки легче всего отделился от формы слой краски БЦ. Труднее всего отделился слой краски ДП-2. Толщины красочных и сцепленных с ними подкрасочных слоев толщиной в 1-2 песчинки во всех случаях были примерно одинаковыми и оценивались в 1-1,5 мм.

В другой серии экспериментов верх формы не окрашивались. В одном из экспериментов верх формы в течение 10 мин облучался расплавленным металлом и имел температуру на поверхности более 1000°C. При этом каких-либо признаков обгара не обнаружено. Следует заметить, что облучение верхов форм в течение 10 мин в реальных условиях встречается лишь при изготовлении очень крупных отливок массой 100 т и более. Чистое же время заливки отливок массой от 1 до 15 т, для которых применение ПСС с жидкими отвердителями технологически возможно и приемлемо, обычно составляет несколько минут. Это обстоятельство благоприятствует расширению области применения ПСС с ЖО в сторону увеличения массы отливок.

Таким образом, обгар верхов форм из ПСС с ЖО не происходит даже при его критически продолжительном облучении.

Чаще всего обгар верхов форм происходит при окрашивании. При этом обгорает в основном красочный слой, сцепленный с подкрасочным слоем толщиной в 1-2 песчинки.

Использование быстросохнущих пастообразных композиций на полистироловой связующей основе с огнеупорным наполнителем для склеивания стержней из ПСС с ЖО благоприятно сказывается на качестве литья. Обгар мест склеивания не происходит, а дефекты, обусловленные разрушением стержня по месту склеивания, не образуются.

Таким образом, верхние полуформы из ПСС с ЖО в течение длительного времени могут противостоять воздействию расплавленного металла, не разрушаясь и не образуя обусловленных этим характерных дефектов отливок. В большей мере разрушению подвержено противопопригарное покрытие.

Для уменьшения обгара и улучшения выбиваемости целесообразно идти по пути снижения расхода жидкого стекла за счет добавления в него ПАВ – волгоната, пасты РАС и др. Благодаря этому можно реально снизить содержание жидкого стекла до 2,5-3% и в 5-6 раз уменьшить трудоемкость выбивки литья по сравнению, например, с CO_2 -процессом.

Предостерегаем литейщиков от следующего негативного фактора, связанного с ПСС на ЖО.

В жаркие летние периоды при изготовлении крупных стержней с толщинами их тел более 300 мм возникает такое негативное явление: стержень затвердевает во всем объеме, затем через

несколько часов, начинается обратный процесс - разупрочнение изнутри. Массивный стержень под действием собственной массы начинает деформироваться (проседать). Наиболее вероятной причиной этого является образование полимера из бифункциональных мономеров (поликонденсация), которое сопровождается выделением побочного низкомолекулярного вещества, в данном случае - воды. Выделение в результате поликонденсации воды вызывает гидролиз образовавшегося полимера, что и вызывает разупрочнение связующих пленок.

Факты разупрочнения отвержденной жидкостекольной смеси многократно фиксировались нами при использовании в качестве отвердителей АЦЭГ.

Разупрочнение не наблюдалось, когда смесь отверждалась пропиленкарбонатом и триацетином (глицериновый эфир уксусной кислоты).

Устранение разупрочнения ПСС лежит в плоскости синтеза АЦЭГ, который его производителям надо совершенствовать.

О производстве эфирных отвердителей для ПСС

Крупнейшие заводы Украины используют в качестве отвердителей АЦЭГ производства российских «Уралхимпласта» (г. Нижний Тагил) и НПО «КАРБОХИМ» (г. Дзержинск Нижегородской обл.).

Поставки осуществляются через представительства этих фирм в Украине: ООО «Шостка-Химпродукт» в г. Шостка Сумской обл., ООО «Джанекс» в г. Николаеве, «ПРОМТЕХНАБ» в г. Сумы, ООО «КАРБОХИМ УКРАИНА» в г. Симферополе.

В 2005-2008 гг. харьковское ООО «ХимРост» и НТУ «Харьковский политехнический институт» при нашем концептуальном участии разработали и создали крупномасштабное производство гаммы ЖО типа АЦЭГ быстрого, среднего и медленного действия. Их расход в составе ПСС составляет 10-15% от массы жидкого стекла. При этом ПСС при 18-28°C достигает прочностей при сжатии, кгс/см²:

- при использовании АЦЭГ быстрого действия:
 - через 1 ч твердения - 13-15;
 - через 2 ч твердения - 18-19;
 - через 3 ч твердения - 19-20;
 - через 24 ч твердения - более 20;
- при использовании АЦЭГ среднего действия:
 - через 1 ч твердения 4,5-5;
 - через 2 ч твердения - 12-15;
 - через 3 ч твердения - 16-17;
 - через 24 ч твердения - 18,5 - 20;
- при использовании АЦЭГ медленного действия:
 - через 1 ч твердения - 4,5-6;
 - через 2 ч твердения - 15-17;
 - через 3 ч твердения - 18-19;
 - через 24 ч твердения - более 20.

По прочности и прочим показателям харьковские АЦЭГ можно приравнять к российским аналогам.

Практически все технологии литейного формообразования на основе жидкостекольных самотвердеющих смесей располагают неисчерпаемыми ресурсами в части достижения разумного соотношения цены и качества литья.

Настоящей статьей мы завершаем нашу публикацию по жидкостекольным технологиям и выражаем готовность к сотрудничеству и оказанию посильной помощи, если кто-то из наших читателей пожелает взять ту или иную технологию на вооружение.

Литература

1. А.М. Лясс. Состояние и перспективы развития технологии изготовления форм и стержней в СССР. Литейное производство, 1970, № 4.
2. Е.А. Белобров, К.Е. Белобров, Л.Е. Белобров, О.Л. Карпенкова. О новом подходе к использованию жидкостекольных технологий для производства литья в период всеобщего кризиса. Часть 2. Стержни и формы, отверждаемые в камерных сушилах. Литье Украины, 2009, № 3.