

КОМБИНИРОВАННЫЕ ФОРМОБОЛОЧКИ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ

В.К. Дубровин, Л.Г. Знаменский, О.М. Пашнина, А.С. Варламов

В настоящее время для получения точных отливок из черных и цветных сплавов по выплавляемым моделям наибольшее распространение получили оболочковые формы на этилсиликатном связующем с применением в качестве наполнителя суспензии пылевидного кварца, а в качестве обсыпки - зернистого кварцевого песка. Основу огнеупорных материалов составляет диоксид кремния, в котором SiO_2 находится в фазе природного -кварца. Этот огнеупорный материал является самым дешевым и легкодоступным из всех встречающихся в природе. Однако, фазовые превращения β -кварца в его α -модификацию с увеличением объема при температуре 573°C являются причиной растрескивания оболочек, их пониженной прочности, нарушения конфигурации и засоров отливок. Применение других, более огнеупорных материалов, например, электрокорунда, муллита, дистенсиллиманита значительно повышает себестоимость литья и оправдано лишь для особо ответственных отливок из жаропрочных и тугоплавких сплавов. Этилсиликат в настоящее время также является дорогостоящим и дефицитным связующим, а работа с ним связана с применением токсичных органических растворителей и повышенной пожароопасностью.

Применение жидкого стекла в качестве связующего оболочковых форм не позволяет получать высококачественные отливки вследствие образования на их поверхности пригара из-за взаимодействия заливаемого сплава с Na_2O связующего, а также низкой огнеупорности оболочек.

Комбинированные формооболочки, у которых первые два слоя изготовлены на этилсиликатном связующем, а последующие - на жидкостекольном позволяют сократить расход этилсиликата, однако без специальной обработки так же обладают низкой термостойкостью, как и жидкостекольные формы [1]. Химическая обработка жидкостекольных слоев в известных растворах солей или кислот обеспечивают их закрепление, однако достигаемые при этом технологические характеристики недостаточны.

В настоящее время в производстве широко используется химическое закрепление слоев жидкостекольного покрытия, нанесенного на выплавляемую модель, в водных растворах аммонийных солей, хлоридов алюминия или кальция, спиртовом растворе фосфорной кислоты [2]. Они имеют водородный показатель (рН) в пределах 0,5... 1,0 и создают условия для гелеобразования покрытия и некоторого улучшения физико-механических свойств

керамических форм. Известно также химическое закрепление слоев жидкостекольного покрытия в подкисленном HCl растворе оксихлорида алюминия [3]. В этом случае обеспечивается связывание ионов натрия жидкостекольного связующего с образованием безопасных для качества формы соединений, например NaCl . В результате в значительной степени исключается взаимодействие заливаемых черных сплавов с материалом формы. Однако, вследствие низкой пропитывающей способности указанных растворов отверждение каждого слоя покрытия протекает лишь с поверхности. В процессе сушки происходит усадка, свободному прохождению которой препятствует неравномерность гелеобразования. В результате возникающие напряжения вызывают появление в пленках связующего микротрещин, развивающихся в процессе прокаливания керамических форм. Поэтому происходит нарушение точности, а в некоторых случаях и коробление форм, снижающее качество отливок.

Более эффективен раствор для упрочнения оболочковых керамических литейных форм, содержащий алюмохлорид, ортофосфорную кислоту, этиловый спирт [4]. Способ химического закрепления в этом случае состоит в обработке указанным раствором каждого слоя жидкостекольного покрытия, нанесенного на выплавляемую модель. При этом достигается повышение жаропрочности и термической стойкости керамических форм. Однако имеются и определенные недостатки:

- при нанесении жидкостекольного слоя на этилсиликатный жидкое стекло мигрирует через поры отвержденных этилсиликатных слоев к рабочей поверхности формы, и впоследствии снижает качество поверхности отливок из-за взаимодействия заливаемого сплава с оксидом натрия, содержащимся в жидком стекле:

- в процессе нагрева при температуре около 200°C жидкостекольная оболочка претерпевает усадку, что вызывает напряжения в оболочке, способные впоследствии привести к трещинам и разупрочнению форм;

- нестабильность состава для отверждения жидкостекольных слоев вследствие высокой летучести входящего в его состав этилового спирта;

- экологически неблагоприятные условия работы с составом для обработки жидкостекольных слоев из-за наличия в нем ортофосфорной кислоты и этилового спирта;

- достаточно высокая остаточная прочность оболочковых форм после заливки их металлом и

вследствие этого затрудненная удаляемость керамики из «зашемленных» мест, поднутрений отливок при выбивке отливок из форм;

- недостаточный уровень пропитывающей способности закрепляющего раствора не обеспечивает требуемые скорость и глубину пропитки слоев покрытия на жидкостекольном связующем, непропитанные участки требуют дополнительной сушки, склонны к повышенной усадке и короблению, а также образованию микротрещин, снижающих геометрическую точность форм и отливок;

- длительность формообразования, низкая эффективность пропитки, а также недостаточный уровень физико-механических свойств керамических форм на жидкостекольном связующем по мере увеличения массы и габаритов отливок в литье по выплавляемым моделям вызывает рост их брака по засорам, наплывам, неточности геометрии.

Кроме того, термическое расширение наполнителя - пылевидного кварца при 573 °С, связанное с переходом β-кварца в его α-модификацию, приводит к возникновению внутренних напряжений в оболочках, и нередко - к их короблению и растрескиванию, к снижению точности размеров рабочей полости форм, а следовательно, и отливок.

На кафедре литейного производства разработан ряд технологических решений, способных устранить вышеперечисленные недостатки существующих технологий получения отливок в комбинированные этилсиликатно-жидкостекольные оболочковые формы по выплавляемым моделям. Связаны они, в первую очередь, с применением водных растворов алюмоборфосфатного концентрата, которые могут эффективно применяться как для создания барьерного промежуточного слоя между этилсиликатными и жидкостекольными слоями, так и для химического закрепления жидкостекольных слоев. Повышение термостойкости формооболочки также может быть достигнуто применением вместо пылевидного кварца диоксида кремния другой кристаллической модификации - тридимита.

В качестве связующего для первого и второго огнеупорного слоев целесообразно использовать гидролизированный раствор этилсиликата, на третий слой наносить связующее на основе алюмоборфосфатного концентрата плотностью 1,25... 1,30 г/см³, а для последующих слоев в качестве связующего применять жидкое стекло. Алюмоборфосфатный концентрат пропитывает отвержденные этилсиликатные слои, дополнительно упрочняя их, и создает барьерный слой, препятствующий проникновению жидкого стекла на рабочую поверхность формы. Поэтому допускается делать только один облицовочный слой на этилсиликатном связующем, а начиная со второго слоя использовать жидкое стекло. Для закрепления жидкостекольных слоев также применяется водный раствор АБФК. Водный раствор алюмоборфосфатного концентрата является эффективным гелеобразователем жидко-

го стекла. Кроме того, он выступает как высоко-температурный связующий материал. Его подготовка проста в осуществлении, не требует больших затрат времени, а сам получаемый раствор экологически безопасен.

Обработка слоев жидкостекольного покрытия раствором алюмоборфосфатного концентрата создает условия для протекания ускоренного гелеобразования связующего, повышения термостойкости керамических форм за счет образования тугоплавких продуктов в процессе прокалики. Дополнительно повысить глубину и эффективность пропитки алюмоборфосфатным концентратом можно воздействием на пропитывающий раствор наносекундными электромагнитными импульсами (НЭМИ) [5]. Для этого блок моделей с нанесенным жидкостекольным или этилсиликатным покрытием погружают в раствор, в который установлен излучатель, подсоединенный к генератору НЭМИ мощностью 1,0... 1,8 МВт и частотой повторения импульсов 1000 Гц. Проведение обработки раствором алюмоборфосфатного концентрата (АБФК) при одновременном воздействии на него НЭМИ в течение 30...60 с. обеспечивает эффект разжижения закрепителя, повышение его смачивающей, пропитывающей и адгезионной способности. В результате этого увеличиваются скорость и глубина пропитки АБФК слоев жидкостекольного покрытия, что приводит к формированию своеобразного каркаса из гелеобразователя во всем объеме отверждаемого жидкостекольного слоя. Поэтому обеспечивается равномерность отверждения керамического покрытия, создающая условия для повышения скорости изготовления форм и увеличения их прочностных характеристик.

Вместо полной объемной пропитки жидкостекольных слоев допускается плакировать зернистый обсыпочный материал алюмоборфосфатным концентратом в количестве 3...5 % мае. от массы зернистого материала.

Положительным моментом применения АБФК является так же тот факт, что в процессе охлаждения отливок в форме при температурах 250...350 °С он способствует разупрочнению керамики, что снижает остаточную прочность формооболочки и улучшает выбиваемость.

Для повышения термостойкости формооболочек пылевидный диоксид кремния эффективно использовать в фазе тридимита как наполнитель с размером фракции до 100 мкм, а для обсыпки размером зерен 100...400 мкм. Для облицовочного слоя следует применять более мелкозернистый обсыпочный материал, для опорных слоев - более крупнозернистый. В качестве тридимитного материала целесообразно использовать молотый динасовый огнеупор, просеянный через калиброванные сита для получения необходимой фракции.

Как показали dilatометрические исследования, коэффициент термического линейного расширения оболочковых форм в фазе тридимита ни-

же, чем на β -кварце, а фазовые превращения $\gamma \rightarrow \beta \rightarrow \alpha$ - тридимит происходят в температурном интервале 15...180 °С, когда формооболочка пропитана модельным составом, и обладает некоторой «эластичностью», способной релаксировать возникающие в процессе прокатки напряжения. Превращения $\beta \rightarrow \alpha$ - фазу в пылевидном кварце происходят при температуре, когда жесткость формооболочки максимальна, и расширение кварца приводит к напряжениям и трещинам в оболочке.

Расширение тридимитового наполнителя жидкостекольных слоев в температурном интервале почти совпадает с усадочными процессами, происходящими в жидкостекольном связующем. Эти процессы взаимно компенсируют друг друга и, таким образом, наружные жидкостекольные слои не испытывают усадки и не оказывают сжимающего воздействия на внутренние этилсиликатные слои, как это происходит в формооболочках, где наполнителем и обсыпкой является β -кварц.

Результаты проведенных испытаний показали, что по сравнению с комбинированными формами, изготовленными по известным технологиям, предлагаемые технические решения позволяют увеличить в 1,5 раза горячую прочность керамических форм, уменьшить коэффициент термического линейного расширения в интервале 20...1000 °С практически в 1,5 раза, и на порядок его уменьшить в наиболее опасном с точки зрения разрушения форм интервале 250...1000 °С. Это способствует повышению точности форм и, соответственно, уменьшению отклонения размеров отливок от номинальных в 1,5...2 раза и снижению брака отливок по вине форм в 2...3 раза. Кроме того, снижение в 1,5...2 раза остаточной прочности форм, обработанных в растворе АБФК, после охлаждения способствует лучшей выбиваемости отливок

из форм и их очистке от остатков керамики. Также было отмечено улучшение качества литой поверхности.

Заключение. Применение раствора алюмоборфосфатного концентрата в качестве барьерного между этилсиликатными и жидкостекольными слоями, и закрепляющего для жидкостекольных слоев с одновременной обработкой его наносекундными электромагнитными импульсами, а также использование в качестве наполнителя суспензии и зернистой обсыпки диоксида кремния в фазе тридимита позволяет значительно улучшить технологические характеристики комбинированных этилсиликатно-жидкостекольных формооболочек и повысить качество получаемых в них отливок.

Литература

1. *Литьево выплавляемым моделям / Под ред. Я.И. Шкленника. - М.: Машиностроение, 1984. - 408 с.*
2. *Галдин, Н.М. Отливки в точном машиностроении / Н.М. Галдин. — М.: Машиностроение, 1983.-176 с.*
3. *Специальные способы литья /Под общ. ред. В.А. Ефимова.—М.: Машиностроение, 1991—436 с.*
4. *А.С. 599910 СССР, МКИ В22С 9/04. Раствор для упрочнения оболочковых керамических литейных форм / В.М. Александров, Ю.П. Васин, А.Н. Логиновский, Б.А. Кулаков, Г.Г. Цайзер, ВТ. Гришин (СССР). -№ 2379496/22-02, заявлено 05.07.76; опубл. 30.03.78, Бюл. № 12. -Зс.*
5. *Патент 2228816 РФ, МКИБ22С 9/04. Раствор и способ химического закрепления слоев жидкостекольного покрытия в литье по выплавляемым моделям/Л.Г.Знаменский (РФ). -№2003100965, заявлено 13.01.2003; опубл. 20.05.2004, Бюл.№ 14. -Зс.*