

Свиридов А. В.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОБОЛОЧКОВЫХ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОФОРЕЗА

Свиридов А. В.

A.V.Sviridov

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОБОЛОЧКОВЫХ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОФОРЕЗА

MANUFACTURE OF SHELL MOULDS BY ELECTROPHORESIS



Свиридов Андрей Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и технология литейного производства» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета.

Mr. Andrey V. Sviridov – PhD in Engineering, Associate Professor, Department of "Foundry industrial machinery and technology", Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Komsomolsk-on-Amur).

Аннотация. В статье приводится краткое описание процесса изготовления литейных форм методом электрофореза, некоторые результаты экспериментальных данных разработки флоретических суспензий с использованием полимеров.

Summary. The paper offers a concise description of a method for shell moulds production by way of electrophoresis; presented are experimental data on producing phoretic suspensions using polymer materials.

Ключевые слова: оболочковая форма, электрофорез, электрофоретическая суспензия, литейная форма.

Key words: shell mould, electrophoresis, electrophoretic suspension, foundry mould.

УДК 621.74.045

В современном машиностроении широко применяется способ литья по удаляемым моделям. Это объясняется тем, что данный вид литья имеет ряд преимуществ перед остальными. Он позволяет получать отливки практически из любых сплавов, объединять несколько деталей в одну для улучшения конструкции и технологичности изделия, получать отливки, максимально приближенные по своим геометрическим размерам к готовым деталям.

Сущность метода заключается в том, что оболочковую форму (ОФ) изготавливают послойно, путем смачивания модельного блока огнеупорной суспензией, содержащей гидролизированный раствор этилсиликата и маршаллит, и обсыпкой кварцевым песком. При этом каждый слой, которых обычно 5 – 8, сушат несколько часов и после удаления модели из сформированной таким образом оболочки (выплавление, выжигание, растворение) и ее прокаливанию, получают литейную форму. На рис. 1, а приведен образец ОФ в разрезе при послойном ее изготовлении.

Недостатки описанного способа литья следующие: для приготовления связующего на основе этилсиликата используют дорогостоящие вещества (спирт, растворители, кислоты и т.п.), а литейная форма обладает низкой трещиностойкостью и размерной точностью, так как является многослойной; длительность технологического процесса изготовления ОФ составляет 10 – 12 ч и более.

а)



б)



Рис. 1. Структура оболочковых форм: а – форма, полученная по традиционной технологии; б – форма, полученная электрофорезом

В данном случае высокая трудоемкость метода и стоимость готовых изделий, с одной стороны, и потребности современного машиностроения в точных деталях сложной конфигурации без излишних затрат – с другой, предопределяют развитие прогрессивных способов и технологических процессов литья, направленных на получение качественных отливок [1].

Одним из наиболее перспективных является метод электрофоретического формообразования, особенностью которого является то, что ОФ формируют не послойным нанесением огнеупорных материалов, а изготавливают в течение 2 – 3 мин посредством электрофоретического перемещения частиц огнеупорного наполнителя к модельному блоку.

Получение ОФ для точного литья с помощью электрофореза сокращает и в ряде случаев полностью исключает применение дорогостоящего этилсиликата, а монослойность электрофоретического осадка обеспечивает равномерное распределение физико-механических свойств по сечению формы. На рис. 1, б приведен образец ОФ в разрезе, изготовленный методом электрофореза.

Наряду с достоинствами традиционного литья по удаляемым моделям, изготовление ОФ методом электрофореза позволит автоматизировать технологический процесс и даст возможность применять недефицитные материалы. Также появляется возможность использовать огнеупорные материалы практически любого минералогического состава.

Получение огнеупорных оболочек электрофорезом в литейном производстве – известный способ. Данный метод был предложен коллективом ученых под руководством профессора И. В. Рыжкова. В нашей стране он впервые был внедрен в производство на Харьковском тракторном заводе и показал свою состоятельность. Основная масса исследований и публикаций, посвященных вопросу электрофоретического формообразования, приходится на 70 – 80-е гг. прошлого века. В этот период были разработаны и изучены различные составы токопроводящих и форетических суспензий, разные способы получения форетических осадков, а также спроектирован ряд приспособлений и устройств для получения ОФ методом электрофореза.

Сущность способа изготовления керамических форм методом электрофореза заключается в следующем: удаляемую модель (анод), с предварительно нанесенным на нее токопроводящим слоем, помещают в специальный электролизер (катод), наполненный форетической суспензией. Отрицательно заряженные частицы дисперсной фазы форетической суспензии перемещаются к модельному блоку и образуют плотный и прочный осадок (оболочку) толщиной 5 – 8 мм (см. рис. 2). Далее полученную ОФ сушат известными способами, удаляют модель и прокаливают.

Токопроводящее покрытие обычно состоит из огнеупорного наполнителя, водных растворов сильных электролитов (кислоты, щелочи), связующего и других добавок.

Основными компонентами форетических суспензий часто являются: дисперсионная среда, огнеупорный наполнитель, стабилизирующие добавки, потенциалобразующие электролиты [2].

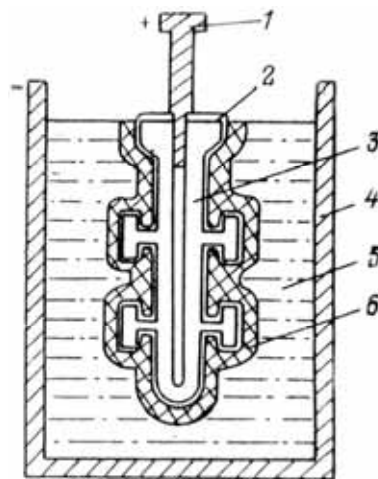


Рис. 2. Схема электрофоретического формообразования: 1 – положительный электрод; 2 – токопроводящий слой; 3 – удаляемая модель; 4 – электролизер; 5 – форетическая суспензия; 6 – формируемая оболочка

При изготовлении ОФ методом электрофореза исследователи сталкиваются со многими трудностями, главные из которых – это разработка седиментационно-устойчивых суспензий с использованием различных огнеупорных материалов, создание токопроводящих слоев с минимальным удельным электрическим сопротивлением, определение режимов сушки оболочек и выявление оптимальных технологических параметров ведения процесса (напряжение, плотность тока, время формирования осадка).

Форетическая суспензия для получения ОФ методом электрофореза является грубодисперсной гетерогенной системой, главное отличие которой от коллоидной системы заключается в том, что минимальный размер дисперсной фазы много больше размера самой крупной коллоидной частицы. Также отличительным признаком электрофоретической суспензии от коллоидной системы является ее кинетическая неустойчивость. Тем не менее, грубодисперсная форетическая суспензия имеет ряд признаков, сближающих ее с коллоидными растворами. Так же как и коллоидные растворы, суспензия является гетерогенной системой, обладающей значительным запасом свободной поверхностной энергии. Для перехода форетической суспензии в устойчивое состояние должно произойти уменьшение запаса свободной поверхностной энергии, что осуществляется в результате адсорбции веществ, понижающих поверхностное натяжение на границе раздела между частицами суспензии и дисперсионной средой [3].

Согласно [3], добавление высокомолекулярных соединений к коллоидным растворам значительно повышает их седиментационную устойчивость. Стабилизирующее действие высокомолекулярных соединений проявляется лишь при определенной их концентрации в растворе. Эта концентрация должна быть достаточной для образования пространственной структуры, охватывающей весь объем системы или отдельные ее участки. Коллоидные частицы участвуют в образовании этой структуры, поскольку они взаимодействуют с отдельными звеньями макромолекул. Находящиеся в структурной сетке коллоидные частицы лишены возможности поступательного движения, что препятствует их сближению и соединению в агрегаты, т.е. препятствует коагуляции.

При добавлении к коллоидному раствору полимера в количестве, недостаточном для образования пространственной структуры, наблюдается, как правило, не повышение агрегативной устойчивости коллоидной системы, а ее понижение. Это явление может быть объяснено тем, что в растворе образуются отдельные агрегаты, каждый из которых содержит несколько коллоидных частиц, адсорбционно связанных макромолекулой. Система, состоящая из указанных агрегатов, будет менее устойчива, чем система, содержащая отдельные коллоидные частицы [3].

На основании вышеизложенного исследованию были подвергнуты электрофоретические суспензии с использованием поливинилового спирта (ПВС), метилцеллюлозы (МЦ) и натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (NaКМЦ), т.е. водорастворимых полимеров.

В ходе исследований было выявлено, что, в отличие от других соединений, полимер, содержащий карбоксильные группы, не только повышает седиментационную устойчивость суспензий, но и является потенциалобразующим компонентом. Экспериментально были выявлены интервалы допустимой концентрации растворов полимеров в электрофоретических суспензиях. Необходимой седиментационной устойчивостью обладают составы, содержащие в качестве стабилизирующих добавок не менее: 0,08 % ПВС, 0,05 % МЦ или 0,15 % NaКМЦ от массы суспензий [4, 5].

Для изученных форетических суспензий характерно то, что значение ζ (потенциала) определяется в основном концентрацией электролита и мало зависит от содержания в суспензиях полимеров, кроме смеси с применением NaКМЦ, которая выступает в роли электролита. Таким образом, основная цель ввода в суспензию полимеров – это повышение ее седиментационной устойчивости.

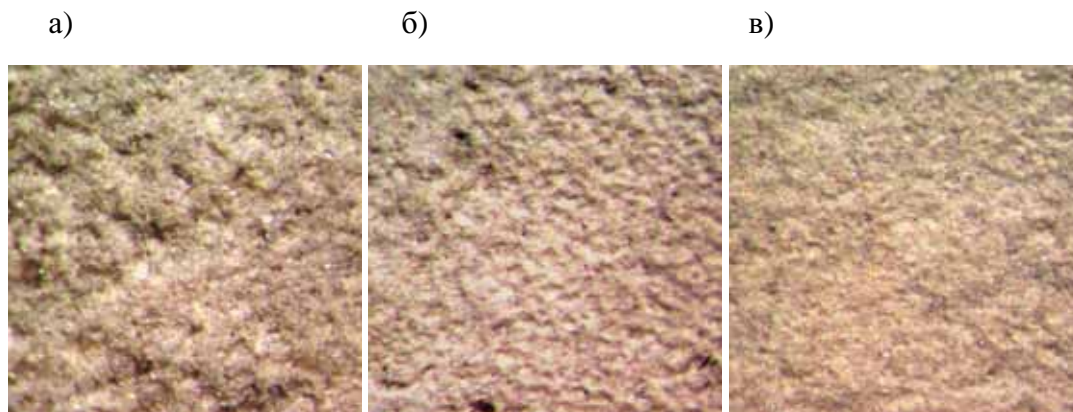


Рис. 3. Структура электрофоретических осадков:
а – 60 В; б – 80 В; в – 100 В

Разность потенциалов определяет интенсивность электрофоретического формообразования, но чрезмерное ее увеличение приводит к повышению газообразования на аноде из-за интенсификации электролиза воды, что мешает формированию осадка.

Было установлено, что структура форетического осадка во многом зависит от напряжения при электрофорезе. На рис. 3 представлены структуры образцов оболочек, полученных при разности потенциалов 60, 80 и 100 В. Как видно, образец, сформированный при напряжении 100 В (см. рис. 3, в), имеет более плотную упаковку огнеупорного наполнителя и соответственно более высокие физико-механические характеристики, по сравнению с образцами, полученными при напряжениях 60 и 80 В (см. рис. 3, а и б).

Приведенные экспериментальные данные наглядно показывают, что разность потенциалов при электрофоретическом формообразовании является эффективным средством, позволяющим управлять физико-механическими свойствами оболочек.

Технологичность процесса электрофореза во многом зависит от используемого оборудования (устройств перемешивания, съема оболочек и т.д.), позволяющего автоматизировать отдельные операции.

Например, устройство, приведенное на рис. 4, позволяет контролировать вес ОФ в процессе ее изготовления. В данной конструкции устройство контроля веса 3 крепится к подвеске 4, а электрофоретическую суспензию заливают в электролизер 1. Далее модель 2 подвешивают к устройству 3 и опускают в электролизер.

Как видно из рисунка, положительный потенциал к модели подводится через размыкающий ключ К, в качестве которого может быть использовано любое изделие, срабатывающее от электрического сигнала (контактор, реле, тиристор и т.п.). Узел управления ключом 5 следит за изменением массы модели с оболочкой.

В ходе электрофоретического осаждения масса формирующейся оболочки растет, и при достижении требуемого значения происходит автоматический разрыв цепи ключом К и, следовательно, прекращение процесса форетического осаждения [6]

На основе проведенных исследований методом электрофореза были изготовлены экспериментальные оболочковые литейные формы и отливки (см. рис. 5 и 6). При этом применяли разработанные электрофоретические суспензии на основе кварцевого песка с полимерными стабилизаторами. Токопроводный слой содержал водные растворы щелочи и жидкого стекла, а в качестве огнеупорного наполнителя – маршалит. Напряжение процесса составляло 70 вольт, а длительность формирования оболочки 2 мин. Толщина сформированного покрытия равнялась 6 – 7 мм, а прочность при статическом изгибе находилась в интервале 4,7 – 5 МПа.

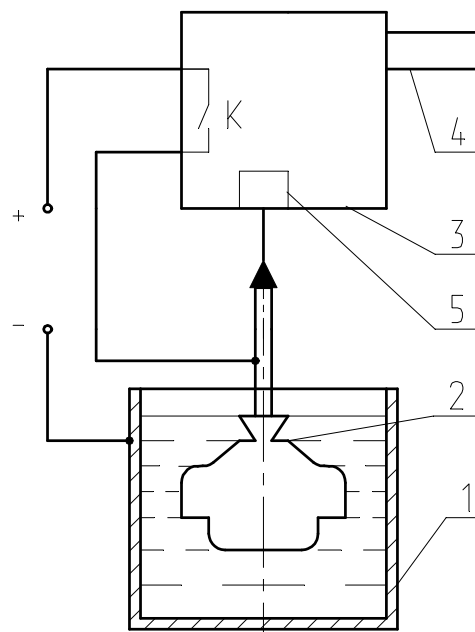


Рис. 4. Устройство для автоматического контроля веса электрофоретической оболочки



Рис. 5. Оболочковые формы, изготовленные методом электрофореза



Рис. 6. Отливка из сплава 45Л

Сокращение длительности технологического цикла изготовления ОФ при повышении их качества и использование дешевых материалов, а также упрощение в целом производства отливок данным способом будет способствовать более широкому применению метода электрофореза в литейном производстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рыжков, И. В. Электрофорез в литейном производстве / И. В. Рыжков, В. Д. Пепенко, [и др.] // Литейное производство. – 1977. – №11. – С. 30-31.
2. Рыжков, И. В. Электрофорез в литейном производстве: Изготовление оболочковых форм по выплавляемым моделям / И. В. Рыжков. – Харьков: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1979. – 160с.
3. Медведев, П. И. Физическая и коллоидная химия / П. И. Медведев; под ред. С. А. Балезина. – М. : 1954.
4. Пат. 2316406 Российская Федерация, МПК В22С 1/02. Суспензия для получения керамических форм методом электрофореза / Петров В. В., Дмитриев Э. А., Свиридов А. В.; заявитель и патентообладатель ГОУВПО “КНАГТУ”. – № 2005134840/02; заявл. 09.11.2005; опубл. 10.02.2008, Бюл. № 32. – 4 с.
5. Пат. 2298448 Российская Федерация, МПК В22С 1/02. Суспензия для получения форм точного литья методом электрофореза / Петров В. В., Дмитриев Э. А., Свиридов А. В.; заявитель и патентообладатель ГОУВПО “КНАГТУ”. – № 2006122245/02; заявл. 21.06.2006; опубл. 10.05.2007, Бюл. № 13. – 3 с.
6. Пат. 2289491 Российская Федерация, МПК В22С 9/04. Устройство для изготовления керамических форм / Якимов В. И., Петров В. В., Дмитриев Э. А., Свиридов А. В. и др.; заявитель и патентообладатель ОАО “КНААПО”. – № 2004137576/02; заявл. 22.12.2004; опубл. 20.12.2006, Бюл. № 35. – 4 с.