



М. Г. Курьин*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖИДКОГО СТЕКЛА ДЛЯ ПРОЦЕССА ОМАГНИЧИВАНИЯ ЖИДКОСТЕКОЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

В статье описаны результаты исследований влияния модуля и плотности жидкого стекла на величину поверхностного натяжения. Показано, что для повышения эффективности процесса магнитной обработки жидкого стекла необходимо использовать следующие оптимальные характеристики жидкого стекла: модуль 2,86 и плотность 1,45.

Ключевые слова: магнитная обработка, жидкое стекло, модуль, плотность.

1. Введение

Основное производство отливок для машиностроения в мировой практике базируется на использовании трех видов связующих — глин, синтетических смол и жидкого стекла [1]. Выбор зависит от многих факторов, однако ведущими являются качество отливок, производительность труда, стоимость смесей и условия труда. В технологии изготовления отливок значительная роль принадлежит формовочным и стержневым смесям, при изготовлении которых в качестве связующего материала применяется жидкое стекло (ЖС), позволяющее получать стержневые и формовочные смеси с высокой скоростью упрочнения и низкой газотворностью. Использование жидкостекольных формовочных и стержневых смесей позволяет значительно повысить качество поверхности отливок, производительность труда, автоматизировать технологические процессы смесеприготовления и изготовления литейных форм и стержней. Актуальность использования жидкостекольных смесей обусловлена также и тем, что жидкое стекло, относящееся к числу дешевых, недефицитных и экологически чистых материалов, обеспечивает получение отливок с достаточно высокой размерной точностью. Однако, наряду с указанными преимуществами, эти смеси имеют и серьезные недостатки — затрудненную выбиваемость, высокую пригораемость, относительно низкую живучесть, повышенную гигроскопичность, плохую регенерируемость, которые в значительной степени сдерживают объемы их применения.

Во многих работах, выполненных в нашей стране и за рубежом, показана возможность повышения связующей способности ЖС и на этой осно-

ве разработаны новые виды смесей с пониженным его содержанием. Отличительной особенностью жидкостекольных смесей нового поколения является низкое содержание связующего, что в значительной мере устраняет недостаток традиционных смесей — затрудненную выбиваемость из отливок и облегчает их регенерацию. Продолжающиеся исследования в этом направлении подчеркивают актуальность проблемы и неисчерпаемые возможности дальнейшего повышения технологических свойств жидкостекольных смесей.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

В работе [2] исследованы основные закономерности влияния жидкого стекла в различных его состояниях на технологические свойства смесей; определены допустимые величины загрязнений и разработаны общедоступные методы контроля содержания жидкого стекла в смесях. Показано, в частности, что повышение содержания Na_2O способствует более легкому отделению пригарной корки от поверхности стальных отливок и предел ее содержания устанавливается из соображений сохранения огнеупорности формовочной смеси. Что же касается отливок из чугуна, то повышение содержания Na_2O в смеси может вызвать значительное ухудшение чистоты поверхности. В связи с этим, при наличии состояния $\text{ЖС} + \text{CO}_2$ величина рН смесей не должна превышать 8,5, а при наличии состояния $\text{ЖС} + t$ °С содержание Na_2O не должно превышать 0,1–0,15 %.

При соприкосновении металла отливки с расплавом силиката на границе с жидкостекольной формовочной смесью образуется двойной электри-

* Работа выполнена под руководством профессора кафедры литейного производства Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» Дёмина Д. А.

ческий слой [3]. При этом поверхностная энергия металла будет определяться строением этого слоя, меняя которое за счет изменения потенциала при поляризации током, может влиять на поверхностную энергию металла и межфазное натяжение на его поверхности, т. е. уменьшать пригар. Уменьшение межфазного натяжения увеличит адгезию, а, следовательно, и взаимодействие контактирующих фаз, и наоборот.

При литье стали в жидкостекольные формы для усиления процессов окисления прожилок металла и образования легкоотделимого пригара нужна анодная поляризация и высокая плотность тока. Катодная поляризация будет способствовать восстановлению окислов железа из расплава и ослаблять процессы окисления прожилок металла, что нежелательно. Поэтому для получения стальных отливок без значительного пригара необходимо вводить в формовочную смесь окислители.

В работе [4] приведены результаты исследований свойств быстротвердеющих смесей с ЖС и показано, что любые методы, обеспечивающие возможность удаления влаги из смеси наполнителя с ЖС, не обработанной углекислым газом, позволяют достичь высоких показателей прочности. При интенсивном удалении влаги, например при тепловом высушивании, процесс удаления влаги идет быстро и поэтому относительно быстро достигается максимальная прочность смеси. При выдерживании на воздухе процесс испарения влаги протекает медленно, соответственно медленно возрастает прочность смеси. Во всех случаях процесс удаления из раствора влаги протекает значительно медленнее, чем процесс образования геля, вызванный продуванием через смесь углекислого газа. Поэтому в последнем случае затвердевание происходит значительно быстрее, чем при любых методах удаления влаги из состава смесей.

Целесообразность дополнительного введения в смеси с жидким стеклом раствора NaOH диктуется рядом обстоятельств. В растворах силиката натрия модуля более двух содержится свободный кремнезем. Введение раствора NaOH позволяет связать этот свободный кремнезем и тем самым перевести его в активное состояние, что приведет к повышению прочности смесей при их затвердевании. Прочность затвердевших смесей будет также возрастать в результате непосредственного взаимодействия между углекислым газом и NaOH. Длительность сохранения сырой смесью пластических свойств будет непосредственно зависеть от модуля жидкого стекла. Чем ниже будет модуль стекла, тем выше окажется рН раствора силиката натрия, тем медленнее пойдет процесс гидролиза и длительнее сохранятся пластические свойства смеси. Напротив, применение жидкого стекла высокого модуля неизбежно приведет к весьма быстрому затвердеванию смеси и потере ею пластических

свойств уже в первые часы после изготовления. Выбор модуля жидкого стекла оказывает также существенное влияние на прочность смесей после их продувания углекислым газом и после нагрева. Чем выше будет модуль стекла, тем быстрее произойдет его затвердевание под действием углекислого газа. При кратковременном продувании смеси ее прочность окажется тем выше, чем больше будет модуль стекла. Чем ниже модуль жидкого стекла, тем позднее происходит разложение жидкого стекла под действием углекислого газа, но тем выше оказывается прочность смеси.

Выбор модуля стекла непосредственно связан и с влажностью смеси — чем выше модуль стекла, тем выше должна быть влажность смеси, что, однако, повышает прилипаемость смесей к моделям и ящикам, а также увеличивает опасность образования в отливках газовых раковин. Поэтому следует стремиться к минимальной общей влажности смесей, которая, как правило, не должна превышать 4,0–4,5 %. В свою очередь необходимость обеспечить минимальную влажность смесей приводит к целесообразности применения жидкого стекла низкого модуля.

Наконец, применение высокомодульного стекла затрудняет одновременное введение в смесь глины, добавление которой во многих случаях практики необходимо. Можно сделать вывод, что целесообразно применять в практике литейного производства жидкое стекло, модулем не выше 3 [4].

Прилипаемость формовочных смесей — это их способность образовывать слой, прочно сцепленный с поверхностью модельной оснастки, транспортного и технологического оборудования, затрудняющая их передачу ленточными транспортерами, хранение в бункерах, формовку на машинах. Прилипаемость ограничивает применение жидкостекольных смесей в механизированных литейных цехах [5]. Как показано в данной работе, прилипаемость всех смесей резко снижается по мере упрочнения образцов. Смеси с различными добавками существенно отличаются по прилипаемости в связи с различной скоростью твердения и абсолютными значениями когезионной прочности при незначительном изменении адгезии жидкостекольной смеси к поверхности. Таким образом, при максимальном времени продувки получается очень малая прилипаемость смесей на жидком стекле — коэффициент прилипаемости не более 0,1.

Пригар на стальных отливках образуется в 4 стадии [6]: 1 — проникновение жидкого металла в поры форм; 2 — образование жидких силикатов натрия в поверхностных слоях формы и химические реакции между проникшими в форму металлом, жидким силикатом и газовой фазой; 3 — растворение окислов проникшего металла в жидком силикате натрия с образованием сложных силикатов; 4 — образование на поверхности

отливки «нулевой» зоны, состоящей в основном из окислов железа. Каждой стадии соответствует определенный температурный интервал и физическое состояние соприкасающихся материалов. В данной работе показано, что угол смачивания стали и материала нулевой зоны чистым силикатом натрия отрицательный, а кварца — положительный. Добавки к жидкостекольной смеси марганцевой руды или металлургического агломерата значительно увеличивают отрицательный угол смачивания стали и материала нулевой зоны и положительный — кварца. По этой причине адгезия силиката к металлу или нулевой зоне снижается, а к зернам песка — увеличивается. Конечная цель — получение легкоотделимой корочки пригара, определяемой соотношением адгезий силиката к зернам кварца и нулевой зоны. При вводе в жидкостекольную смесь марганцевой руды или металлургического агломерата это соотношение увеличивается в несколько раз. При этом, недопустимо загрязнять жидкостекольную смесь углеродистыми веществами, особенно если она содержит марганцевую руду или агломерат, так как в этом случае угол смачивания меняется в неблагоприятном направлении и отливки получают с пригаром.

Одной из самых больших проблем, связанных с использованием ЖС в стержневых смесях, является проблема их выбивки. Поэтому существует множество работ по улучшению выбивки стержней [7]. В основном, в этих работах исследователи описывают опыт применения различных добавок в смеси с ЖС с целью улучшения выбиваемости стержней и в большинстве случаев рекомендации сводятся к введению в смеси небольшого количества органических добавок. В одних случаях введение этих добавок действительно было эффективным, а в других оказывалось бесполезным. В некоторых работах, например [8], исследователи оценивали выбиваемость смеси по пределу прочности при сжатии образцов, подвергнутых нагреву до высоких температур, а затем охлажденных.

Однако результаты многих работ свидетельствуют лишь об одном — эффективность добавок зависит от условий их применения, а общие закономерности, позволяющие объяснить сущность процессов, протекающих при нагреве и охлаждении смесей с жидким стеклом, и причины затрудненной выбивки стержней до настоящего времени выяснены недостаточно. Поэтому может быть сделан один очень важный вывод — достигнуть положительных результатов по облегчению выбиваемости можно, лишь внося ясность в сложные процессы, которые протекают в смесях с жидким стеклом при их заливке металлом. Одним из шагов на пути решения названной проблемы может быть определение способов воздействия на ЖС и оптимальных по выбранным критериям характерис-

тик ЖС (например, максимизации поверхностного натяжения ЖС, минимизация свободной энергии и угла смачивания ЖС).

3. Цель и задачи исследования

Целью исследований является выявление влияния характеристик жидкого стекла (модуля и плотности) на свойства смеси и разработка на основе полученных результатов технологии обработки ЖС. Для этого необходимо решение следующих задач:

1. Построение по доступным экспериментальным данным математических моделей, описывающих влияние характеристик ЖС на его поверхностное натяжение, свободную энергию, угол смачивания.
2. Разработка на основе полученных результатов моделирования технологии обработки ЖС.

В данной работе проведено моделирование влияния модуля и плотности ЖС на его поверхностное натяжение.

4. Экспериментальные данные

В работе использованы результаты пассивного эксперимента, приведенного в работе [9], в которой описаны исследования влияния процесса омагничивания ЖС на его свойства. Для омагничивания использовалась схема, приведенная на рис. 1.

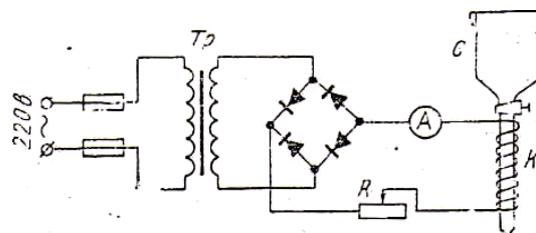


Рис. 1. Схема омагничивания ЖС

Суть процесса заключается в следующем: жидкое стекло проходит через катушку из сосуда С под воздействием магнитного поля напряженностью от 20 000 до 200 000 А/м. Катушка питается постоянным током, формируемым прохождением переменного тока с напряжением 220 В через трансформатор Тр и кремниевые выпрямители. Сила тока (до 10 А) контролируется амперметром А. Напряженность магнитного поля и ток катушки К регулируют сопротивлением R. При прохождении ЖС через катушку молекулы жидкого стекла приобретают полярную ориентацию, оказывающую влияние на величину поверхностного натяжения. Последнее, в свою очередь, может изменить величину адгезии и способность распределяться по поверхности зерен песка равномерным слоем, т. е. оказывать большое влияние на свойства смеси. Результаты такого влияния приведены в табл. 1 [9].

Для построения математической модели, описывающей зависимость поверхностного натяжения

ЖС от его модуля и плотности при воздействии магнитного поля, таблицу экспериментальных данных необходимо преобразовать таким образом, чтобы увидеть степень прироста величины поверхностного натяжения вследствие процесса омагничивания. Последняя может быть оценена величиной процента прироста (табл. 2).

Таблица 1

Экспериментальные данные о влиянии модуля и плотности жидкого стекла на его поверхностное натяжение

Модуль жидкого стекла	Плотность жидкого стекла	
	1,20	1,45
	Поверхностное натяжение неомагниченного (числитель) и омагниченного (знаменатель) жидкого стекла	
1,2	102/105	158/176
1,4	97/117	142/180
1,6	88/128	130/200
1,8	97/137	140/220
2,0	110/143	145/240
2,5	121/159	153/290
2,8	131/188	157/320

Таблица 2

Величина прироста поверхностного натяжения в результате процесса омагничивания в зависимости от модуля и плотности ЖС

Модуль	Поверхностное натяжение при плотности жидкого стекла					
	1,2			1,45		
	Плотность стекла 1,2		Прирост, %	Плотность стекла 1,45		Прирост, %
	Неомагниченное	Омагниченное		Неомагниченное	Омагниченное	
1,2	102	105	2,86	158	176	10,23
1,4	97	117	17,09	142	180	21,11
1,6	88	128	31,25	130	200	35
1,8	97	137	29,2	140	220	36,36
2	110	143	23,08	145	240	39,58
2,5	121	159	23,9	153	290	47,24
2,8	131	188	30,32	157	320	50,94

5. Построение математической модели

Входными переменными выбраны модуль жидкого стекла (x_1), изменяемый в диапазоне (1,2–1,4) и плотность жидкого стекла (x_2), изменяемая в диапазоне (1,2–1,45). В качестве выходной переменной выбрана величина прироста поверхностного натяжения, %, в результате омагничивания ЖС. Нормирование входных переменных осуществлялось по методу, описанному в работе [10]. Уравнения, связывающие значения входных переменных в натуральном и нормированном виде, соответствуют (1) и (2)

$$x_1 = \frac{x_1^* - 1,3}{0,1}, \quad (1)$$

$$x_2 = \frac{x_2^* - 1,325}{0,125}, \quad (2)$$

где x_1, x_2 — нормированные значения входных переменных, x_1^*, x_2^* — натуральные значения входных переменных.

Учитывая, что экспериментальные точки могут быть выбраны как вершины плана 2^2 и в этих точках могут быть «сняты» значения выходной переменной, реализован двухфакторный план полного факторного эксперимента 2^2 . При этом выбран линейный вид модели и план построен в ограниченной малой области входных переменных (табл. 2). Расчет оценок коэффициентов выполнен по стандартной методике [11]. Эффективность использования планов полного факторного эксперимента для оптимизации процессов синтеза формовочных смесей с заданными свойствами описана в работе [12]. В результате этих процедур получена линейная модель вида:

$$y = 12,823 + 6,278x_1 + 2,848x_2. \quad (3)$$

Анализ полученной модели позволяет сделать вывод о том, что увеличение значений обоих факторов приводит к увеличению прироста поверхностного натяжения, при этом более сильным, с точки зрения влияния на выходную переменную, оказывается величина модуля ЖС.

Поэтому, для максимизации показателя прироста поверхностного натяжения необходимо увеличивать и модуль ЖС, и его плотность.

6. Стратегия крутого восхождения и его результаты для оптимизации характеристик жидкого стекла

В качестве метода оптимизации выбран метод крутого восхождения. Стратегия крутого восхождения при исследовании поверхности отклика с целью нахождения экстремума состоит в следующем [13]. На основе малой серии опытов находится локальное описание поверхности отклика в некоторой исходной области с помощью модели линейного вида. В центре области рассчитывается линейное приближение градиента, и в направлении градиента, т. е. в направлении наискорейшего подъема (крутого восхождения), проводятся опыты до достижения стационарной области, в которой расположен экстремум. Если найденное линейное приближение градиента для центра области существенно отличается от значения градиента в некоторой точке по направлению движения, то можно найти новое описание поверхности отклика с помощью полиномов первого порядка в окрестности этой точки и рассчитать новое значение градиента.

В стационарной области линейная модель оказывается уже не адекватной, и для описания поверхности отклика в этой области, как правило, используются полиномы второй и даже третьей степени. В стационарной области требуется провести большее число экспериментов, так как здесь необходимо получить возможно более точное описание. Стратегия крутого восхождения для двумерного случая представлена на рис. 2 [13].

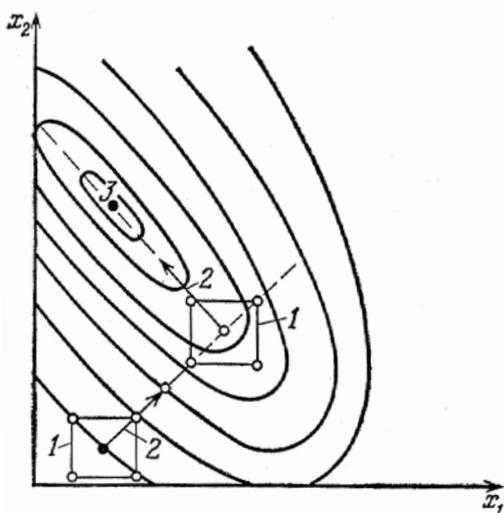


Рис. 2. Стратегия крутого восхождения:

1 — план эксперимента для линейной модели; 2 — линейное приближение градиента; 3 — стационарная область

Вектор-градиент непрерывной функции $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ имеет вид

$$\text{grad } y = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1} i + \frac{\partial f}{\partial x_2} j + \frac{\partial f}{\partial x_3} k + \dots \right). \quad (4)$$

Этот вектор перпендикулярен поверхности равного уровня $y = \text{const}$ и указывает направление наискорейшего подъема (крутого восхождения) (рис. 2). В (4) i, j, k — единичные векторы по осям переменных x . Если модель линейная, т. е. $y = a_0 x_0 + a_1 x_1 + \dots + a_n x_n$, то коэффициенты a_i являются координатами вектор-градиента. Если изменять факторы пропорционально найденным оценкам коэффициентов a_i , то реализуется движение в направлении наискорейшего приближения к оптимуму. Компоненты градиента и нормированного градиента экспериментально полученной линейной модели зависят от выбора основного уровня и интервалов варьирования переменных.

Компоненты нормированного градиента определяются следующим образом:

$$\frac{\text{grad } y}{|\text{grad } y|} = \frac{\frac{\partial f}{\partial x_1} i + \frac{\partial f}{\partial x_2} j + \frac{\partial f}{\partial x_3} k + \dots}{\left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \right]^{0,5}}. \quad (5)$$

Необходимо выбирать интервалы варьирования таким образом, чтобы величины коэффициентов имели одинаковый порядок. В этом случае применение метода крутого восхождения является наиболее эффективным.

Метод крутого восхождения состоит из последовательных шагов:

1. Построение линейной модели. Предполагается, что эксперимент начинается с точки, достаточно удаленной от оптимума (или так называемой стационарной области); поэтому для описания поверхности отклика в окрестности начальной точки можно использовать линейную модель. С помощью факторного планирования можно найти точки проведения наблюдений и рассчитать оценки коэффициентов. Данный этап завершается статистическим анализом полученной модели.

2. Пошаговое улучшение величины целевой функции. Чтобы осуществить движение в направлении оптимума, необходимо рассчитать направление градиента и определить величину шага до следующего опыта. Координаты l -й точки наблюдения по направлению градиента находятся по формуле:

$$x_i^l = x_i^{l-1} + \lambda a_i, \quad l = 1, L, \quad (6)$$

где a_i — оценка i -го коэффициента модели. Так как градиент всегда проходит через центр плана, то

$$x_i^l = l \lambda a_i, \quad (7)$$

где λ — выбранная величина нормированного шага. При выборе величины шага имеют значение соображения, близкие к тем, которые используются при выборе интервала варьирования. Величину шага для k -го фактора λ_k выбирают из физических соображений, выражая ее в натуральных единицах, затем рассчитывают

$$\lambda = \frac{\lambda_k}{I_k |a_k|}, \quad (8)$$

где I_k — интервал варьирования. Для определения величины шага λ_i по остальным переменным в натуральных единицах используется следующее соотношение:

$$\lambda_i = \lambda |a_i| I_i. \quad (9)$$

При этом получается, что величины шагов λ_i всегда соотносятся друг с другом так же, как модули величин $a_i I_i$, т. е. $\lambda_1 : \lambda_2 : \dots : \lambda_n = |a_1 I_1| : |a_2 I_2| : \dots : |a_n I_n|$.

Если из производственных или технологических соображений оказывается невозможным одновременное изменение двух входных переменных в процессе крутого восхождения, то значение переменной, по которой невозможно восхождение, фиксируется на каком-то уровне [13].

Реализация стратегии крутого восхождения для поиска оптимальных параметров жидкого стекла показана в табл. 3. В конкретном случае оказалось невозможным изменять в направлении крутого

восхождения величину плотности стекла более чем на величину максимального ее значения, поэтому плотность была зафиксирована на максимальном уровне, который выступил в качестве ограничения.

Таблица 3

Реализация стратегии крутого восхождения

Переменные	Обозначения	x_1	x_2	Y
Основной уровень	x_{j0}	1,3	1,325	
Интервал варьирования	I_j	0,1	0,125	
Верхний уровень	x_{jmax}	1,2	1,2	
Нижний уровень	x_{jmin}	1,4	1,45	
Нормированные значения факторов и результаты экспериментов				
1		1	1	21,1
2		-1	1	10,2
3		1	-1	17,1
4		-1	-1	2,9
Коэффициенты модели	a_j	6,278	2,848	
a_j * Интервал варьирования	$a_j * I_j$	0,628	0,356	
Шаг при изменении x_2^* на 0,125 натурального виде	λ_k	0,389	0,125	
Нормированная величина шага	λ	0,619	0,352	
Округленная величина шага в нормированном виде	$\lambda_{окр}$	0,62	0,35	
Округленная величина шага в натуральном виде		0,39	0,125	
Опыты в направлении крутого восхождения				
5		1,3	1,325	15
6		1,69	1,45	35
7		2,08	1,45	42
8		2,47	1,45	46
9		2,86	1,45	52
10		3,25	1,45	52

Как видно из табл. 3, после 6 шагов в направлении градиента, достигается стационарная область, в которой прирост показателя омагниченности возрастает более чем в 3 раза по сравнению с центром исходного плана. Для поставленной задачи исследования такой результат может считаться приемлемым, поэтому в качестве оптимальных характеристик ЖС можно выбрать модуль жидкого стекла 2,86 и плотность 1,45. Это обеспечивает максимальное значение прироста поверхностного натяжения в процессе омагничивания 52 %.

7. Выводы

В результате проведенных исследований было установлено, что для повышения эффективности процесса омагничивания жидкого стекла необходимо использовать ЖС с показателями: модуль 2,86 и плотность 1,45. Такие показатели ЖС обеспечивают высокую степень омагничивания (52 %), что, как следствие, изменяет величину адгезии и улучшает способность ЖС распределяться равномерным слоем по поверхности зерен песка.

Литература

1. Жуковский С. С. Прочность литейной формы [Текст] / С. С. Жуковский. — М. : Машиностроение, 1989. — 288 с.
2. Борисов Г. П. Влияние примесей жидкостекольных смесей на свойства песчано-глинистых смесей [Текст] / Г. П. Борисов, Б. И. Мархасев // Литейное производство. — 1965. — № 3. — С. 44–45.
3. Смолко В. А. Электрокапиллярные явления на границе жидкостекольной формы со сталью [Текст] / В. А. Смолко, Ю. П. Васин, Г. Ф. Деев // Литейное производство. — 1972. — № 4. — С. 31–32.
4. Лясс А. М. Некоторые итоги исследований свойств быстротвердеющих смесей с жидким стеклом [Текст] / А. М. Лясс // Литейное производство. — 1961. — № 7. — С. 23–30.
5. Огородов И. К. Прилипаемость жидкостекольных смесей и ее устранение [Текст] / И. К. Огородов, В. С. Кривицкий, Б. Б. Гуляев // Литейное производство. — 1964. — № 11. — С. 28–31.
6. Васин Ю. П. Механизм образования пригара на стальных отливках в жидкостекольных формах [Текст] / Ю. П. Васин, А. Н. Смолин, З. М. Васина, Г. И. Медведева, В. И. Швецов // Литейное производство. — 1966. — № 11. — С. 33–35.
7. Лясс А. М. Быстротвердеющие формовочные смеси [Текст] / А. М. Лясс. — М. : Машиностроение, 1965. — 322 с.
8. Лясс А. М. Об улучшении выбиваемости смесей с жидким стеклом [Текст] / А. М. Лясс, И. В. Валисовский // Литейное производство. — 1961. — № 9. — С. 33–36.
9. Берг Л. И. Омагничивание жидкостекольных смесей [Текст] / Л. И. Берг, Н. Х. Иванов, А. Л. Правошинский // Литейное производство. — 1972. — № 9. — С. 25.
10. Дёмин Д. А. Оптимизация технологического процесса в цехе предприятия [Текст] / Д. А. Дёмин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — Х. : Технологический Центр. — 2005. — № 6. — С. 48–59.

11. Дёмин Д. А. Принятие решений в процессе управления электроплавкой с учетом факторов нестабильности технологического процесса [Текст] / Д. А. Дёмин // Вісник національного технічного університету «ХПІ». — Харків : НТУ «ХПІ», 2010. — № 17. — С. 67–72.
12. Коваленко Б. П. Оптимизация состава холодно-твердеющих смесей (ХТС) с пропиленкарбонатом [Текст] / Б. П. Коваленко, Д. А. Дёмин, А. Б. Божко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — Х. : Технологический Центр. — 2006. — № 6. — С. 59–61.
13. Хартман К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов [Текст] / К. Хартман и др. — М. : Мир, 1977 —542 с.

DETERMINATION OF OPTIMUM PERFORMANCE LIQUID GLASS OF MAGNETIZATION MIXTURES WITH LIQUID GLASS

M. Kuryn

The article describes the results of studies on the effect of the module and the density of liquid glass surface tension. It is shown that to improve the processing of liquid glass, use the following optimum characteristics of the liquid glass: Module 2,86 and density 1,45.

Keywords: magnetic treatment, liquid glass, modulus, density.

Marina Kuryn, Student of foundry, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»,

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РІДКОГО СКЛА ДЛЯ ПРОЦЕСУ ОМАГНІЧУВАННЯ РІДКОСКЛЯНИХ СУМІШЕЙ

М. Г. Курин

У статті описані результати досліджень впливу модуля і щільності рідкого скла на величину поверхневого натягу. Показано, що для підвищення ефективності процесу магнітної обробки рідкого скла необхідно використовувати наступні оптимальні характеристики рідкого скла: модуль 2,86 і щільність 1,45.

Ключові слова: магнітна обробка, рідке скло, модуль, щільність.

Марина Григорівна Курин, магістрант кафедри ливарного виробництва Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»,

Адрес для переписки:

61002, г. Харьков, ул. Фрунзе, 21
 Национальный технический университет
 «Харьковский политехнический институт»
 Кафедра «Литейное производство»
 E-mail: nauka@jet.com.ua

УДК 621.001.57:65.012.4

И. А. Луценко
Н. И. Николаенко

СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЯЕМОЙ СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В СРЕДЕ РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ EFFLY

Создана среда разработки и исследования управляемых систем EFFLY. Разработана архитектура системы преобразования в виде объектно-ориентированных механизмов, каждый из которых выполняет специализированную системную функцию. На базе механизмов разработаны подсистема преобразования и подсистема управления.

Ключевые слова: подсистема преобразования, подсистема управления, среда разработки управляемых систем EFFLY.

1. Введение

Решение вопросов связанных с разработкой и исследованием управляемых систем требует создания инфраструктуры, позволяющей с одной стороны

обеспечить относительно свободный доступ к среде разработки, а с другой стороны, получить широкие возможности для визуализации результатов исследований. Работы, проведенные в этом направлении, показали, что использование в качестве базовой