

Челябинский государственный технический университет

На правах рукописи

ЗНАМЕНСКИЙ Леонид Геннадьевич



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ТОЧНЫХ, ЛЕГКОУДАЛЯЕМЫХ СТЕРЕНЕЙ
ДЛЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ СТУЛБОВ

Специальность 05.16.04 - "Литейное производство"

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск - 1994

Работа выполнена на кафедре "Литейное производство" Челябинского государственного технического университета.

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор В.М.Александров

Научный консультант - кандидат технических наук,
доцент А.А.Солодянкин

Официальные споненты: академик МИФИ, АН
Российской Федерации,
доктор технических наук,
профессор И.Е.Ильирионов;
кандидат технических наук,
доцент Е.Ф.Аверьянов

Ведущее предприятие - Каслинский машиностроительный завод

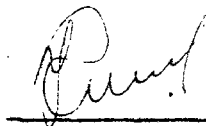
Защита диссертации состоится "18" мая 1994 года в
14 час. на заседании специализированного совета К 053.13.06
при Челябинском государственном техническом университете.

Ваш отзыв в двух экземплярах, заверенных гербовой печатью,
просим направлять по адресу: 454080, г.Челябинск, пр.им. В.И.
Ленина, 76, ЧГТУ, Ученый Совет университета, тел. 39-91-23.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЧГТУ.

Автореферат разослан "11" апреля 1994 года.

Ученый секретарь
специализированного совета
К 053.13.06,
кандидат технических наук,
доцент



Б.Э.Клецкин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальности проблемы. Представляющие большую эстетическую ценность крупногабаритные кабинетные художественные изделия (Каслинское литье) получают методом литья в кусковые формы с последующей чеканкой поверхности отливок. Такая технология не обеспечивает необходимое качество литой поверхности, трудоемка и низкопроизводительна, требует высокой квалификации формовщиков, трудно поддается механизации.

Экономически и технологически целесообразным представляется получать указанные отливки литьем по выплавляемым моделям (ЛВМ). В настоящее время развитие этой прогрессивной технологии в области художественного литья сдерживается из-за низкой точности, термостойкости и повышенной склонности к трещинообразованию применяемых стержней.

Успешно зарекомендовавшие себя в ЛВМ-процессе керамические стержни обладают высокой точностью и прочностью, но их очень трудно удалить из полостей художественных отливок.

Поэтому создание специальных стержней для ЛВМ-процесса в художественном литье является весьма актуальной задачей литейного производства.

Цель работы. Разработка технологического процесса изготовления точных, легкоудаляемых стержней, основанного на методе фильтрации гелеобразующего связующего раствора через плакированный его отвердителем наполнитель.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- реализовать указанный метод в технологическую схему изготовления стержней, выбрать связующее и разработать эффективный способ плакирования наполнителя его отвердителем;
- изучить процесс фильтрации связующего раствора через плакированный его отвердителем наполнитель;
- разработать математическую модель и методы расчета технологических параметров процесса;
- исследовать процессы разупрочнения и поверхностного импрегнирования стержней связующим составом при тепловой обработке;
- разработать и освоить в производстве технологию изготовления точных, легкоудаляемых стержней.

Научная новизна. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена совокупность научных положений, обеспечивающих новое решение актуальной в области литейного производства задачи - изготовление точных, легкоудаляемых стержней.

В том числе:

теоретически и экспериментально обоснован способ формообразования стержней, основанный на фильтрации гелеобразующего связующего раствора через плакированный его отвердителем наполнитель (АлЗнаС-процесс);

установлены кинетические закономерности фильтрации связующего раствора через плакированный наполнитель и определен оптимальный метод фильтрации связующего для изготовления стержней различных габаритных размеров и массы;

выявлены структурные превращения в связующем в процессе фильтрации через плакированный наполнитель и установлены особенности формирования прочности смеси;

разработаны математическая модель, методики и программа расчета на ЭВМ технологических параметров процесса;

определены закономерности процессов разупрочнения стержней и их поверхностного импрегнирования связующим составом при тепловой обработке.

Практическая ценность работы. На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработан новый технологический процесс изготовления литейных стержней, отличающихся точностью воспроизведения сложной рабочей поверхности оснастки, повышенными прочностью и трещиностойкостью на стадии изготовления и последующих операциях ЛВМ-процесса, негызотворностью при заливке расплава, саморазупрочнением и высыпаемостью из полостей отливок.

Составлены номограммы определения оптимальных параметров изготовления стержней в зависимости от их габаритных размеров и массы.

Разработан способ подготовки в "кипящем слое" плакированного зернистого материала (ПЗМ), используемого в качестве обсыпки для изготовления керамических форм. Указанный способ позволяет в 2,0...3,0 раза ускорить цикл формообразования в ЛВМ-процессе, более чем на 50 % повысить прочность и термостойкость форм.

В результате использования разработанных технологий в производстве крупногабаритных художественных отливок удалось более чем на 50 % уменьшить толщины стенок и массу отливок, значительно улучшить качество их тонкорельефной поверхности, сократить в 4...5 раз трудоемкость и в 2,0...2,5 раза себестоимость крупного художественного литья.

Реализация работы. Разработанные технологические процессы подготовки ЛБМ и изготовления точных, легкоудаляемых стержней прошли опытно-промышленные испытания и освоены на Каслинском машиностроительном заводе (КМЗ) с годовым экономическим эффектом 1,8 млн. руб. (в ценах июня 1992 г.).

Апробация работы. Материалы диссертации были доложены и обсуждены на XXXII-XXXVI научно-технических конференциях ЧПИ, ЧИТУ, Челябинск, 1989-1993 гг., на научно-технической конференции "Новые формовочные материалы в литейном производстве", Челябинск, 1989 г., на научно-технической конференции "Прогрессивные технологии изготовления форм и стержней для производства отливок", Челябинск, 1990 г.

Публикация. По теме диссертации опубликовано 6 работ, в том числе патент и авторское свидетельство на изобретения.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, основных выводов, списка литературы, включающем 161 наименование, и 3-х приложений; содержит 105 страниц машинописного текста, 25 таблиц, 65 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Анализ литературы показал, что в рамках существующих методов формообразования представляется достаточно проблематичным разработать технологию изготовления крупногабаритных литейных стержней для ЛБМ-процесса в художественном литье, обеспечивающую их геометрическую точность и легкость удаления из полостей отливок, например, высыпанием.

В связи с этим для решения задачи изготовления точных, легкоудаляемых стержней необходимо было использовать принципиально новый метод формообразования. При этом исходили из утвердившихся в области теории и технологии литейного производства пред-

ставлений: о влиянии различных физико-химических факторов на точность воспроизведения смесью поверхности оснастки и характере разрушений каркасных структур из связанных гелем кремниевых кислот кварцевых зерен при тепловой обработке. Кроме того учитывалась современная тенденция развития процессов формообразования — изготовление стержней и форм в холодной оснастке химическим отверждением смеси.

В результате было сделано предположение о возможности изготовления точных, легкоудаляемых стержней методом фильтрации гелеобразующего связующего раствора через плакированный его отвердителем наполнитель. На этой основе сформулированы цель и задачи работы.

Технологическая схема изготовления стержней.

Связующее и наполнитель

В отличие от традиционного подхода к формообразованию и изготовлению стержней в оснастку засыпают только сухой наполнитель, представляющий собой огнеупорный зернистый материал, плакированный гелеобразователем связующего. Связующее вводят в наполнитель методом фильтрации через специально предусмотренные отверстия в оснастке. Продвигаясь в межзерновом пространстве ПЗМ, связующий раствор контактирует с гелеобразователем, химически отверждается, придавая прочность смеси. После чего стержень может быть извлечен из оснастки.

Затем для обеспечения формирования при прокалке термостойкой и огнеупорной оболочки стержней, а также их необходимой водостойкости при вытопке моделей в технологической схеме предусмотрена специальная поверхностная обработка стержней в упрочняющем и изолирующем составах.

Исходя из технологической схемы и применения стержней в ЛВМ-процессе, установлено, что наилучшими физико-химическими свойствами (пропитывающая способность, ускоренная коагуляция под действием гелеобразователей) обладают гидролизованные растворы этилсиликата-32,40 (ПЭТС) типа ВС-I с содержанием SiO_2 8...16 % масс.

В рамках технологической схемы для выбранного гелеобразующего раствора предложено плакировать наполнитель химически-твер-

дежней смесью жидкого стекла (ЖС) и феррохромового шлака (ФХШ). При этом способ подготовки ПЭМ состоит в введении смеси в наполнитель и их перемешивании до приобретения ПЭМ практически исходного состояния сыпучести. Установлено, что ПЭМ может быть использован без ограничения срока его хранения. Исходя из условия получения требуемых свойств ПЭМ, оптимизированы параметры его подготовки, представленные в табл. I.

Таблица I

Оптимальные параметры подготовки и свойства ПЭМ

Параметры подготовки ПЭМ		Свойства ПЭМ	
Наименование	Значение	Наименование	Значение
1. Количество смеси ЖС и ФХШ, % масс.	2...6	1. Текучесть (по методике Оболонцева Ф.Д.), %	90...98
2. Плотность ЖС (модуль 2,6...3,0), кг/м ³	1150...1350	2. Комкуемость, %	не более 5,0
3. ЖС:ФХШ по массе	(1...3):1	3. Время подготовки, с	(10...30)х60
4. Размер зерен, 10 ⁴ м	1,6...3,15	4. Прочность системы ГРЭС-ПЭМ на сжатие, МПа	0,5...1,5

Электронно-микроскопическими исследованиями структуры поверхности ПЭМ на растровом электронном микроскопе (РЭМ-200) показано, что при соблюдении указанных параметров подготовки ПЭМ на его поверхности наблюдается равномерная отвержденная пленка, сглаживающая дефекты зерен и блокирующая влияние глинистой составляющей.

Установлено, что в качестве огнеупорной основы ПЭМ могут быть использованы практически любые формовочные пески, а также некарцевые материалы, такие как шлифзерно электрокорунда № 16-80, сеяный шамот и др. При этом предпочтение отдано менее дефицитным кварцевым пескам.

Счевидно, что качественное изготовление стержней, в особенности крупногабаритных размеров, можно достичь, обеспечив при фильтрации полноту заполнения связующим межзернового простран-

ства ПЭМ в оснастке. Этому процессу препятствует формирующее прочность смеси гелеобразование ГРЭС. Поэтому необходимо было, исследовав фильтрацию ГРЭС через ПЭМ, установить закономерности этого процесса и происходящих структурных превращений.

Исследования фильтрации ГРЭС через ПЭМ

Кинетика продвижения ГРЭС в ПЭМ изучалась методом замера уровня поднятия жидкости в пористой среде через равные промежутки времени. Кинетику отверждения ГРЭС при фильтрации через ПЭМ исследовали методом фиксации изменения удельного электросопротивления продвигающегося фронта отверждающейся жидкости. Общий вид кинетических зависимостей представлен на рис. I.

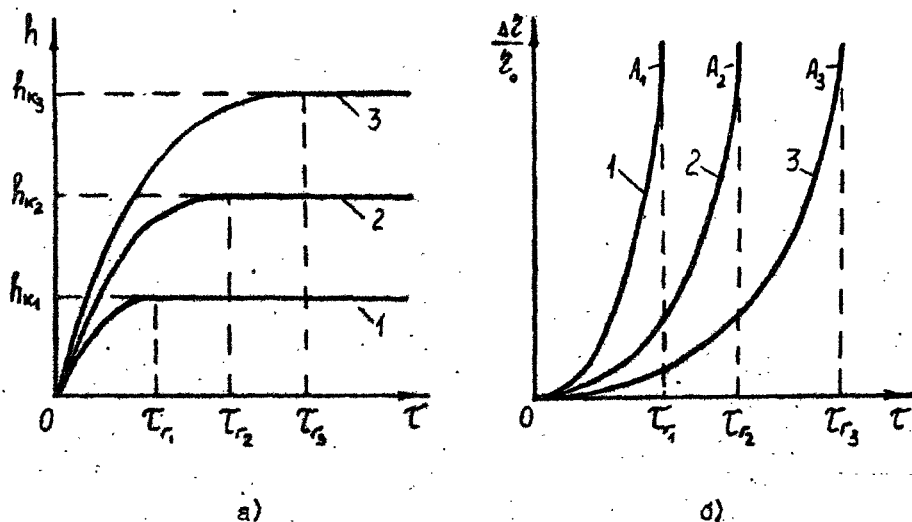


Рис. I. Общий вид кинетических зависимостей:

1, 2, 3 - варьируемые значения технологических факторов;

а - фильтрация ГРЭС; б - отверждение ГРЭС

Установлено, что основными факторами, влияющими на конечное перемещение (h_k) ГРЭС в ПЭМ, являются градиент давления, пористость системы и продолжительность гелеобразования ГРЭС при фильтрации через ПЭМ. При этом продолжительность гелеобразова-

ния τ_r определяется такими технологическими факторами, как количество смеси КС и ФХШ для плакирования наполнителя, средний размер зерен наполнителя, условное содержание кремнезема в ГРЭС, марка этилсиликата для подготовки связующего раствора при постоянстве температуры и влажности окружающей среды, одном и том же типе связующего.

В результате проведенных исследований влияния технологических факторов на конечное перемещение ГРЭС в ПЭМ определен оптимальный для изготовления стержней метод фильтрации связующего, основанный на его подаче в находящийся в оснстке ПЭМ под регулируемым воздушным давлением $(0,5 \dots 4,5) \cdot 10^5$ Па.

На основе анализе кривых кинетики отверждения ГРЭС при фильтрации через ПЭМ получена в аналитической форме следующая зависимость:

$$\frac{\Delta \zeta}{\zeta_0} = A \tau^2, \quad (1)$$

где $\Delta \zeta$ - увеличение вязкости ГРЭС при фильтрации через ПЭМ за время τ , Па·с;

ζ_0 - исходная вязкость ГРЭС, Па·с;

τ - продолжительность фильтрации, с;

A - коэффициент пропорциональности, $1/\text{с}^2$.

Физический смысл коэффициента A состоит в том, что он характеризует интенсивность увеличения вязкости (гелеобразования) ГРЭС при фильтрации через ПЭМ. Результаты экспериментов показали, что коэффициент A может быть вычислен по формуле

$$A = \beta [S \cdot 0,7 M, \quad (2)$$

где β - коэффициент, учитывающий марку ЭТС (для ЭТС-32 $\beta = 1,3 \dots 1,5$; ЭТС-40 - $\beta = 1,6 \dots 1,9$), $\text{м}^2/\text{кг}[\%]\text{с}^2$;

$[S]$ - условное содержание кремнезема в ГРЭС, % масс.;

M - масса гелеобразователя, приходящегося на единицу поверхности наполнителя, кг/м².

Полученные выражения (1) и (2) характеризуют макрокинетику процесса отверждения ГРЭС при фильтрации через ПЭМ.

Понять физико-химическую природу указанного процесса, выявить особенности отверждения связующего и формирования прочности связ-

си позволили результаты исследований структурных превращений, происходящих при фильтрации ГРЭС через ПЭМ.

Анализом ИК-спектров ГРЭС (рис.2) и дифрактограмм сухих остатков связующего (рис.3), полученных соответственно на спектрофотометре "Spasco 75 JR" (Германия) и дифрактометре ДРОН-2, установлено наличие в профильтрованном через слой ПЭМ связующем растворе (спектр 2, дифрактограмма б) в отличие от его исходного состояния (спектр 1, дифрактограмма а) гидроксидов Na и Ca. Данные щелочные продукты увеличивают pH ГРЭС до значений 5...6 и переводят его в область агрегативной неустойчивости. В результате через определенное время фильтрации начинает повышаться вязкость ГРЭС, а затем происходит его огеливание, обеспечивающее прочность смеси.

Таким образом, исследования фильтрации ГРЭС через ПЭМ показали, что изучаемый процесс является достаточно сложным и многофакторным. Для обеспечения эффективного управления технологическим процессом представлялось необходимым разработать его математическую модель, методики и программу расчета на ЭВМ оптимальных параметров изготовления стержней в зависимости от различных условий производства.

Математическая модель и методы расчета технологических параметров процесса

Анализ известных математических моделей макрокинетики фильтрации жидкости через пористые среды показал, что они неудовлетворительно аппроксимируют полученные результаты экспериментов. Очевидно, что "возмущающим" фактором является плакирование частиц пористой среды веществами, вызывающим гелеобразование ГРЭС в процессе его фильтрации через ПЭМ.

Для адекватной оценки явления был использован метод интегрирования представленного в дифференциальной форме закона фильтрации Дарси при условии экспериментально установленной параболической зависимости вязкости фильтрующегося раствора от времени. В результате получена математическая модель макрокинетики фильтрации гелеобразующего вязующего раствора через плакированный его отвердителем наполнитель в виде выражения

$$h = \sqrt{\frac{16,4 \Delta P d_c^2 \varepsilon^3 S}{2_0 (1-\varepsilon)^2 V B [SiO_2] M}} \arctg(\sqrt{B [SiO_2] M} \tau), \quad (8)$$

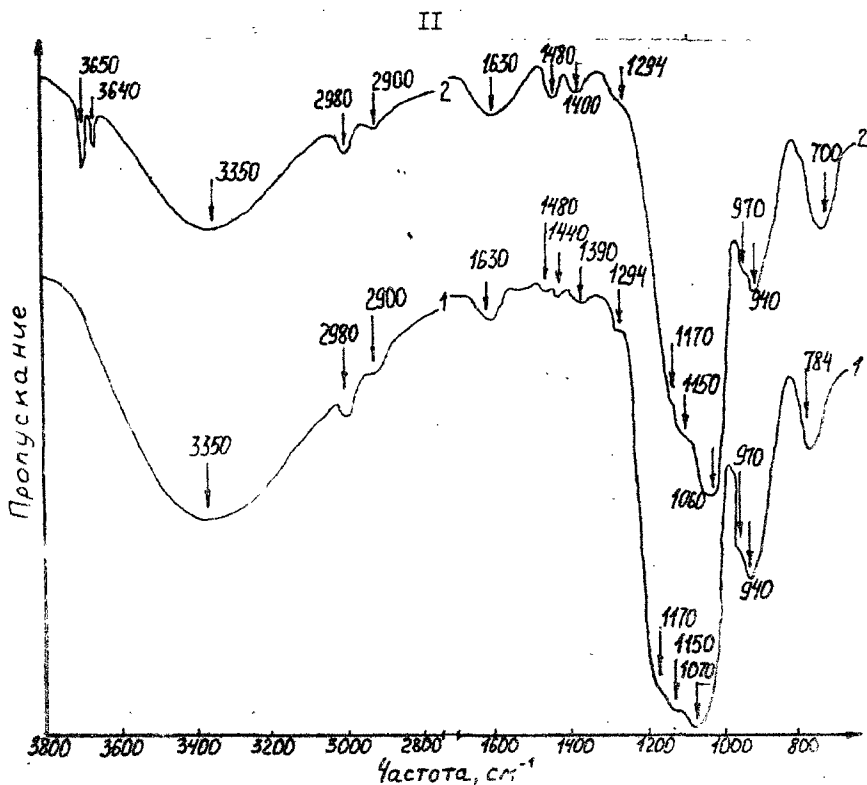


Рис.2. ИК-спектры ГРЕС

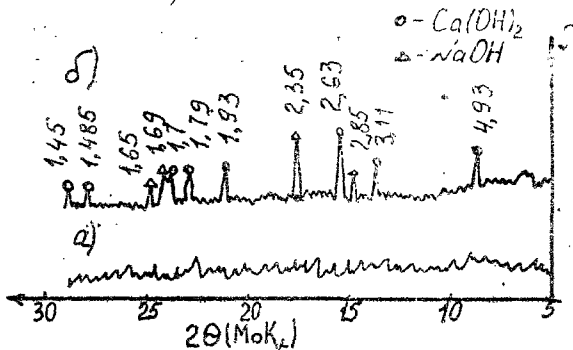


Рис.3. Дифрактограммы сухих остатков связующего

- где h - перемещение фронта гелеобразующего связующего раствора в ПЭМ, м;
- ΔP - градиент давления, Па;
- Z_0 - исходная динамическая вязкость раствора, Па·с;
- d_c - средний размер зерен наполнителя, м;
- ϵ - пористость системы, ед.;
- β - коэффициент для выражения величин в системе СИ, $\beta = 10^{-3}$;
- β - коэффициент, учитывающий марку ЭТС и равный 1,3...1,5 для ЭТС-32; 1,6...1,9 для ЭТС-40, $\text{м}^2/\text{кг}[\%]\text{с}^2$;
- $[SiO_2]$ - условное содержание кремнезема в IPЭТС, % масс.;
- M - масса гелеобразователя, приходящегося на единицу поверхности наполнителя, $\text{кг}/\text{м}^2$;
- τ - продолжительность фильтрации, с.

Функция арктангенса при расчетах по формуле (3) вычисляется в радианах.

Математическая модель подтверждается результатами исследований кинетики фильтрации IPЭТС через ПЭМ и положена в основу методики расчета технологических параметров процесса. Предложено две методики расчета.

Согласно первой, задавшись физико-химическими параметрами связующего раствора и наполнителя, рассчитываются оптимальные значения градиента давления и продолжительности гелеобразования, необходимые для изготовления стержней соответствующих типоразмеров и массы. По рассчитанным значениям продолжительности гелеобразования определяется количество гелеобразующей смеси для плакирования наполнителя.

Для стержней особо сложной конфигурации и большой протяженности предлагается вторая методика. В соответствии с ней, задавшись, исходя из конкретных условий производства, технологически приемлемыми параметрами, по модели (3) рассчитываются конечное перемещение IPЭТС в ПЭМ и радиус отвержденной части смеси ($R = h/2$). По рассчитанным значениям методом вписанных офер определяются местоположение и количество отверстий в стержневом ядике, обеспечивающие при ярусном подаче связующего через каждую пару противоположных отверстий полноту процесса пропитки и точность геометрии стержней. Методики реализованы в разработанной программе "ALZNAS" расчета на ЭВМ технологических параметров процесса.

Поверхностное упрочнение стержней

Изучение физико-механических свойств стержней показало, что при их хранении в естественных условиях на воздухе более 4-х часов начинает заметно повышаться их осыпаемость. Поэтому со всей очевидностью возникает вопрос о необходимости поверхностного упрочнения стержней.

Результаты исследований физико-механических свойств стержней показали полное разупрочнение и переход системы гель ГРЭС-ПЭМ в сыдучее состояние после прокатки (1173 К) и последующего охлаждения стержней до температур 723...823 К. Полученные на РЭМ-200 микроструктуры поверхности наполнителя характеризуются наличием разорванных, со следами трещинообразования пластинок связующего.

Обеспечить необходимую прочность стержням позволяет импрегнирование системы гель ГРЭС-ПЭМ упрочняющим составом (УС) на основе жидкого стекла (ЖС) и пылевидного кварца (ПК). Установлено, что для получения требуемой выбиваемости целесообразно иметь упрочненный слой стержней толщиной $(2...3) \cdot 10^{-3}$ м. Поэтому предложен способ поверхностного импрегнирования стержней, изготавливаемых по АлЗнаС-процессу, включающий подсушку стержней после извлечения из оснастки на указанную глубину с последующей их пропиткой в УС методом окунания.

Оптимальные параметры поверхностного упрочнения стержней и свойства упрочненного слоя приведены в табл.2.

Исследованиями на РЭМ-200 подтвержден процесс спекания упрочненного слоя стержней при прокатке. Установлено, что расплавление силиката натрия, обеспечивающее жидкостное спекание, не приводит к нарушению геометрии стержней, поскольку в "опасном" интервале температур 1066...1173 К необходимую прочность стержням придает ЭТС связующее. Заливка опытных отливок продемонстрировала эффективность импрегнирования системы гель ГРЭС-ПЭМ упрочняющим составом и возможность удаления стержней из отливок простым высыпанием смеси.

Опытно-промышленные испытания и освоение разработанных технологий

На основании проведенных исследований разработан новый технологический процесс изготовления литейных стержней (АлЗнаС-процесс).

Оптимальные параметры поверхностного упрочнения стержней и свойства упрочненного слоя

Параметры		Физико-механические свойства	
Наименование	Значение	Наименование	Значение
1. Вязкость УС по ВЗ-4, с	15...25	1. Размерная точность, 10^3 м	0,2...0,5
2. Плотность УС (модуль 2,6...3,0), кг/м ³	1250...1350	2. Прочность на изгиб, МПа	
3. УС:ПК по массе	(2...3):1	а) до импрегнирования	1,0...1,5
4. Режим сушки до импрегнирования		б) после импрегнирования	4...6
а) температура, К	373...473	в) при 1173 К	3,5...4,5
б) продолжительность, мин	15...40	г) после прокатки и охлаждения	1,3...1,8
5. Метод импрегнирования	окунание "нагорячо"	3. Газопроницаемость, ед.	
		а) после сушки	30...50
		б) после прокатки	5...8

Опытно-промышленные испытания показали, что изготавливаемые по разработанной технологии стержни выгодно отличаются точностью воспроизведения сложной поверхности оснастки, повышенная трещиностойкость на стадиях изготовления и последующих операциях ЛВМ, термостойкость и негасотворность при заливке чугуна, удаление из отливок высыпанием смеси.

В ходе опытно-промышленных испытаний установлено, что при удалении моделей в горячей воде необходимая водостойкость стержней может быть достигнута их обработкой в хлорвиниловом лаке, создавшем на поверхности стержней гидрофобную, изолирующую пленку. Для обеспечения требуемой кроющей способности лака он должен иметь вязкость по ВЗ-4 15...20 с. В процессе прокатки форм пленка лака практически полностью выгорает, не ухудшая качества отливок.

Учитывая огеливающую способность ПЭМ, проведены его производственные испытания в качестве обсыпного материала для ускоренного изготовления этилсиликатных керамических форм. Отработан способ подготовки ПЭМ в "кипящем слое", основанный на подаче смеси

ЭС и ФХШ в виде аэрозоля в огнеупорный зернистый материал, находящийся в псевдооживленном состоянии. Установлено, что оптимальной является удельная скорость впрыскивания указанной смеси $(3...5) \cdot 10^{-6}$ кг/с на 1 м^2 поверхности зерен огнеупорного материала.

Использование ПЭМ, подготовленного по разработанному способу, в производстве керамических форм позволило в 2,0...3,0 раза сократить цикл формообразования в ЛВМ-процессе, более чем на 50 % повысить прочность и термостойкость форм.

Анализ технико-экономических показателей, полученных в ходе освоения разработанных технологий в производстве крупногабаритных художественных отливок на КМЗ, показал уменьшение более чем на 50 % толщин стенок и массы отливок, значительное улучшение качества тонкорельефной поверхности, снижение в 4...5 раз трудоемкости и в 2...2,5 раза себестоимости производства художественного литья. Годовой экономический эффект - 1,8 млн.руб. (в ценах июня 1993 года).

Разработанные технологические процессы подготовки ПЭМ и изготовления точных, легкоудаляемых стержней (АлЗнаС-процесс) могут быть также эффективно использованы в производстве фасонных отливок из различных сплавов со сложными внутренними полостями.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Комплекс необходимых условий формирования точных, легкоудаляемых стержней для ЛВМ-процесса обеспечивает метод фильтрации гелеобразующего связующего раствора через плакированный его отвердителем наполнитель (АлЗнаС-процесс). Исходя из особенностей метода, требуемыми физико-химическими свойствами обладают ГРЭС типа ВС-1 с содержанием SiO_2 8...16% масс. Ускоренный цикл подготовки ПЭМ и его максимальная текучесть достигаются соотношением ЭС:ФХШ (1...3):1 по массе и количеством ПС 2...6 % масс. С позиций формирования прочности смеси при фильтрации ГРЭС через ПЭМ оптимальной является плотность ГС для плакирования наполнителя 1150...1350 кг/м³.

2. Фильтрация ГРЭС через ПЭМ сопровождается массопереносом в связующий раствор гидрооксидов Na и Ca, иммобилизованных плакирующим слоем ПЭМ. Указанные щелочные продукты вызывают переход ГРЭС в область агрегативной неустойчивости с pH 5...6. В

результате через определенное время фильтрации (10...300 с) начинает повышаться вязкость раствора, а затем происходит необратимое превращение золя связующего в гель, обеспечивающее прекращение продвижения ГРЭС в ПЭМ и формирование прочности смеси.

3. Основными факторами, влияющими на конечное перемещение ГРЭС в ПЭМ при фильтрации, являются градиент давления, пористость системы, продолжительность гелеобразования связующего. Процесс гелеобразования связующего, характеризующийся изменением его вязкости со временем при фильтрации через ПЭМ, удовлетворительно аппроксимируется параболической зависимостью

$$\frac{\Delta z}{z_0} = b [\text{SiO}_2] M \tau^2$$

Оптимальным для изготовления стержней различных размеров и массы, в особенности крупногабаритных, является метод фильтрации связующего, основанный на его подаче в находящийся в оснастке ПЭМ под регулируемым воздушным давлением (0,5...4,5) · 10⁵ Па.

4. Методом интегрирования представленного в дифференциальной форме закона фильтрации Дарси при условии параболической зависимости вязкости фильтрующегося раствора от времени получена математическая модель макрокинетики фильтрации гелеобразующего связующего раствора через плакированный его отвердителем наполнитель в виде выражения:

$$h = \sqrt{\frac{16,4 \Delta P d_c^2 \varepsilon^3 B}{z_0 (1 - \varepsilon)^2 \sqrt{b [\text{SiO}_2] M}} \arctg(\sqrt{b [\text{SiO}_2] M} \tau)}$$

Математическая модель подтверждается результатами исследований кинетики фильтрации ГРЭС через ПЭМ. Разработанные на основе данной модели методики и программа "ALZNAS" расчета на ЭВМ технологических параметров процесса позволяют определять для различных условий производства оптимальные значения градиента давления и продолжительности гелеобразования связующего, обеспечивающие изготовление стержней соответствующих габаритных размеров и массы.

5. Установлено, что при хранении в естественных условиях на воздухе более 4-х часов начинает значительно увеличиваться осыпаемость стержней. Полное разупрочнение и переход системы гель ГРЭС-ПЭМ в сыпучее состояние наблюдается после прокалки (1173К) и последующем охлаждении стержней до температур 723...823 К.

Обеспечить необходимую поверхностную прочность стержням позволяет импрегнирование системы гель ГРТС-ПЭМ упрочняющим составом на основе ИС, спекающимся при прокатке и формирующим тонкую термостойкую и огнеупорную оболочку. Заливкой опытных отливок установлена возможность удаления из их полостей практически всего объема стержней простым высыпанием смеси.

6. При использовании в качестве среды для удаления моделей горячей воды необходимая водостойкость стержней достигается их обработкой в хлорвиниловом лаке, создающем на поверхности стержней гидрофобную, изолирующую пленку. Для обеспечения необходимой кроющей способности лака он должен иметь вязкость по ВЗ-4 15...20 с. В процессе прокатки пленка лака практически полностью выгорает, не ухудшая качества отливок.

7. Использование ПЭМ в качестве обсыпного материала для изготовления этилсиликатных керамических форм позволяет в 2,0...3,0 раза ускорить цикл формообразования, более чем на 50 % повысить прочность и термостойкость форм. Наиболее эффективен для производства керамических форм по выплавляемым моделям разработанный способ подготовки ПЭМ в "кипящем слое".

8. Технологические процессы подготовки ПЭМ и изготовления точных, легкоудаляемых стержней (АлЗнаС-процесс) прошли опытно-промышленные испытания и освоены на КМЗ. Анализом технико-экономических показателей установлено уменьшение более чем на 50 % толщин стенок и массы художественных отливок, значительное улучшение качества их тонкорельефной поверхности, снижение в 4...5 раз трудоемкости и в 2,0...2,5 раза себестоимости производства художественного литья. Годовой экономический эффект - 1,8 млн.руб. (в ценах июня 1992 г.).

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Знаменский Л.Г., Мострюков А.В. Технология ускоренного изготовления керамических оболочковых форм // Вопросы теории и технологии литейных процессов: - Темат. сб. науч. тр. / Под ред. В.М. Александрова. - Челябинск: ЧГТУ, 1991. - С. 66-75.

2. Знаменский Л.Г., Дубровин В.К. Теоретические основы АлЗнаС-процесса изготовления стержней // Вопросы теории и технологии литейных процессов: - Темат. сб. науч. тр. - Челябинск: ЧГТУ, 1993.

3. Знаменский Л.Г., Солодянкин А.А. Совершенствование формообразования в производстве крупного художественного литья по выпла-

вляемым моделям // Вопросы теории и технологии литейных процессов: - Темат. сб. науч. тр. - Челябинск: ЧГТУ, 1993.

4. Александров В.М., Знаменский Л.Г., Солодянкин А.А. "АлЗнаС-процесс" для изготовления стержней // Литейное производство. - 1993. - № 1. - С.13-14.

5. А.с. 1766577 (СССР). Способ подготовки зернистых материалов для изготовления керамических форм и стержней / В.М.Александров, Б.А.Кулаков, Л.Г.Знаменский, А.А.Солодянкин и др. - Оpubл. в Б.И., 1992, № 37.

6. Решение ВНИИПЗ от 29.06.92 о выдаче патента по заявке № 5014789/02(071964) с приоритетом от 8.10.91. Способ изготовления литейных стержней и форм по холодной оснастке / В.М.Александров, Л.Г.Знаменский, А.А.Солодянкин и др.

Знаменский

Техн. редактор А.В.Миних

Издательство Челябинского
государственного технического университета

ЛР13020364. 20.01.92. Подписано в печать 01.04.94. Формат бумаги 60X84 1/16. Печать офсетная. Усл.печ.л. 0,93. Уч.-изд.л. 0,99. Тираж 100 экз. Заказ 66/138.

УОИ издательства. 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И.Ленина, 76.