

ТЕХНОЛОГИИ УСКОРЕННОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОЛОЧКОВЫХ И МОНОЛИТНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ФОРМ

А.С. Варламов

TECHNOLOGIES OF THE ACCELERATED MANUFACTURING SHELL AND MONOLITHIC CERAMIC MOLDS

A.S. Varlamov

Разработаны новые технологии изготовления оболочковых керамических форм на этилсиликатном связующем с применением лакированных обсыпок, а также монолитных форм из наливных самотвердеющих смесей на основе алюмоборфосфатного концентрата. Они позволяют ускорить цикл формообразования, исключить сушку форм, улучшить комплекс их физико-механических свойств. В результате улучшается качество поверхности отливок в литье по выплавляемым моделям.

Ключевые слова: литейная форма, литье по выплавляемым моделям, этилсиликатное связующее, алюмоборфосфатный концентрат.

New manufacturing techniques of shell ceramic molds on ethyl silicate binder using glazed dust, and also monolithic molds from bulk self-hardening mixes based on alumina-borophosphate concentrate are developed. They allow to accelerate haping cycle, exclude drying of molds, improve the complex of their physico-mechanical properties. This improves the quality of casts surface in moulding on investment patterns.

Keywords: mould, investment casting, ethyl silicate binder, alumina-borophosphate concentrate.

Метод литья по выплавляемым моделям (ЛВМ), благодаря ряду технологических особенностей позволяет получать сложнопрофильные и тонкостенные точные отливки из любых сплавов. Однако этот прогрессивный специальный способ литья характеризуется длительным циклом формообразования, многооперационностью, высокими трудоемкостью и себестоимостью изготовления отливок. В «классической» технологии ЛВМ при оболочковом формообразовании на этилсиликатном (ЭТС) связующем эти недостатки во многом связаны с необходимостью промежуточной сушки каждого из последовательно наносимых слоев керамического покрытия. Несоблюдение продолжительности сушки приводит к браку форм и отливок, обусловленному отслоением покрытия при нанесении последующих слоев суспензии.

Известно, что период сушки керамического покрытия необходим для формирования его предварительного упрочнения. При использовании суспензии на этилсиликатном связующем такое упрочнение возникает вследствие гелеобразования ЭТС-связующего. Ускоряющие этот процесс известные способы химического затвердевания (воздушно-аммиачная сушка, чередование этилсиликатных и жидкостекольных слоев, применение растворов щелочей [1], аммониевого октана и т. д.) сокращают по сравнению с воздушной сушкой цикл формообразования в 1,5...2 раза. Однако, являясь поверхностно-упрочняющими, эти спосо-

бы вызывают неравномерное огеливание ЭТС-связующего в слое покрытия, приводящее к усадочным напряжениям и образованию микротрещин в пленке связующего, что значительно снижает потенциальную прочность керамической формы.

Решение проблемы ускоренного изготовления оболочковых форм с высокими физико-механическими свойствами в разработанной технологии достигается путем лакирования зернистых материалов катализаторами гелеобразования ЭТС-связующего и использования таких лакированных зернистых материалов (ПЗМ) в качестве обсыпки слоев керамического покрытия.

Для получения химически лакированных зернистых материалов разработан принципиально новый способ. Путем впрыскивания в кипящий слой ЗМ аэрозоля предварительно подготовленной лакирующей смеси (ПС) достигается ее ускоренное равномерное распределение и последующее затвердевание на зернах обрабатываемого материала, обеспечивающее ее необходимую адгезию к частицам ЗМ.

Сущность процесса лакирования ЗМ в кипящем слое состоит в следующем. Равномерно увлажненные впрыскиванием аэрозоля ПС зерна верхних слоев кипящего слоя как более тяжелые мигрируют в нижние слои, а на их место перемещаются более легкие, нелакированные частицы ЗМ, которые подвергаются воздействию очередной порции аэрозоля. Процесс циклически повто-

ряется, обеспечивая в отличие от обычных способов более высокую степень равномерности плакирования ЗМ при меньшем расходе ПС.

Получаемые разработанным способом ПЗМ использовались для изготовления керамических форм по выплавляемым моделям. Также для сравнения готовились оболочковые формы по базовой технологии, т. е. с использованием неплакированного ЗМ. В обоих вариантах использовалась одна и та же суспензия на ГРЭС-40 и пылевидном кварце. При этом оценивались и сравнивались с базовыми физико-механические свойства данных форм, а также исследовалась кинетика затвердевания слоев керамического покрытия. Результаты исследования физико-механических свойств керамических образцов приведены в табл. 1.

Анализ полученных результатов показывает сокращение более чем в 2,5 раза цикла изготовления и повышение в 1,5 раза прочности керамических форм, изготовленных с применением ПЗМ. Наблюдаемое улучшение физико-механических свойств керамических форм может быть объяснено следующим механизмом ускоренного упрочняющего действия ПЗМ на слой ЭТС-суспензии. При плакировании частиц ЗМ, например кварцевого песка, смесь жидкого стекла и феррохромового шлака на них протекают известные процессы образования геля кремниевой кислоты и щелочных продуктов [2].

Применение в качестве обсыпочногo материала ПЗМ такой структуры приводит к взаимодействию его плакирующего слоя с ЭТС-связующим керамического покрытия. В результате взаимодействия входящие в состав плакирующего слоя зернистой обсыпки щелочные продукты, обладающие коагулирующим действием к гидролизованному раствору ЭТС, вызывают ускоренное, одновременное возникновение огромного числа центров гелеобразования во всем объеме слоя ЭТС-суспензии, которые образуют объемно-замкнутую, каркасную структуру. Такая структура формирует необходимую прочность слоя задолго до его полного затвердевания, а также создает условия для более равномерного огеливания ЭТС-связующего в слое покрытия и релаксации возникающих при этом усадочных напряжений.

В результате появляется возможность ускоренно наносить слои ЭТС-суспензии без «потерь» потенциальной прочности изготавливаемой кера-

мической формы, что позволяет существенно сократить цикл формообразования и повысить производительность ЛВМ.

Кроме оболочковых керамических форм в ЛВМ в настоящее время активно используются монолитные формы из наливных самотвердеющих смесей на основе гипсовых связующих. По сравнению с оболочковыми формами на ЭТС-связующем последние являются экологически и пожаробезопасными, а также относительно недорогими, однако они имеют существенные недостатки. Смеси на гипсовом связующем не позволяют получать качественные отливки из черных сплавов с высокой температурой заливки из-за поражения газowymi раковинами. Кроме того, узкоспециализированные на производство мелких, ажурных изделий дорогостоящие импортные материалы ("Cerrcast", "K-90", "Satincast", "Supercast", "Ultra-vest" и др.) и отечественная формовочная масса «Ювелирная-2» не обеспечивают точного формообразования и требуемого качества отливок среднего и крупного развеса из-за несоответствия технологических свойств известных гипсовых смесей.

В связи с этим очевидна необходимость разработки такого состава и способа приготовления наливной самотвердеющей смеси, которые обеспечили бы ускоренный цикл формообразования, повышенные газопроницаемость, прочность и трещиностойчивость керамических форм и стержней при прокатке и их легкую выбиваемость, необходимые для улучшения качества изготовления литьем по выплавляемым моделям крупногабаритных сложнопрофильных и тонкорельефных отливок.

Для реализации поставленной задачи перспективными являются смеси на металлофосфатах, в частности наливная самотвердеющая смесь на основе водного раствора алумоборфосфатного концентрата (АБФК) как связующего и мелкодисперсного кварцевого песка в качестве основного компонента наполнителя. Для ускорения формообразования (20...30 мин) и исключения сушки изготавливаемых форм и стержней используется химическое затвердевание смеси за счет введения отвердителя к АБФК (периклаза). При этом варьирование количества периклаза в смеси позволяет регулировать продолжительность ее затвердевания.

АБФК в водной среде подвергается гидролизу с образованием раствора фосфорной кислоты, который взаимодействует с железом на частицах

Сравнительные показатели технологий

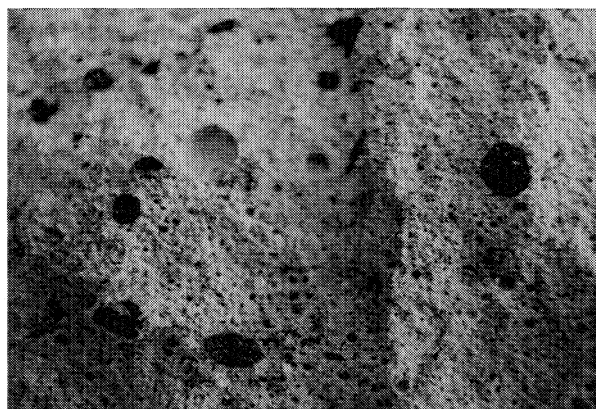
Таблица 1

Наименование показателей	Технология	
	базовая	разработанная
1. Продолжительность сушки каждого слоя покрытия, ч	3,5...4,0	1,0...1,5
2. Общее время сушки 4-слойной формы, ч	16	6
3. Прочность образцов при изгибе, МПа:		
в холодном состоянии	3,2	4,8
в горячем состоянии при 900 °С	4,5	6,2

Результаты испытаний смесей

Показатель	Смесь на гипсовом связующем (базовая)	Смесь на АБФК
1. Продолжительность затвердевания, мин	18...25	10...15
2. Текучесть, мм	140...150	160...170
3. Газопроницаемость, ед.	1...2	3...5
4. Прочность после выдержки на воздухе, МПа:		
а) 30 мин;	–	0,21...0,35
б) 1 ч;	0,15...0,5	0,5...0,92
в) 3 ч;	1,5...1,9	2,5...4,1
г) 24 ч	1,9...2,2	5,0...6,6
5. Выбиваемость (остаточная прочность), МПа	0,35...0,4	0,1...0,3
6. Осыпаемость форм после прокалики, %	0,25...0,30	0,11...0,15
7. СОТ, см ² /кг	12...18	0
8. Газотворность, см ³ /г	20...30	3...5

мелкодисперсного кварцевого песка с выделением водорода. Этот процесс, протекающий на границе «связующее-наполнитель», и химическое затвердевание смеси обеспечивают формирование равномерной пористой структуры керамических форм и стержней. Такая структура создает условия для повышения их газопроницаемости. На рисунке представлена структура излома формы после прокалики.



Структура излома керамической формы

Диспергирование частиц кварцевого песка до зернистости 10...100 мкм обеспечивает высокое качество отпечатка форм, а также их требуемые физико-механические характеристики. При этом диспергирование может быть осуществлено помоллом исходного кварцевого песка, например, марок $3K_3O_2O_3$ или $5K_3O_2O_3$ (ГОСТ 2138-91) в вибромельницах с получением мелкодисперсного наполнителя на основе кремнезема.

В табл. 2 приведены характеристики разработанной смеси в сравнении с базовой, используемой в ЛВМ наливной формовочной массой на гипсовом связующем [3].

Для повышения трещиностойкости предлагается введение в состав смеси высокопористого

материала, например керамзита (ГОСТ 9757-90), который создает своеобразный барьер, блокирующий возникновение и развитие трещин. В результате достигается минимальная склонность к образованию трещин (СОТ) керамических форм и стержней в процессе их прокалики.

В целом, результаты испытаний показывают, что по сравнению с используемой в ЛВМ смесью на гипсовом связующем [3] разработанная технология позволяет повысить прочность форм и стержней более чем в 2 раза, что обеспечивает получение качественных крупногабаритных отливок и препятствует разрушению формы во время заливки металла, практически исключает осыпаемость и трещинообразование форм после прокалики, облегчает выбиваемость отливок из керамических форм, более чем на 50 % увеличивает газопроницаемость и снижает в 4...6 раз газотворность форм и стержней. Это позволило значительно улучшить качество поверхности сложнопрофильных, тонкорельефных отливок в литье по выплавляемым моделям.

Учитывая улучшение комплекса технологических свойств смеси, ее универсальный характер, разработанная технология изготовления керамических форм и стержней может быть использована в точном литье из различных сплавов.

Литература

1. *Литье по выплавляемым моделям / под ред. Я.М. Шкленника, В.А. Озерова.* - М.; Машиностроение, 1984. - 408 с.

2. Гуляев, Б.Б. *Формовочные процессы / Б.Б. Гуляев, О. А. Корнюшкин, А.В. Кузин.* - Л.: Машиностроение, 1987. — 264 с.

3. *Точное формообразование в художественном литье / Л.Г. Знаменский, В.К. Дубровин, И.Н. Ермаков, О. В. Ивочкина // Литейное производство.* -2001. -ML-С. 32.

Поступила в редакцию 5 марта 2010 г.