

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ФОРМ НА МЕТАЛЛОФОСФАТАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАНОСЕКУНДНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИМПУЛЬСОВ\*

АС Варламов, О.В. Ивочкина, Л.Г. Знаменский, Г.В. Самарина

## MANUFACTURE OF CERAMIC MOLDING BOXES ON METALPHOSPHATES WITH APPLICATION OF NANOSECOND ELECTROMAGNETIC IMPULSES

AS. Varlamov, O.V. Ivochkina, L.G. Znamensky, T.V. Samarina

Разработана новая технология изготовления керамических форм из наливных самотвердеющих смесей на основе металлофосфатных связующих с использованием наносекундных электромагнитных импульсов. Она позволяет ускорить цикл формообразования, исключить сушку форм и стержней, 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, металлофосфатное связующее, наносекундные электромагнитные импульсы.

The new manufacturing techniques of ceramic mould from bulk self-hardening mixtures on the basis of metalphosphate binders with the usage of nanosecond electromagnetic impulses are developed. It allows accelerating the forming cycle, excluding the drying of moulds and cores, and improving the complex of their physical-mechanical properties. It results in improvement of the casting surface condition in founding by dispensable patterns.

*Keywords:* mould, founding by dispensable patterns, metalphosphate binder, nanosecond electromagnetic impulses.

В настоящее время в литье по выплавляемым моделям (ЛВМ) наибольшее распространение получили оболочковые формы на основе гидролизованного раствора этилсиликата (ЭС) и объемные формы из наливных смесей на гипсовых или цементных связующих.

Этилсиликатные керамические формы обеспечивают требуемое качество отливок. Однако их производство характеризуется целым рядом недостатков, таких как: применение дорогостоящей оснастки, повышенная трудоемкость изготовления многослойной керамической оболочки, пожароопасность и ухудшение экологической обстановки в цехе при подготовке связующего (гидролиз ЭС) из компонентов: этилсиликата, спирта, растворов кислот, а также дороговизна этих материалов [1].

Наливные самотвердеющие смеси на основе гипсовых и цементных связующих с кремнеземистым наполнителем относительно недорогие. Первые не позволяют получать отливки из черных сплавов с высокой температурой заливки из-за разложения гипса при температурах выше 1200 °С, что приводит к поражению отливок газовыми ра-

ковинами по всей поверхности. Вторые пригодны для производства отливок из любых сплавов, но имеют следующие существенные недостатки: длительный цикл формообразования, неудовлетворительные газопроницаемость и прочностные характеристики форм и стержней, низкая трещиностойчивость керамических форм и стержней в процессе их прокатки и заливки расплавом.

В связи с этим очевидна необходимость создания 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, их легкую выбиваемость, необходимые для улучшения качества изготовления литьем по выплавляемым моделям крупногабаритных сложнопрофильных и тонкорельефных отливок из различных сплавов.

Для реализации поставленной задачи перспективными являются смеси на металлофосфатах, но с учетом специфики точного литья. Так, было выдвинуто предположение, что условиям ЛВМ

\* Научная статья выполнена по проекту № 2.1.2/2811 АБЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2010 годы)».

удовлетворяет наливная самотвердеющая смесь на основе водного раствора алюмоборфосфатного 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 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 рис. 1 представлена структура излома формы после прокалики, снятая на электронном растровом низковакуумном микроскопе JEOL JSM 6460LV с волновым анализатором.

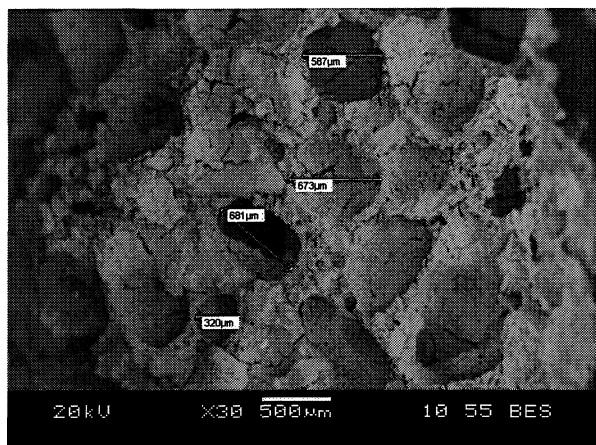


Рис. 1. Структура керамической формы

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 помолом 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 изготавливаемых форм и стержней.

Для повышения трещиностойкости предлагается введение в состав смеси высокопористого материала, например, керамзита, 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 табл. 1 приведены характеристики разработанной смеси в сравнении с базовой, используемой в ЛВМ наливной формовочной массой на цементном связующем [2]. Для приготовления разработанной смеси навешивали расчетное количество АБФК и отвердителя к нему, керамзита и мелкодисперсного кварцевого песка. Затем отмеряли необходимое количество воды и готовили водный раствор АБФК плотностью 1250...1350 кг/м<sup>3</sup>. В подготовленный водный раствор АБФК засыпали мелкодисперсный кварцевый песок, керамзит и перемешивают их в течение 15...20 мин при скорости вращения крыльчатки 3000 об/мин. Отвердитель вводили непосредственно перед заливкой смеси в опоку.

В ходе разработки способа подготовки смеси был выявлен положительный эффект при обработке ее компонентов наносекундными электромагнитными импульсами (НЭМИ). Воздействие НЭМИ на смесь ингредиентов до введения отвердителя (периклаза) позволяет существенно улучшить реологические и физико-механические свойства смеси за счет ее электрофизической активации. Для этого в суспензию погружают медный излучатель, под-

Результаты испытаний смесей

Таблица 1

Показатели	Результаты испытаний смесей	
	смесь на цементном связующем	смесь на АБФК
1. Продолжительность затвердевания, мин	60...180	18...25
2. Газопроницаемость, ед.	8...10	75...84
3. Прочность после выдержки на воздухе, МПа:		
а) 30 мин;	0	0,21...0,35
б) 1 ч;	0	0,5...0,92
в) 3 ч;	0,10...0,15	2,5...4,1
г) 24 ч	0,23...0,33	5,0...6,6
4. Прочность при 700 °С, МПа	0,40...0,43	7,0...8,8
5. Выбиваемость (остаточная прочность), МПа	0,30...0,35	0,01...0,03
6. Осыпаемость форм после прокалики, %	1,18...1,20	0,11...0,15
7. СОТ, см <sup>2</sup> /кг	12...18	0
8. Газотворность, см <sup>3</sup> /г	10...12	3...5

Влияние обработки НЭМИ на свойства смесей

Показатели	Обработка смеси НЭМИ с удельной мощностью в импульсе, МВт/м <sup>3</sup>		
	600	800	1000
1. Продолжительность затвердевания, мин	15	12	5
2. Газопроницаемость, ед.	75	72	70
3. Прочность после выдержки на воздухе, МПа: а) 1 ч; б) 24 ч	1,20 9	1,80 11	1,70 10
4. Прочность при 700 °С, МПа	10	12	12,5

соединенный к генератору НЭМИ с параметрами: 1 МВт в импульсе, напряженность поля  $10^5 \dots 10^7$  В/м, продолжительность одного импульса  $10^{-9} \dots 10^{-10}$  с. Влияние НЭМИ на свойства смеси представлено в табл. 2.

Воздействие НЭМИ открывает возможность дополнительно улучшить физико-механические свойства смеси, в частности, существенно уменьшить продолжительность затвердевания смеси, при этом ее при затвердевании с сохранением приемлемого диапазона значений газопроницаемости. Влияние НЭМИ на кинетику упрочнения смеси на АБФК приведено на рис. 2.

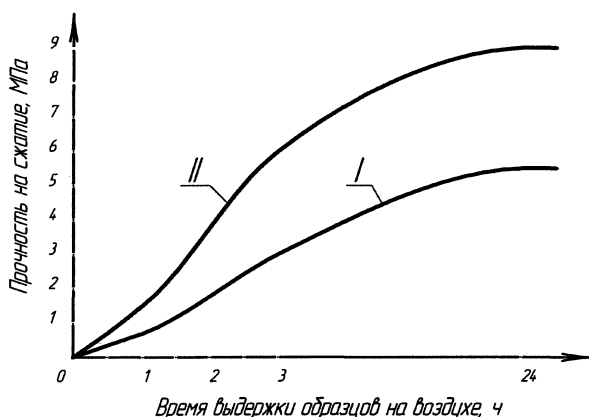


Рис. 2. Зависимость прочности при сжатии от времени выдержки на воздухе образцов форм на АБФК: I – без обработки смеси НЭМИ; II – с обработкой смеси НЭМИ

В целом, результаты испытаний показывают, что по сравнению с используемой в ЛВМ цементно-

кремнеземистой смесью [2] разработанная технология позволяет более чем в 3 раза ускорить цикл формообразования, исключить сушку форм и стержней, повысить их прочность более чем в 10 раз до уровня, который обеспечивает получение качественных крупногабаритных отливок и препятствует разрушению формы во время заливки металла, практически исключить осыпаемость и трещинообразование форм после прокалики, облегчить выбиваемость отливок из керамических форм, более чем в 2 раза снизить газотворность и увеличить в 6... 10 раз газопроницаемость форм и стержней. Это позволило значительно улучшить качество поверхности сложнопрофильных, тонкорельефных отливок в литье по выплавляемым моделям.

Учитывая улучшенный комплекс полученных технологических свойств смеси, ее универсальный характер, разработанная технология изготовления керамических форм и стержней может быть использована в точном литье из различных сплавов (бронза, латунь, чугуна, стали и др.).

#### Литература

1. Литье по выплавляемым моделям: монография / под общ. ред. Я.И. Шкленниша, В.А. Озерова. - М.: Машиностроение, 1984. - 408 с.
2. RU № 2252103. Смесь наливная самотвердеющая для изготовления форм и стержней при производстве отливок по выплавляемым моделям / В.К. Дубровин, Б. А. Кулаков, А.В. Карпинский и др. // Бюллетень изобретений. - 2005. - №14.

Поступила в редакцию 25 февраля 2009 г.