

УДК 621.744.3

**О. И. Пономаренко, А. М. Каратеев, Н. С. Евтушенко,  
А. В. Бережная**

Национальный технический университет «ХПИ», Харьков

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМОЛЫ ОФОС В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

*Проведенные исследования по методикам, согласно ГОСТу, на прочность, живучесть, газотворность, газопроницаемость, осыпаемость, прилипаемость, выбиваемость и пригар, связанные с использованием смол для химически твердеющих смесей (ХТС) на основе олигофурфурилоксисилаксанов (ОФОС) с кислым отвердителем, показали целесообразность их применения в литейных цехах заводов.*

**Ключевые слова:** *холоднотвердеющие смеси, олигофурфурилоксисилоксан, катализатор, прочность, живучесть.*

*Дослідження, які проведені за методиками, згідно з ДСТом, на міцність, живучість, газотвірність, газопроникність, осипаємість, прилипаємість, вибиваємість та пригар, пов'язани з використанням смол хімічно твердіючих сумішей (ХТС) на основі олігофурфурилоксисилаксанів (ОФОС) з кислим затверджувачем, показали доцільність їх застосування в ливарних цехах заводів.*

**Ключові слова:** *холодне твердіння суміші, олігофурфурилоксисилксан, каталіза-тор, міцність, живучість.*

*Install researches on use of pitches on a basis oligofurfuriloxisilicone (OFOS) ether with acid curing agent are carried out have shown their expediency for introduction in foundry shops of the factories. Researches install on method by strength, live of molding mixture, gasify, gas ran through, strew falling, stickiness, beat out ability and metals penetration.*

**Keywords:** *cold-solidify stocks, oligofurfuriloxisilicone, catalyst, strength, survivability.*

Химически твердеющие смеси находят все более широкое применение в литейном производстве для получения форм и стержней как в серийном, так и массовом производстве отливок. Использование таких смесей вносит весьма ощутимые положительные изменения в технологический процесс отливок – снижает трудоемкость, повышает точность стержней и форм, а соответственно и отливок, улучшается чистота поверхности отливки, снижается их брак, освобождаются производственные площади, занятые сушильными печами, повышаются экология и общая культура труда.

В соответствии с классификацией химически твердеющие смеси подразделяются на три основные группы: твердеющие при нагреве, под воздействием внешних факторов и самотвердеющие. Эти смеси можно использовать при изготовлении форм и стержней для получения отливок из стали, чугуна или цветных металлов.

Один из перспективных методов – это применение самотвердеющих смол холодного отверждения в оснастке в присутствии жидких катализаторов или отвердителей. Это объясняется, прежде всего, высокой прочностью форм и стержней при малом расходе связующего (1-2 %) и возможностью регулирования прочности и скорости отверждения в большом диапазоне.

Анализ литературных источников показал, что у существующих смол главным недостатком является токсичность веществ, которые выделяются при термодеструкции (фенол, формальдегид, крезол и др.).

На кафедре полимерных композиционных материалов и покрытий совместно с кафедрой литейного производства НТУ «ХПИ» разработано новое экологическое связующее на основе олигофурфурилоксисиланов (ОФОС) [1], представляющее собой подвижную жидкость темно-коричневого цвета, которая отверждается под действием кислотных отвердителей. Связующее не имеет в своем составе ядовитых либо отравляющих веществ – типа мочевиноальдегидных либо фенолоформальдегидных смол, которые изначально имеют в своем составе фенолы и альдегиды и выделяют их при термической деструкции связующих во время заливки формы расплавленным металлом. Карбамидоформальдегидофурановые смолы кроме указанного выше свободного формальдегида и формальдегида, который появляется при термической деструкции смолы, выделяют из газовой смеси в окружающую среду оксиды азота от 1 до 4 %.

Целью данной работы является разработка технологического процесса на основе олигофурфурилоксисилаканов и определение эффективности работы таких различных кислотных катализаторов, как бензосульфокислота (БСК) и паратолуолсульфокислота (ПТСК), сульфосалициловая кислота (ССК).

Известно, что прочность и другие свойства полимера зависят от химического строения структуры. На поверхности формы должна быть такая структура, которая не разрушалась бы по возможности дольше при высоких температурах. Высокую прочность при затвердевании образуют полимеры, имеющие пространственную сетчатую структуру, то есть наряду с продольными связями в их макромолекулах имеются и поперечные связи. Именно этим требованиям и отвечает связующее на основе олигофурфурилоксисилаканов.

Связующее ОФОС можно получить разных модификаций с содержанием от 4 до 7 молей фурфурилоксигрупп. Были исследованы связующие MF4, MF5, MF6, в составе которых содержалось 4, 5, 6 фурфурилоксигрупп соответственно.

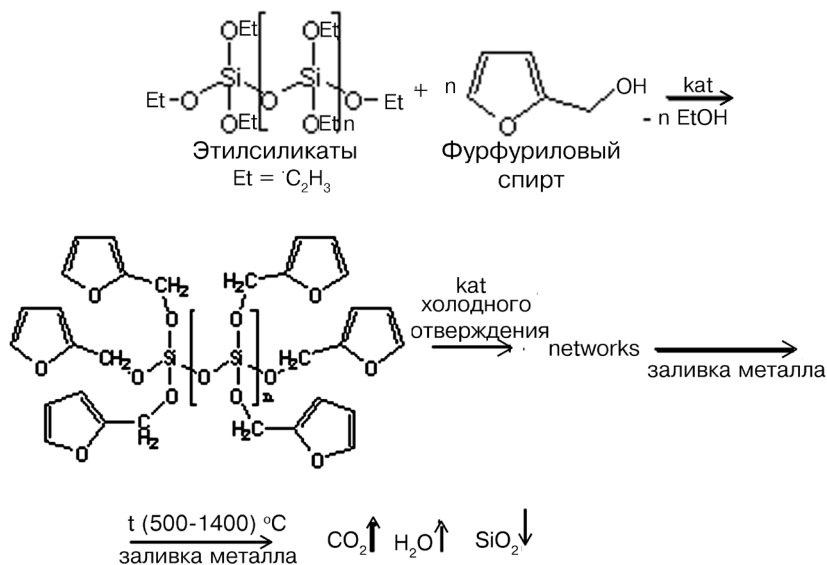
Общими признаками способа получения фурановых олигомерных связующих для ХТС являются получение продуктов конденсации и поликонденсации фурфурилового спирта с кремнеорганическими соединениями – в частности, с тетраэтоксисиланом (ТЭОС) или этоксисилоксанами (ЭТС-40, ЭТС-32) в присутствии воды и катализатора – щелочного раствора металла (KOH) в этиловом или фурфуриловом спирте. Процесс конденсации или поликонденсации проводится при мольном соотношении этоксисилоксанов: фурфурилового спирта: воды, как 1 : (3,9-1,5) : (0,05-1,25) с последующим добавлением этоксисилоксанов в пределах 0,05-0,95 мас. частей. Этот процесс получения олигофурфурилоксисилоксанов представляет собой совокупность процессов гидролиза и конденсации олигоэтокси- и олигофурфурилоксисилоксанов и реакций переэтерификации олигоэтоксисилоксанов фурфуриловым спиртом.

Здесь также усовершенствован способ получения холоднотвердеющих смесей (ХТС) для литейного производства за счет применения активного катализатора,

## Проблемы технологии формы

который существенно упрощает технологический процесс получения олигомерного связующего в одну технологическую стадию в результате реакции переэтерификации этоксисилоксанов фурфуриловым спиртом в присутствии катализатора.

Процессы, происходящие в смесях, можно структурно описать следующим образом:



При приготовлении смеси в качестве наполнителя использовали кварцевый песок марки 2К10,02 (ГОСТ 2138–91). Это обусловлено тем, что следует стремиться к минимальному расходу смолы с учетом достижения достаточной общей и поверхностной прочности. Желательно применение обогащенных песков с содержанием глинистой составляющей не более 0,2 %.

Смесь готовили традиционным для ХТС способом. На 100 в. ч кварцевого песка по ГОСТу 29234.0-91 добавляли 1,0 в. ч 50-70 %-ного водного раствора кислотного катализатора, смесь тщательно перемешивали на протяжении 60 с, потом к этой смеси добавляли 2 в. ч связующего и снова тщательно перемешивали на протяжении 120 с. Смесь заформовывали в 9-местную пресс-форму, которая используется для исследования свойств ХТС.

Были проведены исследования смесей на живучесть, газотворность, газопроницаемость и осыпаемость. По полученным данным определили, что живучесть смесей на основе связующих MF4, MF5 и MF6 (число показывает на степень полимеризации) в присутствии катализаторов БСК, ПТСК и ССК находится в пределах 3-17 мин. Время отверждения композиции зависит от концентрации катализатора, количества и его химической природы, а также от количества молей фурфурилокси групп в связующем ОФОС. Причем, увеличение концентрации катализатора приводит к уменьшению живучести. Влажность смесей зависит от концентрации катализатора: при его увеличении она снижается. Газотворная способность находится в пределах 12,0-15 см<sup>3</sup>/г, что несколько ниже допустимого параметра для ХТС. Прилипаемость смеси к стержневому ящику и пригар минимальные. Осыпаемость всех смесей незначительная.

На рис. 1 приведена кинетическая зависимость нарастания прочности формочной и стержневой смесей с использованием связующего типа MF5 в присутствии разных катализаторов.

Из графика видно, что прочность образцов, испытания которых проводились сразу после извлечения из формы и по окончании некоторого времени (до 150 мин), увеличивается с уменьшением концентрации катализатора, то есть прочность образцов

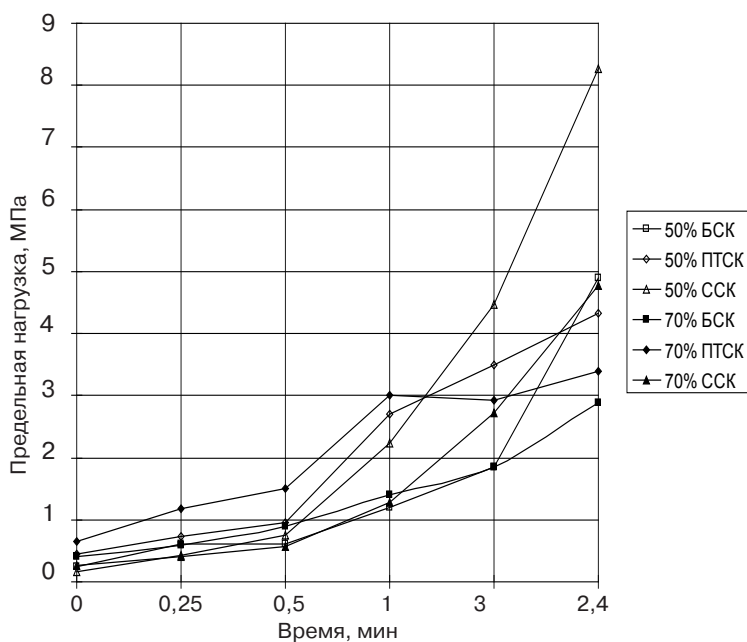


Рис. 1. Кинетическая зависимость нарастания прочности смеси с использованием связующего типа MF5 в присутствии различных катализаторов

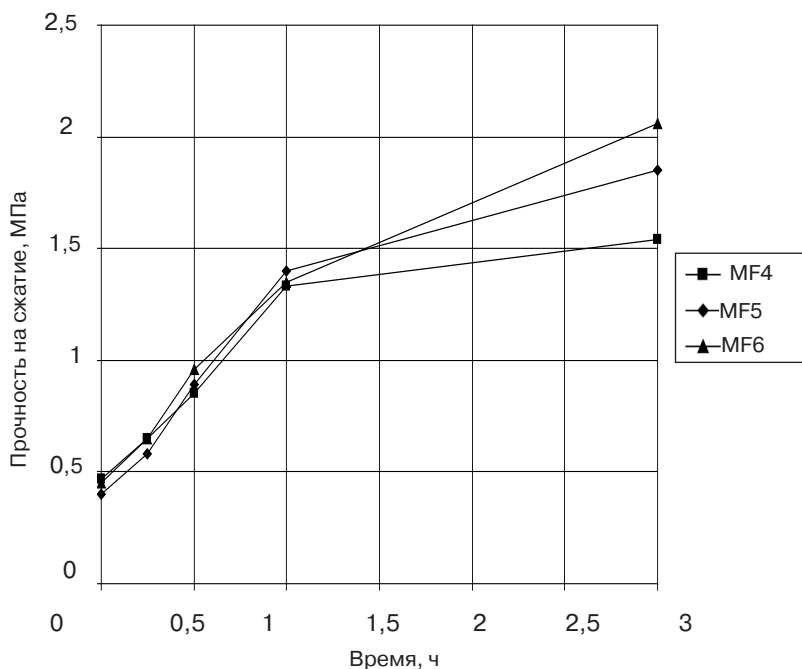


Рис. 2. Кинетическая зависимость нарастания прочности с использованием связующего типа MF4, MF5, MF6 в присутствии катализатора 70 % БСК

с катализатором, содержащим кислоты на 50 % выше, чем с содержанием кислоты 70 %. Это обусловлено большой активностью ионов водорода.

Необходимо обратить внимание, что образцы с катализатором ПТСК (50 %) в данном промежутке времени имеют большую прочность, чем образцы с катализатором БСК (50 %). Первоначальная прочность образцов с катализатором ССК нарастает

медленнее, чем у образцов с катализаторами БСК и ПТСК, но через 24 ч она значительно выше. И стоимость катализатора ССК ниже, чем у других катализаторов.

Сравнивая прочность смесей с разными связующими (MF4, MF5 и MF6), можно сделать вывод, что увеличение степени полимеризации  $n$  приводит к увеличению прочности независимо от катализатора. Кинетическая зависимость нарастания прочности с использованием связующего типа MF4, MF5, MF6 в присутствии катализатора 70 % БСК приведена на рис. 2.

Сравнительная оценка нарастания прочности смесей с использованием связующего типа MF в присутствии различных катализаторов приведена на рис. 3.

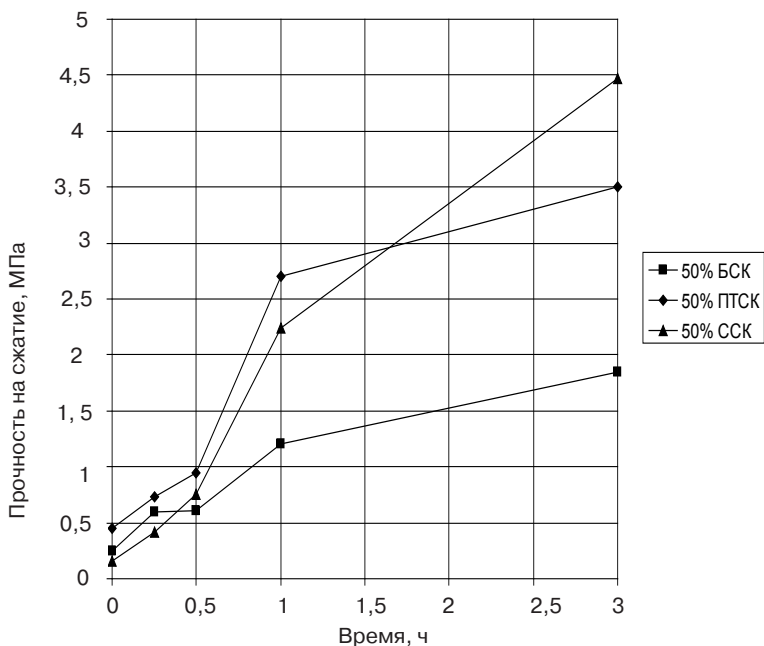


Рис. 3. Сравнительная оценка разных катализаторов для MF5

Новое связующее для холоднотвердеющих смесей при заливке металла в форму в результате термической деструкции выделяет в атмосферу  $\text{CO}_2$  и пары  $\text{H}_2\text{O}$ , при этом образуется твердый неорганический остаток  $\text{SiO}_2$ , которые можно использовать повторно.

Предложенные составы ХТС были апробированы в производственных условиях на ОАО „Турбоатом” (г. Харьков), где показали свою высокую эффективность. Изготовленные стержни обладали не только высокими прочностными свойствами, но и позволили уйти от такого брака, как пористость в отливках.

### Выводы

- Использование ОФОС-связующих имеет следующие преимущества:
  - упрощены технология получения олигомерного связующего и технология изготовления форм и стержней в условиях ХТС;
  - обеспечены экологичность технологического процесса в результате отсутствия выделения отравляющих и токсичных веществ как в «холодной» стадии процесса, так и при заливке расплавленным металлом, охлаждении, выбивке и утилизации формовочных смесей.
- Разработанный олигомер (ОФОС – связующее) для ХТС не уступает зарубежным аналогам по своим свойствам относительно скорости отверждения песчаных смесей и скорости набора прочности на сжатие и разрыв.
- По технологическому признаку (циклу отверждения) предлагаются две группы

составов: для смесей с нормальным циклом отверждения ОФОС-N (20-40 мин) и ускоренным циклом отверждения ОФОС-S ( 5-10 мин). Кроме того, разработаны меры по замедлению скорости отверждения при температуре песка и воздуха выше 30 °С и ее увеличению при низких температурах.

• Высокие экономические факторы – цена формовочных смесей для форм и стержней, возможность экономии металла за счет повышения точности литья, снижение толщины стенок, улучшение поверхности отливок и быстрое рассыпание стержней при извлечении изделий из форм.



### Список литературы

1. Пат. 23593, Україна. Спосіб одержання холоднотвердіючих сумішей / А. М. Каратеев, О. І. Пономаренко, Н. С. Євтушенко та ін. – Опубл. 25.05.2007, Бюл. № 7.
2. *Медведев Я. И., Валисовский И.В.* Технологические испытания формовочных материалов. – М.: Машиностроение. – 1973. – 312 с.

Поступила 24.06.2010

### **ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ И ПОДПИСЧИКОВ!**

Редакция журнала «**Металл и литье Украины**» изменила адрес.

Статьи для печати в журнале «Металл и литье Украины» необходимо высылать по адресу: Украина, 03680, г. Киев-142, пр. Вернадского, 34/1, Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины.

**Телефоны: (044) 424-12-50; факс: (044) 424-35-15,**

**E-mail: mlu@ptima.kiev.ua**

### ***Продолжается подписка журнала на 2011 год (возможна электронная версия)***

Для того чтобы подписаться на журнал через редакцию, необходимо направить письмо-запрос или факс в адрес редакции. Счет-фактура согласно запросу высылается письмом или по факсу.

Стоимость одного журнала – 28 грн.

Годовая подписка – 336 грн. (для Украины).

Годовая подписка для зарубежных стран – 90 \$.

### ***Редакция также может подготовить заказной номер журнала***

*Ориентировочная стоимость заказного номера - 6750 грн.*

*( объем до 5 уч. - изд. л. )*

*Ориентировочная стоимость заказного*

*спаренного номера – 13000 грн.*

*( объем до 10 уч. - изд. л. )*