

УДК 621.074.01.02

## СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ ФОРМ НА ОСНОВЕ ВОДНОГО РАСТВОРА КРЕМНЕЗОЛЯ

Родионова Ольга Евгеньевна

*Студентка 4 курса*

*кафедра «Машины и технология литейного производства»*

*Санкт-Петербургский институт машиностроения (ЛМЗ-ВТУЗ)*

*Научный руководитель: Емельянов В.О.,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и технология литейного производства»*

Литье по выплавляемым моделям остается основным способом получения точных заготовок сложной конфигурации. На Российских заводах технология ЛВМ применяют с использованием этилсиликата. ЭТС токсичен и пожароопасен. Его отверждение в ряде случаев требует применения газообразного аммиака. Замена ЭТС водным раствором кремнезоля предполагает использование импортных материалов. Отечественные аналоги «Армосил» и «Сиалит-20» не отвечают требованиям современного литейного производства. Их технологические характеристики допускают использование связующих лишь в единичном производстве без применения механизации. Основной недостаток отечественных материалов низкая прочность до прокали. Разрушающие напряжения при изгибе составляют от 3 до 7 МПа в зависимости от типа наполнителя. Формы выполненные на ЭТС и испытанные по аналогичной методике имеют прочность на изгиб 10...15 МПа.

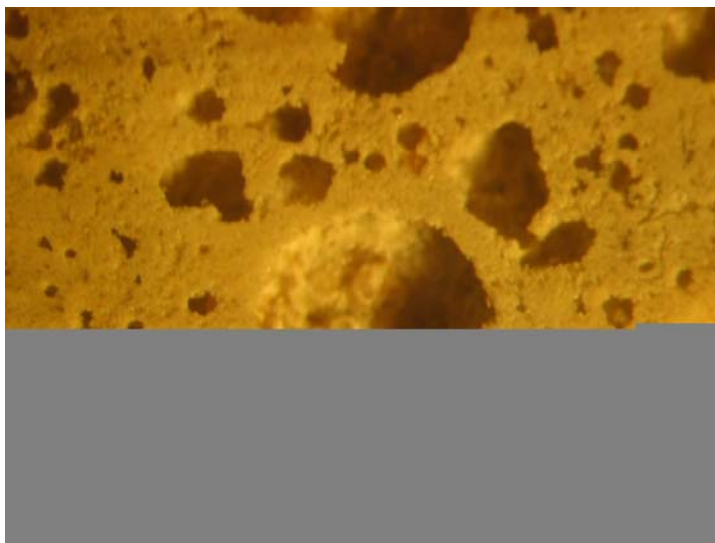


Рис. 1. Структура керамической формы после гелеобразования. ( $\times 140$ )

Причина низкой прочности форм на отечественном кремнезоле «рыхлая» макроструктура керамики и растрескивание пленки связующего на микроуровне. Пористость форм Рис.1. связана с возникновением стационарных состояний в процессе гелеобразования. Стационарные динамические структуры (визуально напоминают ячейки Бернара) приводят к образованию сферических полостей диаметром 0,1...0,5мм. Перемещение выделяющейся при гелеобразовании воды также способствует формированию пористости. В результате этого процесса частицы обсыпки связаны не манжетами огнеупорной суспензии, а лишь точечными перемычками. Гель кремнекислоты в свою очередь образует кристаллы размером 0,001...0,005мм.

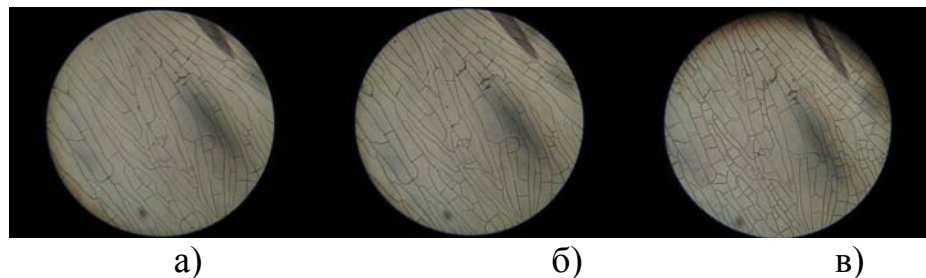


Рис.2. Образование ячеистой структуры при гелеобразовании водного раствора кремнезоля где: а) с момента нанесения пленки связующего 90с, б) то же через 120с, в) то же через 600с.

Рост кристаллов начинается с края пленки и продвигается к центру. В дальнейшем происходит дополнительное поперечное растрескивание и увеличение зазора. Промежутки между кристаллами заполнены жидким стеклом которое образуется при стабилизации кремнезоля натриевой щелочью.

Данный вопрос прояснялся следующим образом: были взяты два образца с пленкой кремнегеля на кварцевом стекле (рис.3), один образец помещался в воду на 2 часа, после чего оба образца были прокалены до температуры 850°C. При увеличении 200× видно, что образец, выдержанный в воде внешне не отличается от образца не прошедшего прокалику, а образец не прошедший промывку водой дает двойную структуру, состоящую из зерен кварца и натриевого силиката, имеющего температуру плавления 793°C. Остаточное жидкое стекло оказывает разупрочняющее действие при вытопке модельного состава в воде. Прочность керамики при этом может падать до 1МПа.

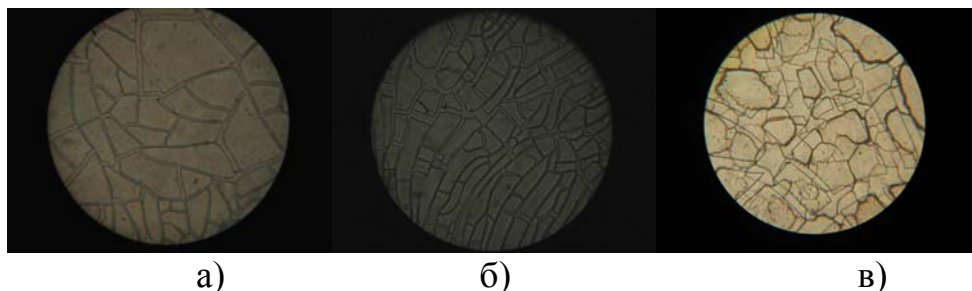


Рис.3. Структура пленок связующего «Амосил» увеличение  $200\times$  где: а) пленка после нанесения на кварцевое стекло, б) пленка выдержанная в воде 2 часа и прокаленная до  $850^{\circ}\text{C}$ , в) пленка прокаленная до  $850^{\circ}\text{C}$ .

Вопрос увеличения прочности керамических форм на водном растворе кремнезоля можно разделить на два направления:

1. Ведение добавок препятствующих возникновению динамических объектов и способствующих улучшению макроструктуры керамики.
2. Введение органических добавок с целью получения бинарного связующего в котором прочность до прокалики обеспечивает органическая составляющая, а при повышении температуры кремнегель.

В качестве добавок препятствующих существованию стационарных состояний должны выступать вещества смещающие величину сродства процесса гелеобразования. Практически это можно осуществить изменением толщины двойного электрического слоя мицелл кремнезоля, т.е. введением слабых электролитов. Побочным эффектом такого решения является снижение стабильности кремнезоля и соответственно времени живучести суспензии. Были опробованы соединения содержащие бор или магний. Параметром выбора был диаметр атома добавки близкий диаметру атома кремния. Бор резко повышает седиментационную устойчивость, но не дает эффекта упрочнения. Магний в виде тонкодисперсной окиси магния повышает прочность на  $5\ldots 10\%$ , но суспензия становится не стабильной по гелеобразованию Рис. 4. Кроме того значение прочности не достигает параметров импортных аналогов кремнезелей, а прочность до прокалики составляет  $5\ldots 7\text{МПа}$  (на рис.4 не показано).

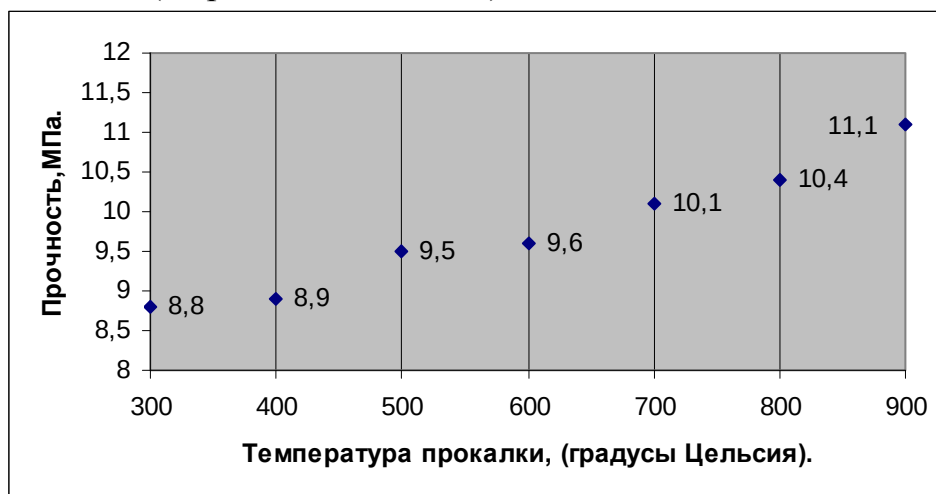


Рис. 4. Зависимость прочности керамической формы МПа на основе Армосил+ 0,5% окиси магния от температуры прокалики  $^{\circ}\text{C}$

Вариантом увеличения прочностных свойств является применение органических добавок. Выбор в данном случае определяется РН соединения, РН точки полимеризации и прочностная характеристика керамики. В качестве опытной добавки был использован бутилстирол с радиусом частиц 35...40нм при РН=8 и точкой полимеризации при РН=9. Кремнезоль имел РН=8 при концентрации  $\text{SiO}_2 = 20\%$ . Керамические формы выполнялись на кварцевом песке с диаметром частиц от 0,63мм на первом слое до 1,5мм на четвертом слое.

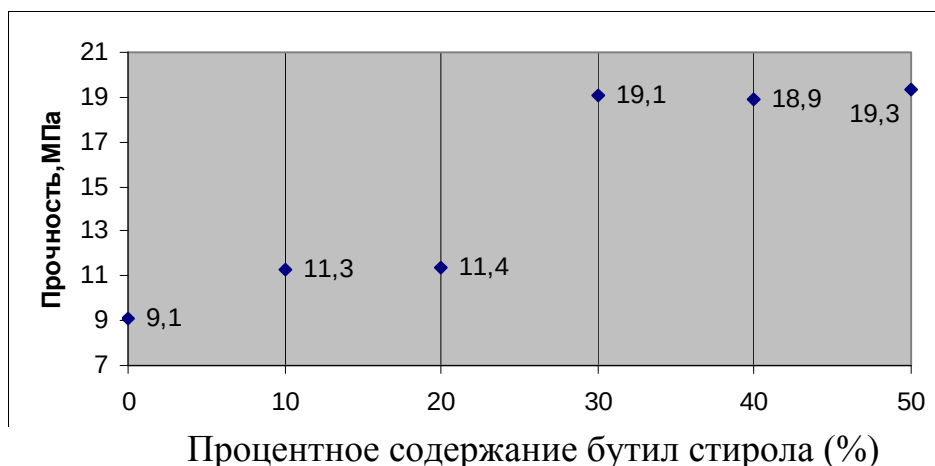


Рис. 5. Зависимость прочности непрокаленной керамической формы МПа на основе Армосила и кварцевого песка от процентного содержания бутилстирола

Установлено, что добавка бутилстирола в количестве 8...12% от массы связующего увеличивает прочность не прокаленной керамики до 15...18МПа. После прокалики прочность составляет 10...13МПа.

Для изготовления форм на автоматизированных линиях и заливки в опорном наполнителе эти параметры можно считать удовлетворительными. Однако требуются дополнительные исследования по подбору органических добавок. Сведения приводимые компанией «ДЮПОНТ» в открытой печати показывают, что органическая составляющая не только повышает прочность не прокаленной керамики, но также позволяет увеличить кроющую способность суспензии (остаток на плите по терминологии «ДЮПОНТ»).

Кроме экологического аспекта перехода с ЭТС на водные растворы кремнезоля имеется возможность энергосбережения. Как показали опытно промышленные испытания температура прокалики форм под заливку стали может не превышать  $500^{\circ}\text{C}$  (если позволяет толщина детали). По видимому это связано с отсутствием кремнеорганической составляющей процесса поликонденсации при образовании геля. Бинарные связующие представляют собой химически не связанные компоненты и деструкция полимера не препятствует удалению воды из кремнегеля. В целом технология ЛВМ на водном растворе кремнезоля с добавкой бутилстирола позволяет получать отливки из черных и цветных металлов массой от 0,1 до 100кг.

### **Литература**

1. Емельянов В.О., Мартынов К.В., Бречко А.А. Структура и свойства керамических форм на связующем «Армосил» Литейщик России. – 2007. – № 6, с. 13-14
2. Емельянов В.О., Мартынов К.В., Бречко А.А. Особенности технологии изготовления керамических форм на основе водного раствора кремнезоля Санкт-Петербург, РИО, Издание Санкт-Петербургского института машиностроения, 2007 г.