

УДК 621.74

Н. А. Кидалов, А. С. Князева

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОНИЗИТЕЛЯ ВЯЗКОСТИ – УГЛЕЩЕЛОЧНОГО РЕАГЕНТА НА БЕНТОНИТОВЫЕ ВОДНО-ГЛИНИСТЫЕ СУСПЕНЗИИ И СВОЙСТВА ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ НА ИХ ОСНОВЕ

Волгоградский государственный технический университет

В работе проводились исследования по определению условной вязкости бентонитовых водно-глинистых суспензий при введении в их состав понизителя вязкости - углещелочного реагента (УЩР, ТУ У 26.8 – 32100092 – 001 – 2004). Полученные результаты показывают, что снижение условной вязкости составляет 30-50 %. Были сделаны микрофотографии, показывающие влияние УЩР на диспергирование и структуру суспензий.

Также в работе были определены технологические и физико-механические свойства формовочных смесей, в состав которых входят бентонитовые суспензии с добавлением УЩР. Полученные данные показывают, что УЩР способствует повышению свойств смеси, таких как предел прочности при сжатии во влажном состоянии, насыпная плотность и уплотняемость.

Ключевые слова: водно-глинистая суспензия, условная вязкость, понизитель вязкости, формовочная смесь, углещелочной реагент

Основным способом получения отливок в литейном производстве является литьё в песчано-глинистые формы. В качестве связующего компонента в формовочных смесях нередко применяются водно-глинистые суспензии, которые подаются к месту смесеприготовления по трубопроводу [1]. Высококонцентрированные суспензии, которые стремятся использовать в составах смесей из-за их высоких эксплуатационных характеристик по сравнению с низкоконцентрированными, обладают высокой вязкостью, что делает невозможным их течение по трубопроводу.

Для решения данной проблемы нашли применение вещества, обладающие поверхностно-активными свойствами и понижающие вязкость суспензии. Одним из наиболее доступных и дешевых понизителей вязкости водно-глинистых суспензий является углещелочной реагент (УЩР) [2].

В данной работе исследовалось влияние УЩР на условную вязкость суспензий и на технологические и физико-механические свойства формовочных смесей, в составе которых присутствовали суспензии с добавлением УЩР.

Объектами исследования являлась формовочная бентонитовая глина марки С1Т₂, ГОСТ 28177-89 Латненского месторождения Воронежской области, а также приготовленные из этой глины водно-глинистые суспензии различной концентрации. Проводились исследования 7, 10, 12, 15 мас.% водно-глинистых суспензий без УЩР и суспензий, с добавлением УЩР, а также формовочных смесей, в состав которых входила отработанная смесь и в качестве освежения: песок и водно-глинистая суспензия.

Исследование глины на предел прочности во влажном состоянии, проводившееся по методике согласно ГОСТ, показало следующие результаты, представленные на рис. 1.

Среднее значение предела прочности при сжатии во влажном состоянии исследуемой бентонитовой глины равно 71,38 КПа; уплотняемости – 37,15 %.

По мере увеличения времени перемешивания в лабораторных бегунах смесь повышает предел прочности во влажном состоянии и в это же время уплотняемость падает. При продолжительном перемешивании достигается большая степень однородности смеси и, следовательно, более равномерное распределение глинистого материала по всему объему, более мелкие частицы смеси проникают в поры между более крупными. Кроме того по мере уве-

личения длительности перемешивания, бентонит подвергается механической активации, а молекулы воды проникают в его структуру, способствуя набуханию, что ведет к увеличению предела прочности. При измерении степени уплотнения образец подвергается механической деформации в ограниченном объеме без возможности бокового расширения – гильзе. Деформация сопровождается сдвигом частиц смеси друг относительно друга, увеличением количества контактов между ними и уменьшением коэффициента пористости смеси, что ведет к более плотной упаковке. По мере увеличения времени перемешивания смесь становится более однородной и плотной, так как объем пор в смеси уменьшается, и при дальнейшем измерении показателя уплотняемости возможность перераспределения частиц смеси в объеме гильзы ограничивается, и поэтому показатель уплотняемости снижается.

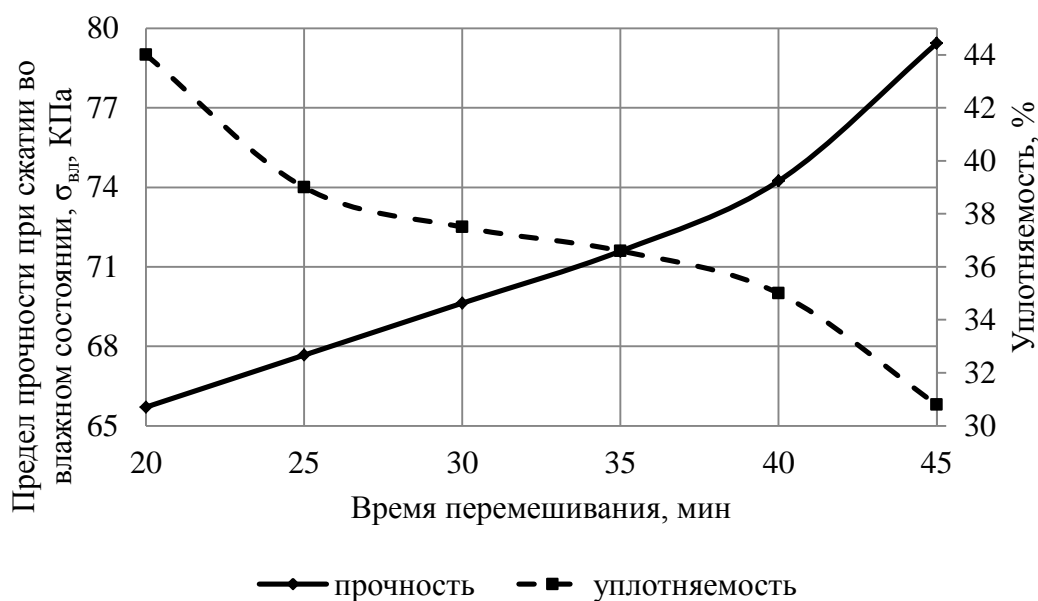


Рис. 1. Влияние времени перемешивания формовочных смесей с бентонитовой глиной на предел прочности при сжатии во влажном состоянии и уплотняемость

С помощью вискозиметра истечения ВЗ-4 определялась условная вязкость свежих водно-глинистых суспензий, а также суспензий после 24 часов выдержки. Определение условной вязкости для исходных суспензий 10 мас.%, 12 мас.% и 15 мас.% концентрация не велся ввиду высоких параметров вязкости. Также не удалось замерить условную вязкость 12 мас.% суспензии при добавлении 1 мас.% УЦР. Для 15 мас.% суспензии определение условной вязкости после приготовления стало возможным только после добавления раствора УЦР в количестве более 5 мас.%. Результаты измерения условной вязкости представлены на рис. 2.

Из графиков рис. 2 видно, что при увеличении содержания раствора УЦР в системе, происходит постепенное снижение условной вязкости суспензий. Например, условная вязкость свежей 7 мас.% суспензии при введении 1 мас.% УЦР снижается с 12,59 до 11,43 с, что составляет 11 %. Чем выше концентрация суспензии, тем при большем содержании УЦР достигается разжижение. Также снижается условная вязкость выдержанных в течение 24 часов суспензий: при введении 1 мас.% УЦР условная вязкость выдержанной в течение 24 часов 7 мас.% суспензии снижается на 22 % – с 16,59 до 12,87 с. Причем различие показаний условной вязкости между только что приготовленной суспензией и выдержанной уменьшаются на 10-30 % в зависимости от количества вводимого УЦР. Таким образом, это показывает, что УЦР способствует стабилизации параметров вязкости при суточной выдержке водно-глинистых суспензий [3].

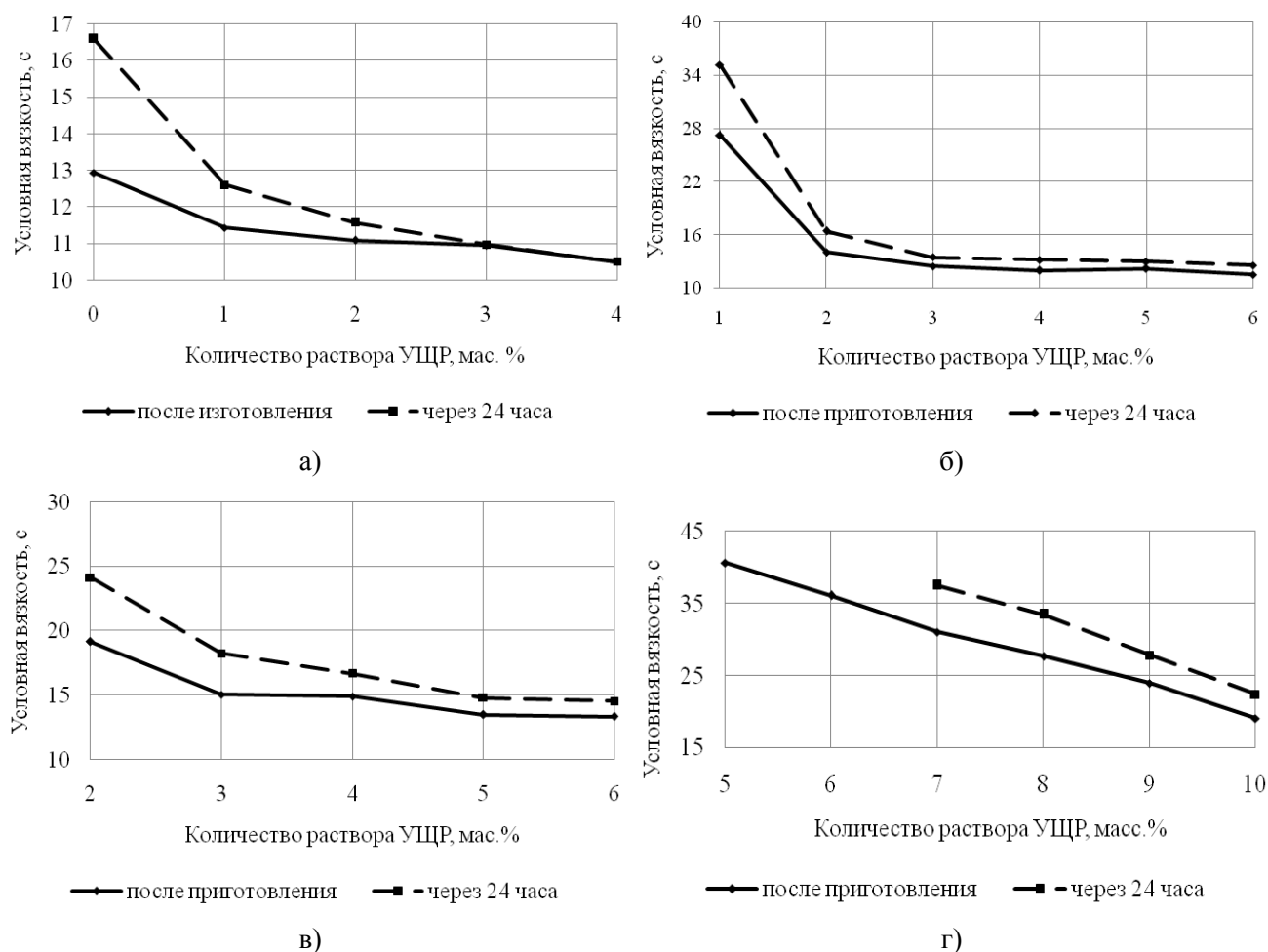


Рис. 2. Влияние количества УЦР на условную вязкость бентонитовых водно-глинистых суспензий

а – условная вязкость 7 мас.% водно-глинистой суспензии; *б* – условная вязкость 10 мас.% водно-глинистой суспензии; *в* – условная вязкость 12 мас.% водно-глинистой суспензии; *г* – условная вязкость 15 мас.% водно-глинистой суспензии

С помощью электронного растрового двухлучевого микроскопа FEI Versa 3D LoVac были получены микрофотографии, изображенные на рис. 3.

Сравнивая изображения суспензии на рис. 3, *а, б* видно, что на рис. 3, *а* присутствуют крупные глинистые частицы размером от 97,46 до 41,55 нм. При добавлении 1 мас.% УЦР к суспензии её рельеф становится более ровным вследствие того, что глинистые частицы не имеют острых граней и углов, размеры частиц сокращаются до 25,75-19,34 нм (рис. 3, *б*). Измельчение глинистой фазы говорит о том, что при обработке суспензии раствором УЦР происходит диспергирование глинистых частиц.

На рис. 3, *в, г* изображены глинистые частицы водно-глинистой суспензии. На рис. 3, *в* видно, что в структуре водно-глинистой суспензии без добавления УЦР образуются трещины размером до 4,29 нм, указывающие на присутствующие остаточные напряжения, которые могут привести к низким свойствам формовочной смеси, в частности – низкому пределу прочности. Размеры микротрещин в водно-глинистой суспензии, содержащей УЦР, сокращаются на 50 % и составляют 2,23 нм (рис. 3, *г*). Глинистая суспензия более пластична и в составе формовочной смеси будет равномерно обволакивать зерна песка, повышая технологические свойства смеси.

Таким образом, введение раствора УЦР в водно-глинистую суспензию способствует диспергации, то есть расщеплению глинистых частиц на более мелкие: уменьшение размеров

зерна происходит с 97,46 нм до 19,34 нм, что составляет 22 %. Также введение УЩР снижает напряжения, которые возникают в смеси, количество трещин сокращается, а их размер уменьшается на 50 %.

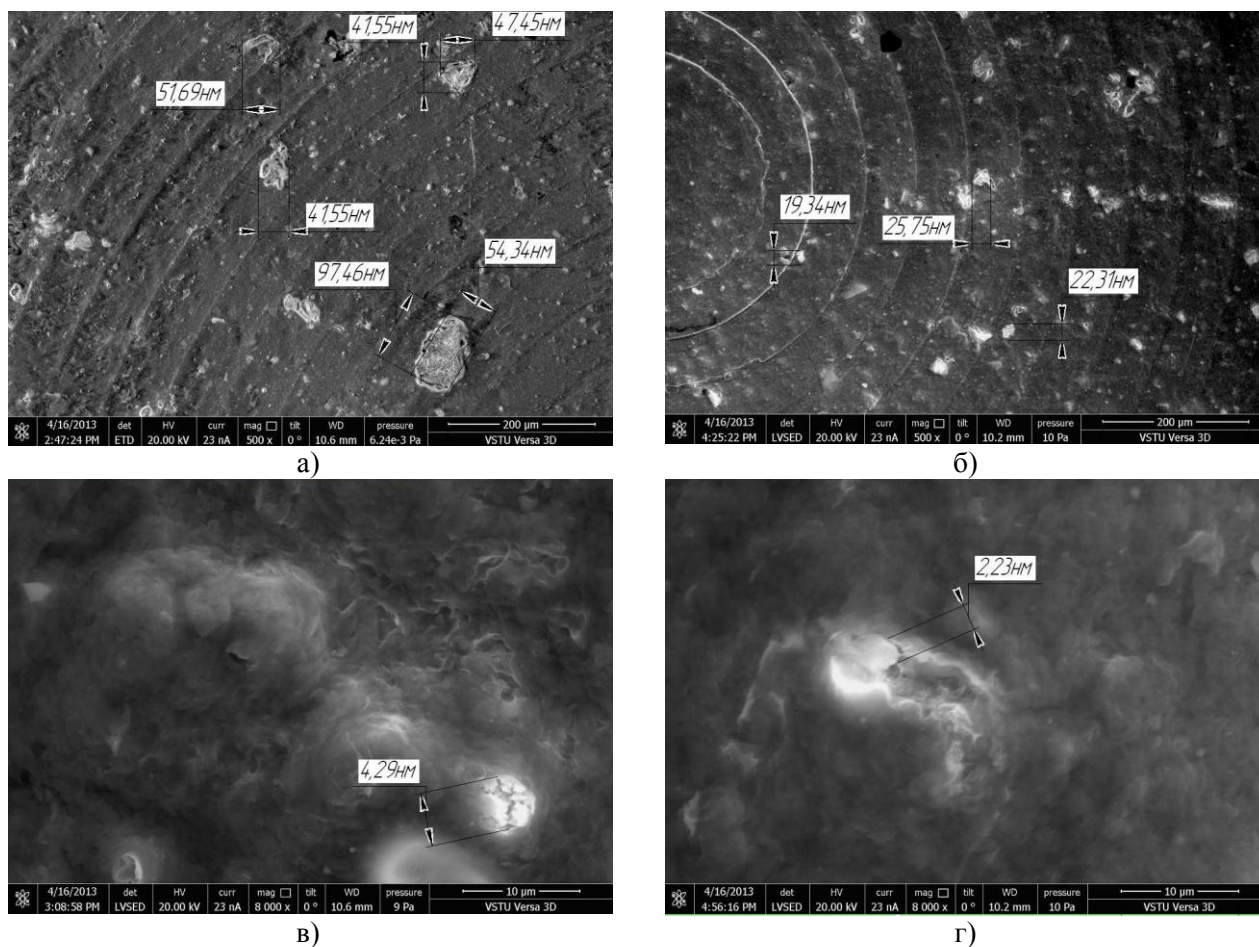


Рис. 3. Микрофотографии 7 мас.% водно-глинистой суспензии без добавления УЩР (а, б), с добавлением 1 мас.% УЩР (в, г); а, б – $\times 500$; в, г – $\times 8000$

Из приготовленных водно-глинистых суспензий изготавливались формовочные смеси на основе отработанной смеси с добавлением песка в качестве освежения. Формовочные смеси исследовались на влажность, предел прочности при сжатии во влажном состоянии, уплотняемость, текучесть по пробе Орлова, газопроницаемость по стандартным методикам. Полученные результаты представлены на рис. 4 и рис. 5.

Влажность смесей на основе 7, 10, 12 мас.% суспензии в среднем равнялась 5 %. Влажность смесей с 15 мас.% суспензией колебалась в пределах 4 – 4,5 %.

На рис. 4 видно, что с увеличением количества раствора УЩР предел прочности повышается для всех смесей. Для смесей с водно-глинистыми суспензиями концентрации 7 и 12 мас.% предел прочности повышается в среднем на 5,9 %; для смесей с 10 и 15 мас.% суспензиями – на 1,25 %. При повышении концентрации используемых суспензий, увеличивается значение предела прочности смеси, так как возрастает количество глинистых частиц, участвующих во взаимодействии с зёрнами песка.

При введении УЩР значение предела прочности при сжатии во влажном состоянии возрастает. Например, при использовании в смеси 7 мас.% суспензии, предел прочности равняется 82,38 КПа. При добавлении к данной суспензии 1 мас.% раствора УЩР предел прочности смеси возрастает на 5,7 % и составляет 87,28 КПа. Рост предела прочности смесей при

введении УЩР объясняется следующим образом. Суспензия с добавлением раствора УЩР является активированной, так как глинистые частицы, являясь прореагировавшими с УЩР, обладают большей степенью диспергирования (рис. 3, б), следовательно, глинистая фаза, содержащаяся в суспензии, имеет большую удельную площадь поверхности, что обеспечивает увеличение числа взаимодействий между глиной и зернами песка и ведет к возрастанию предела прочности при сжатии формовочной смеси. Дальнейшее увеличение содержания УЩР в 7 мас.% суспензиях не оказывает заметного влияния на предел прочности смеси, так как глинистые частицы уже являются прореагировавшими и их дальнейшее взаимодействие с УЩР происходит не существенно.

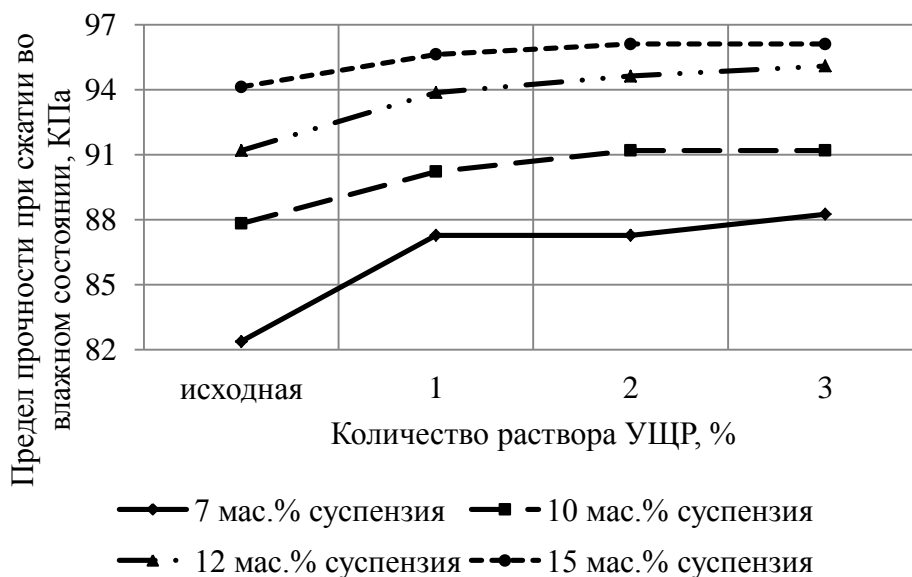


Рис. 4. Влияние УЩР на предел прочности при сжатии во влажном состоянии формовочных смесей с добавлением водно-глинистых суспензий различной концентрации

Снижение текучести формовочных смесей составляет в среднем 2,8 % (рис. 5, а). Значение текучести тесно связано с величиной предела прочности смеси во влажном состоянии — чем выше предел прочности, тем ниже текучесть [4].

Газопроницаемость всех исследуемых смесей колеблется в пределах 102-111 ед. Максимальный разброс значений не превышает 0,6 %. Это свидетельствует о том, что введение УЩР не закупоривает поры формовочной смеси и тем самым не влияет на ее пропускную способность. Таким образом, во время использования смеси не будут создаваться препятствия для удаления газообразных продуктов из полости формы в процессе заливки ее жидким металлом, и, следовательно, исключаются газовые дефекты получаемых отливок.

Из графика (рис. 5, б) видно, что смесь, содержащая 15 мас.% водно-глинистую суспензию, обладает большей газопроницаемостью по сравнению со смесями, где содержание глинистых составляющих ниже, т.е. теми, где используется 7, 10 и 12 мас.% суспензии. Согласно [5, 6] на газопроницаемость влияет не только количество глинистых составляющих, но и их распределение по поверхности зерен. В том случае, если глинистые частицы распределяются равномерно тонким слоем по поверхности зерна, происходит увеличение его условного диаметра, что ведет к повышению газопроницаемости. В противном случае — часть глинистого материала располагается между зернами песка и забивает поры, тем самым снижая газопроницаемость [5]. Анализируя график, представленный на рис. 5, б, можно отметить, что увеличение газопроницаемости формовочных смесей при увеличении концентрации используемых суспензий вызвано равномерным распределением глинистых частичек по поверхности зерен смеси.

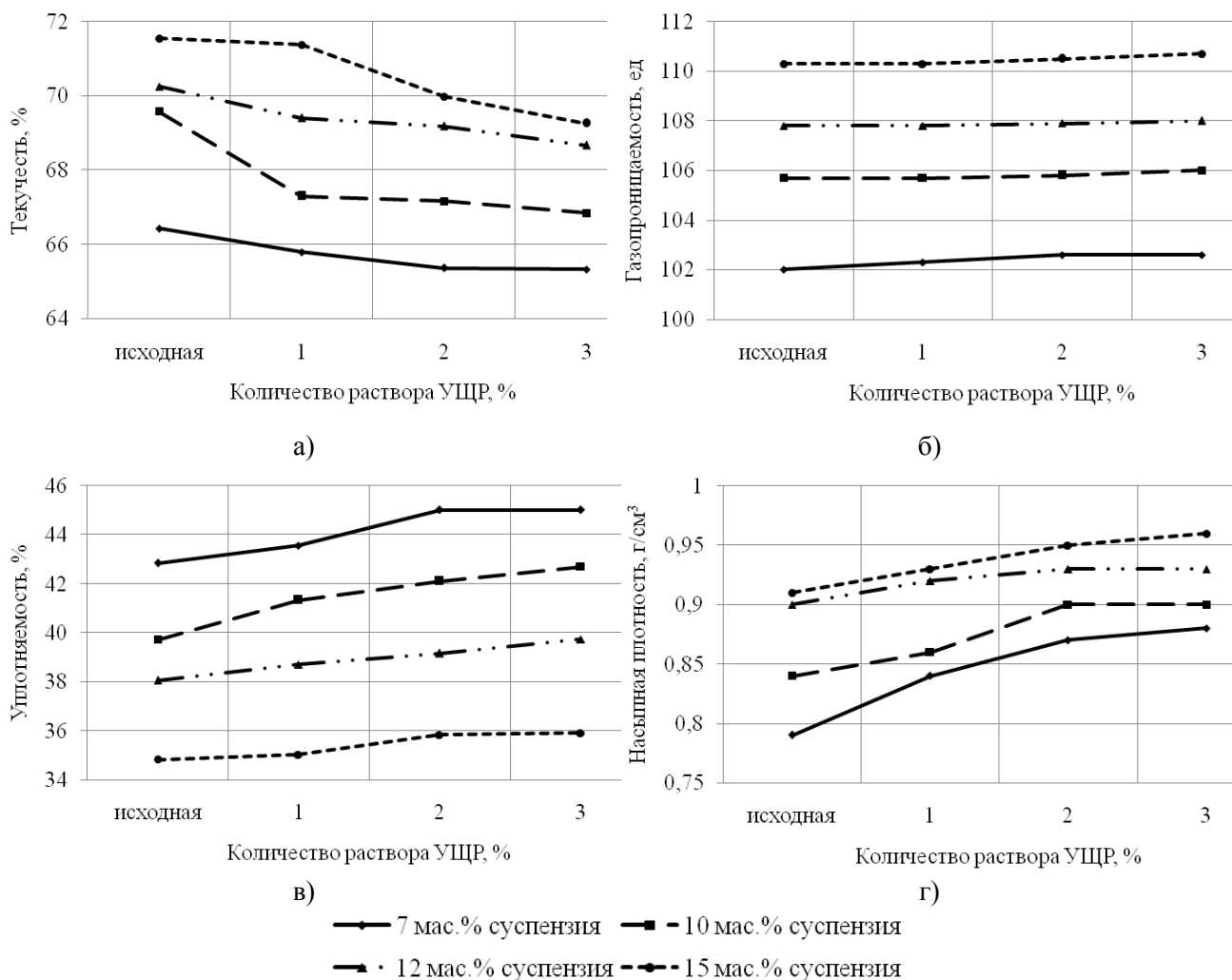


Рис. 5. Влияние УЩР на свойства формовочных смесей с добавлением водно-глинистых суспензий различной концентрации
 а – текучесть (по Орлову Г.М.); б – газопроницаемость;
 в – уплотняемость; г – насыпная плотность

Также рост газопроницаемости при увеличении количества вводимого УЩР вызван повышением степени дисперсности суспензий при обработке УЩР, так как мелкодисперсные составляющие более равномерно распределяются по поверхности зерен [6].

С увеличением концентрации суспензии уплотняемость формовочных смесей снижается (рис. 5, в), в то время как насыпная плотность растет (рис. 5, г).

По мере возрастания концентрации водно-глинистых суспензий количество глины по массе, которая содержится в их составе, увеличивается. Следовательно, формовочные смеси, содержащие суспензии различной концентрации, имеют различную массу в одном и том же объеме смеси, и эта масса тем больше, чем больше концентрация добавляемых суспензий. В свою очередь это ведет к увеличению насыпной плотности.

Таким образом, смеси с 15 мас.% суспензией имеют наибольшее значение насыпной плотности – 0,92 г/см³ и наименьшую степень уплотняемости – 35 %; смеси с 7 мас.% суспензией обладают наименьшей насыпной плотностью – 0,79 г/см³ и наибольшей уплотняемостью – 43 %. Однако показатели уплотняемости и насыпной плотности увеличиваются по мере увеличения количества УЩР в составе формовочных смесей. Их рост при использовании водно-глинистых суспензий, обработанных УЩР, объясняется тем, что данные суспензии полнее взаимодействуют с элементами смеси по сравнению с «чистыми» суспензиями,

ввиду их бóльшей степени диспергирования, отчего мелкие частицы занимают свободные места между более крупными, что увеличивает массу смеси в занимаемом объеме. Уплотняемость формовочных смесей при добавлении УЩР растет в среднем на 4,75 %, при этом повышается равномерность уплотнения формы. Среднее значение увеличения насыпной плотности составляет 6,8 %.

Таким образом, можно сделать вывод, что обработка водно-глинистых суспензий, используемых в качестве связующего для формовочных смесей, раствором УЩР снижает условную вязкость суспензий, количество и размеры дефектов структуры пленок, а также способствует расщеплению глинистых частиц на более мелкие, увеличивая тем самым степень диспергации глинистой фазы, вследствие чего глинистые частицы имеют бóльшую удельную площадь поверхности, что обеспечивает увеличение числа взаимодействий между глиной и зёрнами песка и ведет к возрастанию технологических свойств формовочной смеси: повышению предела прочности, насыпной плотности и уплотняемости. Использование понизителя вязкости – УЩР при изготовлении песчано-глинистых форм позволяет повысить качество отливок.

Библиографический список

1. Высококонцентрированные водно-глинистые суспензии / В. П. Бычков [и др.] // Литейное производство. 2000. №4. С. 20–21.
2. Пат. 486846 СССР Смесь для изготовления литейных форм / А. А. Волкомич, А. К. Кисляков, Ю. И. Крупчик, И. Б. Лурье, Т. М. Чапчикова, В. А. Родионов, В. А. Василенко; заявитель: НИИ технологии автомобильной промышленности. заявл. 07.05.74; опубл. 05.10.75, Бюл №37.
3. Влияние углещелочного реагента на вязкость водно-глинистых суспензий для песчано-глинистых смесей / Н. А. Кидалов [и др.] // Литейное производство, 2013. №9. С. 27–29.
4. **Гиршович, Н. Г.** Справочник по чугуному литью / Н. Г. Гиршович. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1978. – 758 с.
5. **Берг, П. П.** Качество литейной формы / П. П. Берг. – М.: Машиностроение, 1970. – 286 с.
6. **Берг, П. П.** Формовочные материалы / П. П. Берг. – М.: Машгиз, 1963. – 408 с.

*Дата поступления
в редакцию 03.02.2014*

N. A. Kidalov, A. S. Knyazeva

THE STUDY OF INFLUENCE VISCOSITY REDUCERS - LIGNIN-ALKALINE REAGENT ON BENTONITE WATER-CLAY SUSPENSIONS AND PROPERTIES MOULDING MIXTURE BASED ON SUSPENSION

Volgograd state technical university

Purpose: The reduction of viscosity of water-clay suspensions for the possibility to produce quality molds.

Design/methodology/approach: The experimental data were obtained with the performance of standard techniques to determine the technological properties of the objects of study.

Findings: The application of lignin-alkaline reagent in the composition of water-clay suspensions reduces their viscosity, promotes dispersion of clay particles, which leads to an increase in technological properties of the moulding mixture.

Research limitations/implications: The results of this study can be used in foundry, as well as in solving the hydrodynamic problems associated with transportation of highly-viscous non-Newtonian liquids.

Key words: water-clay suspensions, funnel viscosity, viscosity reducer, moulding mixture, lignin-alkaline reagent.