

УДК 621.746:669-14

Усенко Р. В., Жегур А. А., Мазорчук В. Ф., Хрычиков В. Е., Репях С. И., Мушенков Ю. А.

УСЛОВНАЯ ВЯЗКОСТЬ ЖИДКОСТЕКЛЬНО-ГЛИНИСТЫХ СУСПЕНЗИЙ

В настоящее время наиболее доступным и относительно недорогим связующим материалом для приготовления огнеупорных суспензий в литье по выплавляемым моделям является натриевое жидкое стекло с величиной силикатного модуля $M_{SiO_2} = 2,8...3,2$. Существенным недостатком жидкого стекла, как связующего материала для керамических оболочковых форм (КО), является невысокая термостойкость получаемых из него КО и, соответственно, относительно низкая и не стабильная размерная точность получаемых в них отливок. По этой причине жидкое стекло используют для приготовления огнеупорных суспензий на третий и последующие слои КО, добавляя в него помимо пылевидного кварца бентонитовую или каолиновую глину [1–3].

Особенность глин как наполнительного материала водных огнеупорных суспензий состоит в том, что при контакте с водой частицы глины поглощают ее и увеличивают свой размер в течение 24 ч. При этом изменяется вязкость огнеупорной суспензии и, соответственно, ее технологические свойства, предопределяющие, как физические свойства КО, так и качество отливок получаемых в этих КО.

Условная вязкость огнеупорной суспензии, при прочих равных условиях, зависит от вязкости и плотности её жидкой составляющей, наполненности пылевидным огнеупорным наполнителем, температуры. В современных цехах литья по выплавляемым моделям, использующих жидкостекляные суспензии, температура воздуха и, соответственно, суспензии, как правило, не регулируется, не определяется величина наполненности суспензии пылевидным наполнителем, данные о комплексном влиянии наполненности суспензии, плотности используемого жидкого стекла и его температуры на условную вязкость суспензии – отсутствуют. Всё это является одной из основных причин нестабильности свойств КО и качества получаемых в них отливок.

Цель работы – исследование влияния наполненности жидкостекляной суспензии глиной, плотности используемого жидкого стекла и его температуры на условную вязкость суспензии.

Исследования проводили на суспензиях, приготовленных на основе стекла жидкого натриевого (ГОСТ 13078-81) с величиной силикатного модуля $M_{SiO_2} = 3,0...3,2$ в интервале температур от 20 до 50 °С. В качестве наполнителя суспензий использовали просушенную глину бентонитовую марки П2Т2 (ТУ У – 00191253-006-00) и глину каолиновую марки Ч-3 (ТУ У 26.2-00190503-294:2007). Количество глины (наполненность – m), вводимой в водный раствор жидкое стекла, изменяли в пределах от 0,1 до 0,4 кг на 1 дм³ водного раствора жидкого стекла.

Приготовление жидкостекляной суспензии осуществляли следующим образом. Используемое жидкое стекло, воду техническую и глину выдерживали при $20 \pm 0,5$ °С в течение 24 ч. После этого, в соответствии с планом эксперимента, в жидкое стекло вливали в воду и, тщательно перемешивая, доводили его до нужной плотности (ρ). Определение плотности водного раствора жидкого стекла осуществляли ареометром с точностью до 0,0001 г/см³.

Для приготовления огнеупорной суспензии в приготовленные растворы жидкого стекла вводили соответствующие навески предварительно просеянных глин, перемешивали и выдерживали в течение 24...28 ч. По окончании выдержки, изменяя температуру суспензии в пределах от $t = 20$ до $t = 50$ °С, определяли условную вязкость приготовленных суспензий с использованием вискозиметра ВЗ-4 по методике [1], фиксируя по секундомеру время истечения суспензии из вискозиметра с точностью до 0,1 с.

За истинную величину условной вязкости суспензии (τ) при данных условиях проведения эксперимента принимали её среднее арифметическое значение по результатам проведения трёх измерений, если их величины не отличались между собой более чем на 5 %.

Для построения математической модели $\tau = f(\rho, m, t)$ полученные данные обрабатывали по методике, представленной в работе [2].

В результате математической обработки получили следующую эмпирическую зависимость для жидкостекольной суспензии с бентонитовой глиной:

$$\begin{aligned} \tau = & 9,111 \cdot \rho^2 \cdot m^2 \cdot t^2 - 22,046 \cdot \rho \cdot m^2 \cdot t^2 + 13,335 \cdot m^2 \cdot t^2 - 4,8021 \cdot \rho^2 \cdot m \cdot t^2 + 11,7756 \cdot \rho \cdot m \cdot t^2 - \\ & - 7,2147 \cdot m \cdot t^2 + 0,572 \cdot \rho^2 \cdot t^2 - 1,38914 \cdot \rho \cdot t^2 + 0,84302 \cdot t^2 - 788,435 \cdot \rho^2 \cdot m^2 \cdot t + 1887,82 \cdot \rho \cdot m^2 \cdot t - \\ & - 1130,26 \cdot m^2 \cdot t + 392,89 \cdot \rho^2 \cdot m \cdot t - 952,279 \cdot \rho \cdot m \cdot t + 576,917 \cdot m \cdot t - 45,303 \cdot \rho^2 \cdot t + 108,99 \cdot \rho \cdot t - \\ & - 65,542 \cdot t - 32938,2 \cdot \rho^2 \cdot m^2 + 79229,2 \cdot \rho \cdot m^2 - 47477 \cdot m^2 + 13048,25 \cdot \rho^2 \cdot m - 31441,2 \cdot \rho \cdot m + \\ & + 18889,3 \cdot m - 698,85 \cdot \rho^2 + 1707,9 \cdot \rho - 1027,9, \end{aligned} \quad (1)$$

где τ – условная вязкость, с;

ρ – плотность жидкого стекла, г/см³;

m – наполненность жидкостекольной суспензии глиной, кг/дм³;

t – температура жидкостекольной суспензии, °С;

– для жидкостекольной суспензии с каолиновой глиной:

$$\begin{aligned} \tau = & -16,46 \cdot \rho^2 \cdot m^2 \cdot t^2 + 42,371 \cdot \rho \cdot m^2 \cdot t^2 - 27,2428 \cdot m^2 \cdot t^2 + 6,82 \cdot \rho^2 \cdot m \cdot t^2 - 17,318 \cdot \rho \cdot m \cdot t^2 + \\ & + 10,9938 \cdot m \cdot t^2 - 0,4372 \cdot \rho^2 \cdot t^2 + 1,11962 \cdot \rho \cdot t^2 - 0,7164 \cdot t^2 + 808,4393 \cdot \rho^2 \cdot m^2 \cdot t - \\ & - 2076,814 \cdot \rho \cdot m^2 \cdot t + 1332,554 \cdot m^2 \cdot t - 405,32 \cdot \rho^2 \cdot m \cdot t + 1018,376 \cdot \rho \cdot m \cdot t - 639,8825 \cdot m \cdot t + \\ & + 27,37 \cdot \rho^2 \cdot t - 69,3095 \cdot \rho \cdot t + 43,8585 \cdot t + 14748,6 \cdot \rho^2 \cdot m^2 - 35984,07 \cdot \rho \cdot m^2 + 21957,77 \cdot m^2 - \\ & - 1347,92 \cdot \rho^2 \cdot m + 3396,982 \cdot \rho \cdot m - 2134 \cdot m + 153,6 \cdot \rho^2 - 367,4339 \cdot \rho + 231,342. \end{aligned} \quad (2)$$

Оценку точности полученных математических моделей проводили по результатам определения величины относительной погрешности между расчетными и экспериментальными данными величины τ . Результаты расчётов показали, что величина индекса аппроксимации для полученных математических моделей составляет 0,977, что позволяет рекомендовать их к использованию в инженерных расчётах [3]. Используя математические модели, построили графические зависимости $\tau = f(\rho, m, t)$, представленные на рис. 1–3.

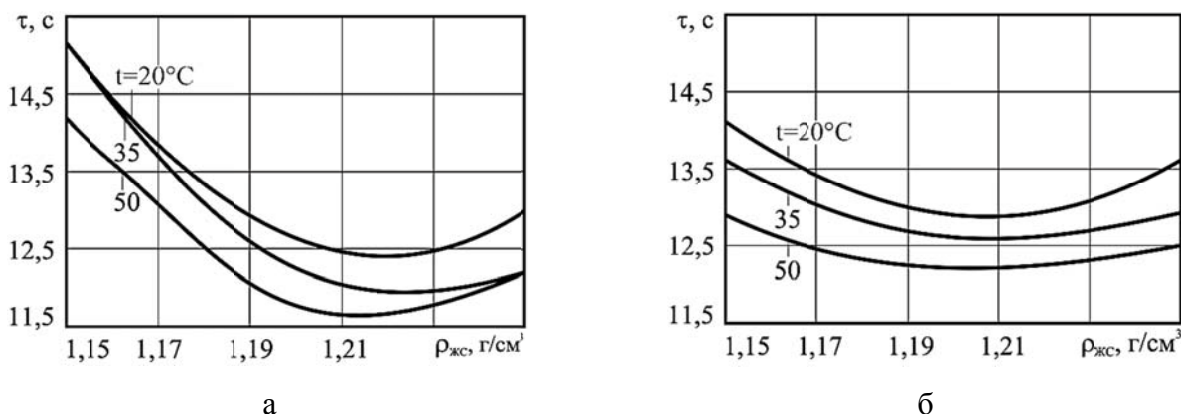


Рис. 1. Зависимость условной вязкости жидкостекольной суспензии с бентонитовой (а) и каолиновой (б) глиной от плотности жидкого стекла и температуры при $m = 0,25$ кг/дм³

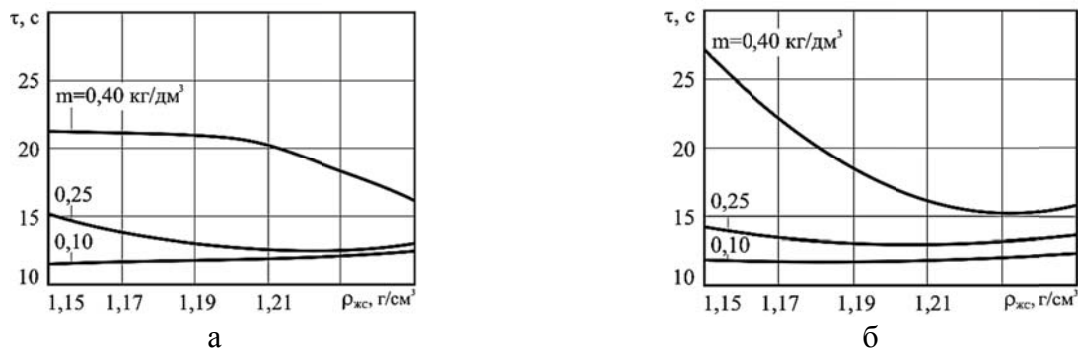


Рис. 2. Зависимость условной вязкости жидкостекольной суспензии с бентонитовой (а) и каолиновой (б) глиной от плотности жидкого стекла и наполненности суспензии при $t = 20^\circ\text{C}$

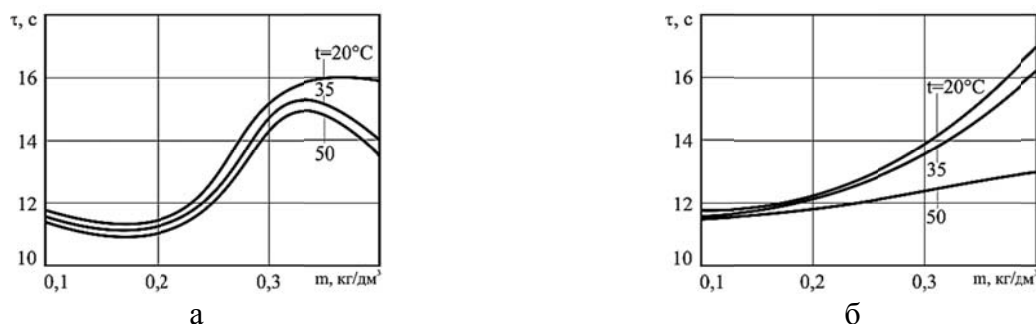


Рис. 3. Зависимость условной вязкости жидкостекольной суспензии с бентонитовой (а) и каолиновой (б) глиной от наполненности суспензии при $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$ и температуры

Анализ зависимостей на рис. 1–3 показывает, что условная вязкость жидкостекольно-глинистых суспензий в интервале температур от 20 до 50°C носит достаточно сложный характер и требует обязательного учёта при их приготовлении и использовании в составе КО. При этом следует отметить, что повышением температуры суспензии содержание в ней глины может быть увеличено в $1,1 \dots 1,3$ раза, без изменения её условной вязкости, которую она имела бы при более низкой температуре.

ВЫВОДЫ

Результаты проведенных исследований позволили установить объективное влияние бентонитовой и каолиновой глины, как наполнителя, на условную вязкость жидкостекольной суспензии, в зависимости от её наполненности и температуры, а также плотности применяемого натриевого жидкого стекла, что следует учитывать при использовании глин данных марок в составе жидкостекольных суспензий.

По результатам экспериментов получены математические модели с величиной относительной погрешности менее $2,5\%$. Установлено, что с повышением температуры суспензии содержание в ней глины может быть увеличено в $1,1 \dots 1,3$ раза, без изменения её условной вязкости, которую она имела бы при более низкой температуре.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Репях С. И. Технологические основы литья по выплавляемым моделям / С. И. Репях. – Днепропетровск : Лира, 2006. – 1056 с.
2. Жегур А. А. Методика построения эмпирических моделей / А. А. Жегур // Литьё Украины. – 2010. – № 11 (123). – С. 10–19.
3. Белай Г. Е. Организация металлургического эксперимента / Г. Е. Белай, В. В. Дембовский, О. В. Соценко. – М. : Металлургия, 1993. – 254 с.

Статья поступила в редакцию 27.10.2011 г.