



Усенко Р.В., Мазорчук В.Ф. /к.т.н./, Репях С.И. /к.т.н./

Национальная металлургическая академия Украины

Жегур А.А. /к.т.н./

ООО «НТП «Новые машины и технологии»

Огнеупорная суспензия буферных слоев керамических оболочковых форм для литья по выплавляемым моделям

В результате проведения экспериментальных исследований установлено, что с повышением плотности водного раствора ортофосфорной кислоты, наполненности огнеупорной суспензии и со снижением её температуры условная вязкость суспензии монотонно возрастает. Наиболее существенное повышение условной вязкости огнеупорной суспензии наблюдается при снижении её температуры. Разработана математическая модель зависимости условной вязкости огнеупорной суспензии от основных параметров её приготовления и использования, позволяющая с погрешностью не более 2,5 % рассчитывать ее значение. Ил. 1. Библиогр.: 4 назв.

Ключевые слова: суспензия, вязкость, температура, плотность, зола, математическая модель, точность

As a result of experimental studies found that as the density of the aqueous solution of phosphoric acid, and the fullness of the refractory slurry to lower its temperature, relative viscosity of the suspension increases. The most significant increase in the conditioned refractory slurry viscosity observed when reducing its temperature.

A mathematical model based refractory slurry relative viscosity of the main parameters of its preparation and use, allowing with an accuracy of 2.5% to calculate its value.

Keywords: suspension, viscosity, temperature, density, ash, mathematical models, accuracy

Постановка проблемы и состояние вопроса

В настоящее время для изготовления керамических оболочковых форм (КО) для литья по выплавляемым моделям общемашиностроительного назначения в качестве связующего вещества используют гидролизованные растворы этилсиликата (ГРЭС), кремнезоль или жидкое стекло с кварцем пылевидным, дистен-силлиманитом или электрокорундом. При этом все слои КО выполняют либо на ГРЭС либо делают их комбинированными. В комбинированных КО первые 2-3 слоя выполняют на ГРЭС или кремнезоль, а жидкое стекло используют для выполнения последующих слоёв КО. Керамические оболочковые формы, изготовленные только на жидком стекле, не применяются, т.к. они обладают низкой огнеупорностью и термостойкостью.

Одним из перспективных связующих материалов, которые позволяют повысить огнеупорность и термостойкость комбинированных жидкостекольных КО, является ортофосфорная кислота, наполненная пылевидной золой тепловой электростанции (ТЭС). Перспективность применения ортофосфорной кислоты обусловлена её относительной дешевизной, доступностью, необходимым уровнем физико-химических свойств и их стабильностью во времени. Зола является техногенным продуктом – результатом сжигания каменного угля и по стоимости на несколько порядков дешевле кварца пылевидного, дистен-силлиманита и электрокорунда. Тем не менее, ортофосфорную кислоту, как связующее вещество, и золу, как наполнитель огнеупорной суспензии для выполнения буферных слоёв (слоя) при производстве

жидкостекольных КО, в литье по выплавляемым моделям не используют. Соответственно в настоящее время отсутствуют данные и о зависимости условной вязкости ортофосфорных огнеупорных суспензий от их наполненности пылевидной золой, температуры и плотности используемой ортофосфорной кислоты.

Постановка задачи исследования

Задача исследований – определить влияние наполненности ортофосфорной огнеупорной суспензии пылевидной золой, температуры суспензии и плотности используемой ортофосфорной кислоты на условную вязкость огнеупорной суспензии.

Основные результаты исследований

Для приготовления огнеупорной суспензии использовали следующие материалы: кислота ортофосфорная техническая (ТУ У 6-05766356.037-98) плотностью $\rho = 1,59-1,61$ г/см³ (при 20 °С), вода техническая, зола Приднепровской ТЭС с относительной влажностью 0,5 % по массе. Перед использованием золу просеивали через сито с ячейкой 2×2 мм.

Приготовление суспензии на основе кислоты ортофосфорной осуществляли при 20±0,5 °С следующим образом. Кислоту ортофосфорную, воду и золу предварительно выдерживали при 20±0,5 °С в течение не менее 24 ч. После выдержки кислоту ортофосфорную порционно вливали в воду, перемешивали раствор и доводили до нужной плотности. Плотность раствора измеряли ареометром с точностью до 0,01 г/см³.

В приготовленный раствор вводили соответствующую навеску золы-уноса в 2-3 приёма при непрерывном перемешивании. По окончании ввода последней порции навески золы, раствор перемешивали в

течение 1-2 мин. С момента ввода золы в ортофосфорную кислоту из раствора начинают выделяться газовые пузыри. В связи с этим раствор выдерживали в течение не менее 24 ч. Непосредственно перед определением условной вязкости испытуемый раствор тщательно перемешивали. Условную вязкость определяли по вискозиметру ВЗ-4 [1]. Время истечения суспензии из вискозиметра фиксировали по секундомеру с точностью 0,5 с.

Испытаниям подвергали суспензии для приготовления, которых использовали водные растворы ортофосфорной кислоты с плотностью от 1,3 до 1,5 г/см³ определенной при 20 °С. Температуру суспензий в процессе проведения исследований изменяли в пределах от 20 до 50 °С, а их наполненность золой – в пределах от 0,25 до 0,75 кг/дм³ водного раствора ортофосфорной кислоты.

Математическую зависимость между исследуемыми параметрами рассчитывали по методике, приведенной в [2]. По результатам проведенных вычислений получили следующую эмпирическую зависимость:

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

где τ – время истечения суспензии из вискозиметра (условная вязкость), с; ρ – плотность ортофосфорной кислоты, г/см³; m – наполненность суспензии золой, кг/дм³; t – температура суспензии, °С.

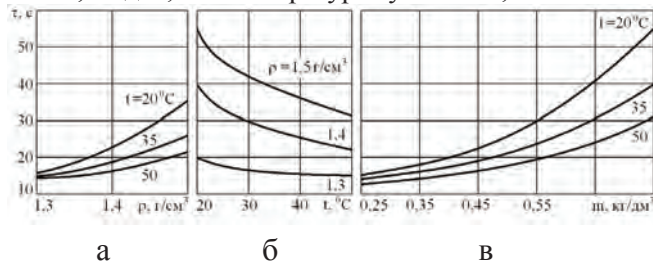


Рисунок. Зависимость условной вязкости суспензии от плотности ортофосфорной кислоты и температуры при $m = 0,6$ кг/дм³ (а); от плотности ортофосфорной кислоты и наполненности суспензии при $t = 20$ °С (б); от наполненности суспензии и температуры при $\rho = 1200$ кг/м³ (в)

Точность полученной математической модели оценивали по величине относительной погрешности между расчетными и экспериментальными данными. Результаты проведенных расчетов и сравнительный анализ показали, что индекс аппроксимации для полученной математической модели составляет 0,977, а величина наибольшей относительной ошибки между экспериментальными и расчетными данными не превышает 2,5 %. Высокий коэффициент аппроксимации и низкая величина максимальной относительной ошибки между экспериментальными и расчетными данными позволяет рекомендовать разработанную математическую модель для использования в инже-

нерных расчетах при изменении исследованных параметров в указанных выше пределах [3].

Используя математическую модель, построили графические зависимости $\tau = f(\rho, m, t)$, представленные на рисунке.

Анализ зависимостей на рисунке показывает, что условная вязкость суспензии на основе кислоты ортофосфорной и золы возрастает с понижением её температуры, увеличением плотности водного раствора ортофосфорной кислоты и наполненности суспензии золой. При этом характер полученных зависимостей аналогичен характеру подобных зависимостей для суспензий на основе жидкого стекла с кварцем пылевидным, а также жидкого стекла и золой, которые приведены в [4].

Выводы

1. С повышением плотности водного раствора ортофосфорной кислоты, наполненности огнеупорной суспензии и со снижением её температуры условная вязкость суспензии монотонно возрастает.

2. Наиболее существенно изменение величины условной вязкости огнеупорной суспензии наблюдается при изменении её температуры, что следует учитывать при использовании огнеупорной суспензии в литейных цехах с неуправляемой температурой воздуха в отделении изготовления керамических оболочковых форм.

3. Разработанная математическая модель зависимости условной вязкости огнеупорной суспензии от основных параметров её приготовления и использования позволяет с высокой степенью надежности проводить корректировку ее состава в реальных условиях производства литья.

4. Использование пылевидных материалов техногенного происхождения позволяет более чем в ~2,5 раза снизить себестоимость керамических оболочковых форм, за счет замены дорогостоящих пылевидных материалов природного и искусственного происхождения

Библиографический список

1. Репях С.И. Технологические основы литья по выплавляемым моделям. - Днепрпетровск: Лира, 2006. – 1056 с.
2. Жегур А.А. Методика построения эмпирических моделей // Литьё Украины. - 2010. – № 11(123). – С. 10–19.
3. Организация металлургического эксперимента / Г.Е. Белай, В.В Дембовский, О.В. Соценко. – М.: Металлургия, 1993. – 254 с.
4. Условная вязкость жидкостекольной суспензии / А.А. Жегур, С.И. Репях, Р.В. Усенко // Металл и литье Украины. – 2011. – № 4. – С. 29–32.

Поступила 07.08.2013