

Определение термостойкости керамических оболочковых форм для литья по выплавляемым и выжигаемым моделям

Разработана методика определения термостойкости керамических оболочковых форм для литья по выплавляемым и выжигаемым моделям. Исследовано влияние среднего размера зерна огнеупорного обсыпочно-материала, толщины стенки керамической оболочковой формы и времени ее выдержки при температуре прокаливания на трещиностойкость жидкостекольных керамических оболочковых форм. (Ил. 1. Библиогр.: 4 назв.).

Ключевые слова: термостойкость, керамическая оболочковая форма, температура, нагрев, охлаждение, трещина, кварцевый песок.

A method for determining the thermal stability of the ceramic shell molds for investment casting patterns and burnt out. The effect of the average grain size of the crystalline refractory material, the wall thickness of the ceramic shell mold and its time at temperature to calcination crack resistance of ceramic shell molds manufactured using the liquid glass.

Key words: heat resistance, ceramic shell mold, temperature, heating, cooling, crack, quartz sand.

Постановка проблемы и состояние вопроса

Термостойкость керамических оболочковых форм (КО) – один из показателей ее качества, предопределяющий технологию, цикл производства литья по выплавляемым моделям и, соответственно, определяющий энергоемкость и себестоимость процесса. Чем выше термостойкость используемых КО, тем короче цикл производства литья и меньше его энергоемкость за счет сокращения продолжительности прокаливания КО.

В настоящее время термостойкость КО принято оценивать величиной температурного градиента или разницей между начальной температурой КО и начальной температурой в печи, при которых в КО в процессе нагрева или охлаждения появляются трещины. Поскольку при нагреве или охлаждении в любом теле образуются трещины, в результате превышения внутренними напряжениями величины предела прочности его материала, то для теоретической оценки влияния параметров материала керамической оболочковой формы на величину внутренних напряжений в ней, а следовательно, и ее термостойкости, используют формулу У. Д. Кингери [1]:

$$|\sigma_{ВН}| = \frac{\alpha \cdot E \cdot (T_1 - T_2)}{1 - \mu}, \quad (1)$$

где $\sigma_{ВН}$ – величина внутренних напряжений в КО, МПа; E – модуль упругости материала КО,

МПа; α – коэффициент термического линейного расширения (КТЛР) КО, град⁻¹; μ – коэффициент Пуассона материала КО; T_2 и T_1 – температура на внешней и внутренней поверхности КО соответственно, К.

В соответствии с формулой (1), возникающие в КО термические напряжения (по абсолютной величине) тем меньше, чем меньше КТЛР, модуль упругости и коэффициент Пуассона материала КО, а также чем меньше перепад температуры по сечению стенки керамической оболочковой формы. Поскольку у огнеупорных материалов значения модулей упругости и коэффициентов Пуассона различаются незначительно, то решающее значение приобретает величина КТЛР материала керамической оболочковой формы и перепад температур в ее стенке. То есть при всех прочих равных условиях наибольшей термостойкостью обладают КО, выполненные из материалов с низким КТЛР, высокой теплопроводностью, низкой теплоемкостью и с меньшей толщиной стенки.

Величина КТЛР материала КО в основном предопределяется величиной КТЛР материалов, используемых для изготовления КО (пылевидного и зернистого огнеупорного материала), а также величиной пористости материала стенок КО. Чем меньше величина КТЛР используемых материалов и больше пористость самого материала КО, тем выше термостойкость КО.

В реальных условиях производства уменьшения КТЛР материала КО достигают тем, что при обсыпке слоев покрытия используют огнеупорные материалы с низким КТЛР (плавленый кварц, дистен-силлиманит, белый электрокорунд, высокоглиноземистый шамот, перидунитово-дунитовый песок, фарфоровую крошку и т. д.). Для повышения пористости материала КО при их изготовлении используют предварительно вспененную огнеупорную суспензию, один и более слоев КО, начиная со второго, присыпают пористым зернистым материалом – аглопоритом, пеношамотом, зольным керамзитом, гранулированным модельным составом, вермикулитом [1] и т. п. Для повышения термостойкости тело КО также выполняют комбинированным, где, например, один из слоев КО выполняют податливым с величиной КТЛР $(0,5...1,2) \cdot 10^{-6}$ 1/град, используя в качестве наполнителя огнеупорной суспензии смесь из плавленого кварца и фтористого кальция [2], в состав суспензии вводят в виде добавки алюмосиликат [3] и т. п.

Несмотря на значительное число способов повышения термостойкости КО в целом, нерешенным остается вопрос о повышении термостойкости кварцевых КО, изготавливаемых на основе жидкого стекла. В связи с этим, несмотря на значительные преимущества жидкого стекла в сравнении с этилсиликатом и кремнезолями, в настоящее время кварцевые КО на основе жидкого стекла применяют ограниченно, преимущественно для получения отливок общемашиностроительного назначения. При этом для повышения термостойкости такие КО обрабатывают в водном растворе кислой соли с последующей выдержкой в течение ~24 ч в скипидаре, что делает такую технологию достаточно затратной и снижает ее технологическую привлекательность.

Постановка задачи исследования

Исследование влияния параметров жидкостекляной кварцевой керамической оболочко-

вой формы на ее трещиностойчивость при нагреве и охлаждении.

Основные результаты исследований

Определение термостойкости КО проводили на образцах, изготовленных путем послойного нанесения огнеупорного покрытия на пластины из пенополистирола с удельной плотностью 10 кг/м^3 , имеющих размеры $50 \times 100 \times 10 \text{ мм}$.

Для испытания на образец предварительно наносили определенное количество слоев огнеупорного покрытия с обсыпкой каждого слоя зернистым огнеупорным материалом по технологии, описанной в работе [4]. В качестве огнеупорного обсыпочно-го материала использовали кристаллический кварц со средним размером зерна от 0,01 до 0,41 мм. Каждый слой сушили перед нанесением следующего в течение 45...120 мин на воздухе при температуре 28...30 °С, относительной влажности 60...65 % и скорости воздуха 0,5...0,7 м/с. Первый и последний слой обрабатывали веществом-коагулянт жидкого стекла. После сушки образцы прокаливали, для чего помещали их на 15...20 мин в печь сопротивления, предварительно нагретую до 950 ± 10 °С.

В настоящей работе оценку термостойкости проводили по количеству и общей длине трещин, образовавшихся в процессе прокаливания и охлаждения образца.

Результаты оценки термостойкости испытуемых КО представлены в виде зависимостей и гистограмм на рис. 1. На рис. 1а толщину КО увеличивали за счет использования крупных фракций кварцевого песка.

Анализ зависимостей на рис. 1 показывает, что на трещиностойчивость существенное влияние оказывает средний размер зерна огнеупорного обсыпочно-го материала, толщина стенки и время выдержки КО в печи. Чем больше средний размер зерна огнеупорного обсыпочно-го материала, толщина стенки КО и время ее выдержки при температуре прокаливания, тем выше термостойкость. Увеличение средне-

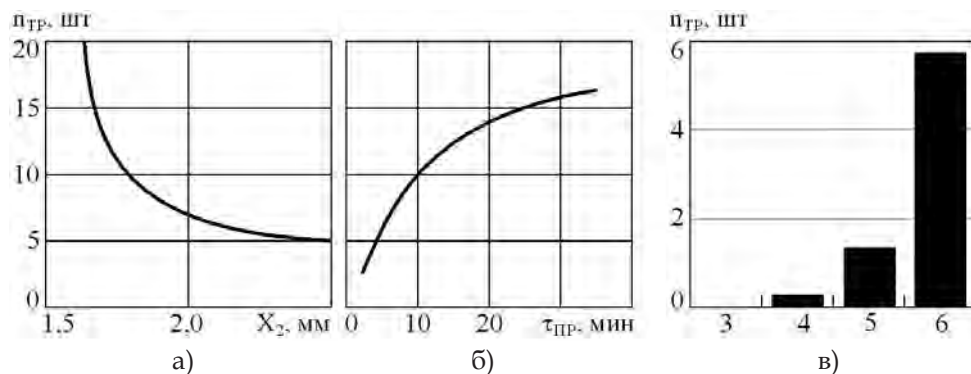


Рис. 1. Зависимость числа трещин в КО от толщины ее стенки (а), длительности прокаливания при 950 ± 10 °С (б) и числа слоев КО (в)

го размера зерна в пределах от 0,315 до 0,4 мм огнеупорного обсыпочногo материала приводит к значительному увеличению толщины стенки КО и, согласно литературным источникам, повышает прочность формы [1], что приводит к росту трещиностойкости КО.

В части влияния толщины стенки КО полученные закономерности противоречат зависимости, рассчитанной по формуле У. Д. Кингери (1). По-видимому, это несоответствие обусловлено образованием сетки микротрещин в теле КО в процессе ее термообработки, что уменьшило величину возникших напряжений до значений, не превышающих предел прочности КО.

Выводы

Установлено, что трещиностойкость жидкостекольных КО повышается с увеличением среднего размера зерна в пределах от 0,315 до 0,4 мм огнеупорного обсыпочногo материала, толщины стенки КО (количества слоев огнеупорного покрытия от 3 до 6 шт.) и уменьшением времени ее выдержки при температуре прокаливания.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее перспективным направлением повышения термостойкости является изготовление тонкостенных керамических оболоч-

ковых форм с использованием крупных фракций кварцевого песка.

Библиографический список

1. Репях С. И. Технологические основы литья по выплавляемым моделям / С. И. Репях. – Днепродзержинск: Лира, 2006. – 1056 с.
2. Литье по выплавляемым моделям. 3-е изд. перераб. и доп. / В. Н. Иванов, С. А. Казеннов, Б. С. Курчман [и др.]; под ред. Я. И. Шкленника, В. А. Озерова. – М.: Машиностроение, 1984. – 408 с.
3. Писарев И. Е. Свойства двухслойных керамических оболочек / И. Е. Писарев // Литейное производство. – 1972. – № 10. – С. 11-13.
4. Новый способ прокаливания форм отливок по выплавляемым моделям / В. А. Черников, О. К. Севрук, В. К. Доценко [и др.] // Литейное производство. – 1969. – № 7. – С. 31-32.
5. Усенко Р. В. Коэффициент линейного расширения керамических оболочковых форм на основе жидкого стекла / Р. В. Усенко, С. И. Репях, В. Е. Хрычиков, О. С. Наумов // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2012. – № 2. – С. 29-32.

Поступила 20.01.2016

