

Линейное расширение керамических оболочковых форм

Приведен уточненный расчет коэффициента линейного расширения керамической оболочковой формы (КО).

Ключевые слова: форма, расширение, температура, электрокорунд, точность отливок

Одним из основных параметров керамических оболочковых форм (КО), используемых в литье по выплавляемым моделям, является коэффициент их линейного расширения ($\alpha_{КО}$), величину которого используют в расчетах размеров рабочих полостей пресс-форм, применяемых для получения выплавляемых моделей отливок. Особенностью КО как формообразующего элемента литейной технологии является ее высокая температура к моменту заливки металлом, что в сочетании с дополнительным нагревом КО от залитого в нее расплава может стать причиной существенного увеличения габаритных размеров отливки.

В реальных условиях изготовления отливок в КО учет всех факторов, влияющих на изменение размеров рабочих полостей КО, весьма проблематичен. Для проведения технических расчетов при значениях пористости КО до 30 % величину коэффициента линейного расширения КО, которая изготовлена из огнеупорных материалов, не разлагающихся, не спекающихся, не имеющих полиморфных превращений и не образующих химических соединений между собой в рабочем интервале температур КО, можно рассчитать по эмпирической формуле работы [1].

С целью повышения точности расчета на КО, изготовленных на основе зернистого электрокорунда, пылевидного дистен-силлиманита и гидролизованного спиртового раствора этилсиликата марки ЭТС-40, провели экспериментальные исследования влияния условий изготовления отливок на величину линейного расширения КО, в которых использовали термостатированные КО, то есть КО со строго регламентированной начальной температурой к моменту заливки их расплавом. Заливку испытуемых КО осуществляли хромоникелевыми сталями или жаропрочными никелевыми сплавами.

Результаты проведенных экспериментальных исследований позволили уточнить формулу, приведенную в работе [1], преобразовав ее к виду (%)

$$\alpha_{КО} = 100E [Z (t_{\text{Теч}} - t_2) + t_2]; \quad (1)$$

$$E = \frac{k_{\text{ОБ}} U_{\text{ОБ}} + k_{\text{Н}} U_{\text{Н}} + k_{\text{СВ}} U_{\text{СВ}}}{U_{\text{КО}}};$$

$$U_{\text{КО}} = U_{\text{ОБ}} + U_{\text{Н}} + U_{\text{СВ}};$$

$$Z = 1 - \frac{1}{e^A};$$

$$A = \frac{Rc_1^1 \rho_1^1}{2X_2 c_2 \rho_2 \left(1 - \frac{\Pi}{100}\right)};$$

$$c_2 = \frac{c_{\text{ОБ}} U_{\text{ОБ}} + c_{\text{Н}} U_{\text{Н}} + c_{\text{СВ}} U_{\text{СВ}}}{U_{\text{КО}}};$$

$$\rho_2 = \frac{\rho_{\text{ОБ}} U_{\text{ОБ}} + \rho_{\text{Н}} U_{\text{Н}} + \rho_{\text{СВ}} U_{\text{СВ}}}{U_{\text{КО}}};$$

где $k_{\text{ОБ}}$, $k_{\text{Н}}$, $k_{\text{СВ}}$ – коэффициенты термического линейного расширения обсыпочногo материала КО, пылевидного наполнителя огнеупорной суспензии и связующего вещества огнеупорной суспензии соответственно, $^{\circ}\text{C}^{-1}$; t_2 – температура КО к моменту ее заливки металлом, $^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{Теч}}$ – средняя температура течения расплава в КО, $^{\circ}\text{C}$; $U_{\text{ОБ}}$, $U_{\text{Н}}$, $U_{\text{СВ}}$ – средние объемы обсыпочногo материала КО, пылевидного наполнителя огнеупорной суспензии и связующего вещества огнеупорной суспензии, расходуемого на один слой КО соответственно, м^3 ; R – модуль охлаждения отливки, м ; X_2 – средняя толщина стенки КО, м ; c_1^1 , c_2 – средние удельные теплоемкости жидкого металла и КО (при 20°C) соответственно, Дж/кг ; ρ_1^1 , ρ_2 – плотности жидкого металла и КО (при 20°C) соответственно, кг/м^3 ; Π – пористость КО, %.

$$R = \frac{U}{F}, \quad (2)$$

где U – объем отливки, м^3 ; F – площадь поверхности отливки, контактирующей с КО, м^2 .

В соответствии с формулой (1) коэффициент линейного расширения КО возрастает с повышением пористости КО, увеличением температуры заливки металла в форму и начальной температуры КО, повышением соотношения R/X_2 .

Исследования теплофизических свойств КО, изготовленных на основе электрокорунда зернистого, дистен-силлиманита пылевидного и гидролизованного раствора этилсиликата марки ЭТС-40, а также условий заполнения КО жидкой сталью на промышленных предприятиях, серийно производящих литье по выплавляемым моделям особо ответственного назначения, показали, что пределы изменения параметров в формуле (1), как правило, соответствуют значениям, приведенным в таблице.

Сравнительный анализ пределов изменения па-

Пределы изменения параметров

Параметр	Величина параметра	
	минимальная	максимальная
Π , %	$\Pi - 4$	$\Pi + 4$
$t_{\text{ТЕЧ}}$, °C	$t_{\text{ТЕЧ}} - 10$	$t_{\text{ТЕЧ}} + 10$
t_2 , °C	$t_2 - 10$	$t_2 + 10$
$U_{\text{ОБ}}$, М³	0,031328	0,035842
$U_{\text{Н}}$, М³	0,007592	0,008523
$U_{\text{СВ}}$, М³	0,002377	0,002453

параметров в формуле (1) показывает, что коэффициент линейного расширения КО (при прочих равных условиях) зависит от свойств материалов, используемых для ее изготовления. При этом величина линейного расширения КО тем меньше, чем толще стенка КО. Исходя из этого, в качестве основного мероприятия, наиболее эффективно стабилизирующего величину коэффициента линейного расширения КО, а следовательно, и размерную точность отливок особо ответственного назначения, следует принять использование толстостенных КО.

Пределы изменения величины коэффициента линейного расширения КО (с учетом данных таблицы) рассчитывали по формуле

$$\Delta_{\text{КО}} = \alpha_{\text{КО}}^{\text{max}} - \alpha_{\text{КО}}^{\text{min}}; \quad (3)$$

$$\alpha_{\text{КО}}^{\text{max}} = 100E^{\text{max}} \left[Z^{\text{max}} (t_{\text{ТЕЧ}}^{\text{max}} - t_2^{\text{max}}) + t_2^{\text{max}} \right];$$

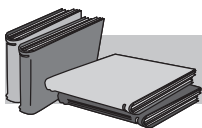
$$E^{\text{max}} = \frac{k_{\text{ОБ}} U_{\text{ОБ}}^{\text{max}} + k_{\text{Н}} U_{\text{Н}}^{\text{max}} + k_{\text{СВ}} U_{\text{СВ}}^{\text{max}}}{U_{\text{КО}}^{\text{max}}};$$

$$U_{\text{КО}}^{\text{max}} = U_{\text{ОБ}}^{\text{max}} + U_{\text{Н}}^{\text{max}} + U_{\text{СВ}}^{\text{max}};$$

$$Z^{\text{max}} = 1 - \frac{1}{e^{A^{\text{max}}}}; \quad A^{\text{max}} = \frac{R c_1^1 \rho_1^1}{2X_2 c_2^{\text{min}} \rho_2^{\text{min}} \left(1 - \frac{\Pi^{\text{max}}}{100} \right)};$$

$$c_2^{\text{min}} = \frac{c_{\text{ОБ}} U_{\text{ОБ}}^{\text{max}} + c_{\text{Н}} U_{\text{Н}}^{\text{max}} + c_{\text{СВ}} U_{\text{СВ}}^{\text{max}}}{U_{\text{КО}}^{\text{max}}};$$

$$\rho_2^{\text{min}} = \frac{\rho_{\text{ОБ}} U_{\text{ОБ}}^{\text{max}} + \rho_{\text{Н}} U_{\text{Н}}^{\text{max}} + \rho_{\text{СВ}} U_{\text{СВ}}^{\text{max}}}{U_{\text{КО}}^{\text{max}}};$$



ЛИТЕРАТУРА

1. Релях С. И. Технологические основы литья по выплавляемым моделям. – Днепропетровск: Лира, 2006. – 1056 с.

Анотація

Релях С. І.

Лінійне розширення керамічних оболонкових форм

Приведено уточнений розрахунок коефіцієнта лінійного розширення керамічної оболонкової форми.

Ключові слова

форма, розширення, температура, електрокорунд, точність виливків

$$\alpha_{\text{КО}}^{\text{min}} = 100E^{\text{min}} \left[Z^{\text{min}} (t_{\text{ТЕЧ}}^{\text{min}} - t_2^{\text{min}}) + t_2^{\text{min}} \right];$$

$$E^{\text{min}} = \frac{k_{\text{ОБ}} U_{\text{ОБ}}^{\text{min}} + k_{\text{Н}} U_{\text{Н}}^{\text{min}} + k_{\text{СВ}} U_{\text{СВ}}^{\text{min}}}{U_{\text{КО}}^{\text{min}}};$$

$$U_{\text{КО}}^{\text{min}} = U_{\text{ОБ}}^{\text{min}} + U_{\text{Н}}^{\text{min}} + U_{\text{СВ}}^{\text{min}};$$

$$Z^{\text{min}} = 1 - \frac{1}{e^{A^{\text{min}}}}; \quad A^{\text{min}} = \frac{R c_1^1 \rho_1^1}{2X_2 c_2^{\text{max}} \rho_2^{\text{max}} \left(1 - \frac{\Pi^{\text{min}}}{100} \right)};$$

$$c_2^{\text{max}} = \frac{c_{\text{ОБ}} U_{\text{ОБ}}^{\text{min}} + c_{\text{Н}} U_{\text{Н}}^{\text{min}} + c_{\text{СВ}} U_{\text{СВ}}^{\text{min}}}{U_{\text{КО}}^{\text{min}}};$$

$$\rho_2^{\text{max}} = \frac{\rho_{\text{ОБ}} U_{\text{ОБ}}^{\text{min}} + \rho_{\text{Н}} U_{\text{Н}}^{\text{min}} + \rho_{\text{СВ}} U_{\text{СВ}}^{\text{min}}}{U_{\text{КО}}^{\text{min}}};$$

где показатели степени min и max соответствуют минимальным и максимальным значениям параметров соответственно.

Расчеты по формуле (3) с использованием данных таблицы показывают, что величина $\Delta_{\text{КО}}$ для исследуемой КО достаточно стабильна, относительно невелика и уменьшается от 0,12 (при $R/X_2 = 0,1$ %) до 0,04 % (при $R/X_2 = 1$).

В настоящее время толщину стенки КО (количество слоев огнеупорного покрытия на модельном блоке) назначают исходя из обеспечения требуемого уровня прочности КО на всех этапах технологического процесса изготовления отливок, предупреждения «раздутия» КО под действием металлостатического давления в ней, сокращения длительности изготовления КО и т. д.

Выводы

Проведенные исследования показывают, что при назначении толщины КО (количества слоев огнеупорного покрытия, наносимого на модельный блок) следует учитывать и ее влияние на коэффициент линейного расширения КО. Учет этого влияния в расчетах размеров рабочих полостей проектируемых пресс-форм позволит повысить размерную точность производимого литья.

Summary

Repyakh S.

Linear expansion of ceramic thecal forms

The specified calculation of coefficient of ceramic thecal form linear expansion is brought.

Keywords

form, expansion, temperature, electrocorundum, exactness of foundings

Поступила 29.10.12

УДК 621.744.49-52

В. С. Дорошенко

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

Высыпание сухого песка из литейных форм без пылеобразования*

Способы дозированного высыпания сухого песка из литейных форм со скоростью ниже скорости витания его мелких частиц или со скоростью не более 2,3 м/мин опускания песка через просыпную решетку позволяют предотвратить попадание пыли в атмосферу цеха. Они улучшают условия труда в литейных цехах вакуумно-пленочной формовки (ВПФ) и литья по газифицируемым моделям (ЛГМ), где используют формы из сухого песка. Приведены примеры реализации способов дозированной просыпки, которые целесообразно использовать при работе с любыми материалами, образующими пыль

Ключевые слова: сухой песок, ЛГМ, ВПФ, форма, выбивка, пыль, условия труда

Литейное производство является основной заготовительной базой машиностроительного комплекса. Развитие машиностроения в целом тесно связано с литейными технологиями. Литье в песчаные формы – основной процесс производства металлических отливок, который охватывает свыше 75 % их выпуска (в России – свыше 77 %). Являясь одним из источников загрязнения окружающей среды, литейное производство в составе твердых отходов имеет ~90 % отработанных формовочных и стержневых смесей (до 6 т на 1 т отливок), относящихся к 4-й категории опасности, а продукты термодеструкции связующего песчаной смеси служат основным источником загрязнения атмосферы (свыше 50 % от газовой выделений литейного цеха). Альтернативой такому экологически неблагоприятному результату химизации формовки с применением широкого ассортимента синтетических связующих (число которых достигает 100) среди известных способов литья (количество которых также

приближается к 100) экологически обоснованной перспективой обладают способы литья, при которых формы из песка без связующего (с многократным оборотным использованием песка) упрочняют физическим способом под воздействием вакуума [1]. К ним относятся литье по газифицируемым моделям (ЛГМ) и литье с применением вакуумно-пленочной формовки (ВПФ).

В то же время литейная продукция по точности размеров и чистоте поверхности отливок должна быть приближена к готовым деталям. Детали, изготавливаемые точными методами литья практически исключают обработку резанием, которая снижает их прочность и надежность, а в некоторых случаях вообще недопустима или невозможна [1]. Поэтому повышается спрос промышленности на точные виды литья (в частности по одноразовым моделям), к которым относится ЛГМ. В 2006 г. в Китае около 200 цехов выпустили примерно 300 тыс. т отливок способом ЛГМ [2].

*Работа выполнена под научным руководством проф. О. И. Шинского