

УДК 621.[746.6+74.043.1]:669.15-196.5:517.977

## ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ЛИТЬЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ХРОМИСТОГО ЧУГУНА В КОКИЛЬ

В. А. ПУМПУР, П. Ю. ДУВАЛОВ, В. М. АНДРИЕНКО

Институт технологии металлов НАН Беларуси

Могилев, Беларусь

Целью математического моделирования теплообмена при литье деталей из износостойкого хромистого чугуна (ИЧХ) с закладными охлаждающими элементами является разработка математических моделей, адекватно описывающих реальные условия технологического процесса изготовления деталей. Такие модели после их параметрической идентификации можно использовать с гарантией получения результатов расчетов высокой точности, не прибегая в дальнейшем к экспериментальным исследованиям.

В процессе научно-исследовательской работы необходимо было создать математическую модель теплообмена при литье из ИЧХ детали «Вкладыш отбойный» с учетом этапа заливки расплава в кокиль. Этап заливки длится 12...14 с, что составляет примерно 8 % от времени полного затвердевания отливки, поэтому важно учитывать заливку при моделировании, т. к. именно на начальном этапе затвердевания происходит интенсивный теплообмен отливки как со стенками кокиля, так и с закладным охлаждающим элементом внутри нее. В частности, представляла интерес степень влияния на динамику и кинетику формирования отливки, а значит, и на ее структуру охлаждающего элемента в виде стального стержня.

На рис. 1 представлена схема к расчету теплообмена при литье отливки вкладыша отбойного 4 в кокиль, состоящий из элементов 1–3 с внутренним холодильником 5 в виде стального стержня цилиндрического вида.

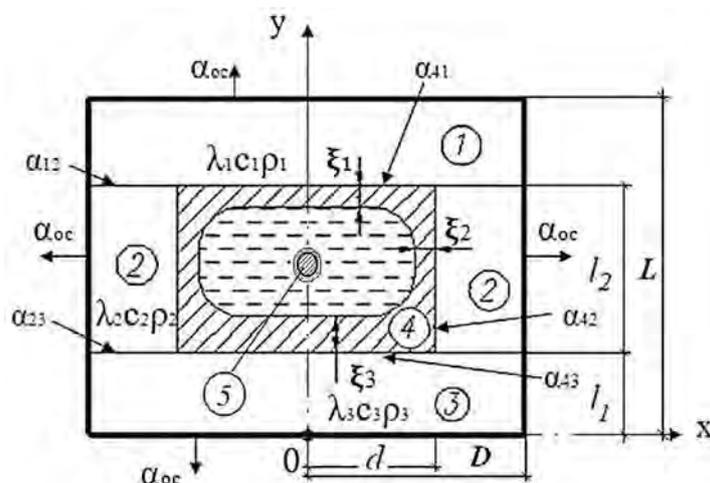


Рис. 1. Схема к расчету теплообмена прямоугольной отливки в кокиле:  $\alpha_{12}$ ,  $\alpha_{23}$  — коэффициенты теплообмена между элементами кокиля;  $\alpha_{41}$ – $\alpha_{43}$  — коэффициенты теплообмена отливки 4 с элементами кокиля;  $\alpha_{oc}$  — коэффициент теплообмена поверхности кокиля с окружающей средой;  $\xi_1$ – $\xi_3$  — толщина затвердевшего металла

Так как условия контактного теплообмена отливки 4 с боковой стенкой кокиля 2 являются определяющими при ее формировании, то коэффициент контактного теплообмена  $\alpha_{42}$  принимался в качестве адаптивного параметра, требующего идентификации на основе результатов экспериментов. Параметрическая идентификация математической модели теплообмена проводилась на основе показаний термопар, установленных в двух центральных сечениях боковой стенки кокиля на расстоянии 1 и 3 мм от поверхности, контактирующей с формирующейся отливкой.

Поиск значения  $\alpha_{42}$  осуществляли на основе метода наименьших квадратов путем минимизации функционала (критерия) следующего вида:

$$F(\alpha_{42}, y_{2(1)}, y_{2(3)}) \rightarrow \min,$$

где

$$F(\alpha_{42}, y_{2(1)}, y_{2(3)}) = F_1(\alpha_{42}, y_{2(1)}) + F_2(\alpha_{42}, y_{2(3)});$$

$$F_1(\alpha_{42}, y_{2(1)}) = \sum_{i=1}^k (y_{i,2(1)} - \bar{y}_{i,2(1)})^2; \quad F_2(\alpha_{42}, y_{2(3)}) = \sum_{i=1}^k (y_{i,2(3)} - \bar{y}_{i,2(3)})^2;$$

$k$  – количество используемых измерений температур;  $y_{i,2(1)}$  – расчетные значения температур в точке установки термопары на расстоянии 1 мм от рабочей поверхности;  $y_{i,2(3)}$  – расчетные значения температур в точке установки термопары на расстоянии 3 мм от рабочей поверхности;  $\bar{y}_{i,2(1)}, \bar{y}_{i,2(3)}$  – показания термопар на расстоянии 1 и 3 мм от рабочей поверхности соответственно.

Значение адаптивного параметра в результате решения задачи параметрической идентификации  $\alpha_{42} = 1600 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Расчетные и экспериментальные температуры в кокиле по результатам параметрической идентификации представлены на рис. 2, подтверждающем высокую адекватность разработанной математической модели.

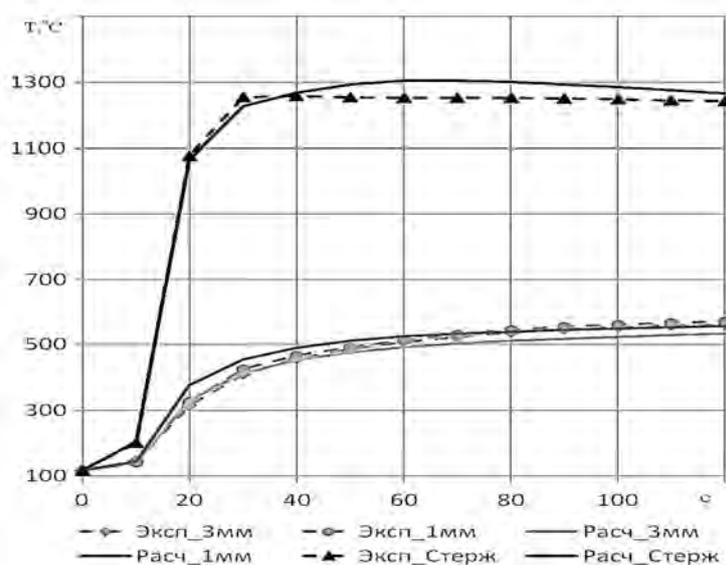


Рис. 2. Расчетные и экспериментальные значения температур в результате адаптации математической модели к реальным условиям процесса литья