



УДК 674.21

Поступила 05.02.2014

С. Г. ЛИХОУЗОВ, А. Н. ЧИЧКО, В. Ф. СОБОЛЕВ, О. А. САЧЕК, Т. В. МАТЮШИНЕЦ,
О. И. ЧИЧКО, Ю. В. ЯЦКЕВИЧ, БНТУ

О ПУТЯХ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ДВИЖЕНИЯ МЕТАЛЛА В ЛИТНИКОВЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННЫХ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ – СТОКСА

Проведено численное моделирование распределения полей проекций скоростей на осях X, Y, Z в литниковой системе с отливкой «Корпус конической пары» для различных моментов времени. Предложены численные критерии для оценки движения металла через питатели, имеющие различное пространственное расположение по отношению к литниковой системе. Рассчитана динамика изменения предложенных критериев на основе интегрального среднего значения компоненты скорости по осям X, Y, Z в литниковых системах на выходе из питателя.

Numerical modeling of distribution of the fields of speeds projections on axes X, Y, Z in gating system with the casting “Case of conical pair” for various temporal values is carried out. Numerical criteria for assessment of metal movement through the feeders having various spatial location relative to the gating system are offered. Dynamics of change of the offered criteria on the basis of integral average value of the speed component on axes X, Y, Z in the gating systems at the outlet from feeder is calculated.

В [1] были исследованы различные варианты литниковых систем для сложной промышленной отливки, в [2] разработан критерий для анализа потерь температур в литниковых системах на примере литниковой системы с отливкой «Корпус конической пары». Данная статья является продолжением этих работ.

Цель настоящей статьи – разработка критериев выбора литниковых систем на основе анализа значений компонент скорости по осям X, Y, Z в литниковых системах на выходе из питателя на примере промышленной отливки.

На рис. 1 представлена 3d-модель стальной отливки «Корпус конической пары» с литниковой системой, которая была построена с помощью системы Solid Works и импортирована в компьютерную систему моделирования. В качестве расплава была использована сталь 25Л1 ГОСТ 977–88, имеющая следующие характеристики:

- удельная теплоемкость c_1 задается в табличном виде (табл. 1);

Т а б л и ц а 1. Значения удельной теплоемкости

$T, ^\circ\text{C}$	100	200	400	600
$c_1, \text{Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$	470	483	525	571

- коэффициент теплопроводности λ_1 задается в табличном виде (табл. 2);

Т а б л и ц а 2. Значения удельной теплопроводности

$T, ^\circ\text{C}$	20	100	200	300	400
$\lambda_1, \text{Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$	51	76	65	44	38

- плотность $\rho = 7830 \text{ кг}/\text{м}^3$.
- $T_{\text{лик}} = 1521 ^\circ\text{C}$; $T_{\text{сол}} = 1487 ^\circ\text{C}$; $T_{\text{зал}} = 1620 ^\circ\text{C}$.

В качестве формы использовали песчаную смесь со следующими характеристиками:

- удельная теплоемкость $c_2 = 120 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$;
- коэффициент теплопроводности $\lambda_2 = 0,8 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$;
- плотность $\rho_2 = 1600 \text{ кг}/\text{м}^3$.

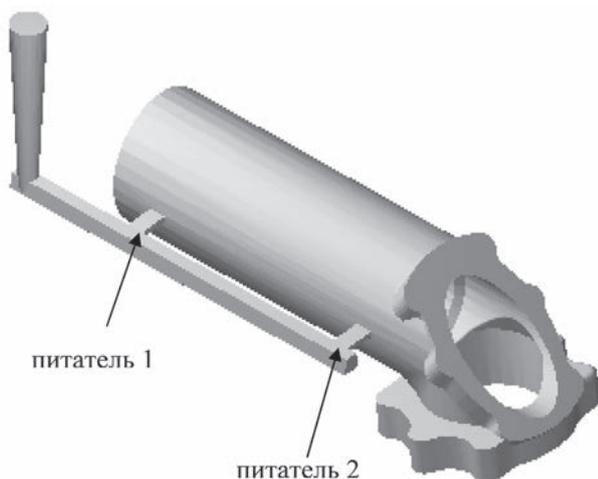


Рис. 1. Исследуемая 3d-модель литниковой системы со стальной отливкой «Корпус конической пары»

Т а б л и ц а 7. Распределение скоростей в питателе 1 литниковой системы с отливкой «Корпус конической пары» для момента времени $t = 2$ с

Координата по оси Y	Проекция скорости на ось Y в точке с координатой по оси X										
	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,012	0,014	0,016	0,018	0,020	0,022
0,002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,006	0	0	0,009	0,014	0,012	0,007	0,003	0,003	0,002	0	0
0,008	0	0	0,000	0,000	0,000	-0,002	-0,002	-0,001	0,000	0	0
0,010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Т а б л и ц а 8. Распределение скоростей в питателе 2 литниковой системы с отливкой «Корпус конической пары» для момента времени $t = 2$ с

Координата по оси Y	Проекция скорости на ось Y в точке с координатой по оси X											
	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,012	0,014	0,016	0,018	0,020	0,022	0,024
0,002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,006	0	0	-0,002	0,007	0,013	0,007	0,006	0,004	0,004	0,013	0	0
0,008	0	0	-0,068	-0,011	0,000	-0,001	-0,001	-0,003	-0,003	0,000	0	0
0,010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

В табл. 7, 8 представлены распределения проекций скоростей на ось Y соответственно в питателе 1 и питателе 2 литниковой системы с отливкой «Корпус конической пары» для момента времени $t = 2$ с. Как видно из таблиц, проекции скорости металла на ось Y как в питателе 1, так и питателе 2 находятся вблизи нулевых значений.

Анализ данных, приведенных в таблицах, показывает, что для всех моментов времени проекции скоростей на ось Y металла, проходящего через питатели 1 и 2, близки к нулевым значениям.

Далее был предложен критерий среднего значения компоненты скорости по осям Y и Z :

$$K^{v_y} = \frac{\sum_{i=1}^{X_2^n} \sum_{j=1}^{Y_2^n} \sum_{k=1}^{Z_2^n} v_y(i, j, k)}{X_2^n + Y_2^n + Z_2^n}, \quad (2)$$

$$K^{v_z} = \frac{\sum_{i=1}^{X_2^n} \sum_{j=1}^{Y_2^n} \sum_{k=1}^{Z_2^n} v_z(i, j, k)}{X_2^n + Y_2^n + Z_2^n}, \quad (3)$$

где X_2^n, Y_2^n, Z_2^n – множество точек литниковой системы; $v_y(i, j, k), v_z(i, j, k)$ – проекции скоростей по компонентам y и z соответственно для момента времени t .

Динамика изменения критерия для анализа среднего значения компоненты скорости по оси Y в литниковых системах на выходе из питателя на примере литниковой системы с отливкой «Корпус конической пары» показана на рис. 3. Значения критерия колеблются вблизи нулевых значений, что связано с ориентацией питателей в пространстве, причем для питателя 2 диапазон

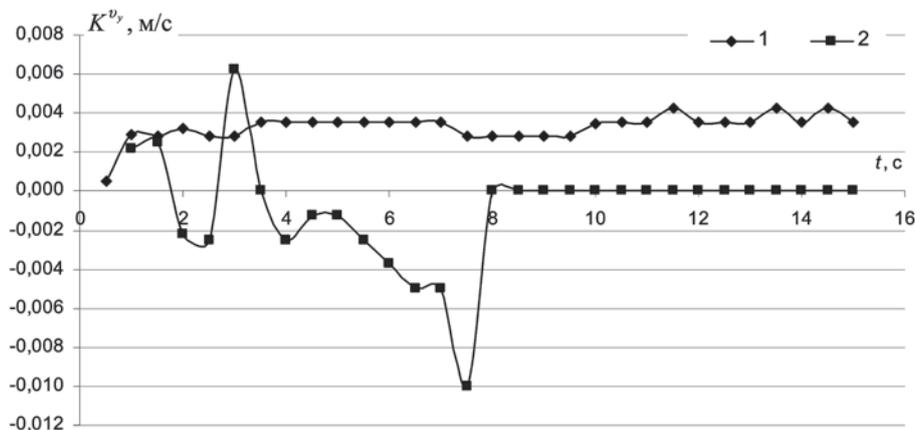


Рис. 3. Динамика изменения критерия для анализа среднего значения компоненты скорости по оси Y в литниковых системах на выходе из питателя на примере литниковой системы с отливкой «Корпус конической пары»: 1 – питатель 1; 2 – питатель 2

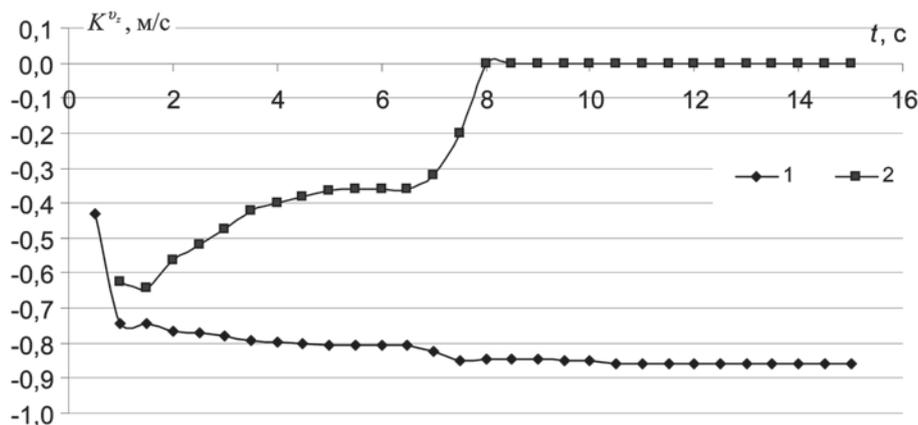


Рис. 4. Динамика изменения критерия для анализа среднего значения компоненты скорости по оси Z в литниковых системах на выходе из питателя на примере литниковой системы с отливкой «Корпус конической пары»: 1 – питатель 1; 2 – питатель 2

изменения шире (от $-0,01$ до $0,006$ м/с), чем для питателя 1 (от $0,002$ до $0,004$ м/с), что говорит о большем завихрении потока в питателе 2.

Динамика изменения критерия для анализа среднего значения компоненты скорости по оси Z в литниковых системах на выходе из питателя на примере литниковой системы с отливкой «Корпус конической пары» показана на рис. 4.

Таким образом, предложенные критерии (1)–(3) являются очень чувствительными к характеру течения металла во времени и связаны с геометрией питателей и их пространственным расположением в литниковой системе. Дальнейшая параметризация литниковой системы через систему этих критериев открывает новые подходы для системного анализа и выбора литниковых систем на основе численного моделирования.

Литература

1. Чичко А. Н., Соболев В. Ф., Лихоузов С. Г., Сачек О. А., Чичко О. И. Моделирование пространственного распределения скоростей металла в формах с различным типом связи литниковых каналов в САЕ «ПроЛит-1» // *Литье и металлургия*. 2012. № 1. С. 71–75.
2. Соболев В. Ф., Лихоузов С. Г., Чичко А. Н., Сачек О. А., Матюшин Т. В. Численное моделирование процесса течения металла в формах и критерий для анализа потерь температур в литниковых системах отливки // *Литье и металлургия*. 2013. № 3. С. 72–77.