



*With a view to improve operation and technological properties of engine valve seats, composition of chromium cast iron has been optimized and a mathematical model of castings hardening has been worked out which allows to calculate cross sectional area of a feeder depending on the alloy temperature, form temperature and hydrostatic head. Optimization of technological process secured stability of valve properties and eliminated porosity spoilage.*

Д. О. КОМАРОВ, В. М. КОРОЛЕВ, А. Н. КРУТИЛИН,  
В. С. ЛОСЬ, М. И. КУРБАТОВ, В. С. КОЗЮЧЕНКО, БГПА

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТЛИВКИ СЕДЕЛ КЛАПАНОВ ДВС

УДК 621.746

Седло клапана ДВС относится к разряду ответственных деталей, к которым предъявляется комплекс требований, основным из них является износостойкость. На ОАО "Мотовело" для двигателей ММЗ освоено производство заготовок седел клапанов из хромистого чугуна состава, мас. %: С — 2,2—2,8; Si — до 1,0; Cr — 9—11; Mn — 1,5—2,0; Ni — 0,4—0,6; Cu — до 0,5. В ходе освоения технологии оптимизирован состав чугуна и режим термической обработки. Заготовки получают методом литья по выплавляемым моделям. Седла, получаемые из заготовок после их механической обработки, в целом отвечают требованиям ТУ, но в ходе механической обработки выявляются дефекты усадочного происхождения.

Для борьбы с дефектами усадочного происхождения методом моделирования оптимизировали технологический процесс литья заготовок седел клапанов. В качестве критерия оптимизации выбрано обеспечение направленной кристаллизации отливки. За идеальный вариант принято совпадение времени затвердевания и продолжительности заполнения металлом полости формы.

Задача расчета заключается в том, чтобы для различных параметров технологического процесса (температура заливки, температура формы, высота гидравлического напора в литниковой системе) подобрать оптимальную площадь сечения питателя. Полученное расчетное сечение питателя должно обеспечивать в данном случае направленную кристаллизацию отливки, а следовательно, получение плотной заготовки.

За расчетную модель принимали отливку седла (рис. 1) длиной 69,0 мм и высотой 10,6 мм. На расчетную плоскую модель наносили двухмерную

сетку. Питатель расположен в верхней части полости формы.

Принимаем, что заливка жидкого металла производится послойно. Каждый последующий слой ложится на предыдущий. Явлением конвективного переноса пренебрегаем из-за небольшого объема металла, заливаемого в форму, и высокой скорости затвердевания.

Рассмотрена двухмерная задача охлаждения отливки при постоянных теплофизических характеристиках металла и формы:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right).$$

Используя конечно-разностную схему

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} \approx (T_{i,j}^{k+1} - T_{i,j}^k) / \Delta t,$$

$$\frac{\partial T}{\partial x} \approx (T_{i+1,j}^k - T_{i,j}^k) / \Delta x,$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \approx (T_{i+1,j}^k - 2T_{i,j}^k + T_{i-1,j}^k) / (\Delta x)^2,$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \approx (T_{i,j+1}^k - 2T_{i,j}^k + T_{i,j-1}^k) / (\Delta y)^2,$$

можно записать разностный аналог уравнения теплопроводности в двухмерном случае:

$$(T_{i,j}^{k+1} - T_{i,j}^k) / \Delta t = a [(T_{i+1,j}^k - 2T_{i,j}^k + T_{i-1,j}^k) / (\Delta x)^2 + (T_{i,j+1}^k - 2T_{i,j}^k + T_{i,j-1}^k) / (\Delta y)^2],$$

где  $a = \lambda / c \rho$  — коэффициент температуропроводности.

Окончательно уравнение имеет вид

$$T_{i,j}^{k+1} = T_{i,j}^k + \frac{a \Delta \tau}{\Delta x^2} (T_{i+1,j}^k - 2T_{i,j}^k + T_{i-1,j}^k) + \frac{a \Delta \tau}{\Delta y^2} (T_{i,j+1}^k - 2T_{i,j}^k + T_{i,j-1}^k),$$

где  $T_{i,j}^k$  — температура  $(i, j)$ -клетки в  $k$ -й момент времени;  $T_{i+1,j}^k$  — температура  $(i+1, j)$ -клетки в  $k$ -й момент времени;  $T_{i,j}^{k+1}$  — температура  $(i, j)$ -клетки в  $(k+1)$ -й момент времени.

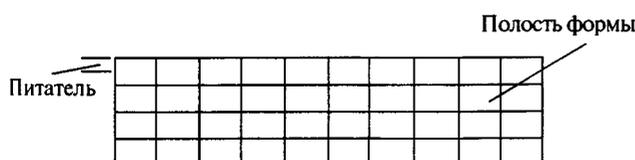


Рис. 1. Расчетная область полости формы

Теплопередача на границе металл—форма оценивается путем вычисления количества аккумулированного формой тепла за время течения металла на этом участке:

$$Q_{\text{теч}} = \sqrt{\frac{2n}{n+1}} F b_2 \vartheta_n \sqrt{t_1}.$$

Здесь  $n$  — степень параболы распределения температуры в форме;  $F$  — площадь соприкосновения отливки с формой;  $b_2$  — тепловая активность формы;  $\vartheta_n$  — температура металла;  $t_1$  — время течения металла на участке.

Количество аккумулированного формой тепла равно количеству тепла, потерянного жидким металлом. Следовательно,

$$Q_1 = Q_2.$$

Выразим количество отдаваемой отливкой тепла через перепад температур

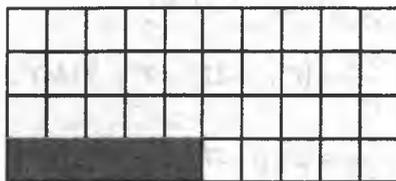
$$Q_1 = \Delta T c' V \rho,$$

где  $\Delta T$  — перепад температуры на участке;  $c'$  — теплоемкость сплава в жидком состоянии;  $V$  — объем металла;  $\rho$  — плотность сплава.

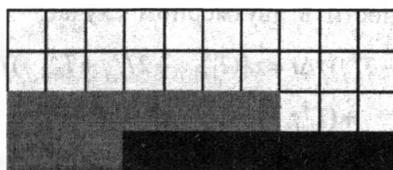
Падение температуры металла на участке за время  $t_1$  равно:

$$\Delta T = \frac{\sqrt{\frac{2n}{n+1}} F b_2 \vartheta_n \sqrt{t_1}}{c' V \rho}.$$

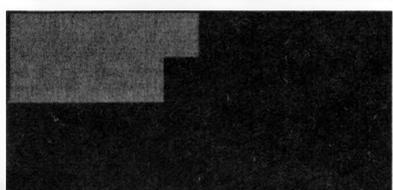
Разработаны алгоритм и программа расчета процесса затвердевания. Процесс заливки на разных стадиях затвердевания показан на рис. 2. По



Графическое заполнение 1-го слоя



Графическое заполнение 2-го слоя и затвердевание 1-го слоя



Охлаждение отливки после заполнения

Рис. 2 Этапы затвердевания отливки

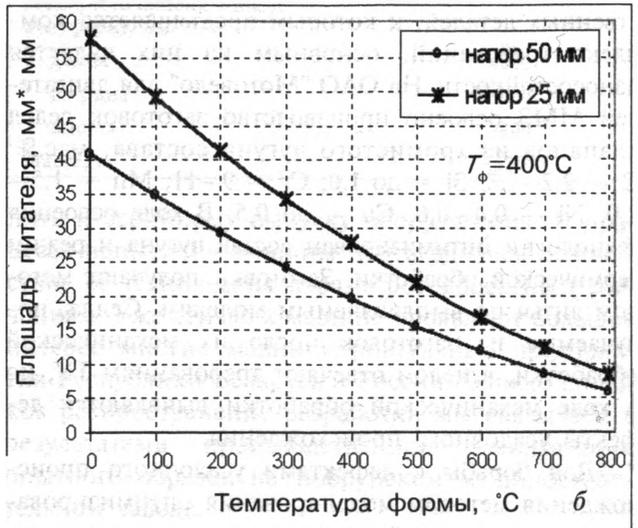
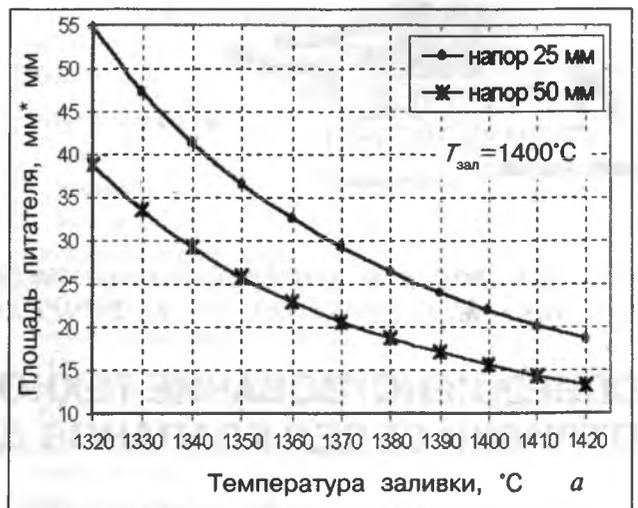


Рис. 3. Влияние температуры заливки (а) и температуры формы (б) на площадь сечения питателя

результатам проведенных расчетов были определены зависимости площади питателя от температуры заливки металла (рис. 3, а) и температуры формы (рис. 3, б).

С целью оптимизации технологического процесса отливки седел клапанов в условиях ОАО "Мотовело", проведена серия экспериментов, в ходе которой изменяли температуру формы при постоянном сечении питателя. Критерием оптимизации служила плотность заготовок. После механической обработки заготовок, отлитых при одинаковой температуре формы, отбирали 100 деталей и методом гидростатического взвешивания определяли плотность заготовок. В ходе отбраковки заготовок фиксировали процент брака усадочного происхождения для каждой партии. Результаты изменения плотности и ее корреляция с браком усадочного происхождения (раковины в области питателя) приведены на рис. 4. Из рисунка видно, что при сечении питателя, равном 28 мм², наи-

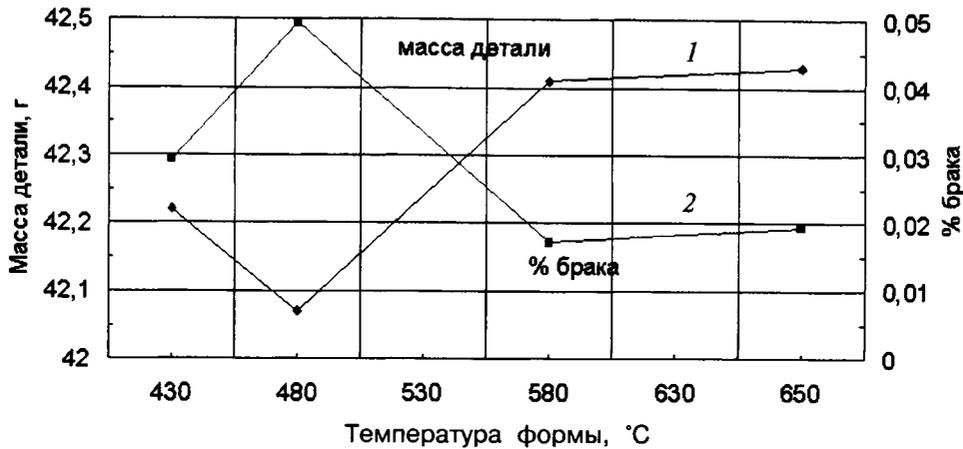


Рис. 4. Влияние температуры формы на плотность и процент брака в отливках: 1 — ряд 1; 2 — ряд 2

большая плотность и наименьший процент брака обеспечиваются при температуре формы в момент заливки порядка 480°C.

Таким образом, теоретический анализ процес-

са затвердевания заготовок седел клапанов и экспериментальная проверка разработанной модели позволили обосновать размеры питателя и повысить плотность отливки.



## ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

### ЦЕНЫ НА ФЕРРОСПЛАВЫ НА РЫНКЕ ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ

С поставкой товара на завод потребителя в основных центрах использования сплава (цена действует с указанной даты):

Феррохром (долл. за а. ф. Сг) Кусковой чардж-хром на базе 52% Сг на «свободном» рынке	0,32–0,34	3.08.2001
6–8% С на базе 60% Сг, макс. 1,5% Si	0,28–0,30	3.08.2001
0,10% С, в среднем 68–70% Сг	0,55–0,58	11.05.2001
Ферромарганец (нем. м. за т) На базе 78% Mn, станд., 7,5% С	960–1000	5.01.2001
Ферросилиций (нем. м. за т) Кусковой, 75% Si	1140–1180	15.06.2001
Силикомарганец (нем. м. за т) Кусковой, 65–75% Mn, 14–25% Si	990–1020	15.06.2001
Ферромolibден (долл. за кг Мо) На базе 65–70% Мо	6,70–6,80	3.08.2001
На базе 60% Мо, франко-склад в Роттердаме	6,20–6,30	3.08.2001
Ферротитан, долл. за кг Ti, 70%-ный, макс. 4,5% Al	3,60–3,80	3.08.2001
Ферровольфрам, долл. за кг W, на базе 75% W, франко склад в Роттердаме без учета импортной пошлины	6,65–6,85	1.08.2001
Феррованадий, долл. за кг V, на базе 70–80% V	8,00–8,10	3.08.2001

### ЦЕНЫ НА ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Ниже приводятся базисные экспортные цены на прокат черных металлов (по номенклатуре ЕОУС), поставляемых из государств — членов ЕС в третьи страны (долл. за т, фоб порты стран Западной Европы; на прокат из стали торгового качества, включая 2,5% комиссионных, предоставляемых экспортерам):

	2001 г.	
	31 июля	31 августа
Арматурная сталь	220–240	200–230
Сортовая сталь	220–260	215–250
Катанка	185–200	185–200
Балки и швеллеры 300–600 мм	240–270	245–275
Более 600 мм	310–350	310–350
Лист толстый	350–385	350–385
средний	290–310	290–310
рифленный	410–420	410–420
Рулонная сталь Горячекатаная	180–220	180–220
Холоднокатаная	290–320	290–320
Оцинкованная Изготовленная методом горячего погружения	310–400	310–400

Источник: "Metal Bulletin". БИКИ 13.IX.2001 ВИ