

УДК 621.74.019

А.Д. Яковлев, Д.О. Пустовалов, А.М. Овчинников
A.D. Yakovlev, D.O. Pustovalov, A.M. Ovchinnikov

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Perm National Research Polytechnic University

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛИТНИКОВО-ПИТАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОТЛИВКИ «КОРПУС» С ПРИМЕНЕНИЕМ 3D ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И СИСТЕМЫ PROCAST

OPTIMIZATION SYSTEM GATING PROFITABLY CASTS 'KORPUS' USING 3D SOLID MODELING, AND SYSTEM PROCAST

Рассмотрено проектирование прибылей методом вписанных сфер по 3D модели отливки, приведен анализ полученных программным комплексом ProCAST результатов, дано сравнение с аналогом, применяемым на производстве.

Ключевые слова: программный комплекс ProCAST, метод вписанных сфер, литниково-питающая система, технологический выход годного, принцип направленной кристаллизации.

Considered design of profits method inscribed areas of 3D model of a casting and the analysis of the results of the software complex ProCast, comparison with the analogous used in production.

Keywords: software complex ProCAST, method of the inscribed sphere, gating system, yield ratio, principle of directional solidification.

Целью является оптимизация существующего аналога литниково-питающей системы (ЛПС) для отливки «Корпус». Существующий аналог отливки и ЛПС представлен на рис. 1.

Существенным недостатком данной модели является низкий технологический выход годного:

$$ТВГ = \frac{G_{\text{дет}}}{G_{\text{отл}}} 100 \% = \frac{4,59}{42,34} 100 \% = 10,84 \%,$$

где $G_{\text{дет}}$ – масса отливки (без ЛПС), кг; $G_{\text{отл}}$ – масса отливки (с ЛПС).

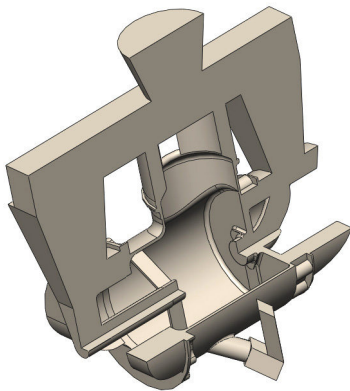


Рис. 1. Аналог отливки с прибылями и ЛПС

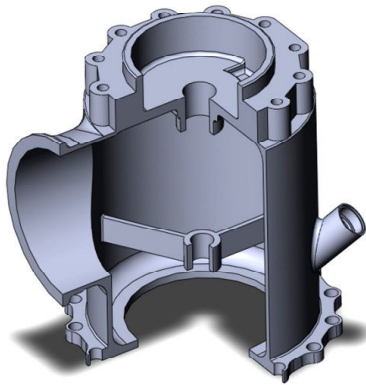


Рис. 2. Деталь с вырезом четверти

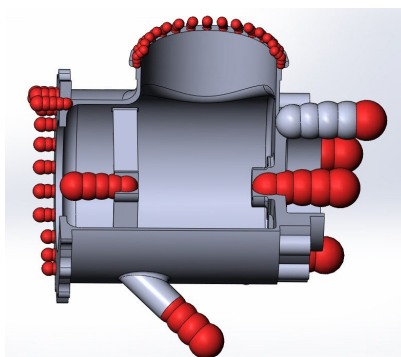


Рис. 3. Модель отливки

Для начала проектирования ЛПС построена трехмерная модель заданной детали (рис. 2) в программной оболочке SolidWorks. При выборе конструкции ЛПС необходимо:

- 1) обеспечивать принцип направленного затвердевания;
- 2) наиболее протяженные стенки и тонкие кромки ориентировать вертикально;
- 3) создавать условия для экономичного и механизированного производства отливок.

Для крупных деталей наиболее оптимальным является VIII тип ЛПС – система местных прибылей. Каждая прибыль в ЛПС этого типа питает отдельный узел или участок протяженного узла сравнительно крупной отливки, преимущественно корпусного типа. Заливают ее обычно через стояк с литниковыми ходами. Система местных прибылей для развитой в пространстве отливке позволяет наиболее эффективно использовать ЛПС путем приближения прибылей непосредственно к питаемым участкам, а также достаточно полно учесть взаимное обогревающее влияние элементов отливки и ЛПС [1].

Размеры ЛПС определяем графическим методом (методом вписанных сфер), используя построенную 3D модель детали (рис. 3) [2].

Далее требуется определить оптимальное положение отливки при заливке металлом с целью обеспечения принципа направленного затвердевания [2]. Для данной отливки построили ЛПС с тремя местными прибылями и три отдельных питателя, являющихся также прибылями (рис. 4).

Данная конструкция ЛПС обладает значительным преимуществом, а именно невозможностью проникновения усадочной

раковины в полость отливки, так как в последнюю очередь затвердевает литниковая чаша, в которой и должна образоваться усадочная раковина, а чаша напрямую не соединена с полостью отливки.

После построения моделей определяется ТВГ, время заливки металла в форму, расход материала, а также гидростатический напор расплава (масса, объем и площадь поверхности отливки взяты по расчетам SolidWorks).

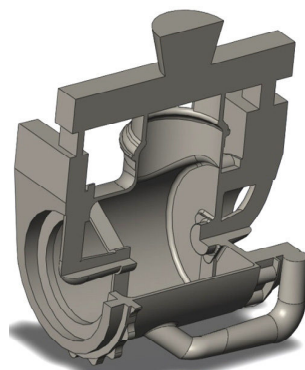


Рис. 4. Отливка детали с ЛПС

$$\text{ТВГ} = \frac{G_{\text{дет}}}{G_{\text{отл}}} 100 \% = \frac{4,59}{19,16} 100 \% = 23,96 \%,$$

где $G_{\text{дет}}$ – масса детали (без отверстий); $G_{\text{отл}}$ – масса отливки (с ЛПС).

После оптимизации отливки ТВГ увеличился более чем в два раза по сравнению с аналогом, что доказывает оптимальность разработанной ЛПС.

Время заливки металла в форму определяли по формуле [1]:

$$\tau_1 = \left(\frac{\pi V_0 \rho C_p (T_{\text{зал}} - T_{\text{лик}})}{SbQ_{\text{теч}}} \right)^2 = \left(\frac{\pi \cdot 0,00238 \cdot 7640 \cdot 539(1620 - 1520)}{0,40504 \cdot 4000 \cdot 570} \right)^2,$$

где V_0 – объем отливки, м^3 ; ρ – плотность материала отливки в жидком состоянии, $\text{кг}/\text{м}^3$; C_p – удельная теплоемкость расплава (в жидком состоянии), $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$; $T_{\text{зал}}$ – температура заливки расплава, $^\circ\text{C}$; $T_{\text{лик}}$ – температура ликвидус, $^\circ\text{C}$; S – площадь контакта отливки с формой, м^2 ; b – коэффициент аккумуляции теплоты для материала формы, $\text{Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}^{1/2} \cdot ^\circ\text{C})$; $Q_{\text{теч}}$ – относительная температура заливки, $Q_{\text{теч}} = (T_{\text{зал}} - T_{\text{ф}})$, $T_{\text{ф}}$ – начальная температура формы.

Зная вес отливки и время заливки, определяем расход материала, который понадобится для расчета гидростатического напора. Расход материала находится по формуле [1]:

$$Q = \frac{G_{\text{отл}}}{\tau_1} = \frac{19,16}{13,455} = 1,424 \text{ кг/с.}$$

Для получения годной отливки необходимо, чтобы выбранный тип ЛПС обеспечивал достаточный гидростатический напор во всех сечениях отливки. Величины суженого сечения и гидростатического напора связаны зависимостью [1]:

$$f_0 \sqrt{H_p} = \frac{Q_{\text{зал}}}{\mu \rho \sqrt{2g}},$$

где f_0 – площадь суженного сечения в м^2 , $f_0 = 0,00168$; H_p – гидростатический напор в суженном сечении, м; μ – коэффициент расхода, $\mu = 0,9$; ρ – плотность жидкого металла, $\rho = 7640 \text{ кг/м}^3$; g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

$$H_p = \left(\frac{Q}{\mu \rho f_0 \sqrt{2g}} \right)^2 = \left(\frac{1,424}{0,9 \cdot 7640 \cdot 0,00168 \sqrt{2 \cdot 9,81}} \right)^2 = 0,0775 \text{ м} = 7,75 \text{ см.}$$

Расчетный напор $H_p = 7,75 \text{ см}$ меньше полученного конструктивно, таким образом, данной конструкцией обеспечен достаточный гидростатический напор.

После проведения расчетов и проверки полученной конструкции отливки и ЛПС на оптимальность и соответствие необходимых характеристик нормам, произведено моделирование процесса заливки формы в программном комплексе ProCAST (рис. 5).

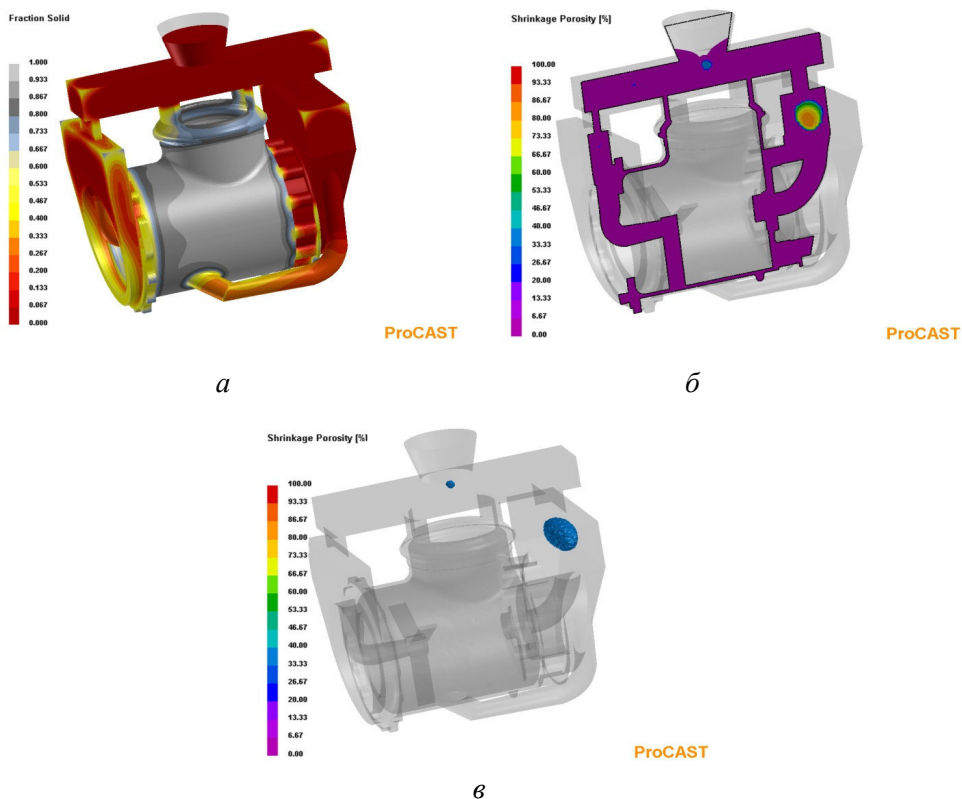


Рис. 5. Моделирование процесса заливки формы в программном комплексе ProCAST: *а* – количество твердой фазы; *б* – вид и местоположение образовавшихся пор в разрезе; *в* – вид и местоположение образовавшихся пор

Данная конструкция ЛПС обеспечивает принцип направленной кристаллизации, для чего необходимо, чтобы в последнюю очередь затвердевала ЛПС (рис. 5, *a*).

На рис. 5, *б, в* показаны внешний вид и местоположение пор. Ни одна пора не осталась в полости отливки, что свидетельствует о годности данной отливки, а следовательно, и разработанной ЛПС.

Список литературы

1. Шкленник Я.И. Литье по выплавляемым моделям. – М.: Машиностроение, 1984. – 408 с.

2. Пустовалов Д.О., Самусев И.В. Конструирование прибылей для стальных отливок сложной конфигурации с последующим анализом в программном комплексе ProCAST // Инновационные технологии в машиностроении: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Пермь, 24–25 мая 2012 г. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – С. 51–58.

Получено 15.02.2013

Яковлев Андрей Дмитриевич – студент, ПНИПУ, МТФ, ТЛП-09, e-mail: detali@pstu.ru.

Пустовалов Дмитрий Олегович – аспирант, ПНИПУ, МТФ, e-mail: pustovalov.dmitrli@inbox.ru.

Овчинников Антон Михайлович – студент, ПНИПУ, МТФ, ТЛП-09, e-mail: detali@pstu.ru.