

ОПЕРАТИВНЫЙ ПОДХОД ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ РАЗМЕРОВ ПРИБЫЛЕЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК

Федосов А.В., Чумаченко Г.В.

Донской Государственный Технический Университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация: Предложен подход для оперативного подбора прибылей при проектировании литниково-питающей системы для стальных отливок, изготавливаемых в песчано-глинистых формах. Представленные результаты математического моделирования позволяют оперативно принимать решение по выбору размера прибыли, обеспечивающей полноценное питание тепловых узлов отливки.

Ключевые слова: литая заготовка, качество, прибыль, усадка, компьютерное моделирование

OPERATIONAL APPROACH FOR DETERMINING RISER SIZES PROVIDING HIGH QUALITY STEEL CASTINGS

Fedosov A.V., Chumachenko G.V.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Annotation: An approach is proposed for the efficient selection of profits in the design of the gate-feeding system for steel castings made in sand and clay forms. The presented results of mathematical modeling allow you to quickly make a decision on the choice of profit margin, which provides high-grade nutrition of the casting thermal units.

Key words: casting, quality, riser, shrinkage, computer modeling

Обеспечение высокого качества литых заготовок во многом определяется литниково-питающей системой. Для стальных отливок одними из наиболее распространенных являются дефекты усадочного характера, устранение которых производится посредством установки прибыльных частей в литниковую систему [1]. Размер прибылей должен быть оптимальным и подобран таким образом, чтобы сплав в ней кристаллизовался позже чем в отливке, но с другой стороны ее размер не должен быть чрезмерен, поскольку при этом снижается выход годного, один из ключевых показателей эффективности технологии литья.

На сегодняшний день существует множество подходов по расчету прибылей для стальных отливок, которые можно разделить на три группы: инженерный расчет, компьютерное моделирование и применение стандартных заготовок с описанием условий их применения.

Методы компьютерного моделирования являются решением, которое позволяет провести наиболее полноценную подготовку технологического процесса литья, что способствует их активному применению в производстве [2]. Однако, для реализации данного подхода требуется наличие соответствующего программного обеспечения и времени на подготовку модели и проведение расчетов. В зависимости от сложности модели, подготовка и расчеты могут занимать от нескольких дней до месяца. В условиях жесткого ограничения по времени при выполнении массовых проектов, либо при необходимости принятия решения непосредственно на производственной площадке, требуется наличие максимально оперативного решения задачи подбора прибылей. Таковым подходом является применение заготовок, оформленных в виде таблиц [3]. Недостатком такого подхода является необходимость формирования заготовок индивидуально под условия производства на предприятии.

Целью данной работы является разработка подхода для оперативного подбора прибылей при проектировании литниково-питающей системы для стальных отливок, изготавливаемых в песчано-глинистых формах.

В качестве основного метода экспериментальной части работы выбрано математическое моделирование. Такой подход позволяет не только существенно снизить материальные затраты, но и сократить сроки экспериментальной части. В качестве базовой системы математического моделирования литейных процессов, выбрана уже хорошо зарекомендовавшая себя, отечественная разработка LVMFlow. Данная система обладает рядом преимуществ перед зарубежными аналогами: наличие отечественной базы данных, высокая производительность и адекватность результатов прогнозирования усадочных дефектов [4].

Следующим этапом поставленной задачи является проектирование виртуального теплового узла, который будет имитировать узлы будущих отливок. Поскольку стандартный набор прибылей должен обеспечивать гарантированное питание при максимально неблагоприятной геометрической конфигурации отливки, то для виртуального теплового узла наилучшим решением будет крестообразная форма (рис. 1(а)).

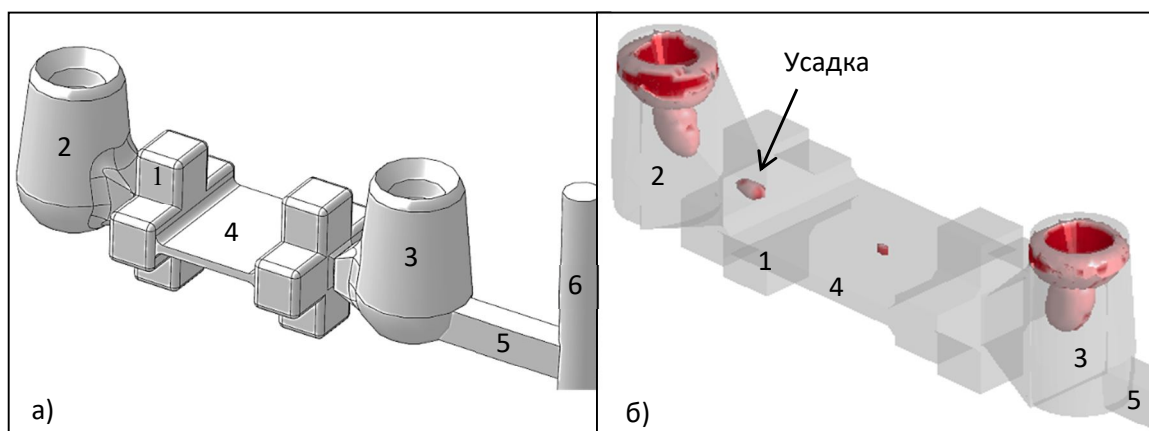


Рис. 1 – CAD модель экспериментальной геометрии (а) и результаты компьютерного моделирования (б): 1 – тепловой узел; 2 – сливная прибыль; 3 – подводящая прибыль; 4 – перемычка имитирующая тонкие части отливки; 5 – шлаковик; 6 – стояк

Вопрос подвода питателя прибыли к выбранной форме узла является не менее важным, чем собственно выбор размера прибыли. Как правило, для обеспечения максимально эффективной работы прибыли ее питатель следует подводить к наиболее массивной части отливки, в этом случае реализуются условия направленного затвердевания, и отливка получает полноценное питание. Несмотря на то, что не всегда исходная конфигурация отливки позволяет обеспечить данное условие, в эксперименте принимается подвод питателя именно в тепловой центр узла. Такое решение позволяет в полном объеме учесть вовлечение прибыли в процесс питания виртуального узла отливки. Кроме того, на этапе проектирования отливки часто имеется возможность оптимизации ее формы для обеспечения условия направленной кристаллизации.

Организация подвода металла – еще один фактор, который должен быть учтен при постановке эксперимента. Прибыли в данном отношении можно разделить на подводящие и сливные. Через подводящие металл подается в форму отливки, благодаря чему организуется положительный тепловой градиент в направлении прибыли, создавая тем самым благоприятные условия для ее работы. Ситуация в отношении сливной прибыли противоположная. Ее полость заполняется на последнем этапе течения сплава через форму, который при этом теряет тепло при контакте с рабочей формой отливки. Так формируется отрицательный тепловой градиент относительно объема сливной прибыли к отливке, что неблагоприятно сказывается на эффективности питания. Вполне вероятно, что для обеспечения питания равноценных тепловых узлов отливки размеры сливной прибыли должны быть больше чем подводящей. Для того, чтобы учесть особенности влияния подвода металла на питание тепловых узлов, предложено расположить два виртуальных тепловых узла соединив их тонкостенной перемычкой, имитирующей охлаждение сплава при протекании через рабочую полость формы. Подвод металла организуется через одну прибыль, вторая таким образом становится сливной (рис. 1(а)).

В экспериментальной части работы выполнена серия компьютерных расчетов для прибылей различного диаметра с целью определения максимального размера теплового узла, который прибыль будет обеспечивать полноценным питанием. На рис. 1(б) представлены результаты расчета, которые наглядно демонстрируют различную эффективность работы сливной и питающей прибылей. При равных диаметрах последних, в тепловом узле при подводящей не прогнозируется усадка, тогда как при сливной отмечается образование дефекта. Результаты расчетов сведены в удобную для использования табличную форму, пример которой приведен ниже.

Анализ данных приведенных в таблице позволяет отметить, что эффективность применения прибылей увеличивается при увеличении массы питаемых узлов. Это видно по значениям соотношения масс прибыли и узла, которое уменьшается при увеличении рассматриваемых объемов. Соотношение же геометрических модулей находится приблизительно на одинаковом уровне и в среднем составляет 1,65 для подводящих прибылей и 1,8 для сливных.

Практическое применение результатов расчета может производиться по нескольким сценариям. Первый вариант предполагает наличие готовой 3D модели отливки по которой в CAD системе легко

может быть рассчитан ее объем, площадь поверхности и геометрический модуль. Величина найденного геометрического модуля отливки округляется до ближайшего большего значения из таблицы характеристик теплового угла. Это определяет строку и диаметр прибыли, которая гарантировано обеспечит питание отливки.

Таблица 1 – Соотношение характеристик подводящих прибылей и теплового узла

Характеристики прибыли			Характеристики теплового узла			Соотношение	
Диаметр, мм	Масса, кг	Геометрический модуль, см	Линейный размер, мм	Масса, кг	Геометрический модуль, см	Мас с	Геометрических модулей
60	1,6	0,9	24	0,55	0,54	2,93	1,67
70	2,6	1,1	29	0,96	0,65	2,71	1,68
80	3,9	1,3	34	1,55	0,77	2,50	1,71
90	5,5	1,5	39	2,33	0,89	2,36	1,69
100	7,6	1,8	45	3,57	1,03	2,13	1,71
110	10,2	2	51	5,19	1,17	1,96	1,71
120	13,2	2,2	56	6,87	1,29	1,92	1,71

Второй вариант может быть применен непосредственно на производственном участке для оперативного подбора прибылей при ручной формовке. При этом оценка тепловых узлов отливки может быть проведена по линейным размерам, которые сопоставляются с размерами тепловых узлов из таблицы. Так производится выбор прибыли необходимого диаметра.

Выводы: предложенный подход и разработанные на его основе таблицы позволяют оперативно принимать решение по выбору размера прибыли, которая позволяет обеспечить полноценное питание тепловых узлов отливки. Применение подхода целесообразно применять на этапах предварительной разработки технологии в условиях отсутствия возможности проведения полноценной компьютерной или иной проработки, либо в непосредственно в производственных условиях в процессе ручной формовки.

Список использованных источников

1. Дубинин Н.П. Стальное литье: справочник для мастеров литейного производства. М.: Машгиз, 1961. 887 р.
2. Гетьман А.А., Ткаченко С.С. Компьютерное моделирование конструкции литой детали - основа имитационной модели литейного комплекса // Литейщик России. 2016. № 10. Р. 25–28.
3. Тонкович А.А., Скворцов А.А. Расчет Вертикальных Литниковых Систем С Использованием Стандартных Элементов // Литье И Металлургия. 2016. № 1 (82). Р. 136–150.
4. LVMFlow | [Electronic resource]. 2017. URL: <http://lvmflow.ru/> (accessed: 22.05.2017).