

Усовершенствование технологии производства отливки «рама» с помощью моделирования

А.В. Монастырский (ГК СиСофт)

На авиационном предприятии ПАО «ААК им. Н.И. Сазыкина “Прогресс”» (г. Арсеньевск) изготавливалась отливка типа «рама» по устоявшейся технологии, которая была сопряжена с трудоемкостью, и характеризовалась низким коэффициентом выхода годных отливок. Для устранения указанных недостатков было произведено моделирование существующей литейной технологии в системе компьютерного моделирования литейных процессов (СКМ ЛП) «ПолигонСофт», и оптимизирована конструкция литейного блока.

Ключевые слова: отливка типа «рама», коэффициент выхода годных отливок, компьютерное моделирование литейных процессов, конструкция литейного блока.

ООО «ПКФ “Технология”» выполняет комплексное обеспечение промышленных предприятий инструментом и станочной оснасткой отечественного и зарубежного производства. Перед предприятием стояла задача - разработать пакет конструкторской документации и изготовить комплект литейной оснастки для производства отливки «Рама» по заказу авиационной компании ПАО «ААК им. Н.И. Сазыкина “Прогресс”» (г. Арсеньевск).

Отливки типа «Рама» изготавливают из сплава МЛ5пч по технологии литья в форму ХТС. Как правило, они представляют собой тонкостенную конструкцию со средней толщиной стенки 8...10 мм и многочисленными ребрами жесткости. Для питания тепловых узлов, формирующихся на стыках полок рамы и ребер жесткости, по периметру отливки устанавливают приливы. Для продления эффекта питания каждая приливь утеплена теплоизолирующей вставкой. В некоторых случаях между приливами устанавливают холодильники (рис. 1).

Неудобство такой конструкции литниково-питающей системы (ЛПС) состоит в том, что приливы устанавливаются на поверхности, которая по чертежу не имеет механической обработки. Несмотря на это, литейщики согласны на дополнительную операцию зачистки остатков приливов, поскольку технология позволяет получать отливки без

усадочной пористости и успешно проходить радиографический контроль. Однако при такой технологии коэффициент выхода годных отливок весьма низок (отношение массы отливки к массе литейного блока составляет всего 18...20 %), а трудоемкость сборки формы высока. Повышают себестоимость и дорогостоящие теплоизоляционные вставки, а также применение холодильников.

Таким образом, не всегда литейную технологию, используемую в серийном производстве, можно назвать оптимальной. В производство достаточно часто внедряют самую первую технологию, которая позволяет получить годные отливки, с последующим масштабированием. Связан этот факт, прежде всего, с временными ограничениями.

Специалисты ООО «ПКФ “Технология”» обратились в ГК CSoft с просьбой произвести моделирование существующей литейной технологии и оптимизировать конструкцию литейного блока.

Для получения бездефектной, устойчивой, а главное — экономичной конструкции блока для одной из отливок типа «Рама» была полностью изменена концепция литниково-питающей системы. Вместо вертикальных утепленных цилиндрических приливов разработана одна кольцевая боковая без утепления с сечением в виде трапеции. Приливь проходит тепловые узлы отливки через щелевые питатели.

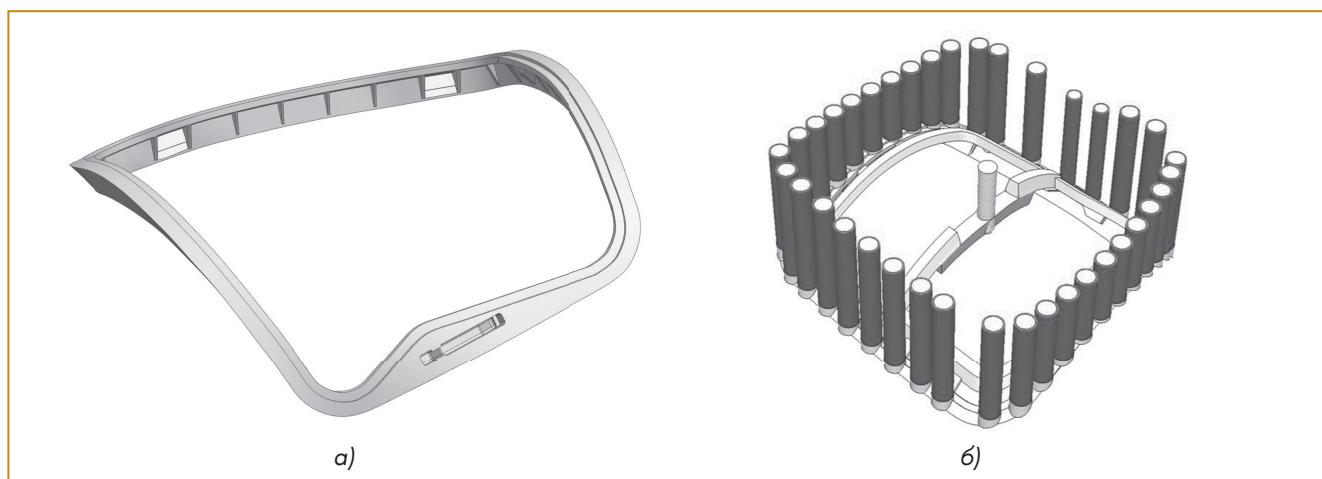


Рис. 1. Конструкция ЛПС, применяемая на предприятии при изготовлении отливок типа «Рама»: а) 3D-модель отливки; б) 3D-модель литейного блока.



Рис. 2. Новая конструкция ЛПС для отливки типа «Рама»: а) 3D-модель литейного блока; б) результат прогноза пористости

Размеры прибыли и питателей, а также их число подбирались с помощью моделирования технологии. При этом концепцию центрального подвода расплава было решено оставить без изменений (рис. 2).

Задача решалась с применением системы компьютерного моделирования литейных процессов (СКМ ЛП) «ПолигонСофт», разработанной ГК CSoft. Это профессиональный инструмент для создания и оптимизации литейной технологии. «ПолигонСофт» работает на базе метода конечных элементов и выполняет анализ заполнения, кристаллизации и напряжений для большинства литейных технологий и любых сплавов. Благодаря конечно-элементному подходу СКМ ЛП «ПолигонСофт» корректно работает с геометрической моделью литейного блока любой сложности, состоящей из множества тел произвольной формы. Существенным преимуществом СКМ ЛП «ПолигонСофт» является возможность строить модель усадочной макро- и микропористости, которая позволяет прогнозировать образование дефектов в отливках ответственного назначения (рабочие и сопловые лопатки ГТД, моноколеса, крыльчатки насосов и т.п.).

Другими словами, система «ПолигонСофт» — симулятор литейного цеха: с ее помощью можно за короткое время перебрать разные варианты и выбрать оптимальный по качеству и по стоимости [1-3].

Анализ усовершенствованной технологии в СКМ ЛП «ПолигонСофт» показал, что при такой системе питания в отливке макро- и микропористости быть не должно, поэтому технология была отправлена на предприятие для изготовления опытной партии отливок.

Опытная партия успешно прошла радиографический контроль. Дефектов усадочного характера в отливках обнаружено не было. Однако были выявлены небольшие трещины в местах перехода питателей коллектора к телу рамы, возникшие из-за того, что пробный материал недостаточно исследовался на наличие остаточных напряжений (рис. 3). Причины их образования определило дополнительное моделирование в СКМ ЛП «ПолигонСофт» с помощью решателя напряжений «Гук» (рис. 4). Выяснилось, что пластические деформации в местах образования трещин накапливались по причине неравномерного остывания литейного блока и затрудненной усадки в форме ХТС.

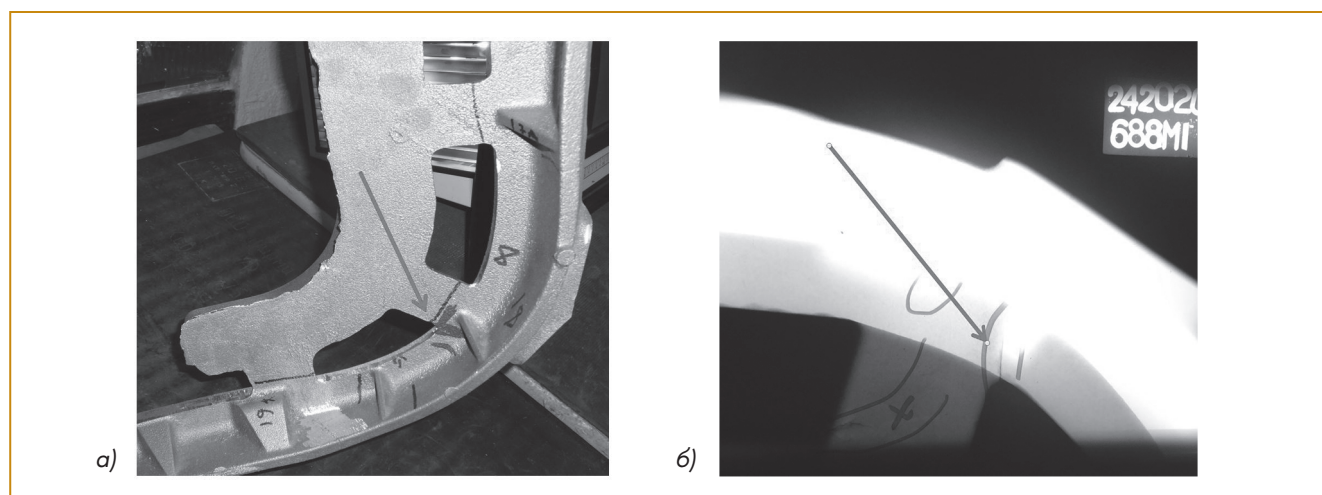


Рис. 3. Результаты контроля опытной партии отливок: а) место образования трещины (указано стрелками); б) снимок, показывающий отсутствие пористости и наличие трещины

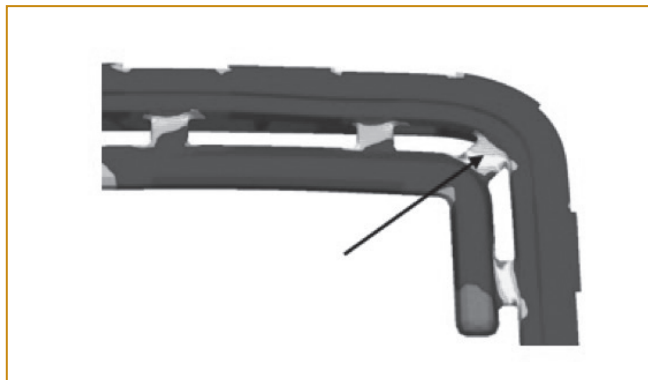


Рис. 4. Анализ мест возникновения трещин в СКМ ЛП «ПолигонСофт»

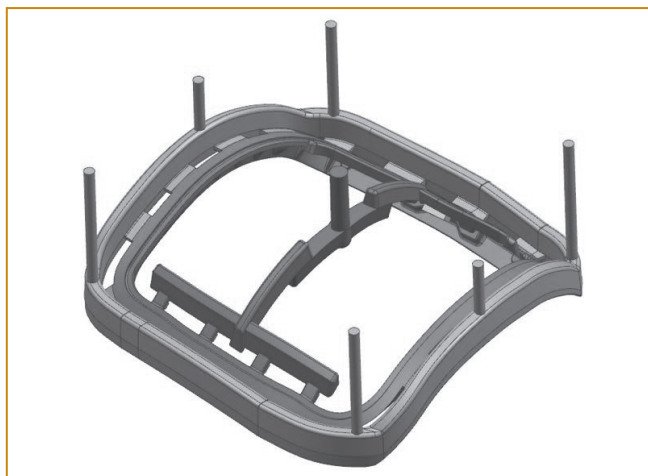


Рис. 5. Результаты работы по оптимизации конструкции ЛПС

Отметим, что в последней версии СКМ ЛП «ПолигонСофт» 2021.0 в решатель «Гук» добавлена упруго-пластическая модель поведения формы при контактном взаимодействии с отливкой. Одновременно добавлена модель прогноза горячих трещин при фасонном литье. Ранее вероятность их образования оценивалась по пластическим деформациям, что в целом соответствует реальности, однако в последнее время стали возникать ситуации, когда этого способа было недостаточно. Ориентируясь на пожелания пользователей,

разработчики создали специальную модель, которая рассчитывает склонность к горячим трещинам на основе анализа уровня пластических деформаций и характера затвердевания отливки.

В результате дополнительной доработки конструкции литейного блока был изменен профиль коллекторов для подвода расплава, ширина, толщина и число питателей. В окончательном варианте 3D-модель литейного блока представлена на рис. 5. Система «ПолигонСофт» позволила выбрать оптимальные технологические параметры и конструкцию литниково-питающей системы, что способствовало снижению себестоимости производства конечного продукта.

Применение СКМ ЛП «ПолигонСофт» при оптимизации технологии для отливки «Рама» позволило сократить массу литейного блока на 57%. Соотношение массы готовой отливки к массе всего блока поднято до 31,5%. Трудоемкость сборки литейной формы сократилась на 45%. Оптимизированная технология производства «Рама» внедрена на ПАО «ААК им. Н.И. Сазыкина «Прогресс»» (г. Арсеньевск). Новая технология позволила отказаться от использования импортных теплоизоляционных материалов, которые применялись ранее, и существенно снизила объем механической обработки.

Предприятие «Прогресс» при запуске в производство других подобных отливок планирует оптимизировать технологию их производства с применением программного комплекса «ПолигонСофт».

Список литературы

1. Монастырский А.В. Деформационный модуль в СКМ ЛП «ПолигонСофт» // Сб. информационных материалов «Современное литейное производство», межрегиональный семинар, С-Пб, 2008, с. 53-59.
2. Монастырский А.В., Смыков А.Ф. Особенности моделирования возникновения трещин в отливках на примере СКМ ЛП "ПолигонСофт" // Литейное производство. 2010. № 12. с. 13-14.
3. Монастырский А.В. Расчет остаточных напряжений литых заготовок в СКМ ЛП «ПолигонСофт» // САПР и графика. 2016. №10. С. 8-11.

Монастырский Алексей Валерьевич — канд. техн. наук, заместитель руководителя отдела машиностроения **ГК CuCoftm (CSoft)**.
<https://polygonsoft.ru/inzhiniring/>

Моделирование отливки «Корпус редуктора» на Кировском заводе электромагнитов «Димал»

На Кировском заводе электромагнитов «Димал» готовились к отливке «Корпус редуктора», изготавливаемой из стали 35Л с использованием технологии литья по газифицируемым моделям. Контрольные операции после изготовления первой отливки выявили усадочные раковины и пористость в местах прилегания крышки редуктора. После этого было решено отказаться от натурных экспериментов, а причины возникновения брака определить с использованием СКМ ЛП «ПолигонСофт». Предприятию была предоставлена временная лицензия на это ПО, и все работы по изменению технологии специалисты литейного цеха выполнили самостоятельно.

Моделирование и анализ технологии в СКМ ЛП «ПолигонСофт» показали, что при существующей конструкции литниково-питающей

системы затвердевание неизбежно связано с появлением подобных проблем. По результатам исследований была разработана новая конструкция литейного блока, обеспечившая отсутствие дефектов в местах прилегания крышки к корпусу. Размеры и расположение прибылей определены в ходе серии численных экспериментов без доработки модельной оснастки и изготовления опытных партий отливок.

Когда моделирование в СКМ ЛП «ПолигонСофт» показало желаемую картину усадки при измененной конструкции литейного блока, была доработана модельная оснастка, а затем изготовлена опытная партия отливок с их последующей механической обработкой и контролем дефектов. Полученные результаты позволили запустить новую технологию в производство.