

Рис. 7. Блок цилиндров, изготовленный ЛПД (а) и с применением технологий ФОПТ (б)

можно выполнить такую полость с выходящими наружу лишь небольшими отверстиями, что позволяет повысить герметичность при последующей работе детали (рис. 7, б).

Закключение

Методы ФОПТ позволяют во многих случаях получать экономию в сравнении с использованием ППФ и ПГФ, изготавливая более сложные отливки. В нынешних условиях литейные производства стремятся быть более экономичными и компактными, соответствовать растущим требованиям в сфере охраны окружающей среды, проявлять гибкость, полностью удовлетворяя требования клиентов к продукции. Использо-

вание ФОПТ отвечает нынешним запросам литейного производства и поэтому весьма актуально в наше время.

Список литературы

1. **Adamovits M.** Casting Process Modeling's Next Step: Designing Sand Cores and Tooling // Engineered Casting Solutions Magazine. – Spring, 2004.
2. **Wright, G. F.** Precision Sand Castings – An Involved Users View // Foundryman. – April, 1995.
3. **Robins. J.** US Patent No. 3409579, 1968.
4. **Bauch. G.** Four Years Experience with a Mechanical – Thermal – Pneumatic Reclamation System // BCIRA International Conference. – 1992, paper 15.
5. **Busby. A. D.** Future Trends in Molding Techniques for High Production Foundries // Transactions of the AFS. – 1996, paper 121.
6. **Parkes. W. B.** Clay Bonded Foundry Sand. – 1971.
7. **Shaw. F. M., Smith. E. J.** The Recycling of Sand Plant Sludge in Clay Bonded Foundry Sands // BCIRA Journal. – vol.32. No. 3, 1984.
8. **Apelian. D., Makhlof M.M., Bergman C., Rosendahl J.** Fluidized Beds: An Energy Efficient Alternative to Conventional Heat Treatment Operations // The Minerals, Metals & Materials Society. – 2003.

П.С.Кучин, Д.Н. Мальцев (ООО «Делкам-Урал», Екатеринбург)

Математическое моделирование процессов литья металлов и сплавов

Математическое моделирование литейных процессов – это разработка технологии изготовления и анализ различных возможных вариантов изготовления отливки. В настоящее время это самый действенный, надежный и широко распространенный в мире способ разработки технологии литья, позволяющий снизить затраты как на подготовку производства, так и на производство отливок. При этом изготовление опытной партии и отработка технологии происходят на экране, а не на производственной площадке.

В настоящее время в мире используется около десятка различных программных продуктов, направленных на решение задач, стоящих перед технологами-литейщиками. Каждый из этих программных продуктов имеет свои особенности и в различной степени может удовлетворить потребности того или иного производства.

Одна из лучших программ в данной области по соотношению цена/возможности/производительность – программа SOLIDCast, разработанная компанией Finite Solutions (США) под эгидой Американской ассоциации литейщиков.

Программный комплекс SOLIDCast позволяет увидеть процесс заполнения полости формы металлом, кристаллизации отливки, определить возможные ме-

ста возникновения дефектов в отливке. И все это до изготовления оснастки и опытной партии отливок.

Кроме того, SOLIDCast дает возможность прогнозирования образования засоров и недоливов в отливке, эрозии формы.

SOLIDCast позволяет проводить оптимизацию технологии для каждой отливки на основе оптимизации геометрии литниково-питающей системы и технологических параметров процессов литья.

Использование программного комплекса SOLIDCast позволяет:

- снизить сроки проектирования технологии изготовления отливки;
- повысить качество получаемых отливок;
- снизить брак;
- исключить опытные партии;
- повысить выход годного;
- снизить затраты на изготовление оснастки;
- выиграть конкурентную борьбу.

Кроме того, данный программный продукт позволяют создавать уникальную базу данных по технологическим процессам уже использованных в производстве отливок. В дальнейшем это помогает технологам, особенно молодым специалистам, в поиске оптимальных условий изготовления типовых отливок. Сохранен-

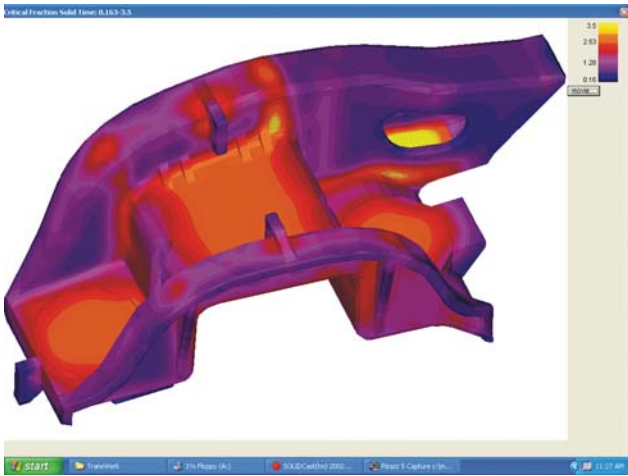


Рис.1. Определение тепловых узлов в отливке

ная на персональном компьютере информация об уже разработанных технологиях и/или анализе старых имеющихся технологий позволяет нивелировать огромный разрыв в опыте уходящих специалистов старшего поколения и приходящими на производство молодыми специалистами. Хотя нужно отметить, что ни одна система математического анализа не в состоянии заменить опыт и профессиональные навыки технолога.

Программный комплекс для анализа и разработки литейной технологии – это, в первую очередь, рабочий инструмент технолога-литейщика, и инструментом этим должен пользоваться подготовленный и технически грамотный специалист.

Программа SOLIDCast является системой начального уровня и предназначена, в основном, для использования цеховыми технологами для решения текущих технологических и производственных задач. Программный комплекс SOLIDCast состоит из трех модулей – SOLIDCast, FLOWCast и OPTICast.

SOLIDCast – это базовый модуль, позволяющий проанализировать процесс заполнения полости формы, кристаллизации сплава и образования усадочных дефектов.

Встроенная база данных формовочных материалов и сплавов содержит около двухсот материалов. База данных является открытой для пользователя, свободно изменяется и дополняется. По заказу пользователя в стандартную базу данных могут быть добавлены специальные нестандартные сплавы, используемые на предприятии-пользователе программы SOLIDCast.

Вычислительные возможности SOLIDCast позволяют пользователю:

- проследить динамику заполнения формы металлом и процесса кристаллизации отливки в форме;
- получить информацию о полях температуры, времени кристаллизации, времени достижения критической доли твердой фракции, скорости охлаждения, дефектах усадочного происхождения и др.
- создать анимационные файлы (в формате AVI) изменения вышперечисленных параметров процесса во времени;
- определить значения термопар в произвольной

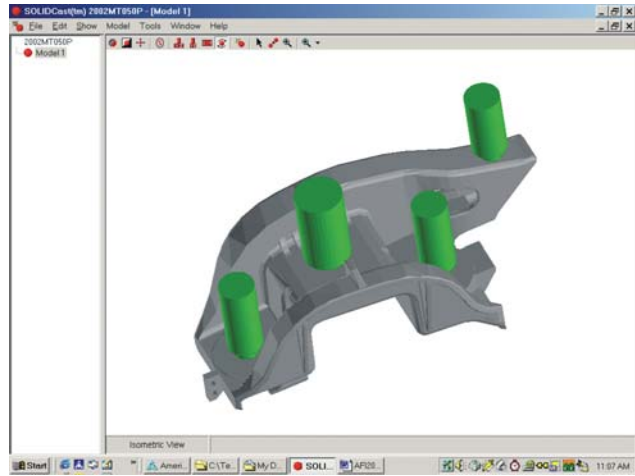


Рис.2. Добавление рассчитанных прибылей

точке отливки и формы;

- получить термические кривые используемого литейного сплава.

В состав SOLIDCast входят такие специальные инструменты, как Мастер создания прибылей и Мастер расчета литниковых систем. Эти инструменты позволяют в полуавтоматическом, интерактивном режиме разрабатывать технологию изготовления отливки.

Так, например, Мастер создания прибылей определяет тепловые узлы в отливке и рассчитывает необходимый размер прибылей для каждого теплового узла. Технолог может вносить определенные ограничения и поправки в этот процесс, например, ограничивая высоту прибылей (если имеются ограничения по высоте опок) или указывая программе на использование экзотермических или эндотермических вставок. На рисунках 1 и 2 показаны результаты работы Мастера создания прибылей.

Программа SOLIDCast, помимо таких стандартных характеристик литейного процесса, как температура сплава и формы, позволяет учитывать влияние дополнительных элементов: нагревательных тенев, внутренних и внешних холодильников и т.п.

Для проведения компьютерного моделирования в SOLIDCast используется метод конечных разностей (МКР), что позволяет проводить быстрое автоматическое построение расчетной сетки.

FLOWCast – это специализированный дополнительный модуль SOLIDCast, созданный для более точного анализа процесса заполнения полости формы.

FLOWCast – это гидродинамический модуль, моделирующий течение расплава в форме. В результате расчета технолог получает информацию о распределении температурных полей в отливке и форме (рис. 3), значения скорости потока расплава и давление расплава на стенки формы в любой точке.

Все эти данные позволяют определить такие дефекты, как размыв формы, неспаи, образование засоров, недоливы и т.п. Все полученные данные автоматически передаются в SOLIDCast для дальнейшего анализа кристаллизации.

OPTICast – это уникальный дополнительный модуль SOLIDCast, созданный для оптимизации парамет-

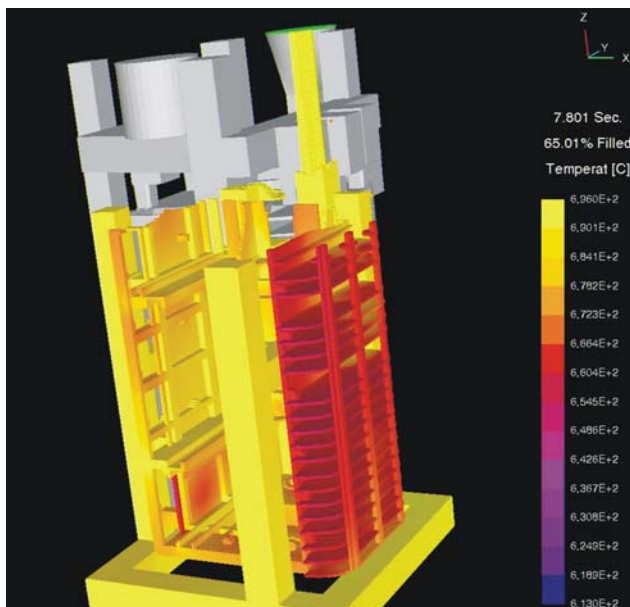


Рис.3. Распределение температурных полей в отливке

ров технологического процесса изготовления отливки.

OPTICast позволяет определить оптимальные характеристики изготовления годной отливки с учетом заданных пользователем параметров. Например, можно определить оптимальную температуру заливки сплава в форму или размеры прибылей для достижения максимального выхода годного.

Все расчеты в OPTICast производятся автоматически после задания необходимых параметров. Результат выводится в виде наглядных графиков и конкретных величин.

Программный комплекс SOLIDCast может применяться для моделирования следующих способов литья:

- литье в песчано-глинистые формы и ХТС;

- литье в кокиль;
- литье по выплавляемым моделям;
- литье в оболочковые формы;
- литье в изложницу;
- литье под низким давлением;
- литье с переворотом формы или в наклонную форму.

Все результаты расчетов, полученные с помощью программы SOLIDCast, могут быть сохранены в виде графических файлов в формате JPEG, анимации в формате AVI или таблиц Excel.

Широкие функциональные возможности и уникальная ценовая политика разработчиков позволяет назвать программу SOLIDCast лучшей по соотношению цена/возможности/производительность, так как одна приобретенная лицензия SOLIDCast позволяет установить и использовать программу на пяти рабочих местах в рамках одного предприятия.

В настоящее время в мире продано около четырехсот коммерческих лицензий. В России программу SOLIDCast используют более двадцати промышленных предприятий и несколько университетов.

Компания «Делкам-Урал» более 15 лет работает на рынке инженерного программного обеспечения для моделирования технологических процессов и является официальным дилером программного комплекса SOLIDCast на территории РФ. Мы имеем квалифицированных специалистов для оказания технической поддержки, проведения обучения, а также решения самых сложных производственных задач в области технологических процессов литья, термообработки, сварки и обработки металлов давлением.

ООО «Делкам-Урал»

Тел.: (343) 214-46-70, факс: (343) 214-46-76

E-mail: osv@delcam-ural.ru

www.delcam-ural.ru

А.В. Чайкин (МГТУ им. Баумана), И.Н. Вольнов (канд. техн. наук, ЗАО «Русская промышленная компания»), В.А. Чайкин (канд. техн. наук, филиал МГОУ, г. Сафоново), Ю.А. Уханов, Н.Р. Петров (ОАО «ЧАЗ»)

Анализ эффективности модификаторов с использованием статистики и моделирования

ОАО «Чебоксарский агрегатный завод» освоил производство отливок «Клин фрикционный» (рис. 1) из серого чугуна марки СЧ30, которые предназначены для тележек грузовых вагонов.

Отливку «Клин фрикционный» необходимо изготавливать в соответствии с требованиями ТУ, которые приведены в табл. 1.

Чугун для производства отливок клиньев должен иметь перлитную металлическую матрицу. Присутствие цементита как структурной составляющей не допускается. Отливки изготавливают в сталелитейном цехе, плавку ведут в дуговой электропечи ДСП – 6. Выпуск металла производится в раздаточный ковш вместимос-

тью 8 т. Формы заливают из ковша металлоемкостью 500 кг. При переливе чугуна из раздаточного ковша в разливочный расплав модифицируют ферросилицием ФС75 в количестве 0,5% для исключения отбела на контролируемых поверхностях отливок. Практический опыт работы показал, что при величине отбела на технологической пробе более 10 мм в отливках появляется цементит. Расплав с такой склонностью к отбелу не допускают к заливке форм. Вместе с тем, несмотря на жесткий контроль параметров заливки, в отдельных партиях отливок обнаруживали междендритный графит и до 10% цементита. Как правило, цементит в отливках возникает только в наклонной и вертикальных