

ЗАО «НПО МКМ» (г. Ижевск), ООО «ПроМодель» (г. Воронеж): Моделирование литейных процессов: что и как выбрать?

Сегодня в мире насчитывается большое количество программ для моделирования литейных процессов. К сожалению, российским специалистам известны лишь такие программы, как Magmasoft, Procast, SolidCast, а также две отечественные разработки – «Полигон» и LVMFlow. В мировой практике основное распространение получили следующие программы (см. ниже):

Magmasoft	Германия
WinCast	Германия
Procast	Франция
QuikCast	Франция
PAM-CAST	Франция
CalcoSoft	Франция
Flow3D	США
PowerCast	США
SolidCast (AFSolid)	США
CAPCast	США
RAPID/CAST	США
AnyCasting	Корея
Vulcan	Испания
CastCAE	Финляндия
JSCast	Япония
LVMFlow (NovaFlow)	Россия, г. Ижевск
Poligon	Россия, г. Санкт-Петербург
FlowVision	Россия, г. Москва
Mavis-Flow	Англия
InteCast	Китай
AutoCAST	Индия
Castflow, Castherm	Австралия

Одна из основных проблем получения качественных литых изделий – грубая литейная технология, разрабатываемая технологами-литейщиками. Исходя из нашего практического опыта, в зависимости от метода литья, сложности получаемого изделия количество бракованных отливок на стадии отработки литейной технологии варьируется от 10 до 90%! В некоторых случаях брак, связанный с усадочными раковинами, отсутствует. Однако в этом случае, выход годного не превышает 20-25%. Решить обозначенную проблему позволяют системы компьютерного моделирования литейных процессов. В представленном материале мы постарались описать основные вопросы, которые задают технологи-литейщики при выборе необходимого программного обеспечения для моделирования литейных процессов.

Ключевые слова: система компьютерного моделирования литейных процессов, брак отливок.

Modelling of foundry processes: what and how to choose?

One of the main problem to get good quality castings – crude foundry technology, developed by foundry technologists. Based on our practical experience, subject to casting method, castings complexity, quantity of defected castings vary in the range from 10 to 90%! In some cases defects connected with shrinkage are absent. But in this case the yield is not increasing 20-25%.

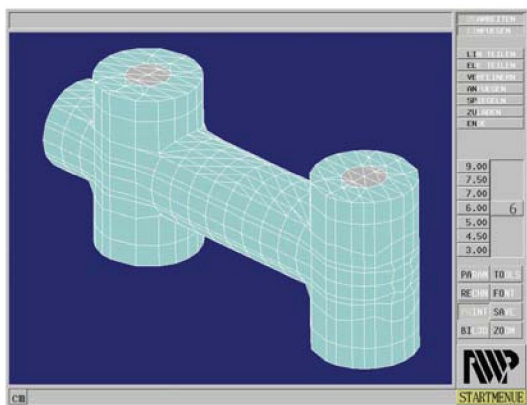
Foundry process modeling computer software help to solve this problem. In the issue we tried to explain main questions coming from foundry technologists while choosing foundry process modeling software.

Key words: computer modeling system of foundry processes, castings defects.

Программы для моделирования литейных процессов, применяемые в мире

Основные проблемы при выборе определенной моделирующей программы состоят в отсутствии достоверной информации о возможностях самой программы, принципах работы с ней, а также в отсутствии молодых специалистов на предприятиях России. Существенным фактором для отечественных предприятий при выборе литейной программы остается стоимость, однако, при успешном использовании любой программы, срок ее окупаемости может составлять от 15 мин до 1 месяца.

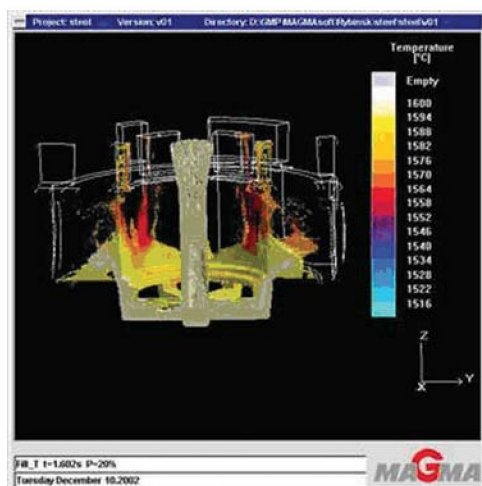
Как указывалось выше, в России литейщики знают о таких программах, как Magmasoft, ProCast, многие предприятия проводили опытную эксплуатацию программы Полигон, WinCast, SolidCast. Программы для моделирования литейных процессов, используемые сегодня в России, в основном различаются степенью полноты факторов, учитываемых при моделировании, и, соответственно, стоимостью. Второе существенное различие связано с методами получения и



решения разностных уравнений: уравнения теплопередачи могут быть записаны в дифференциальном или интегральном виде. Сравнительная оценка двух математических методов, МКР и МКЭ, не раз приводилась в научных изданиях.

Отметим основные моменты при выборе литейной программы, на которые стоит обратить внимание.

Каждое предприятие при выборе литейной программы должно четко осознавать, что оно хочет получить в результате ее использования. Можно выделить две группы литейных предприятий, выпускающих **обычное литье** и **ответственное литье** – например, детали для авиакосмической промышленности. Такое разделение обусловлено решаемыми задачами. В первом случае, основная проблема получения годных отливок – неправильная технология, разрабатываемая технологами-литейщиками, основанная на методе «проб и ошибок».



В этом случае технологу требуется лишь проверить свой вариант технологии: определить места образования усадочных дефектов, выявить причины их образования и т.д. Такими возможностями обладают все литейные программы. При этом от литейной программы требуется большая производительность, так как решить поставленную задачу необходимо за 1–2 рабочих дня. В случае изготовления отливок ответственного назначения дефекты в виде грубых усадочных дефектов проявляются весьма редко. Чаще всего, задача стоит в устранении незначительной усадочной пористости, которая проявляется только на рентгеновских

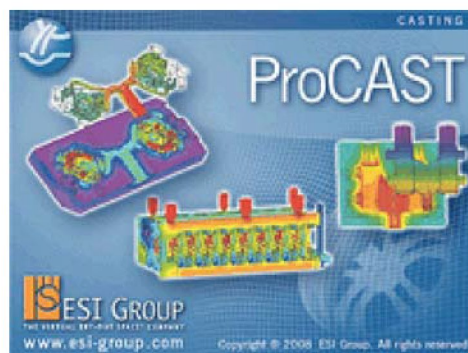
снимках. С этой задачей могут справиться лишь некоторые программы. В этом случае технолог может позволить уделить моделированию не одну неделю, чтобы получить качественную отливку. В связи с этим, кратко остановимся на принципиальном отличии всех литейных программ – математическом методе для решения разностных уравнений.

Метод конечных разностей, используемый в таких программах, как Magmasoft, SolidCast, CastCAE, JSCAST, AnyCasting и других, позволяет в кратчайшие сроки получить распределение усадочных дефектов в проектируемой отливке и вовремя исправить технологию.



Однако для устранения усадочной пористости в отливках ответственного назначения такие программы не подходят, так как применяемый математический метод плохо работает в случае тонкостенных отливок, когда толщина стенок становится сравнимой с шагом сетки. Связано это с тем, что разбиение исходной геометрической модели происходит путем наложения прямоугольной сетки с постоянным шагом, что приводит к резкому увеличению числа расчетных ячеек в случае получения тонкостенных отливок больших габаритных размеров. Однако современные ЭВМ легко справляются даже с очень «мелким разбиением» и позволяют успешно использовать подобные программы.

Метод конечных элементов, используемый в таких программах, как Полигон, ProCast, WinCast и т.д., позволяет максимально учесть геометрию отливки и выявить даже незначительные дефекты. Однако сложность применения МКЭ заключается в подготовке исходных данных для проведения компьютерного моделирования, которая может занять несколько дней и даже недель на 1 расчет. Связно это с разбиением исходной геометрической модели отливки на конечные элементы (чаще всего – тетраэдры). Встроенные генераторы сеточной модели в самих программах дают большие погрешности. Проблема решается путем ис-

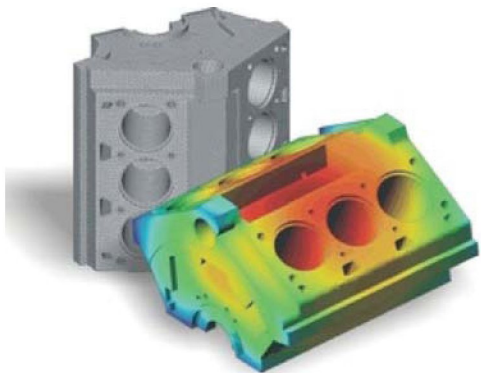


пользования внешнего генератора сетки КЭ, что приводит к удорожанию приобретаемого программного обеспечения, увеличению времени работы, а также требует от персонала высокой квалификации. По этой причине, массовое распространение литейные программы, использующие МКЭ, в России не получили.

Метод контрольных объемов (Flow-3D, LVMFlow) сочетает в себе простоту и факторизацию МКР и хорошую аппроксимацию границ между различными материалами и различными фазами. Это позволяет проводить моделирование максимально быстро, не теряя при этом точности расчетов. **LVMFlow** – единственная полноценная литейная программа, которая использует данный метод. Flow-3D также использует МКО и является лидером для расчета гидродинамических задач, однако, не является изначально литейной, поэтому не так часто используется для решения литейных задач.

Стоимость и удобство использования

К сожалению, ценовая политика программного обеспечения остается в России основным критерием выбора необходимой программы. Уровень цен колеблется примерно от 10 тыс. до 120 тыс. дол. за 1 рабочее место. При этом некоторые разработчики программного обеспечения требуют обязательной годовой подписки на обновления, которая может достигать 20% от приобретаемой версии.



Стоит обратить внимание на удобство использования данных программ, так как некоторые из них имеют весьма «тяжелый» интерфейс и не переведены на русский язык. Большинство программ, базирующихся на МКЭ, имеют очень трудный для использования интерфейс, что в сочетании с нулевым опытом работы на ЭВМ технологов-литейщиков сводит использование любой хорошей программы к нулю.

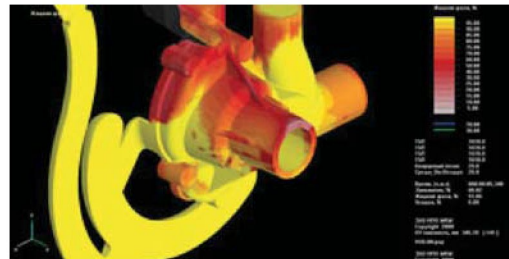
База данных

Любая программа имеет базу данных теплофизических свойств материалов и сплавов. Отсутствие в базе данных требуемых сплавов или материалов формы приводит к неэффективному использованию программы или некорректным результатам. Провести исследования требуемых свойств для пополнения базы данных в России затруднительно. Зарубежные программы предлагают базу данных, адаптированную под мировые стандарты, поэтому использование зарубежных программ на отечественных предприятиях вызывает серьезные трудности. Некоторые программы, помимо базы данных по теплофизическим характеристикам,

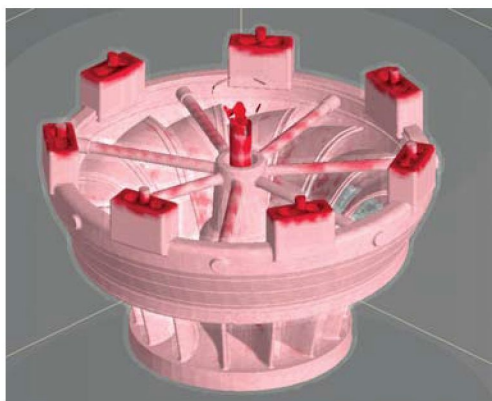
содержат данные о механических свойствах сплавов и материалов, для расчета деформационных процессов, происходящих при затвердевании. Однако стоит заметить, что ситуация с механическими свойствами находится еще в более плачевном состоянии.

Выводы

Опыт использования литейных программ на отечественных предприятиях показал, что в 90% случаев программы необходимы для решения задач, связанных с устранением грубых усадочных дефектов. С этой задачей могут справиться все литейные программы, в большей или меньшей степени. Для упрощения решения поставленной задачи технологам стоит обратить внимание на программы, использующие МКР, так как они справляются с такой задачей значительно быстрее, чем программы, использующие МКЭ, и не требуют высокой квалификации. Лучшей программой, основанной на МКР, является Magmasoft. Но сложность использования и высокая стоимость ограничили ее распространение в России. Из интересных разработок следует рекомендовать корейскую AnyCasting, американскую SolidCast и российскую – LVMFlow версии 2.92. LVMFlow значительно выигрывает среди указанных программ по возможностям, имеет русский интерфейс и отечественную базу данных. Остальные программы, использующие МКР, имеют ограниченный набор возможностей и в России не представлены.



Что касается программ, основанных на МКЭ, можно смело заявить, что их использование на обычных предприятиях **неэффективно!** Главная причина – отсутствие квалифицированного персонала, сложность и длительность работы, а также высокая стоимость. Например, программа ProCast является лидером среди литейных программ по точности расчетов и предоставляемым возможностям. Однако обычным предприятиям весь спектр получаемых результатов не нужен. ProCast следует рекомендовать предприятиям, занимающимся изготовлением изделий ответственного назначения, для получения которых можно пожертвовать временем на проведение сложного компьютерного моделирования, а также высокими материальными затратами. Для работы с ProCast необходимо создавать на предприятии отдельный отдел по проектированию литейной технологии и завязывать его в общую цепочку сквозного проектирования с использованием, например, установок быстрого прототипирования. Только в этом случае можно увидеть реальные результаты использования сложной программы. В России единственной разработкой на МКЭ является «Полигон», который также очень сложен в использовании и значительно дороже программ на МКР. Среди программ на МКЭ «Полигон» имеет в России наибольшее распространение.



Неплохой разработкой на МКЭ является WinCast, так как обладает рядом преимуществ при подготовке сеточной модели по сравнению с ProCast, предоставляя широкий набор возможностей при моделировании. Но высокая стоимость и ряд общих недостатков не позволило WinCast закрепиться на российском рынке.

Метод контрольных объемов, применяемый в LVMFlow и Flow-3D, является оптимальным для решения литейных задач любой сложности. Однако сложность Flow-3D не позволяет использовать ее для решения повседневных задач. LVMFlow, напротив, имеет ряд неоспоримых преимуществ:

- проста в использовании;

- отечественная разработка (русский интерфейс, отечественная база данных);
- высочайшая скорость моделирования;
- учтены пожелания отечественных предприятий;
- большой спектр возможностей;
- низкая стоимость и многое другое.

LVMFlow имеет наибольшее количество пользователей в России и широко распространена за рубежом. Для отечественных предприятий LVMFlow является оптимальным выбором¹. Она решает поставленные задачи легче, быстрее и, в итоге, дешевле! Да, у LVMFlow есть недостатки, и мы о них знаем. Но наш опыт и желание развиваться уже вывели LVMFlow на мировой уровень, и останавливаться мы не собираемся!

По всем вопросам обращайтесь: ООО «Промодель»:

394038, Воронеж, ул. Пешестрелецкая, 108

Тел.: (4732) 58-33-26

Тел./факс: (4732) 70-99-35

http://www.promodel.vrn.ru,

e-mail: info@promodel.vrn.ru

¹ Наше мнение основано на десятилетнем опыте внедрения литейных программ на предприятиях России, которое подкреплено тысячами расчетов и десятками пользователей на литейных предприятиях самых различных направлений деятельности.

LVMFlow CV – точный и самый быстрый инструмент технолога-литейщика!

Современные программы компьютерного моделирования, основанные на физических теориях тепловых, диффузионных, гидродинамических и деформационных явлений, способны адекватно отразить картину физико-химических процессов, происходящих при заполнении жидким металлом формы и кристаллизации многокомпонентного сплава, позволяя, тем самым, заглянуть технологу-литейщику внутрь формы и уже на стадии проектирования литейной технологии внести изменения и избежать бракованных отливок.

Одним из интересных событий выставки GIFA, проходившей в июне 2007 г. в Дюссельдорфе (Германия) на стенде компании NovaCast AB (Швеция), можно считать выход новой версии LVMFlow CV, в основу которой положен метод контрольного объема – Control Volume (CVM – МКО), пришедший на смену метода конечных разностей (FDM – МКР).

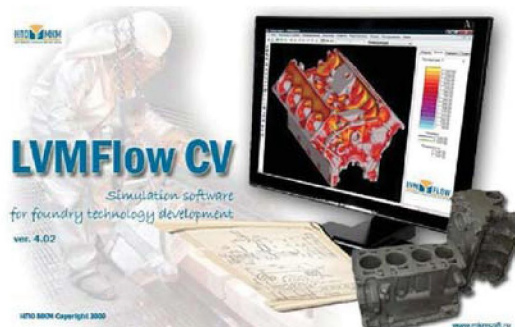
Свершилось событие, которого ждали литейщики России и всего мира. Коллективом ЗАО «НПО МКМ» (г. Ижевск) разработана новая версия САМ ЛП LVMFlow CV, в основу которой положен метод контрольного объема Control Volume (CVM), пришедший на смену метода конечных разностей (FDM). Что нового в LVMFlow CV, и какие «инструменты» получат технологи-литейщики описано в данном материале.

Ключевые слова: метод контролируемого объема.

LVMFlow CV – precise and fastest tool of foundry technologist!

New development expected by foundry mans of the world. Team of ZAO «NPO MKM» (Izhevsk) developed new version of CAM system LVMFlow CV, based on method of controlled volume (CVM), instead of method (FDM). New in LVMFlow CV, and which tools are foreseen for the foundry mans you can find in the issue.

Key words: method of controlled volume.



Рассмотрим преимущества, которые дает применение метода CVM в LVMFlow

CVM предполагает точный учет условий баланса участвующих в расчетах физических величин, в результате чего разностная сетка дополняется набором геометрических характеристик, описывающих точно геометрию, в частности, объем материала в ячейке сет-