

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 выбором<sup>1</sup>. 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

<sup>1</sup> 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-

ки, который не равен объему просто кубика и площади соприкасающихся материалов в каждой ячейке, как было в конечных разностях.

Использование CVM позволяет правильно описывать физику процессов затвердевания при наличии тонких стенок в отливке без существенного увеличения памяти за счет точного учета геометрических характеристик, даже если там будет всего один узел. Переход от FDM к CVM обеспечил увеличение точности расчетов при некоторой экономии памяти.

За счет введения более точной, по сравнению с FDM, границы, учитывающей геометрию отливки, решается проблема с постановкой граничных условий в гидродинамике и расчете напряжений. Хотя для тепловой задачи для толстостенных отливок наличие такой точной границы не является существенным условием, в задачах гидродинамики она приводит к более точным численным расчетам, позволяя, тем самым, получать решение за меньшее время. При расчете напряжений в контактной задаче наличие точной границы является необходимым условием для получения правильных результатов.

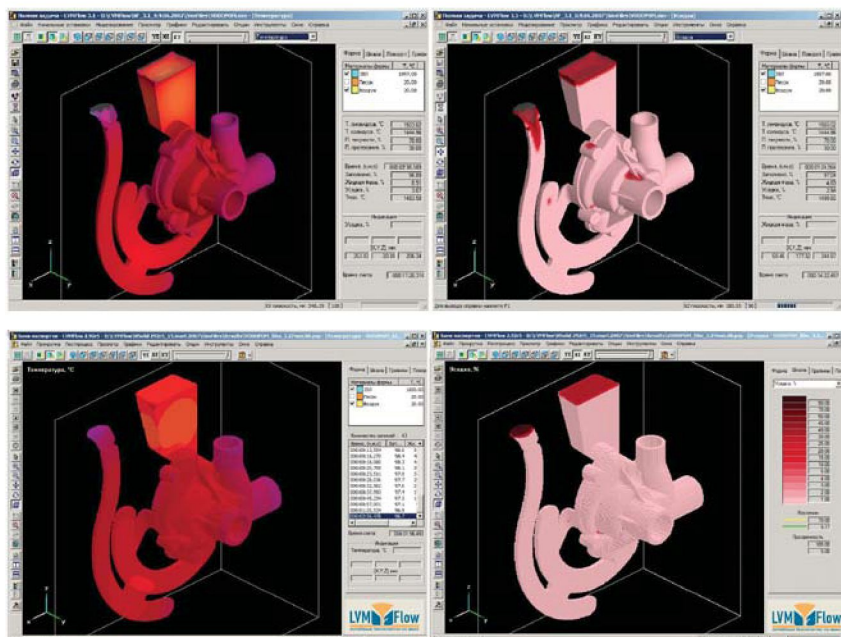
При переходе от FDM к CVM сохранились все проверенные временем и практикой физико-математические модели, заложенные в основу LVMFlow. Изменились лишь методы численного решения этих уравнений. При одном и том же количестве элементов сетки, на уровне близком к конечным разностям, сохранилось быстрое действие.

Использование CVM позволило решить задачу более точного отслеживания распространения фронта затвердевания в отливке, а значит, точно прогнозировать поведение дефектов. Более точный учет геометрии в рамках CVM позволил отслеживать поведение свободной поверхности при заливке, в частности в дальнейшем решить вопрос с моделированием образования пузырей и твердых включений.

Особенно впечатляющие результаты получаются на тонкостенных крупногабаритных отливках. Если ранее для моделирования таких деталей требовалось большое количество элементов сетки и вследствие этого десятки часов, а иногда и целые сутки расчетов, то теперь время моделирования сократилось до минут, в редких случаях, до нескольких часов. Потому что теперь нет необходимости задавать большое число элементов для точного представления тонкостенных деталей.

Можно привести пример сравнения расчета одной и той же отливки методами FDM и CVM для получения результатов расчета одинаковой точности.

В приведенном ниже примере время расчета от начала заполнения до полного затвердевания методом CVM составило около 18 мин.

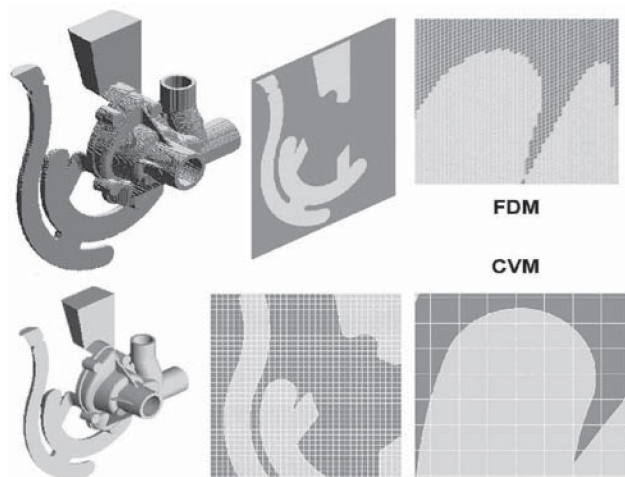


Для этой же отливки расчет методом FDM до получения результата той же точности занял 360 мин. Это очень хороший результат, и он открывает для разработчика технологии изготовления отливки перспективы отладки технологии в реальном времени.

Сегодня LVMFlow – мощный инструмент технолога-литейщика! Высокая производительность, точность результатов, доступность каждому позволило вывести LVMFlow на мировой уровень.

CAE система LVMFlow успешно используется не только на российском, но и на мировом рынке. Через своего дистрибьютора фирму NovaCast AB (Швеция) компания НПО «МКМ» имеет представителей в 16 странах мира. В России, Украине и Белоруссии для поддержки пользователей LVMFlow создана широкая дилерская сеть, которая позволяет быстро и качественно вести сопровождение и информировать пользователей о последних разработках компании НПО «МКМ».

LVMFlow предлагает широкий набор инструментов для моделирования, исследования и создания оптимальной литейной технологии. Модульная структура LVMFlow позволяет быстро и удобно адаптировать и настроить систему к условиям любого производства.



В конечном итоге, применение метода CVM привело к резкому сокращению времени моделирования.

Наличие в руках технолога–литейщика системы LVMFlow позволяет значительно удешевить и ускорить исследовательскую работу по проектированию и разработке технологии производства отливок. LVMFlow широко используется в учебных заведениях при подготовке квалифицированного персонала для литейных производств.

LVMFlow – первая отечественная «литейная» программа с поддержкой многопроцессорных и многоядерных платформ, которая обеспечивает пользователю потрясающую производительность на «обычных» компьютерах.

**LVMFlow позволяет проследить:**

- заполнение формы металлом;
- расчет температурных полей;
- расчет поля жидкой фазы;
- расчет поля скоростей;
- расчет конвективных потоков;
- расчет поля давлений;
- расчет сегрегации (химическая неоднородность);
- расчет дефектов;
- расчет напряжений и деформаций;
- работу ТЭНов;
- каналы охлаждения;
- работу фильтров;
- учет многократного использования формы.

**LVMFlow может быть использован для моделирования следующих способов литья:**

- литье по выплавляемым моделям (автоматическое построение оболочки);

- литье в ПГС;
- литье в кокиль;
- литье в изложницу;
- литье под давлением (4 варианта);
- литье под низким давлением (2 варианта);
- литье по газифицируемым моделям (планируется);
- литье по вакуумно–пленочной формовке (планируется).

**Из дополнительных приемов, применяемых в литейной технологии, в LVMFlow реализовано:**

- учет дозаливки (подкачки) формы;
- заливка из нескольких ковшей;
- моделирование теплоэлектронагревателей;
- моделирование каналов с теплоносителями;
- моделирование фильтров;
- учет противопопригарных покрытий;
- учет многократного использования формы;
- учет типа заливочных ковшей;
- разработка технологии ЛПД;
- расчет ЛПС.

В 2010 г. планируется продолжить развитие системы LVMFlow CV в следующих направлениях: будут включены подсистемы моделирования сегрегации, газовой пористости, захвата воздуха и моделирования литья по газифицируемым моделям. В модуле напряжений будет решена контактная задача, которая позволит учитывать совместное влияние напряжений отливки и формы и рассчитывать горячие трещины. Продолжатся работы над усовершенствованием 64–разрядной многопроцессорной версии.

В.В.Турищев, А.С.Леднев, Е.В.Шаева (ООО «ПроМодель», г. Воронеж),  
В.В.Морозов (ОАО «Тушинский машиностроительный завод», Москва)

## Метод литья по выплавляемым моделям: ломаем стереотипы! Новые возможности метода ЛВМ

Последовательное и направленное затвердевание отливок в нагретой оболочковой форме в литье по выплавляемым моделям (ЛВМ) обеспечивает условия, благоприятные для получения отливок повышенной плотности с высоким уровнем эксплуатационных свойств. Однако типовая номенклатура изготавливаемых методом ЛВМ отливок укладывается в диапазон 0,05–30 кг. Особенностью метода ЛВМ также являются его длительность и сложность, которые практически исключают поиск оптимальных способов получения качественных крупногабаритных отливок методом «проб и ошибок», так как исследование формирования крупногабаритных отливок в производственных условиях обходится дорого и требует значительных трудозатрат. Любые ошибки на стадии проектирования и ввода отливки в серию приводят к удорожанию конечной продукции и нерентабельности производства.

На ОАО «Тушинский машиностроительный завод» (Москва) впервые в мировой практике решена задача получения качественных отливок типа «Рабочее колесо» гидротурбины массой до 5 тонн, получаемых методом ЛВМ.

Для получения изделий подобных габаритных размеров и массы разработан технологический процесс,

Впервые в мире поставлена и решена задача получения отливок ответственного назначения массой 5 т методом литья по выплавляемым моделям! В материале описан современный подход к решению поставленной задачи, который позволил разработать технологию получения качественных изделий в кратчайшие сроки.

**Ключевые слова:** литье по выплавляемым моделям, качественные отливки.

\*\*\*

**Turishhev V.V., Lednev A.S., Shaeva E.V., Morozov V.V.**  
Lost wax casting method: stereotype destruction! New opportunities of lost wax method

For the first time in the world the task to produce 5 tones casting with lost wax method has been solved. In the issue you can find description of modern way to solve the task, which makes possible to get good quality castings in the short period of time.

**Key words:** lost wax, quality castings.

включающий: изготовление моделей, получение керамической оболочки и заливки металла.

Отливки типа «Рабочее колесо» (рис. 1) представляют собой изделия диаметром до 3,5 м и предназна-