

Глобальные изменения рынка программных продуктов для компьютерного анализа процесса литья под давлением полимерных материалов

Барвинский И.А., Барвинская И.Е.

Сайт: www.barvinsky.ru, e-mail: ibarvinsky@yandex.ru, тел. (495) 5812732

V Международной инструментальной саммит. Москва. 3 июня 2010. Препринт.

При правильном использовании компьютерный анализ литья пластмасс является эффективным инструментом, помогающим в решении задачи прогнозирования качества литьевых деталей или при анализе причин брака. Наиболее интересные с нашей точки зрения системы анализа литья пластмасс приведены в таблице /1-9/.

Таблица. Системы анализ литья пластмасс (в алфавитном порядке) /1-9/

| Название системы анализа | Фирма-разработчик (местонахождение штаб-квартиры) | Начало проекта (компания) | Технологии анализа |
|---|--|-------------------------------------|------------------------------|
| Cadmould | Simcon Kunststofftechnische Software GmbH (Германия) | 1988 | 2.5D |
| CAPA, MAPS-3D | VMTech Co., Ltd. (Южная Корея) | 1990 | 2.5D (CAPA), 3D (MAPS-3D) |
| Moldflow (Autodesk Moldflow Insight, Autodesk Moldflow Adviser) | Autodesk, Inc. (США) | 1978 (Moldflow Pty. Ltd.) | 2.5D, 3D |
| Moldex3D | CoreTech System Co. (Тайвань) | 1995 | 2.5D, 3D |
| REM3D | Transvalor S.A. (Франция) | 1990-е | 3D |
| Sigmasoft | SIGMA Engineering GmbH ¹ (Германия) | 1998 ² | 3D |
| Simpoe-Mold | SIMPOE SAS (Франция) | 2004 | 2.5D, 3D |
| VISI Flow | Vero USA, Inc. (США) | 1978 (Plastics & Computers Ltd.) | 3D |

Примечания: ¹ совместное предприятие Simcon Kunststofftechnische Software GmbH и MAGMA GmbH
² дата выхода первой коммерческой версии

Структурные изменения, происходящие в последнее время на мировом рынке программных продуктов для моделирования литья пластмасс, могут оказать большое влияние на дальнейшее развитие данной технологии.

Один из аспектов этих изменений связан с реорганизацией ведущих компаний-разработчиков и систем анализа. Важнейшим событием стало поглощение в 2008 году компанией Autodesk компании Moldflow. Система Moldflow занимала доминирующее положение на рынке после поглощения в 2000 году своего главного конкурента – компании AC Technology Ltd. и ее системы анализа C-Mold. Одним из первых шагов после интегрирования системы разработок и продаж Moldflow в компанию Autodesk стало изменение структуры программного обеспечения, которое нашло отражение в пакетах Autodesk Moldflow Advisers 2010 и Autodesk Moldflow Insights 2010. Для версии 2011 (май 2010 г.) разработан новый графический интерфейс пользователя /2/. Судя по данным дистрибьюторов /10/, стоимость

лицензии на основные решения уменьшилась в несколько раз, что повышает доступность компьютерного анализа для небольших компаний.

Система анализа VISI Flow (компания Vero), недавно созданная на основе известной с 1978 года системы анализа компании Plastics & Computers, также разрабатывается как часть большой CAD/CAM/CAE системы /5/. Другие системы анализа представляют самостоятельные CAE-продукты.

Коммерческие решения для численного моделирования процесса литья термопластов, появившиеся в конце 1970-х годов как анализ одномерного течения (так называемый «2D-анализ»), начали широко распространяться во второй половине 1980-х после создания 2.5D-анализа (модель Хеле-Шоу) /1, 11-13/. Особенностью современного рынка является доминирующее положение (в предложениях фирм-разработчиков) 3D-анализа /14-15/, преимущество которого перед 2.5D-анализом состоит в уменьшении трудоемкости подготовки пригодной для анализа сетки. Отмечается /14/, что 3D-анализ позволяет смоделировать фонтанное течение на фронте потока, учесть влияние разветвлений литниковой системы, инерции, гравитации, особенностей растекания расплава в толстостенных деталях и деталях с микрорельефом. Пока не все из этих возможностей находят применение ввиду отсутствия или недостаточной разработанности соответствующих моделей влияния процесса на качество литьевой детали. В то же время переход к 3D-моделированию, связанный с резким увеличением числа элементов сетки, выдвигает на первый план проблему быстродействия доступных компьютерных систем /14, 16-17/ (подобная проблема применительно к 2.5D-анализу была актуальной в начале 1990-х годов).

Нередко полагают, что 3D-анализ дает большую точность расчетов, по сравнению с 2.5D-анализом. На практике переход от 2.5D к 3D анализу без существенного наращивания мощности используемой компьютерной системы может приводить к снижению точности расчета деталей средней и малой толщин из-за негативного влияния сетки, содержащей недостаточно большое число элементов. Учитывая это, разработчики систем анализа применяют различные методы оптимизации сетки /18/, однако задача количественной оценки влияния упрощенной сетки на точность результатов конкретного расчета является очень сложной, ввиду большого числа влияющих на точность факторов.

К таким факторам, помимо особенностей модели отливки (сетки), относятся используемые модель процесса литья (модель течения расплава, условия охлаждения и т.д.), модель материала детали (метод описания реологических, теплофизических и др. характеристик полимерного материала), достоверность характеристик материала детали, модель литьевой формы (предположения о тепловом и механическом взаимодействии отливки с формой и др.), а также модель литьевой машины (способ задания режима литья, возможность учета влияющих на процесс литья функциональных характеристик литьевой машины, допущения о тепловом и механическом взаимодействии литьевой машины и формы) /19/. Необходимо учитывать, что публикации о проверке расчетов фирм-разработчиков систем анализа неизбежно носят рекламный характер. Независимые исследования, проведенные в последние годы в университетах, показали актуальность проблемы точности моделирования в ведущих системах анализа, как для 2.5D, так и 3D-подходов /20-22/.

Проблема точности прогнозирования процесса литья под давлением связана со сложностью поведения полимерного материала в этом процессе, а также многообразием используемых на практике материалов и композиций на их основе. Хорошее соответствие модели и эксперимента для конкретной марки полимерного материала и геометрии детали не гарантирует точности расчета для других материалов и условий.

Для оценки всего комплекса факторов, влияющих на точность моделирования, и проведения корректных расчетов с учетом возможностей и ограничений используемых методик помимо специальных курсов, организуемых дистрибьюторами программных продуктов, необходима хорошая базовая технологическая подготовка пользователя в области литья пластмасс.

Литература

1. Kennedy P. Development of injection molding simulation // Injection molding: Technology and fundamentals / Ed. by M.R. Kamal, A. Isayev, S.-J. Liu. Hanser, 2009. P. 553-598.
2. Autodesk, Inc. 2010. <http://www.moldflow.com>
3. CoreTech System Co., Ltd. 2010. <http://www.moldex3d.com>

4. Simcon Kunststofftechnische Software GmbH. 2010. <http://www.simcon-worldwide.com>
5. Vero USA, Inc. 2010. <http://www.veroint.com>
6. VMTech Co., Ltd. 2010. <http://www.vmtch.co.kr>
7. SIGMA Engineering GmbH. 2010. <http://www.sigmasoft.de>
8. SIMPOE SAS. 2010. <http://www.simpoe.com>
9. Transvalor S.A. 2010. <http://www.transvalor.com>
10. Группа компаний CSoft. 2010. <http://www.csoft.ru>
11. Chiang H.H., Hieber N., Wang K.K. A unified simulation of the filling and postfilling stages in injection molding. Part I: Formulation // *Polym. Eng. Sci.* 1991. V. 31, № 2. P. 116-124.
12. Kennedy P. Flow analysis of injection molds. Hanser, 1995. 237 p.
13. Дэвис Б., Риос А. Анализ литья под давлением // *Литье пластмасс под давлением / Под ред. Т. Освальда, Л.-Ш. Тунга, П.Дж. Грэмманна. Пер с англ. под ред. Э.Л. Калинчева. – СПб: Профессия, 2006. С. 503-531.*
14. Kim S.-W., Turng L.-S. Developments of three-dimensional computer-aided engineering simulation for injection moulding // *Modelling Simul. Mater. Sci. Eng.* 2004. V. 12, № 3. P. 151-173.
15. Silva L., Agassant J.-F., Coupez T. Three-dimensional injection molding simulation // *Injection molding: Technology and fundamentals / Ed. by M.R. Kamal, A. Isayev, S.-J. Liu. Hanser, 2009. P. 599-651.*
16. Michaeli W., Kratz M., Hoffmann S. 3D-Flow analysis by means of streamline calculation // *Macromol. Mater. Eng.* 2001. V. 286. P. 774-779.
17. Araujo B.J., Teixeira J.C.F., Cunha A.M., Groth C.P.T. Parallel three-dimensional simulation of the injection molding process // *Int. J. Numer. Meth. Fluids.* 2009. V. 59. P. 801–815.
18. Chang R.Y., Liu L., Yang W.-H., Yang V., Hsu D.C. To refine mesh or not to? An innovative mesh generator for 3D mold filling analysis // *60 th SPE ANTEC Tech. Papers.* 2002. V. 48. P. 455-459.
19. Барвинский И., Барвинская И. Компьютерный анализ литья: Подходы и модели // *Пластикс.* 2009. № 3. С. 50-54; № 4. С. 63-66.
20. Patel N. Validation of 3D Moldflow filling analysis for TPV's. M.S. Thesis. University of Massachusetts Lowell, 2004. 98 p.
21. Marin A.M. Pressure prediction verification studies using 3D CAE injection molding simulation software. M.S. Thesis. University of Massachusetts Lowell, 2006. 171 p.
22. Zarechian B.A. A quantitative comparison and validation of computer aided engineering software simulating the plastics injection molding process. M.S. Thesis. University of Massachusetts Lowell, 2008. 108 p.