

**В.И. АЛЕХИН, О.В. АКИМОВ**, канд. техн. наук,  
**А.П. МАРЧЕНКО**, докт. техн. наук, НТУ “ХПИ”

## **КОМПЬЮТЕРНО-ИНТЕГРИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ В БЛОКЕ ЦИЛИНДРОВ DAEWOO SENS**

У цій статті пропонується дослідження і моделювання ливарних процесів в литій деталі блоку циліндрів з використанням комп'ютерного інструментарію LVM Flow з метою виявлення місць можливої появи дефектів усадкового характеру.

In this article research and modeling of castings processes is offered in the cast detail of cylinder block with the use of LVM Flow soft with the purpose of exposure of places of possible appearance of defects of shrink character.

В 2007 г. объем автомобильного производства в Украине вырос на 39%. Намечившаяся в 2004 году тенденция роста отечественного автопроизводства сохраняется и сегодня. Так, если в 2006 году в Украине было произведено 289,8 тыс. автомобилей (рост по сравнению с 2005 годом составил 35,9%), то в 2007 году было произведено 402,8 тыс. автомобилей (+39%).

Благодаря этому результату Украина в рейтинге Международной организации автопроизводителей “OICA” поднялась на одну ступень и из четвертой группы попала в третью, в число стран, которые в год производят более 400 тыс. авто.

Отрасль автомобильного производства произвела валового продукта на 25 млрд. грн. и в объеме ВВП заняла нишу 4%. Объем инвестиций в отрасль в 2007 году составил 1 млрд. грн., что позволило украинским автопроизводителям значительные средства направить на развитие производства.

За последние 7 лет производство автомобилей в целом увеличилось в 13 раз. Вырос также показатель количества автомобилей на 1 тыс. человек населения. Так, если в 1990 году на 1 тыс. человек приходился 41 автомобиль, то сегодня – уже 145.

Исходя из вышеприведенного, перед украинскими автопроизводителями ставятся большие наукоемкие задачи по совершенствованию показателей современных двигателей внутреннего сгорания (ДВС), производимых на Украине [1-4]. Эти задачи невозможно решить без оптимизации конструкции ДВС, будь-то двигатель как готовое изделие, его узлы или отдельные детали. Однако сама конструкция, какой бы совершенной она ни была, может не обеспечивать оптимальных показателей ДВС, если в основу ее проектирования не заложены технологические аспекты изготовления деталей, из которых состоят узлы двигателя. Расчетные и экспериментальные методы определения конструктивной прочности, надежности и ресурса в обязательном порядке должны быть согласованы с теми закономерностями, которые определяют

протекающие при изготовлении деталей физические, физико-химические, тепловые и т.п. процессы. В первую очередь это относится к вопросам получения литых деталей двигателей. Наличие компромисса между проектированием конструкции деталей и проектированием и реализацией технологического процесса их изготовления является определяющим фактором получения качественных деталей, обеспечивающих достижение заданных эксплуатационных характеристик и надежности ДВС. Технологические аспекты должны быть обязательно учтены при разработке и применении САПР для двигателей.

Настоящая публикация представляет цикл исследований, выполненных на кафедре литейного производства НТУ “ХПИ”, и посвящается проблеме обеспечения качества литых деталей ДВС сложной геометрической конфигурации по критерию функциональной и параметрической надежности (корпусные детали). В соответствии с этим критерием при компьютерно-интегрированном ресурсном проектировании необходимо поставить и выполнить следующие задачи.

- Ø Идентификация брака литых деталей ДВС.
- Ø Выявление “узких” мест в конструкции детали с технологической точки зрения.
- Ø Моделирование напряженного состояния литых деталей.
- Ø Моделирование процессов кристаллизации.
- Ø Выявление факторов формирования остаточных напряжений на этапе изготовления литых деталей.

В этой статье рассматривается постановка этих задач с целью обеспечения качества чугунной литой детали блока цилиндров рядного четырехцилиндрового бензинового двигателя объемом 1,4 дм<sup>3</sup> для автомобиля DAEWOO SENS. Заказчик – “АвтоЗАЗ-Мотор”, г. Мелитополь, материал – Ch190B – серый чугун с необязательным химическим составом, сера – не более 0,15%, фосфор – не более 0,1%, структура – перлит пластинчатый. Изготовитель – ООО “Украинская литейная компания”, серийность – 700 литых деталей в месяц (рис. 1).

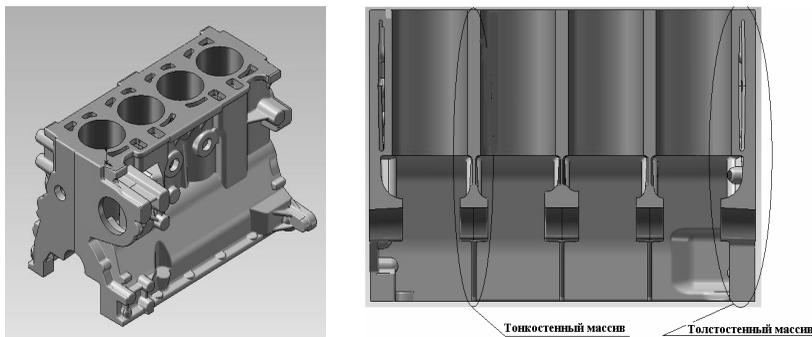


Рис. 1. 3D- модель блока цилиндров

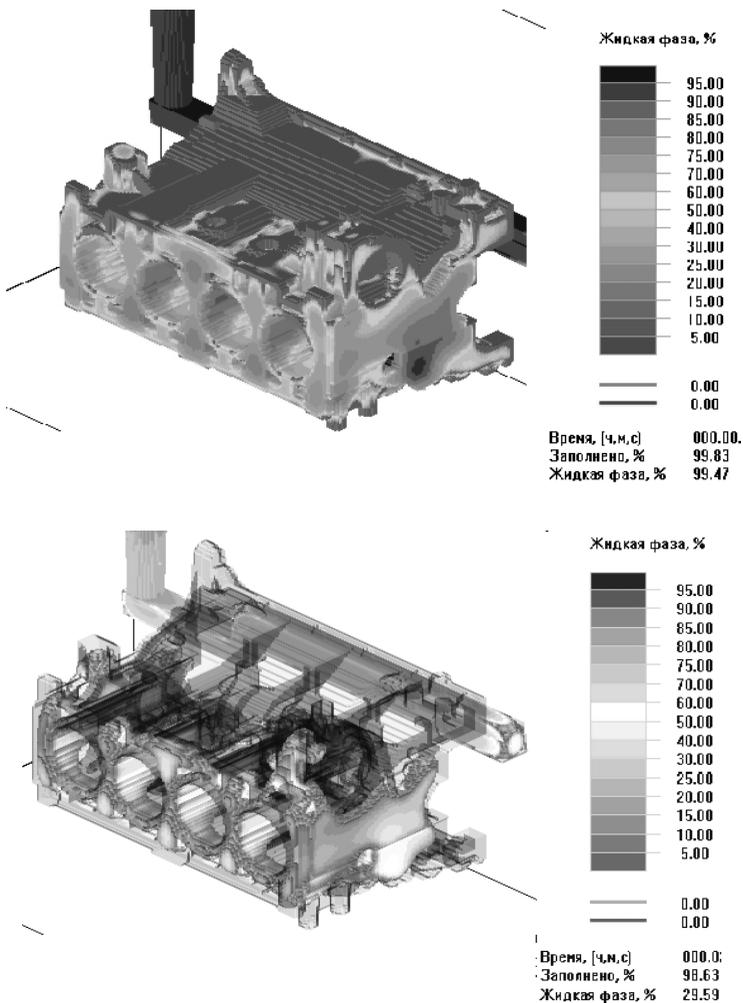


Рис. 2. Характер затвердевания металла литой детали (при содержании жидкой фазы 99% и 25% соответственно)

Как показывает созданная авторами 3D-модель, особенностью конструкции блока цилиндров является сочетание тонкостенных (толщина тела  $S = 2..4$  мм) и толстостенных (толщина тела  $S = 10..20$ мм) массивов (рис. 1), что неблагоприятно влияет на управление качеством литой детали, на направленность кристаллизации металла.

Материал таких литых деталей, помимо механической прочности, должен обладать необходимой плотностью структуры. Исходя из указанных условий и требований к материалу в статье рассматривались такие аспекты как:

- анализ процесса затвердевания литых деталей;
- анализ мест возможного появления усадочных дефектов.

Чтобы решить проблемы, связанные с кристаллизацией металла, провели исследования, связанные с процессами затвердеванием литой детали блока цилиндров. Для этой задачи была выбрана система автоматизированного моделирования литейных процессов LVM Flow, которая относительно данной задачи имеет определенные преимущества перед своими аналогами. К ним можно отнести:

- простоту постановки задачи;
- адекватность результатов моделирования;
- относительную быстроту расчета процессов заливки и кристаллизации (при правильной постановке задачи).

Известно, что направленность кристаллизации играет важную роль при получении качественной литой детали. Появление дефектов усадочного характера в теле литой детали приводит к таким последствиям, как падение прочностных характеристик металла, появление в процессе эксплуатации трещин в местах нахождения таких дефектов и т.д. Неравномерность застывания тонкостенных и толстостенных массивов в блоке цилиндров показана на рис. 2.

По результатам моделирования, выполненного в среде LVM Flow, были выявлены области предположительного образования дефектов (в программе LVM Flow модель образования усадочных дефектов основана на теории перколяции и определяется в процентах, что показано на шкале), которые представлены на рис. 3.

Качественный анализ характера затвердевания литой детали и мест возможного появления дефектов, обозначенных программой, позволяет определить проблематичные места в зонах А, Б и В (см. рис. 3).

В работе представлены электронные модели реальной литой детали блока цилиндров DAEWOO SENS, позволяющие проводить дальнейший анализ в рамках системного подхода для оценки качества ответственных литых деталей ДВС сложной геометрической формы.

Полученные результаты позволяют обозначить пути дальнейшего исследования технологии изготовления литой детали блока цилиндров с целью устранения в ней выявленных дефектов.

Анализ динамики охлаждения, фазового перехода, связанности зон, застывающих последними, позволяет выявить места возможного формирования внутренних усадочных дефектов, сформировать граничные и начальные условия для задачи расчета остаточных деформаций ввиду выравнивания температур по всей литой детали блока цилиндров, и, в конечном счете, провести численную оптимизацию процесса затвердевания.

**Список литературы:** 1. *Акимов О.В.* Тенденции развития и применения автоматизированных компьютерных систем для проектирования и обеспечения качества литейных изделий // Сб. науч. тр. ХГПУ „Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье“. – Харьков: ХГПУ, 1999. – Вып.7. – Ч.2. С.4-9. 2. *Акимов О.В., Гудзенко А.А.* Применение ЭВМ для размерно-

геометрического анализа отливок // Труды международной научно-техн. конф. „Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье”, Харьков, 1997. – С.144-146.

3. Акимов О.В. Компьютерное моделирование фазового перехода и остывания отливки блок-картера двигателя СМД // Вестник ХГПУ. Сер. «Новые решения в современных технологиях». – Харьков: ХГПУ, 1999. – Вып.75. – С.65-73.

4. Акимов О.В., Солошенко В.А. Компьютерное моделирование остаточных напряжений в отливке блок-картера дизеля „СМД” // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ, 2000. – Вып. 117. – С.34-36.

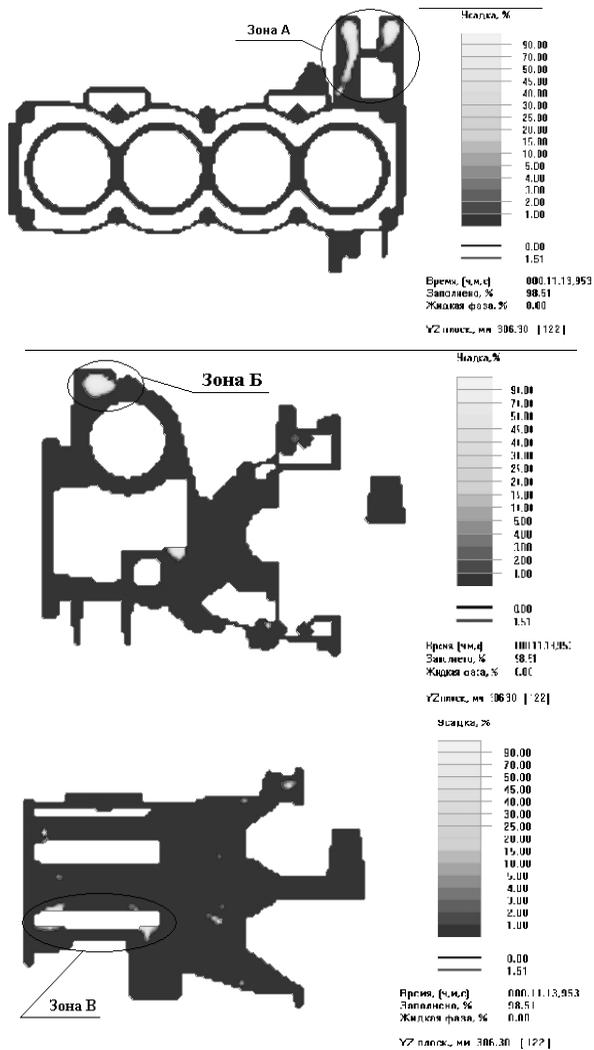


Рис. 3. Зоны возможного появления дефектов усадочного характера

Поступила в редакцию 31.01.08