

## АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ОТЛИВКИ КАРТЕРА ВХОДНОГО БЕССТУПЕНЧАТОЙ ГИДРООБЪЕМНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНЖЕНЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**В. В. Губин**, генеральный директор ПАО «Харьковский тракторный завод им. С. Орджоникидзе», Харьков, Украина

**В. И. Алёхин**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Литейное производство» Национального технического университета «ХПИ», Харьков

**П. С. Пензев**, аспирант кафедры «Литейное производство» Национального технического университета «ХПИ», Харьков

**О. В. Акимов**, докт. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Литейное производство» Национального технического университета «ХПИ», Харьков

*В статье рассмотрено моделирование технологического процесса изготовления отливки детали «Картер входной». Представлены результаты моделирования затвердевания отливки. В результате проведенного моделирования выявлены места концентрации литейных дефектов, выполнена оценка ожидаемого количества брака литья.*

**Ключевые слова:** отливка, моделирование, литейный дефект, 3D-модель отливки.

Современное проектирование литых деталей с непрерывным конструкторско-технологическим взаимодействием является мощным инструментом при разработке новых деталей и модернизации существующих, а системы для инженерного моделирования технологических процессов производства и анализа напряженно-деформированного состояния литых деталей являются наиболее эффективными в рамках конструкторско-технологического проектирования.

Процессы проектирования, технологическая подготовка и производство литых деталей являются неотъемлемой частью системного подхода, заложенного в CALS-технологиях, т.е. совокупностью взаимосвязанных во времени процессов последовательного изменения состояния детали. В современных условиях для выпускаемой продукции главными требованиями являются качество, низкая себестоимость и минимальное время разработки новых изделий, которое может быть достигнуто с применением моделирования в рамках технологии конструкторско-технологического проектирования [1].

На сегодняшний день на ПАО «ХТЗ» внедряется в производство гидрообъемно-механическая трансмиссия (ГОМТ) для колесных тракторов с шарнирно-сочлененной рамой с двигателями мощностью от 170 до 250 л.с. [2-4]. Актуально подобное решение для перспективных разработок тракторов повышенной мощности и для тракторов с двигателями мощностью до 300 л.с.

С целью выбора наиболее эффективного выгодного решения из ряда альтернативных схем и конструкций ГОМТ при соответствии наилучшим технико-экономическим показателям тракторов было принято решение о проведении данного научного обоснования.

Большинство литых деталей коробок передач транспортного и специального назначения

изготавливается способом литья, при проектировании которого в основу должны быть заложены технологические аспекты изготовления, а также возможные различные литейные дефекты. Данные дефекты возникают из-за отсутствия методов и инструментария оказания влияния на технологические режимы производства. В конструкторской документации и в ТУ, как правило, оговорены размеры и количество различных литейных дефектов, которые не допускаются в детали и такие дефекты оказывают влияние на ее качество и надежность.

Основной частью рассматриваемой ГОМТ является картер входной, от качества которого будут зависеть требуемые характеристики, заложенные на стадии проектирования. Требования к качеству и надежности литых деталей закладываются и выполняются, согласно техническим условиям, на стадии производства при использовании методик определения технологических дефектов [5-6].

Получение качественного картера на этапе литья состоит из двух основных процессов: заливки расплавленного сплава в форму и формирования литой детали в процессе фазового перехода при охлаждении и кристаллизации.

Анализ качества литого картера следует выполнять с применением универсальной технологии комплексного компьютерно-интегрированного проектирования литых деталей с применением инженерного моделирования тепловых и гидродинамических параметров литья. Моделирование литейных процессов, протекающих при изготовлении литой детали картера выполняется для выявления мест образования дефектов, определения их расположения и предположительного размера, а также для последующего анализа процесса фазового перехода при охлаждении отливки.

Для выполнения поставленной задачи была предложена следующая последовательность

этапов, согласно методике моделирования тепловых и гидродинамических процессов литья:

- определение начальных условий;
- разработка 3D модели отливки на базе картера входного с технологической литниково-питающей системой;
- компьютерно-интегрированное моделирование литейных процессов производства литого картера;
- анализ результатов моделирования;
- анализ характера заполнения формы металлом и расположения литейных дефектов.

В качестве исследуемой детали для компьютерно-интегрированного моделирования выбран литой картер входной. (Рис. 1).

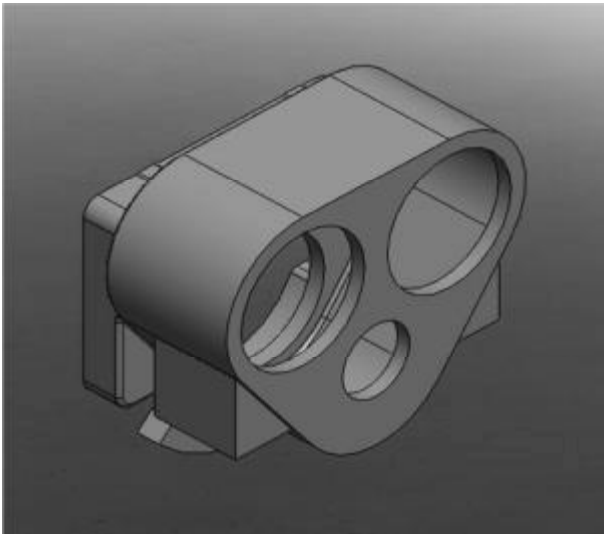


Рис. 1. Литой картер входной.

В ИКС SolidWorks была создана 3D-модель отливки картера с технологической литниково-питающей системой. Созданная литниково-питающая система представляет собой систему «сужающегося» типа, которая обеспечивает своей конструкцией постепенное заполнение формы металлом во избежание попадания шлаковых включений в ее полость.

#### **Начальные и граничные условия моделирования.**

Граничные условия и исходные данные для моделирования задавались нами согласно следующей последовательности:

- 3D-импорт (конвертирование файла в формат \*.stl и создание конечно-объемной модели);
- назначение материала для отливки и литейной формы, а также разделительного покрытия, наносимого на поверхности формы;
- назначение начальной температуры расплава и формы;
- назначение общего времени цикла производства одной отливки.

С использованием модуля 3D-импорта, встроенного в ИКС NovaFlow, модель картера с литниково-питающей системой, а также моделью

формы конвертировалась в конечно – объемную модель.

Заданы оптимальные параметры ячеек, исходя из требования время расчета - адекватность результатов:

- размер ячейки – 3,7 мм;
- количество ячеек – 7 672 320 шт.;

Назначение граничных условий для материала элементов отливки и формы производился путем разбиения сборки на отдельные части, каждой из которых придавался свой цвет:

- материал отливки картера – СЧ-25 ГОСТ 1412-85.

- материал литейной формы – ХТС смесь.

Температура расплава перед заливкой в форму составляла – 1250 °С.

Полученные результаты инженерного моделирования представлены графически в виде заполнения формы расплавом, направленности кристаллизации при охлаждении (переход от жидкой к твердой фазе) и отображения расположения газоусадочных дефектов.

Характер заполняемости формы играет важную роль в создании благоприятных условий для направленной кристаллизации. Скорость движения расплава при заполнении формы в отдельно взятых частях не превышала критических значений  $V_{кр} > 0,8$  м/с, с плавным заполнением литейной формы, без заплескиваний и с малыми завихрениями согласно требованиям [4] (Рис. 2).

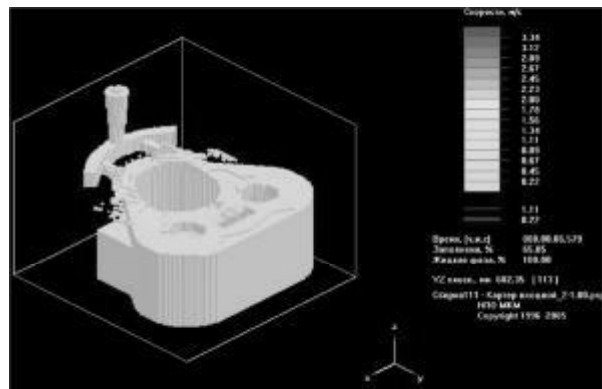


Рис. 2. . Общий вид заполнения формы расплавом

Результаты проведенного нами анализа показали, что движение расплава в форме можно считать удовлетворяющим следующим требованиям:

- проходя через элементы литниковой системы, расплав не приобретает турбулентный характер движения;
- заполнение формы происходит без превышения критических скоростей.

Анализ результатов компьютерно-интегрированного моделирования процесса охлаждения в технологической форме проводился в соответствии с параметрами:

- переход из жидкой в твердую фазу в процессе охлаждения (Рис.3);

- дефекты усадочного характера (Рис.4);

Анализ динамики охлаждения отливки, фазового перехода, связанности зон, кристаллизующихся последними, позволили определить места возможного появления дефектов газоусадочного характера.

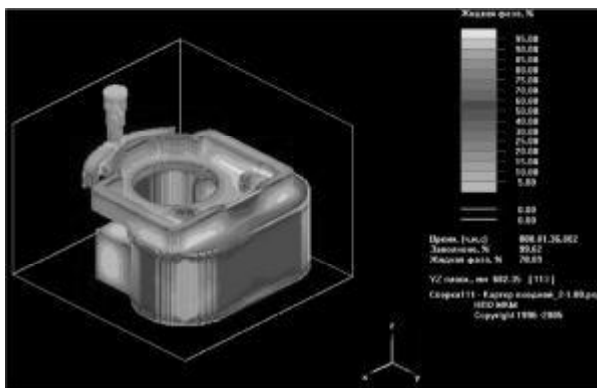


Рис. 3. Переход из жидкой в твердую фазу в процессе охлаждения отливки.

Окончательный вывод был сделан, исходя из анализа расположения усадочных дефектов. Критерием для определения мест расположения усадочных дефектов и их величины является коэффициент усадки, он использован нами для предсказания пористости и усадочных раковин, достаточно больших для обнаружения методом радиографического тестирования. Этот критерий является надежным предсказателем усадочных дефектов для простых отливок, но в случае отливок со сложной геометрией его использование требует более тщательного анализа результатов моделирования, поскольку много факторов влияет на образование газоусадочной пористости.

Анализ мест расположения дефектов показал, что наиболее подвержены усадочным явлениям зоны отливки, выделенные темно-красным цветом (Рис.4).

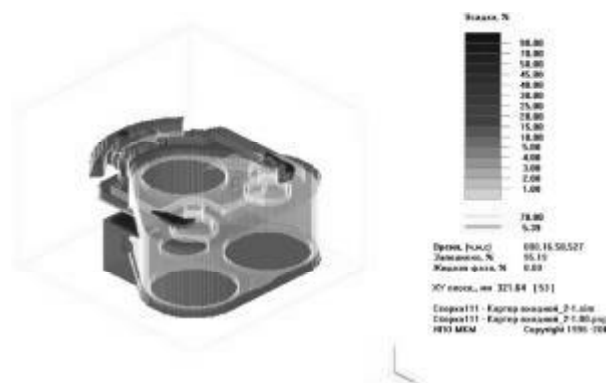


Рис. 4. Места расположения дефектов усадочного характера.

Найденные дефекты позволяют утверждать, что брак литого изделия может составлять 5-6% от годного литья. Дальнейшие результаты исследований будут отображены в последующих статьях.

Из результатов инженерного моделирования тепловых и гидродинамических процессов литья -картера входного следует, что дефекты усадочного характера могут являться концентраторами напряжений в конструктивных элементах детали, а значит могут оказать влияние на прочностные характеристики в процессе эксплуатации.

Разработанная 3D-модель отливки картера входного с технологической литниково-питающей системой позволила создать конечно-разностную модель отливки и технологической оснастки, а также выполнить инженерное моделирование процессов литья в ИКС NovaFlow. Для литого картера входного выполнен анализ физических особенностей процессов заполнения и охлаждения отливки в форме, определены места расположения и размеры усадочных дефектов.

Результаты исследований позволили сформировать граничные и начальные условия для моделирования напряженно-деформированного состояния картера входного в местах образования усадочных дефектов.

#### Список использованной литературы:

1. Акимов О.В. Научные основы и методы компьютерно-интегрированного ресурсного проектирования литых блок-картеров ДВС // Научно технический журнал «Двигатели внутреннего сгорания». Харьков: НТУ «ХПИ» – 2008. – №1. – С. 120 – 124.
2. Самородов В.Б., Забелышинский З.Э., Шуба С.А., Деркач О.И., Рябиченко Е.А., Яловол И.В. Обоснование применения бесступенчатой гидрообъемно-механической трансмиссии для тракторов с двигателем мощностью 220 – 240 л.с. // Тематический выпуск «Транспортное машиностроение». – НТУ «ХПИ». – 2012. – № 20, с. 55-61.
3. Самородов В.Б., Калинин С.В., Забелышинский З.Э., Шуба С.А., Деркач О.И. Бесступенчатая гидрообъемно-механическая трансмиссия для тракторов мощностью 220-240 л.с. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2013. – №1, с. 17-21
4. Проектирование трансмиссий автомобилей: Справочник / Под общ.ред. А.И. Гришкевича. – М.: Машиностроение, 1984. – 272с.
5. В. И. Алехин, А. В. Белогуб, О. В. Акимов Расчет влияния дислоцированных литейных дефектов усадочного характера на прочность литой детали поршня // Литейщик России. – Москва. – 2011. – №4. – С. 16 – 19.
6. В.И. Алёхин, А.В. Белогуб, О.В. Акимов Исследование влияния размеров литейных дефектов на напряженно-деформированное состояние поршня // Научно технический журнал «Двигатели

**Губін В. В., Альохін В. І., Пензев П. С., Акімов О. В. Аналіз якості відливки картера вхідного безступінчастої гідрооб'ємно-механічної коробки передач трактора з використанням інженерного моделювання**

У статті розглянуто моделювання технологічного процесу виготовлення відливки деталі «Картер вхідний». Представлені результати моделювання затвердіння відливки. У результаті проведеного моделювання виявлені місця концентрації ливарних дефектів, виконано оцінку очікуваної кількості браку лиття.

**Ключові слова:** відливка, моделювання, ливарний дефект, 3D-модель відливки.

**Gubin V., Alekhin V., Penzev P., Akimov O. Analysis of quality casting carter input continuously variable hydrostatic-mechanical gearbox tractor with engineering simulation**

The article deals with modeling of technological process of manufacturing parts casting process "Carter input." The results of the solidification simulation. The re-modeling conducted revealed zultete place concentration of casting defects, the estimate of the expected number of casting marriage.

**Keywords:** casting, modeling, casting defect, 3D-model casting.

Дата надходження до редакції: 07.12.2015

Рецензент: д.т.н., проф. Тарельник В.Б.

**THE COST-EFFECTIVE MANUFACTURING TECHNOLOGY FOR PRODUCTION OF THE QUALITY SLIDE BEARINGS ELEMENTS**

**C. Kundera**<sup>1</sup>, Doctor of Sc., Full Profeccor

**B. Antoshevsky**<sup>1</sup>, Doctor of Sc., Full Profeccor

**V. Tarelnyk**<sup>2</sup>, Doctor of Sc., Full Profeccor

**Ie. Konoplianchenko**<sup>2</sup>, Cand.Tech.Sci., Associateprofessor

**V. Martsynkovskiy**<sup>2</sup>, Cand.Tech.Sci., Associateprofessor

1 -KielceUniversity of Technology, Poland;

2- Sumy National Agrarian University, Ukraine

The present paper represents the process of synthesis to obtain rational variant of bearing manufacturing technology with regard to constraints arising from its implementation. Model of the bearing layer-by-layer structure is represented by a graph. Quality requirements for the surface layers of slide bearing elements are formalized. Method for predefined selection of the variant of technological process for slide bearing manufacturing with minimal production cost is presented.

**Keywords:** slide bearing, quality, manufacturing technology, optimization, costs of manufacture, synthesis.

**Introduction**

The decision concerning the problem on how to increase the machines service life depends directly upon improving wear-resisting property and reliability of their friction units.

Slide bearings (SB) are indeed those friction units that ensure reliability of modern high-speed turbocompressors, turbo-refrigerating machines, multipliers and pumps. According to statistical data, up to 32% of failures of gas blowers in gas transportation system takes place due to SB malfunction.

A surface layer of machine parts is the most loaded zone wherever these parts work, especially in view of a wide variety of operating conditions. Therefore the real service life of machine depends upon the load-carrying capacity of surfaces of the parts; at that load-carrying capacity is determined by quality of the surface layer. Quality of the surface layer, in its turn, depends upon the technology used for its formation, thus analysis of application methods of antifriction coatings onto SB friction surfaces is relevant and urgent.

**Analysis of recentresearches and publications.**

Reliability of SB depends, with other factors being equal,significantly upon its manufacturing quality, as well as upon properly carried out installation and repair works, upon meeting all requirements of design and technological documentation.

There are a lot of works dealing with problems of quality improvement of machine parts using technological methods [1,2]. Quality of surface of machine parts is conditioned by geometrical characteristics as well as physical and mechanical properties of the surface layer. The main geometrical characteristics of the quality of surface layer are surface roughness, waviness and deviation from the proper geometrical shape. Structure of the surface layer, microhardness, presence and sign of residual stresses are the main physical and mechanical characteristics of quality.

As a rule, surface of the steel insert is tin-plated before it is lined with babbit. At that forces of molecular attraction operate on the actual contact