

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Мартыненко Сергея Витальевича
«Совершенствование технологии изготовления крупногабаритных
тонкостенных стальных отливок с применением уточненной по свойствам
материалов компьютерной модели»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.6.3. Литейное производство

Актуальность темы. В настоящее время успешно реализуется стратегия развития железнодорожного транспорта до 2030 г., которая предполагает техническое и технологическое перевооружение отрасли, в частности, производство грузового подвижного состава нового поколения с повышенными механическими характеристиками. Повышение требований к грузовым вагонам инициирует актуальную проблему повышения качества ответственных деталей вагонов и совершенствования технологий их изготовления. В рамках данной актуальной проблемы выполнена диссертационная работа С.В. Мартыненко.

Наиболее ответственными и технологически сложными являются литые детали тележки грузовых вагонов – рама боковая и балка надрессорная. Современные подходы к совершенствованию и исследованию технологий литья предполагают использование методов компьютерного моделирования. Диссертационное исследование С.В. Мартыненко включает разработку метода подготовки данных для компьютерного моделирования технологии литья в песчаные формы и ориентировано на развитие отечественных САПР литейной технологии, что также становится актуальным в условиях жестких экономических санкций. Таким образом, тема представленной к оппонированию диссертации является актуальной и отвечает современным направлениям развития литейного производства.

Практическая значимость результатов работы включает 1) использование в проектно-технологической деятельности АО «НПК «Уралвагонзавод» (УВЗ) уточненных компьютерных моделей и скорректированной базы данных материалов для анализа литейных дефектов в крупногабаритных стальных отливках; 2) внедрение в производственную деятельность АО «НПК «Уралвагонзавод» усовершенствованных технологий изготовления крупногабаритных тонкостенных стальных отливок «Рама боковая» и «Балка надрессорная». Практическая значимость результатов работы подтверждается

патентами РФ и актом внедрения усовершенствованных технологий в производственную практику АО «НПК «Уралвагонзавод».

Новые научные результаты, полученные автором, включают 1) расчетно-экспериментальный метод САПР литейной оснастки и технологии, позволяющий уточнять и комплектовать базу данных формовочных материалов; 2) математическое обеспечение расчетной части разработанного метода, реализованное в виде автономного программного модуля САПР.

Достоверность результатов исследования, полученных автором, подтверждается экспериментальной проверкой прогнозируемых усадочных дефектов в крупногабаритных и тестовых отливках, технологической реализацией предложенных подходов к повышению эффективности и оптимальному расположению прибылей; отсутствием противоречий с известными научными положениями.

Анализ содержания диссертации подтверждает достаточный и необходимый объем материала, изложенного на 160 страницах текста и иллюстрированного 106 рисунками. Диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.6.3. Литейное производство (05.16.04 – Литейное производство). Автореферат полностью отражает содержание диссертации, ее результаты и основные выводы.

Во введении приводится цель диссертационной работы, которая заключается в разработке метода подготовки входных данных и улучшенной компьютерной модели для прогнозирования усадочных дефектов в крупногабаритных отливках и дальнейшего совершенствования технологии изготовления таких отливок способом литья в песчаные формы. В соответствии с обозначенной целью работы сформулированы задачи исследования и защищаемые положения.

В первой главе описывается текущее состояние практических запросов и исследований по теме диссертации. Акцентируется внимание на отсутствии однозначных сведений о свойствах песчаных смесей и необходимости укомплектовывать базы данных материалов программ, ориентированных на компьютерное моделирование литейных технологий. Рассматривается проблематика литейных дефектов в крупногабаритных тонкостенных отливках

«Рама боковая» и «Балка надрессорная», определяющих прочность и надежность деталей в сборке тележек грузовых вагонов. Отмечается специфика изготовления вагонных отливок способом литья в песчаные формы в условиях УВЗ. Исходя из выполненного автором анализа проблематики компьютерного моделирования технологий изготовления крупногабаритных тонкостенных отливок формулируются актуальные задачи диссертационного исследования.

Во второй главе описаны материалы и методики исследования, включая использованное программное обеспечение. Так, с использованием программы JMatPro проверены свойства стали 20ГЛ, из которой изготавливаются отливки «Рама боковая» и «Балка надрессорная». Для компьютерного моделирования технологий литья выбрана отечественная программа LVMFlow, выполняющая дискретное решение дифференциальных уравнений на объемной расчетной сетке методом контролируемых объемов. В рамках диссертационного исследования выполнено измерение теплофизических свойств песчаных смесей по стандартным методикам и показано, что измеренные температурные зависимости свойств не обеспечивают достоверный расчет температурных полей при компьютерном моделировании. Таким образом, обосновывается необходимость решения поставленной задачи о расчетно-экспериментальной корректировке свойств песчаных смесей.

В третьей главе представлен разработанный и примененный автором в цеховых условиях УВЗ расчетно-экспериментальный метод корректировки теплофизических свойств песчаных смесей. В составе предложенного метода проводится эксперимент по регистрации температуры термопарами при затвердевании в песчаной форме тестового образца или крупногабаритной отливки. Соответствующие эксперименту расчетные температурные кривые получаются решением прямой задачи теплопроводности в программной среде САПР литейной технологии LVMFlow. Математическое обеспечение расчетной части разработанного метода позволяет решить обратную задачу теплопроводности и совместить расчетные кривые с экспериментальными за счет многопараметрической оптимизации. Расчетная часть метода реализована в виде автономной программы, которая выдает на выходе искомые

температурные зависимости теплопроводности и удельной теплоемкости песчаной смеси.

В четвертой главе приводится верифицированная компьютерная модель затвердевания крупногабаритной тонкостенной отливки в песчаной форме с обязательными настройками, обеспечивающими точное вычисление температурных полей. Отмечается, что уточненная модель в итерационном расчете нестационарного температурного поля обращается в базе данных материалов к температурным зависимостям удельной теплоемкости и теплопроводности песчаных смесей, прошедшим корректировку с применением представленного в третьей главе метода. Уточненная и верифицированная компьютерная модель использована автором для исследования в вычислительных экспериментах условий образования усадочных дефектов в отливках «Рама боковая» и «Балка надрессорная». Показано на сечениях разрезанных в натуральных экспериментах отливках, что уточненная по свойствам материалов компьютерная модель достоверно прогнозирует расположение усадочной раковины в прибылях. Таким образом, на базе отечественной программы LVMFlow организован эффективный инструмент для анализа сложных литниково-питающих систем (ЛПС), и этот инструмент использован для сравнения различных вариантов ЛПС исследуемых отливок.

В пятой главе приводится последовательность поиска технологических решений, основанного на анализе большого объема данных компьютерного моделирования и направленного на снижение брака по усадочным дефектам в отливках «Рама боковая» и «Балка надрессорная». Приведены внесенные в технологию литья изменения, действенность которых доказана порезкой отливок. По результатам компьютерного моделирования, в частности, для повышения эффективности работы прибылей автором предложено использовать экзотермические стержни-вставки, которые конструктивно отличаются от применявшихся ранее пирамидальной геометрией погружной части. Кроме того, компьютерному анализу подвергнуты варианты расположения прибылей, конструкции и расположения литниковых систем, размера и расположения холодильников, установки дополнительных выпоров и технологических ребер. Выбор наилучших вариантов с минимальным

параметром усадочных дефектов определил состав совершенствующих технологий изменений.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы, которые подтверждают выполнение заявленных во введении задач исследования.

Стиль и оформление диссертации отличаются логичным и последовательным изложением материала, грамотным техническим языком, необходимым количеством четких рисунков, демонстрирующим подготовку натуральных экспериментов и результаты вычислительных экспериментов.

Оценка публикаций подтверждает достаточное количество статей по теме диссертации: 5 статей опубликовано в журналах из списка ВАК РФ, из них 2 статьи опубликованы в переведенных версиях журналов и проиндексированы в базах Scopus и Web of Science; 1 статья опубликована по результатам участия в международной конференции и также проиндексирована в международных базах Scopus и Web of Science. Автором получено 9 патентов РФ.

Замечания и вопросы по диссертации

Отмечая актуальность темы диссертации и важность полученных результатов, отличающихся новизной, теоретической и практической значимостью, считаю необходимым отметить следующие недостатки, касающиеся представления полученных результатов.

1. В главе 2, параграф 2.1 выбор программы моделирования для исследования обоснован очень слабо (русский интерфейс, легко обучать технологов и т.п.). Отсутствует сравнение с другими популярными системами моделирования (ProCAST, Magma, «ПолигонСофт»), нет аргументов в пользу того или иного программного продукта.

2. В главе 2, параграф 2.2 сравнительный анализ свойств сталей 20Л и 20ГЛ сделан не полностью. Например, нет сравнения самой важной характеристики – доли твердой фазы для этих марок. Почему-то не демонстрируется зависимость, характеризующая процентное содержание жидкой фазы в интервале кристаллизации, полученная в JMatPro. Не показан разброс теплофизических характеристик при колебании химического состава и скорости охлаждения расплава. Следовало бы выполнить экспериментальное

определение характеристик (удельной теплоемкости, доли твердой фазы, температур ликвидус и солидус) на образцах предприятия и получить более обоснованный набор исходных данных для материала отливки для всей последующей работы.

3. В главе 3, параграф 3.1. утверждение о непригодности характеристик формовочных смесей, измеренных методами дифференциальной сканирующей калориметрии и лазерной вспышки, сделано без подробных пояснений.

4. В главе 5 при сравнении результатов моделирования работы прибылей с экспериментом не показывается шкала усадочной пористости, что затрудняет понимание значимости областей усадки, которые присутствуют в расчете, но отсутствуют на фотографиях (например, рис. 5.13, 5.16).

5. Вопрос. Можно ли применять уточненные характеристики песчаной формы, полученные в работе, для моделирования стальных отливок из других марок сталей с отличающимися характерными размерами (толщина стенки, габариты)?

Отмеченные недостатки не снижают общее позитивное впечатление от выполненной работы и не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Заключение

Диссертационная работа С. В. Мартыненко представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, в которой решена важная научно-техническая задача совершенствования технологии изготовления стратегически важных крупногабаритных отливок способом литья в песчаные формы с использованием сформированной автором среды компьютерного моделирования на базе отечественной САПР литейной технологии. Ключевым моментом предложенного подхода является разработанный расчетно-экспериментальный метод корректировки свойств песчаных смесей с учетом индивидуальных условий изготовления форм и стержней на предприятиях.

Диссертация соответствует требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, определенным п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»; ее автор

Мартыненко Сергей Витальевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.3. Литейное производство.

Официальный оппонент, кандидат технических наук (05.16.04 – Литейное производство), заместитель руководителя отдела машиностроения АО «СиСофт»


23.05.22

Алексей Валерьевич Монастырский

Полное наименование организации: Акционерное общество «СиСофт»

Адрес организации: 108811, г. Москва, Румянцево, 22-й км Киевского шоссе, д. 4, стр. 1

Телефон: +7 (495) 913–2222

E-mail: avmon@csoft.ru

Подпись Алексея Валерьевича Монастырского заверяю:



Директор отдела конкурсных продаж Шустиков И.В