

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе ДВФУ

А.С. Самардак

«14» января 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет» на диссертационную работу
Иванковой Евгении Павловны по теме: «Моделирование стойкости оболочковой формы по выплавляемым моделям к трещинообразованию при охлаждении в ней отливки», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8 Механика деформируемого твердого тела

Актуальность темы диссертации

Литье по выплавляемым моделям является одним из наиболее перспективных специальных способов, применяемым для получения литьих заготовок деталей машин высокой сложности. Основное его достоинство - высокая точность геометрии получаемых отливок. Однако, ряд недостатков этого метода, существенно сдерживают его широкое применение, одной из серьезных технологических проблем литья по выплавляемым моделям является образование дефектов и разрушение оболочковых форм при заливке расплавленным металлом и затвердевании отливок. Этой актуальной технологической задаче и посвящена настоящая работа.

Актуальность работы подтверждается соответствием ее содержания приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечню критических технологий Российской Федерации в части материаловедения и новых материалов.

Структура и объём диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 101 наименования, двух приложений. Общий объем работы составляет 96 страниц (в том числе 2 приложения на 4 страницах).

По основному содержанию работы можно отметить следующее.

В первой главе приведен обзор известных математических методов и моделей, используемых при определении напряженно-деформированного состояния литейных многослойных оболочковых форм при неравномерном распределении температуры при заливке и в процессе отверждения расплава. Описаны особенности напряжённого состояния оболочковой формы на основных этапах её изготовления и применения и параметры литейной многослойной оболочковой формы и исследуемых видов ее структур.

Во второй главе для решения технологических задач: оптимизации выбора свойств материалов; оптимизации морфологического строения многослойной оболочковой формы; оценке влияния внешнего теплового воздействия опорного наполнителя на оболочковую форму построена математическая модель напряженно-деформированного состояния литейной многослойной оболочковой формы при заливке и охлаждении в ней отливки.

В третьей главе предложено решение задачи по оптимизации физических свойств оболочковой формы, обладающей наибольшей сопротивляемостью к трещинообразованию при заливке ее жидким металлом, основанное на поиске экстремальных значений целевой функции от управляющих переменных, характеризующих свойства формовочных материалов, из которых изготавливается оболочковая форма. Предложен алгоритм решения задачи оптимизации выбора физических свойств материалов оболочковых форм и приведены результаты решения задачи оптимизации выбора свойств материалов оболочковой формы.

В четвертой главе решалась задача по разработке и выбору технологически оптимальной макроструктуры многослойной оболочковой формы с повышенной стойкостью к трещинообразованию, а именно оболочковая форма рассматривалась как многослойная с различными физико-механическими свойствами, например для случая пятислойной формы, оптимизировался «особый» внутренний слой, свойства которого отличались от свойств остальных слоев оболочковой формы. Автором предложен оригинальный подход при прогнозировании трещиностойкости пятислойной оболочки с «особым» внутренним слоем, примыкающим к наружному внешнему слою. Предложены два новых вида для структур оболочек, для снижения термомеханических напряжений.

В пятой главе выполнена математическая постановка задачи по определению температуры опорного наполнителя, при которой будет обеспечиваться максимальная стойкость оболочковой формы. Критерием стойкости оболочковой формы к трещинообразованию, выбраны появляющиеся в ее сечении нормальные растягивающие напряжения. Приведен алгоритм и результаты расчета влияния нагрева опорного наполнителя на напряженное состояние оболочковой формы.

В заключении представлены основные результаты диссертационной работы.

Научная новизна результатов и выводов

В диссертации получены следующие новые научные результаты.

Разработаны математические модели оптимизации стойкости многослойных оболочковых форм с особыми макроструктурами, позволяющими определить главные физические свойства материалов оболочки.

Теоретически обосновано морфологическое строение оболочковой формы оказывающие решающее влияние на снижение термических напряжений в рассматриваемых процессах.

Установлен оптимальный температурный режим подогрева опорного наполнителя при заливке стали в холодную литейную оболочковую форму.

Разработаны новые структуры оболочковых форм, с новыми функциональными технологическими структурами промежуточных слоев, повышающие трещиностойкость формы и обеспечивающие их заливку жидким металлом без опорного наполнителя, технологическая новизна полученных решений подтверждена патентами.

Для монослойной и многослойной кварцевой оболочковой форме при заливке еестью решена задача по определению оптимальной температуры опорного наполнителя при заливке стали в холодную оболочковую форму.

Достоверность и обоснованность научных положений и выводов

в диссертационной работе определяются тем, что диссертант корректно использовал классические подходы неравновесной термодинамики и механики деформируемого твердого тела к постановкам и решению краевых задач термомеханики, а также апробированные компьютерные технологии и численные методы.

Теоретическая и практическая значимость результатов

Математические модели и численные алгоритмы, предложенные в работе могут быть использованы при уточнения и разработки новых моделей для оптимизации структур оболочковых форм и опорных наполнителей в технологии литья по выплавляемым моделям. Очевидно, что все теоретические результаты будут полезны при отработке и внедрении новых технологий изготовления многослойных оболочковых форм с целью снижения брака оболочек, их разрушения и снижения негативных последствий этих дефектов на отливки. Предложены упрощенные методики теоретической оценки трещиностойкости и структуры оболочковой формы на основе кварца, применимые в условиях действующего производства.

В приложении диссертационной работы представлены акт внедрения результатов диссертационной работы в учебный процесс Комсомольского-на-Амуре государственного университета и копии охранных документов на результаты интеллектуальной деятельности, что непосредственно показывает практическую значимость результатов работы.

Апробация работы

По теме диссертации опубликовано 13 научных статей, в том числе 6 статей, индексируемых в международных базах WoS и Scopus и 2 статьи в рецензируемом журнале из списка ВАК. Получены патент, положительное решение на выдачу патента на изобретение и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Замечания по содержанию работы

Диссертация и автореферат написаны точным научным языком, полностью раскрывают постановку, методы и результаты рассмотренных задач. Автореферат отражает содержание диссертационной работы.

По содержанию работы можно сделать следующие замечания:

1. Из приведенных соотношений в математических моделях Глав 2-5 не вполне ясно, как учитывается изменение напряженно-деформированного состояния в растущей затвердевающей «корочке», затем во всей массе расплава и как это влияет на изменение термических напряжений в оболочковой форме после охлаждения вплоть до полной кристаллизации отливки.

2. К сожалению, автор не проясняет по тексту работы зависимость коэффициента линейного температурного расширения от температуры и экстремальные значения нормальных напряжений, например на графиках Рисунков 2.1-2.3 в, г и Рисунка 3.2. в, г. Неясно, с чем связано существенно нелинейное изменение нормальных напряжений по толщине оболочковой формы при приведенных в работе постоянных теплофизических и механических коэффициентах и параболическом характере изменения температуры?

3. При приведении алгоритма решения задачи исследования напряженно-деформированного состояния оболочковой формы в Главе 2 (п.2.3) автор пишет «Решается система уравнений (2.2) с учетом разностных аналогов (2.6, 2.7, 2.9) и разработанной методики, описанной в работе [95]», но работа [95] Норри, Д де Фриз Ж. Введение в метод конечных элементов в технике: Пер. с англ. М.: Мир, 1981. – 304 с. - учебник, который содержит не одну методику решения систем, не ясно какой именно пользовался автор и что помешало ему привести или описать методику подробнее.

Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки работы и не ставят под сомнение основные выводы диссертации.

Заключение по диссертации

Диссертация Евгении Павловны Иванковой является законченной научно-квалификационной работой, выполненной соискателем самостоятельно на достаточно высоком научном уровне. Предложенные математические модели по определению оптимальных параметров термонапряженного состояния в многослойных оболочковых формах и методы их расчета

позволили разработать для оболочковых форм новые структуры. Полученные результаты достоверны, все выводы обоснованы. Работа вносит существенный вклад в методы расчета математических моделей в термомеханике слоистых материалов. Диссертационная работа «Моделирование стойкости оболочковой формы по выплавляемым моделям к трещинообразованию при охлаждении в ней отливки» соответствует специальности 1.1.8 - «Механика деформируемого твердого тела», имеет важное научное и прикладное значение, соответствует требованиям « Положения о присуждении ученых степеней» , утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 (в редакции от 11.09.2021), а ее автор Иванкова Евгения Павловна- заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Отзыв на диссертационную работу рассмотрен и одобрен на совместном семинаре лаборатории компьютерного моделирования Отделения машиностроения, морской техники и транспорта Инженерного департамента и Международного научно-исследовательского центра геомеханики и геодинамики сильно сжатых горных пород и массивов Политехнического института (школы) Дальневосточного федерального университета под председательством д. ф.-м.н., профессора Любимовой О. Н. 24 декабря 2021 (Протокол № 04/21 от 24.12.2021).

Отзыв подготовлен:

профессор Отделения машиностроения,

морской техники и транспорта

Инженерного департамента

Политехнического института (школы)

Дальневосточного федерального университета,

доктор физико-математических наук (01.02.04)

доцент

Любимова Ольга Николаевна

Служебный телефон:

8 (423) 2652424, добавочный 2796

e-mail: lyubimova.on@dvfu.ru

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Дальневосточный федеральный университет» (ДВФУ)

690922, Приморский край,

г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10

http://www.dvfu.ru e-mail: rectorat@dvfu.ru

Тел. (423) 243 34 72 , факс (423) 243 23 15