



**МОСКОВСКИЙ
ПОЛИТЕХ**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский политехнический университет»
(Московский Политех)

Б. Семеновская ул., д.38, Москва, 107023
Тел. +7 495 223 05 23, Факс +7 499 785 62 24
www.mospolytech.ru | E-mail: mospolytech@mospolytech.ru
ОКПО 04350607, ОГРН 1167746817810,
ИНН/КПП 7719455553/771901001

11.12.2024 № 01-11-24

на _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе, к.т.н.

А.Ю. Наливайко
« 11 » 12 2024 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», на диссертационную работу Битюцкого Александра Дмитриевича «Применение аддитивных технологий в литейном производстве для изготовления художественных и ювелирных изделий с целью повышения их качества и художественной привлекательности», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.3 - «Литейное производство».

В Диссертационный совет НИТУ МИСИС.

Актуальность темы диссертации

Литейное производство фасонных отливок художественного назначения сегодня развивается с акцентом на внедрение новых технологий, способных повысить качество отливок при снижении производственных затрат. Важным шагом стало применение аддитивных технологий, позволяющих изготавливать сложные модели с высокой детализацией, что особенно актуально для художественных изделий. Использование 3D-печати восковых и полимерных моделей дает возможность быстро и гибко разрабатывать прототипы, изготавливать мелкосерийные партии и воспроизводить уникальные конфигурации моделей с высокой точностью.

Активно интегрируется программное обеспечение для компьютерного моделирования и управления процессами литья, что улучшает контроль на каждом этапе и минимизирует вероятность дефектов. Сочетание аддитивных технологий с инновационными программными решениями расширяет

возможности литейного производства, делая его более гибким и экономически эффективным.

С этих позиций диссертационная работа А.Д. Битюцкого представляет собой важное исследование, направленное на повышение качества и эстетической привлекательности ювелирных изделий в рамках литейного производства с использованием цифровых и аддитивных технологий. Актуальность работы обусловлена отсутствием ранее разработанных методик автоматизированного проектирования литейных моделей фасонных отливок художественного назначения с применением топологической оптимизации, которая позволяет эффективно минимизировать расход материалов и улучшить эксплуатационные характеристики изделий.

Научная новизна исследований, полученных результатов и выводов

Диссертационная работа А.Д. Битюцкого содержит ряд новых научных результатов, полученных в ходе экспериментальных исследований и имеющих важное значение для литейного производства:

- Исследованы процессы топологической оптимизации в художественном литье, выявлены зависимости между оптимизированной геометрической структурой изделий и алгоритмами постобработки для сохранения структурной целостности и повышения качества поверхности.

- Разработана методика производства фасонных отливок из сплавов СrМ925 и М67/33, геометрия которых получена с использованием топологической оптимизации, включая анализ влияния параметров литья — температуры опоки, количества питателей и способа заливки — на заполнение и точность воспроизведения поверхности сложных полостей формы.

- Установлены оптимальные составы формовочных материалов для гипсо-кристаллитовых форм, обеспечивающие отсутствие поверхностных дефектов.

- Разработана единая цифровая система подбора алгоритма топологической оптимизации и аддитивной технологии изготовления литейных моделей ювелирных и художественных изделий.

Практическая значимость полученных результатов

Практическая значимость данной работы заключается в следующем:

- Разработанный автоматизированный подход к проектированию конфигураций отливок позволяет снизить массу изделий, повышая их функциональные и эстетические свойства.

- Предложены алгоритмы топологической оптимизации, направленные на создание облегченных моделей, и рекомендации по выбору и постобработке оптимизированных конфигураций для применения в ювелирном производстве.

- Сформированы рекомендации по 3D-печати выплавляемых моделей с элементами литниковой системы для изготовления фасонных отливок сложной геометрии.

- Изготовлена партия образцов топологически оптимизированных кулонов двух видов из сплавов CrMn925 и M67/33 , что подтвердило применимость предложенного метода на практике.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные в работе научные и практические результаты следует рекомендовать к использованию на предприятиях, деятельность которых связана с проектированием фасонных отливок ювелирного и художественного назначения и разработкой технологических решений по выпуску данной продукции.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений

Обоснованность и достоверность полученных результатов не вызывает сомнения и обусловлены применением современного программного обеспечения, большим объемом выполненных экспериментов и испытаний, проведением опытно-промышленного опробования разработанной методики.

Оценка структуры и содержания диссертации

Работа состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературных источников из 177 наименований и 6 приложений. Общий объем работы составляет 165 страниц машинописного текста, включая 75 рисунков, 29 таблиц и 23 формулы.

Во введении объективно подтверждена актуальность темы исследования, определены цели и задачи, научная новизна и практическая значимость проводимого исследования, а также представлена апробация работы и список публикаций автора.

В первой главе представлен литературный обзор. Приводятся общие теоретические сведения о методе литья по выплавляемым моделям для изготовления ювелирных и художественных изделий, вакуумной индукционной плавке сплавов на основе серебра и бронзы. Проанализированы наиболее широко применяемые материалы для изготовления разовых литейных форм в

художественном литье и причины образования пригара. Приведено описание актуального состояния и перспектив развития аддитивного производства, бионического дизайна и топологической оптимизации. Рассмотрены наиболее известные современные системы проектирования моделей с применением топологической оптимизации и моделирования литейных процессов. Приводится оценка качества, эстетических характеристик и привлекательности изделий. По результатам обзора сформулированы заключительные выводы.

Во второй главе представлены используемые материалы и методики исследования. Представлено разработанное техническое задание на изготовление изделий. Приводится методика проектирования литейных моделей, методика трехмерной печати литейных моделей, методика изготовления и прокаливания литейных форм. Указано оборудование и методика для приготовления и заливки расплава.

В третьей главе приводятся результаты проектирования и топологической оптимизации конфигураций ювелирных изделий. Описана разработка программного обеспечения по подбору алгоритма топологической оптимизации ювелирных и художественных изделий для последующего аддитивного и литейного производства.

В четвертой главе представлена разработка методики подбора аддитивной технологии и материала изготовления литейных моделей ювелирных и художественных изделий и систематизация рекомендаций в разработанном специализированном программном обеспечении.

В пятой главе приводятся результаты исследования проектирования литниково-питающих систем и описание закономерностей их реализации для топологически оптимизированных моделей. Также представлен анализ формовочных материалов и приготовления формомассы, анализ способов заливки расплава CrMn925 и выбивки литейной формы. Описаны этапы механической обработки топологически оптимизированных отливок и применение пресс-форм для тиражирования восковых моделей.

Представлены основные выводы и результаты работы.

Объем и содержание диссертационной работы по степени научной новизны и практической значимости удовлетворяют требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Анализ содержания диссертационной работы убеждает в ее завершенности. Содержание диссертации изложено грамотно, в логической последовательности, а стиль изложения соответствует общепринятым нормам.

Анализ содержания диссертации, опубликованных работ, в том числе работ, опубликованных в соавторстве, показал, что все научные результаты, выносимые на защиту, выводы и рекомендации принадлежат соискателю.

Соответствие автореферата основным положениям диссертации

Автореферат отражает содержание диссертации, результаты которой достаточно полно освещены в научно-технических изданиях.

Подтверждение основных результатов диссертации в научной печати

Основные положения диссертационной работы опубликованы в 21 научной работе, из них 7 статей в журналах, включенных в список рецензируемых изданий, рекомендованных ВАК РФ, а также 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Замечания

По диссертационной работе Битюцкого Александра Дмитриевича, выполненной на достаточно высоком научном уровне, имеются следующие замечания:

1. Для проектирования изделий художественного и ювелирного назначения используется специализированное программное обеспечение (ПО) по топологической оптимизации изделий имеющих чисто утилитарное назначение. Происходит смешение этих двух областей, которые в современной рыночной ситуации принципиально разведены. В каждой области свои собственные стратегии поиска геометрического паттерна изделия, перенос которых в другую область может приводить к снижению качества изделия в этой области. При этом ПО специально предназначенное для проектирования дизайна в том числе бионического, для изделий неутилитарного назначения не упоминается.

2. Из первого замечания вытекает второе. Представляется необоснованным при проектировании ювелирных изделий в качестве цели топологической оптимизации использовать критерий снижения массы изделия. Можно привести много примеров, где именно большая масса ювелирного изделия определяет его рыночную привлекательность. Тоже следует сказать об определении системы нагружения изделия при его топологической оптимизации – эта система выбирается достаточно произвольно.

3. В работе используется термин «художественная привлекательность», использование которого вне области гуманитарных дисциплин и, в частности, в области технологической дисциплины литейное производство следует считать некорректным. Более правильным было бы использование термина эстетическая привлекательность, как термина, имеющего большую степень формализации и применимости в количественных инженерных дисциплинах. Эстетика – наука, тогда как искусство – искусство.

Другие замечания технического характера были переданы соискателю в устной форме, с которыми он согласился.

Указанные замечания не снижают ценность и общую положительную оценку диссертационной работы, не влияют на основные научные и практические результаты и не затрагивают основных результатов, вынесенных соискателем на защиту.

Заключение

В диссертационной работе Битюцкого Александра Дмитриевича «Применение аддитивных технологий в литейном производстве для изготовления художественных и ювелирных изделий с целью повышения их качества и художественной привлекательности» проведен цикл компьютерного моделирования, вычислительных и физических экспериментов, разработаны топологически оптимизированные ювелирные и художественные модели, проведена постобработка их поверхности и формы на основании сформированных правил. Изготовлены опытные образцы с бионической структурой по технологии литья по выплавляемым моделям из сплавов CrMn925 и M67/33.

Результаты внедрения методики изготовления и постобработки бионических художественных изделий по технологиям 3D-печати и литья по выплавляемым моделям, практических рекомендаций по трехмерной печати моделей с литниками и программного обеспечения «TechOpt» отражены в акте о внедрении.

Диссертация Битюцкого А.Д. является самостоятельной законченной научно-исследовательской работой, в которой содержится решение научно-технической задачи в области разработки подходов к автоматизации проектирования и производства эстетичных фасонных отливок ювелирного и художественного назначения.

Работа является актуальной, полученные результаты обладают научной новизной, обоснованы на современном научном уровне, описывают законченный этап исследований. Достоверность изложенных в диссертации результатов подтверждается использованием современных методик исследования и проведением опытно-промышленного опробования.

Диссертационная работа соответствует научной специальности 2.6.3 – «Литейное производство».

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации и в необходимом объеме отражает ее основные результаты и выводы. Результаты работы достаточно полно освещены в научных изданиях.

Текст диссертации не содержит заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источника заимствования.

Таким образом, диссертация Битюцкого Александра Дмитриевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения в области автоматизации проектирования и определения способа изготовления литейных моделей, производства эстетичных фасонных отливок ювелирного и художественного назначения, что соответствует требованиям п.2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС П 710.05-24 от 18 апреля 2024 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученых степеней, а ее автор Битюцкий Александр Дмитриевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.3 – «Литейное производство».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «Машины и технологии литейного производства», на котором присутствовали 1 доктор и 7 кандидатов наук. Голосовали – единогласно «За» (протокол № 01-11-24 от 5 ноября 2024 г.).

Заведующий кафедрой
«Машины и технологии литейного
производства», к.т.н.



В.В. Солохненко

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский политехнический университет»
107023, г. Москва, ул. Б. Семеновская, д.38
Электронная почта: nts@mospolytech.ru.
Адрес в сети интернет: <http://mospolytech.ru/>
Телефон: +7(495)223-05-23 (доб. 1587)