

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию
Барина А. Ю.
«Повышение эффективности литья в керамические формы за счет аддитивного
производства воско-полимерных моделей»,
представленной на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.6.3– «Литейное производство»

Внедрение элементов аддитивных технологий на отдельных этапах литейного производства будет способствовать снижению себестоимости изделий из металлов и сплавов, обеспечению конкурентоспособности литой продукции за счет сокращения сроков и затрат на освоение новых видов продукции, повышения качества и геометрической точности литых изделий, а также за счет повышения эффективности использования материалов и энергии. Однако аддитивная технология на основе FDM, являясь самой массовой на сегодняшний момент, не в полной мере обеспечивает получения качественной модели ЛВМ за счет технологических особенностей производства.

Актуальность диссертации Барина А. Ю. заключается в разработке комплекса технологических решений, направленных на интеграцию технологий аддитивного производства по FDM-процессу и традиционного процесса ЛВМ на подготовительных этапах. Работа выполнена в рамках реализации проекта программы «Реализация мероприятий по развитию инжинирингового центра аэрокосмического кластера Самарской области» (2019 г.) и государственного задания на выполнение фундаментальных научных исследований на период 2020-2022 г.г. (проектная часть государственного задания Минобрнауки РФ № 0778-2020-0005).

Научная новизна исследований включает в себя: результаты сравнительных исследований свободной линейной усадки и стабильности линейных размеров образцов из наполненных и ненаполненных восковых составов, используемых для изготовления выплавляемых моделей; результаты сравнительных исследований зольного остатка и свободной линейной усадки основных полимерных материалов, используемых в аддитивном производстве моделей по FDM-технологии; в установлении факта о том, что минимальными значениями зольного остатка и свободной линейной усадки в рабочих диапазонах температур характеризуются полимеры PLA и PMMA; установлении функциональной зависимости технологической усадки модели при аддитивном производстве от свободной линейной усадки полимерного материала, температуры экструзии при печати и плотности заполнения внутренней структуры модели; результаты исследований влияния полиэтиленового воска на температуру каплепадения наполненных восковых модельных составов и установлении зависимости

температуры экструзии филаментов при 3D-печати от температуры каплепадения синтезированных воско-полимерных составов; обоснование механизма ступенчатого нагрева огнеупорных керамических форм за счет совмещения процессов удаления воско-полимерных моделей, полученных средствами аддитивных технологий, и прокалики.

Практическая значимость работы заключается в доказательстве технологичности полимера на основе PLA в качестве основы для изготовления выжигаемых моделей средствами аддитивного производства по совокупности значений зольного остатка, технологической свободной линейной усадки и коэффициента теплового линейного расширения при исследованных значениях плотности заполнения внутренних структур 5, 15 и 30 %; в синтезировании воско-полимерных составов для производства филаментов и моделей из них средствами аддитивного производства; модернизации экструзионной линии и определении температурных режимов, обеспечивающих получение филаментов требуемого качества; в разработанной технологической инструкции на получение воско-полимерных моделей средствами аддитивного производства по FDM-технологии; в принципах проектирования воско-полимерных комбинированных моделей, состоящих из внешней легкоплавкой оболочки и внутренней тугоплавкой части; в режимах аддитивного производства моделей из филаментов на основе синтезированных марок воско-полимерных составов; в разработанной технологической инструкции на подготовку огнеупорных керамических форм к литью при использовании воско-полимерных моделей; в опытно-промышленных испытаниях, подтвержденных актами использования и внедрения результатов работ.

Диссертация изложена на 144 страницах (включая приложения), содержит 56 рисунков, 22 таблицы, а также список литературы из 126 наименований. Структура диссертационной работы состоит из 5 глав, заключения и основных выводов, списка литературы и 4 приложений. По теме диссертации опубликовано 22 научные статьи в журналах и сборниках трудов российских и международных научно-технических конференций, в том числе 8 статей в изданиях из перечня ведущих научных журналов, рекомендованных ВАК РФ, 2 статьи в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования (WOS и SCOPUS).

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи работы, основные положения, выносимые на защиту, а также их научная новизна и практическая значимость.

В первой главе проведен анализ особенностей традиционного способа литья по выплавляемым моделям и основным материалам, применяемым при подготовке производства. Проанализированы возможности интеграции аддитивных технологий и литья по выплавляемым моделям. Сформулированы цели и задачи исследования.

Во второй главе представлены данные по применяемым и разработанным методикам, используемым при выполнении исследований. Дана характеристика материалов для исследований, в качестве которых были выбраны промышленные модельные составы и полимерные материалы как отечественного, так и импортного производств. Достоинством выбранного методического подхода является проведение экспериментов по методикам, применяемым в лабораторных и промышленных условиях. Неоспоримым достоинством этой части работы является предложенная методика определения зольного остатка в условиях прямого выжига полимерных моделей из огнеупорной керамической формы.

В третьей главе представлены результаты исследований склонности модельных составов к сохранению стабильности размеров образцов при изменении температуры окружающей среды. На основании полученных результатов сделан вывод о невозможности применения ненаполненных модельных составов в аддитивном производстве по технологии FDM, ввиду высоких значений свободной линейной усадки. Кроме того, выполнено сравнительное исследование влияния вида полимерного материала и объемной доли заполнения внутренней структуры модели, полученной средствами аддитивных технологий, на величину зольного остатка в огнеупорной керамической форме при выжиге. Обоснованы и определены компоненты для синтезирования воско-полимерных составов.

В четвертой главе представлена разработка комплекса технологических решений для получения моделей средствами аддитивного производства из воско-полимерных материалов при литье в огнеупорные керамические формы, а также новые технические решения в виде комбинированной модели с легкоплавкой внешней оболочкой для обеспечения целостности керамической огнеупорной формы при операциях вытопки. Представлены результаты компьютерного моделирования процессов взаимодействия в системе «воско-полимерная модель - огнеупорная керамическая оболочка».

В пятой главе приведены результаты опытно-промышленной апробации, которые заключались в применении полученных технологических решений для производства крупногабаритных фасонных отливок ответственного назначения из высоколегированных сталей, а также отливок средних и малых размеров из сплавов на основе систем Al-Si.

В заключении даны основные выводы по полученным результатам диссертации. Выводы полностью отражают решение поставленных задач и достижение цели исследования.

В приложениях представлены материалы, подтверждающие использование результатов работы в научно-производственной деятельности.

Оформление работы, в целом, соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Особо следует отметить, что внедрение результатов работы способствовало повышению эффективности технологического процесса литья по выплавляемым моделям в условиях реального производства за счет применения средств аддитивных технологий на этапах подготовки к литью.

Вместе с тем по работе имеется ряд замечаний и вопросов:

1. Не обоснована геометрия внутренней структуры образцов, полученных средствами аддитивных технологий, для определения усадки полимерных материалов.
2. На рис. 3.3 диссертации отсутствуют планки погрешностей.
3. Чем обусловлена выдержка 60 мин при измерении значений усадки моделей полученных из воско-полимерных модельных составов средствами аддитивных технологий в п.4.1 работы?
4. Механизм взаимодействия в системе «воско-полимерная модель – огнеупорная керамическая оболочка» комбинированной модели принципиально повторяет процесс удаления восковых моделей из огнеупорной оболочки посредством бойлерклава. В чем заключается отличие от классической технологии?
5. В работе не отражены технологические приемы обеспечения геометрической точности комбинированных воско-полимерных моделей, полученных с применением аддитивных технологий. Как на практике можно реализовать контроль геометрических размеров моделей, особенно для моделей сложной конфигурации?
6. В главе 5, посвященной опытно-промышленной апробации, не указано, какие виды контроля применялись для определения качества опытных отливок. Создается впечатление, что основной упор был сделан на обеспечение их геометрической точности.

Следует отметить, что выявленные в работе недостатки не снижают научную и практическую значимость выполненных исследований и не касаются основных положений, вынесенных соискателем на защиту. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы и ее основные положения.

По своему содержанию диссертационная работа Барина А.Ю. соответствует п.п. 1, 5 и 16 направлений исследований по паспорту специальности 2.6.3-Литейное производство (технические науки).

Таким образом, диссертационная работа Барина А.Ю. содержит решение актуальной научно-технической задачи в области литейного производства, направленной на интеграцию технологий аддитивного производства и традиционного процесса ЛВМ на подготовительных этапах.

Диссертационная работа выполнена на высоком научно-исследовательском и инженерном уровнях, по актуальности, научной новизне, практической значимости, полученным результатам соответствует паспорту научной специальности 2.6.3 – «Литейное производство», отвечает критериям, установленным п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а автор диссертации, **Баринов Антон Юрьевич**, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.3 - «Литейное производство» (технические науки).

Официальный оппонент:

Доктор технических наук,
профессор кафедры МТ-13

«Технология обработки материалов»

10.03.2023



Батышев Константин
Александрович

Контакты: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет).

Адрес: 105005, Россия, г. Москва, ул. 2-ая Бауманская, дом 5, корпус 1

Телефон: +74992636391. E-mail: konstbat63@mail.ru

Я, Батышев Константин Александрович, даю свое согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации **Баринова Антона Юрьевича**, и их дальнейшую обработку.

