

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Евдокимова Николая Викторовича на тему:

«Технология подготовки композита на основе древесины для послойного формования изделий», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности:

4.3.4. «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины»

Содержание работы

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и выводов, библиографического списка и приложений. Диссертация изложена на 170 страницах машинописного текста и содержит 82 рисунка, 12 таблиц, 161 наименование использованных источников литературы.

Актуальность темы диссертационного исследования

В 2018 году была принята стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года. Согласно этой стратегии, древесные отходы относятся к категории «Отходы сельского и лесного хозяйства, животноводства, растениеводства, пищевые отходы», и подлежат утилизации предприятиями деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности обязаны перерабатывать их.

Один из наиболее перспективных способов переработки древесных отходов – использование в качестве сырья для 3D-печати. Инвестиции в аддитивные технологии стремительно растут, а увеличением продаж 3D-принтеров растёт и спрос на расходные материалы. С каждым годом аддитивные технологии становятся все более приоритетным направлением использования древесины.

Если древесно-полимерный композит готовится для строительных 3D-принтеров, расходующих большие объёмы сырья, то частично решается проблема утилизации отходов древесины. Использование древесной муки в композите для изготовления декоративных изделий для мебели и конструктивных элементов оборудования не решает проблему утилизации отходов, но позволяет получить древесно-полимерный композит с высокой стоимостью, что также определяет актуальность выбранного соискателем направления исследований.

Из-за особых характеристик древесины её сложно адаптировать для 3D-печати без предварительной подготовки, требующей значительных энергетических затрат. Одной из задач рассматриваемой диссертации является оценки энергетической составляющей процесса подготовки древесины различных пород для использования в композите для 3D-печати.

Работа посвящена актуальной цели, заключающейся в вовлечении отходов деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности в аддитивное производство, путем разработки практических рекомендаций и устройства для изготовления изделий методом 3D-печати из композитов на

основе древесины и синтетических связующих, а также определения оптимального состава таких композитов.

Новизна исследований и полученных результатов

Новизна исследования заключается в определении удельных энергетических затрат на размол древесины различных пород, а также диапазона степеней помола в котором энергозатраты оптимальны; определении реологических и вязкостных характеристик предлагаемого композиционного материала.

Для различных концентраций древесной муки в композите установлены точки перехода жидкости от неньютоновского течения к ньютоновскому. Также установлены точки перехода композита из стеклообразного в высокоэластичное состояние. Установлено оптимальное содержание древесной муки, которое соответствовало максимальному значению модуля накопления при изгибе.

На основании проведённых исследований было разработано и запатентовано устройство для 3D-принтера для изготовления изделий из композиционных материалов.

Степень обоснованности и достоверности научных положений

Обоснованность выводов автора базируется на применении соответствующих методов исследования, большом массиве экспериментальных данных, их обработке и аргументации, использовании современных литературных источников.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, подкреплены фактическими данными и наглядно представлены в приведенных таблицах и рисунках. Достоверность полученных результатов диссертации основывается на логичном, методически обоснованном подходе к постановке и решению задач, успешном достижении целей исследований и хорошей воспроизводимости полученных результатов.

Основные результаты исследования изложены в 8 печатных работах, в том числе в двух статьях в изданиях, входящих в перечень, утвержденный ВАК РФ. Получено два патента.

Соответствие паспорту специальности

Работа соответствует пунктам 2 «Химия, физико-химия и биохимия основных компонентов биомассы дерева и иных одревесневших частей растений, композиты, продукты лесохимической переработки», 4 «Технология и продукция в деревообрабатывающем, целлюлозно-бумажном, лесохимическом и сопутствующих производствах» и 9. «Связующие составы, защитно-декоративные материалы в производстве продукции деревоперерабатывающей промышленности» паспорта научной специальности 4.3.4. «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины»

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций

Научная значимость представленной работы заключается в получении

новых знаний и закономерностей влияния состава композиционных материалов для 3D-печати на реологические и физико-механические свойства.

Работа имеет большую практическую значимость, которая заключается в определении оптимального способа подготовки древесины для создания композитов для 3D-печати, экспериментальной оценке энергетических затрат на размол различных пород древесины и оптимизации процесса 3D-печати.

Определённые автором реологические характеристики композитов позволили организовать эффективную работу подающего устройства 3D-принтера, оценить режимы печати для технологии послойного нанесения полимера в жидком виде в сочетании с экструзией полимерного прутка из водорастворимого пластика. Разработанный состав древесно-полимерного композита обеспечивает изделиям высокие механические характеристики и позволяет изготавливать декоративные изделия для мебели и конструктивные элементы оборудования для ЦБП.

Оценка содержания диссертации

Во введении дана общая характеристика работы и сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации представлен аналитический обзор литературы, где рассмотрены вопросы измельчения древесины, проанализированы технологии получения и свойства древесно-полимерных композитов, приведена оценка современного состояния технологий 3D-печати.

Во второй главе описаны объекты и методы исследования, представлены характеристики использованного лабораторного оборудования. Дается подробное описание разработанного устройства для послойного нанесения древесно-полимерного композита.

В третьей главе рассмотрены результаты исследований по подготовке древесно-полимерной композиции для послойного нанесения и анализу физико-механических свойств изготавливаемых по предлагаемой технологии образцов.

В четвертой главе диссертации приведены варианты практического использования устройства для послойного формования изделий из композиционного материала на основе частиц древесины и многокомпонентного связующего методом 3D-печати.

Замечания по тексту диссертации

При знакомстве с диссертацией возникли следующие замечания и вопросы:

1. Чем автор объясняет различие в удельных затратах энергии на размол древесины различных пород? Почему наиболее энергетически выгодным сырьем для размола является именно древесины сосны?
2. На рисунке 3.25 (с. 123) приведены характеристики «усилие при разрыве» и «усилие при пределе текучести». Почему автор не использует общепринятые термины «прочность при разрыве» и «предел текучести при растяжении», которые являются более универсальными и в которых учитываются

размеры образца? Такая форма представления результата затрудняет сравнение экспериментальных данных с литературными.

3. Работе не хватает сравнения физико-механических свойств разработанного композиционного материала с коммерчески доступными аналогами, например, с древеснонаполненными филаментами на основе АБС-пластика и полилактида.

4. В работе часто встречаются грамматические ошибки и опечатки, иногда весьма досадные. Например, «полиуритановая система», «водопоглащение» и т. д.

5. Автором никак не обосновывается выбор рассматриваемых в работе полимерных связующих в качестве матриц композитов для 3D-печати. По какому принципу были выбраны именно эпоксидные и полиуретановые системы и именно этих производителей?

6. Таблица 4.2 (с. 144) не позволяет сделать однозначный вывод об экономической целесообразности применения разработанного композита и способа получения изделий из него, так как не ясно с какой именно технологией и каким материалом приведено сравнение. Кроме того, некорректно сравнивать себестоимость производства изделия по предлагаемой технологии с *товарной* стоимостью изделия, произведенного по технологии существующей.

7. При знакомстве с бумажной версией автореферата диссертации возникали трудности с чтением рисунков 2-4 вследствие их небольшого размера, черно-белого оформления и использования автором одинаковых маркеров точек для всех кривых на этих графиках.

Заключение

Все высказанные замечания носят непринципиальный характер и не снижают ценность представленной работы. Следует также отметить, что диссертационная работа Евдокимова Николая Викторовича: «Технология подготовки композита на основе древесины для послойного формования изделий» направлена на решение важной технической задачи эффективного использования отходов древесины с переработкой в дорогостоящий древесно-полимерный композит для 3D-принтеров, для чего получены зависимости размеров частиц от удельных затрат энергии на размол, реологические характеристики композита при различных содержаниях древесной муки, зависимости термомеханических и механических характеристик от содержания древесины. При решении поставленной задачи автором получены результаты, имеющие существенное значение для развития теоретических и практических знаний в области подготовки древесно-полимерного композита для его практического использования в аддитивных технологиях.

На основании вышесказанного считаю, что диссертационная работа Евдокимова Николая Викторовича на тему: «Технология подготовки композита на основе древесины для послойного формования изделий», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой. В ней изложены новые научно обос-

нованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны, а именно для лесопромышленного комплекса России. Работа соответствует п.п. 9-14 Положения «О присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. (в редакции от 18.03.2023 г.), а ее автор – Евдокимов Николай Викторович заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.4. «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины».

Официальный оппонент:

Шкуро Алексей Евгеньевич, доктор технических наук (4.3.4. «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины»), доцент, профессор кафедры технологии ЦБП и переработки полимеров ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет

Я, Шкуро Алексей Евгеньевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документах, связанных с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

620100, Свердловская область
г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, д. 37/5,
телефон +7 965 517-57-36
e-mail: shkuroae@m.usfeu.ru

06.03.2024