

В диссертационный совет Д.212.004.03

ФГБОУ ВПО ИрГУПС Иркутский государственный
университет путей сообщения

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Филиппенко Николая Григорьевича на тему «Автоматизированное управление процессами высокочастотного термического и комбинированного воздействия на полимерные материалы, применяемые в транспортном машиностроении», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (транспорт)»

Актуальность темы диссертации

Использование деталей и узлов из полимерных материалов позволяет снизить вес транспортных средств с одновременным улучшением их эксплуатационных характеристик. На примере автотранспорта снижение веса на 15–30 % приводит к уменьшению расхода энергии (топлива) в среднем 5% на каждые 100 километров. Поэтому растут показатели использования полимеров при производстве транспортных средств различного назначения. Сдерживающим фактором развития индустрии конструкционных полимеров (КП) является практически предельный уровень загрузки имеющихся мощностей по их производству и переработке, использующих традиционные технологии обработки. К перечню передовых технологий обработки полимеров, позволяющих сократить затраты через снижение норм расхода электроэнергии, сырья и материалов в первую очередь относятся технологии высокочастотной (ВЧ) электротермии. Мировая практика показывает, что альтернативой полному техническому перевооружению полимерной промышленности помимо совершенствования технологий производства и обработки КП, может являться процесс создания и внедрения адаптированных систем автоматизированного управления. Автором в качестве предмета исследования выбрано изучение взаимозависимости электрофизических параметров электротермического оборудования и обрабатываемых разнополярных полимерных материалов, позволяющие организовать автоматизированное управление технологическими процессами термического и комбинированного воздействия электротермии, и алгоритмы автоматизированного управления термической и комбинированной высокочастотной обработки полимеров.

Краткое содержание работы

Работа состоит из введения, 5 глав, основных выводов и результатов, списка литературы и приложений. Общий объем работы составляет 358 страниц основного текста. В работе раскрыта актуальность темы, определены цель и задачи исследования, содержание основных глав и сформулированы основные положения и научная новизна.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, кратко изложены теоретические и практические результаты работы, представлена их научная новизна и практическая значимость, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе автором исследованы особенности развития и возможности наиболее прогрессивного и энергоэффективного метода обработки полимерных материалов - ВЧ электротермии. Показано, что организация ранее принятого экстремального управления

электротермией современных конструкционных полимеров, не имеющих характерных перегибов (экстремумов) невозможна. Этот и другие недостатки сдерживают создание единой системы автоматизированного управления воздействием электротермии на разнополярные полимеры. Приведена структура существующих САЭ и АСНИ ВЧ на примере научных школ Санкт-Петербурга и Иркутска. На основании проведенного литературного обзора в заключительной части главы сформулирована цель диссертационной работы и задачи, необходимые для ее решения.

Во второй главе введена классификация полимерных материалов: а – по электрофизическим параметрам, б – по результату воздействия на них ВЧ-излучения. Разработана методология построения автоматизированной системы научных исследований высокочастотной электротермии полимеров разной степени полярности. Отличительной особенностью реализованной методологии, является наличие вариативной части АСНИ ВЧ с системно – интегрированной организацией банка знаний, позволяющая повысить производительность труда научной деятельности исследователя. В итоге выдвинута гипотеза о возможности построения единой системы автоматизированного управления термическими и комбинированными процессами ВЧ- электротермии полимерных материалов разной степени полярности.

В третьей главе изложено основное содержание диссертации:

- 1) Для подтверждения выдвинутой гипотезы на модернизированной в рамках настоящего исследования автоматизированной экспериментальной установке были проведены активные эксперименты по изучению амперометрических и термомеханических показателей фазово-агрегатных превращений в полимерных материалах. Сравнительный анализ диэлектрических свойств исследуемых полимеров позволил сделать вывод, что имеется зависимость возникновения экстремумов от степени полярности материалов.
- 2) Последующий анализ показал, что dI_a/dT в качестве контролируемого параметра можно использовать не только при организации ВЧ-обработки сильнополярных полимеров, но и для организации процесса управления полярных полимеров при идентификации ранее не контролируемых релаксационных состояний. Полученные автором работы знания открывают новые возможности по организации систем автоматизированного управления новейшими технологическими процессами импульсной ВЧ-электротермии.
- 3) Далее автор описывает объемное (3D) распределение температуры в процессе обработки в многослойной (многокомпонентной) технологической системе. Впервые разработанная модель позволяет учитывать изменяемые свойства удельной теплоемкости и теплопроводности материалов в зависимости от температуры.
- 4) Задачу формирования критериев оценки комплекса контролируемых параметров при использовании вышеприведенного метода и методики, позволило решить математическое моделирование. Создана модель высокочастотного диэлектрического нагрева изделия с дефектом типа «металлическое включение». Данная модель теплопроводности с граничными условиями позволяет расширить возможности систем исследования ВЧ электротермии и идентифицировать металлические включения в образцах, а также и определять время неразрушающего ВЧ-воздействия.
- 5) В заключительной части главы автором представлены новые комплексы контролируемых параметров и критерии их оценки для термического воздействия ВЧ поля на разнополярные полимеры.

В четвертой главе представлено алгоритмическое решение автоматизированного управления процессами ВЧ-термической обработки полимерных материалов разной степени полярности. Приводятся структурные схемы: блока автоматизации устройства реализации и управления процессами ВЧ-электротермии полимеров разной степени полярности; автоматизированной системы управления процессом ВЧ диагностирования; алгоритма комплексной АСУ ТП термического и комбинированного воздействия ВЧ-электротермии на полимерные материалы и функциональная схема комплексной АСУТП высокочастотной электротермией. Схемы детально описаны по компонентам и их связям.

В пятой главе автором рассмотрены вопросы использования сформированных научных и прикладных основ автоматизации управления термическим и комбинированным высокочастотным воздействием в транспортном машиностроении. Представлено разработанное в рамках настоящего исследования устройство диагностики системы электрод-диагностируемого изделия, которое защищено патентом на полезную модель. Определены перспективные направления использования процессов ВЧ-электротермии, в том числе способ и устройство сушки и прессования отходов природных полимеров, защищенное патентом на изобретение.

Автором также сделано 15 важных выводов по работе и намечены перспективы дальнейших исследований.

Научную новизну работы составляют и на защиту выносятся следующие положения:

1. Разработаны теоретические и прикладные основы автоматизации управления технологическими процессами термического и комбинированного ВЧ-воздействия на разнополярные полимеры, полученные на основе комплексного применения АСНИ ВЧ и методик использования новых знаний о процессах ВЧ-электротермии, позволившие повысить производительность труда в научной и производственной деятельности при изготовлении и диагностировании изделий из полимерных материалов.
2. Разработана методология построения комплексной автоматизированной системы научных исследований высокочастотной электротермии полимеров разной степени полярности, отличающаяся наличием вариативной части АСНИ ВЧ с системно – интегрированной организацией банка знаний, позволяющая повысить производительность труда научной деятельности.
3. Создана комплексная автоматизированная система научных исследований процессов высокочастотной обработки полимеров, отличающаяся техническим, математическим, программным обеспечением и банком знаний, позволяющая проводить всесторонние исследования процессов термического и комбинированного воздействия электротермии на полимерные материалы разной степени полярности.
4. Разработана математическая модель нагрева технологической системы, представляющая собой систему дифференциальных уравнений нестационарной теплопроводности с внутренними источниками тепла, отличающаяся трехмерной постановкой задачи (3D постановка), возможностью изменения количества слоев технологической системы и учетом температурозависимой удельной теплоемкости и теплопроводности, позволяющая анализировать объемный разогрев в процессе ВЧ-электротермии при обработке полимерных изделий как простой, так и сложной формы, изготовленных из широкой номенклатуры полимерных материалов.

5. Разработана новая математическая модель высокочастотного диэлектрического нагрева изделия с дефектом типа «металлическое включение», предназначенная для расчета основных необходимых параметров автоматизированного процесса диагностирования, позволяющих определить состояние изделия и исследовать взаимовлияние электрофизических параметров технологической системы для решения практических задач.

6. Разработаны методы: - идентификации процессов ВЧ-обработки полимерных материалов, отличающиеся учетом степени полярности полимеров, позволяющие решать задачи создания АСУ ТП термической и комбинированной электротермии; - управления ВЧ-обработкой полимерных материалов разной степени полярности, отличающийся контролем момента достижения экстремумов скорости изменения анодного тока и экстремумов анодного тока при импульсном режиме работы ВЧ-генератора, позволяющие формировать управляющие сигналы систем автоматизированного управления при фазово-релаксационных превращениях в изделиях; - управления процессом ВЧ-диагностирования изделий из полимерных материалов, заключающиеся в одновременном выявлении дефектов «металлическое включение» по контролю потребляемой энергии работы высокочастотного оборудования, «воздушное включение» по контролю частоты возникновения частичных разрядов, а также состояния «повышенное влагосодержание» по времени электротермического нагрева.

7. Разработан комплексный алгоритм автоматизированного управления технологическими процессами, позволяющий повысить производительность и качественные показатели изделий из полимерных материалов разной степени полярности в процессе автоматизированной термической и комбинированной ВЧ-обработки, составляющий теоретическую основу организации функционирования АСУ ВЧ и включающий алгоритмы управления: - электротермией полимерных материалов разной степени полярности, отличающейся использованием в качестве контролируемого параметра скорости изменения анодного тока при непрерывном и импульсном ВЧ-воздействии; - диагностированием изделий комбинированным ВЧ-воздействием, в котором реализованы процессы выявления и распознавания дефектов различного вида (воздушных и металлических включений) и акклиматизации материала при состоянии «повышенное влагосодержание».

Значение для теории имеют: новая классификация полимерных материалов используемая при построении экстремальных систем управления; методология построения автоматизированной системы научных исследований; обоснование возможности использования скорости анодного тока высокочастотного генератора для оценки состояния обрабатываемого материала в процессе обработки; математическая модель процесса объемного ВЧ-диэлектрического нагрева n -слойной технологической системы, позволяющая исследовать процессы электротермии с учетом температурозависимости показателей плотности, удельной теплоемкости и теплопроводности полимерных материалов; аналитическая модель позволяющая определить математически предельные значения напряженности ВЧ-поля не термического воздействия при процессах диагностирования; комплексы контролируемых параметров при высокочастотной обработке различной интенсивности, позволяющие реализовать поэтапное управление электротермией разнополярных полимеров; закономерности влияния температуры электродов и наличия изоляторов в технологической системе на смещение координаты точки максимального нагрева при последовательной обработке партии деталей, позволяющие получить новые знания об управлении процессом ВЧ-электротермии.

Практическое значение работы. Усовершенствована автоматизированная система научных исследований высокочастотной обработки, позволяющая производить апробирование технических и технологических решений при создании АСУ ВЧ, оценивая эффективность новых решений, обеспечивающих значительный вклад в развитие отраслей промышленности, связанных с электротермической обработкой материалов, производством и использованием полимеров. Разработаны методы идентификации процесса высокочастотной обработки полимерных материалов на основе анализа их степени полярности и интенсивности воздействия ВЧ-поля, позволяющие создавать АСУ ВЧ-электротермией промышленного применения и сформированы критерии оценки выявленных контролируемых параметров процесса электротермии. На основе сформулированной в рамках настоящей диссертационной работы математической модели нагрева технологической системы в 3D постановке разработаны алгоритмы расчета тепловых полей, позволяющие решать задачи практического характера, связанные с определением необходимости использования изоляторов и подогрева электрода для координации положения точки максимального нагрева деталей при серийной обработке. Созданы автоматизированные системы управления процессом ВЧ электротермии, позволяющие поэтапно производить различные технологические процессы термической обработки и комбинированного воздействия (сварке, сушке, диагностирования и т.д.) полимерных материалов разной степени полярности. Разработанное устройство высокочастотного диагностирования изделий из полимеров с автоматизированной системой управления выявляет наличие дефектов в изделиях и определяет их тип, что позволяет отбраковывать не только детали с раковинами и трещинами, но также изделия с металлическими включениями и повышенной влажностью. Использование устройства на предприятиях вагоноремонтного профиля позволило снизить количество отцепок по причине нагрева буксового узла из-за обводнения смазки и наличия дефектов в полиамидных сепараторах. Реализация результатов работы. Основные результаты работ были внедрены на ремонтных предприятиях Восточно-Сибирской железной дороги – филиала ОАО РЖД при автоматизации процессов диагностирования дефектов полиамидных сепараторов буксовых узлов, на предприятии полимерной индустрии при автоматизированной ВЧ-сушке многокомпонентных полимерных композитов транспортного назначения (ООО «Альбатрос», г. Ангарск), на предприятии полиграфической отрасли ТП сварке, припрессовке, изготовлении форм и т.д. из материалов КП (ОАО «Полиграфист», ООО «Иркутский Полиграфист» г. Иркутск), с общим экономическим эффектом более 2979 тыс. руб.

Соответствие специальности определяется ее направлением на «математическое, информационное, алгоритмическое и машинное обеспечение создания автоматизированных технологических процессов и производств и систем управления ими, включающая методологию исследования, формализованное описание и алгоритмизацию». Диссертационные исследования соответствуют области исследований специальности 05.13.06 по ряду указанных в диссертации пунктам.

Замечания по диссертационной работе

1. В автореферате введены понятия АСУ ТП и АСУ ВЧ. В чем их отличие?
2. Принято считать, что влияние входных переменных на выходные происходит через фазовые переменные. В каком соотношении находится введенный в диссертации комплекс

контролируемых параметров и фазовых переменных, с которыми связаны большинство методов и алгоритмов управления?

Общее заключение по работе. Сделанные замечания не снижают общего положительного вывода о диссертационной работе Филиппенко Н.Г. Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, в которой решается актуальная задача автоматизированного управления процессами высокочастотного термического и комбинированного воздействия на полимерные материалы, применяемые в транспортном машиностроении.

Считаю, что диссертационная работа «Автоматизированное управление процессами высокочастотного термического и комбинированного воздействия на полимерные материалы, применяемые в транспортном машиностроении», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (транспорт)» соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям, а ее автор, Филиппенко Николай Григорьевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06.

Отзыв подготовил:

Дмитриев Вячеслав Михайлович,
Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40,
профессор, профессор кафедры КСУП ТУСУР,
доктор технических наук по специальности 05.13.18 –
Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

 Дмитриев В.М.

Подпись *Дмитриева В.М.*
УДОСТОВЕРЯЮ

Ученый секретарь
Е.В. Прокоп Е.В. Прокоп

16.11.2020г.

