

СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОПЕРАТОРОМ АЭС

М.Е. Ушков, В.Л. Бурковский

Аннотация: рассматривается структура системы информационной поддержки процессов принятия решений оператором АЭС в оперативных условиях. Анализируются функциональные возможности системы информационной поддержки оператора (СИПО) на примере Нововоронежской атомной электростанции (НВ АЭС). Данная система дает возможность оператору, управляющему распределенным комплексом технологических объектов АЭС, проводить качественный анализ и обработку больших объемов сложноструктурированной информации и принимать своевременные адекватные решения в темпе реального времени. Кроме того, рассматривается объект управления и его структура, приводятся рекомендации, направленные на увеличение функциональных возможностей СИПО на базе искусственных нейронных сетей. Одной из многочисленных функций СИПО является прогнозирование состояния объекта управления на основе реализации программно-технологического комплекса модели энергоблока (ПТК МЭ). Однако существующая модель не способна учесть все факторы, влияющие на производственный процесс. Альтернативой здесь выступает искусственная нейронная сеть, которая в процессе обучения может сформировать искомые зависимости между большим числом параметров объекта управления и получить более полный и достоверный прогноз. Предложена структура искусственной нейронной сети на базе нечеткой системы вывода, которая реализует возможности нейронных сетей и нечеткой логики

Ключевые слова: система информационной поддержки оператора, искусственные нейронные сети на базе нечеткой системы вывода, прогнозирование, безопасность, функциональные возможности

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТРЕХМЕРНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ВЕБ-БРАУЗЕРЕ

К.Г. Резников, С.Н. Медведев

Аннотация: представлена реализация программного обеспечения для построения трехмерных поверхностей с использованием трассировки лучей, выполняемого в веб-браузере персонального компьютера или смартфона. Подход веб-приложений стал широко применим в последние годы из-за развития сети Интернет. Современные веб-браузеры имеют достаточную вычислительную мощность для реализации сложных веб-приложений, а не ограничиваются только веб-сайтами. В процессе разработки были изучены различные методы построения поверхностей и методы визуализации, чтобы подобрать наиболее оптимальные для реализации веб-приложения. Были проанализированы и представлены базовые способы создания трехмерных поверхностей. Выделены ключевые различия каркасного и полигонального способа задания поверхности. Рассмотрен ряд моделей с процедурно вычисляемыми поверхностями. Подробно описан кинематический способ образования поверхностей, а также описан разработанный алгоритм для преобразования кинематических моделей в поверхность с использованием полигональной сетки. Подробно описан процесс визуализации и метод трассировки лучей. Продемонстрирован способ работы с видеочипом и распараллеливанию вычислений для оптимизации веб-приложения с помощью библиотеки GPU.js. Представлена структура веб-приложения с описанием главных каталогов проекта. Структура проекта основана на фреймворке Vue.js, благодаря чему функционал веб-приложения позволяет безгранично расширять. Для демонстрации работы веб-приложения представлен пример пошагового задания кинематической поверхности и визуализации на сцене с применением графических эффектов, таких как закраска и освещение, а также представлен пример с визуализацией множества объектов на сцене

Ключевые слова: трехмерное моделирование, визуализация поверхностей, кинематические модели, трассировка лучей, веб-приложение

РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЯДЕРНЫМ БЛОКОМ НА НОВОВОРОНЕЖСКОЙ АЭС

Д.С. Синюков, А.Д. Данилов, А.А. Самодеенко, А.А. Иванников

Аннотация: ядерные блоки атомных электростанций имеют длительный срок эксплуатации, что приводит к ситуации, когда в процессе эксплуатации технические и программные средства систем управления перестают отвечать текущим современным требованиям в плане надежности и безопасности их использования. В результате для продления срока действия ядерного блока требуется обязательное проведение модернизации информационно-вычислительной системы (ИВС) управления. Приводятся результаты такой работы, проведенной на 4 блоке Нововоронежской АЭС. При выборе оборудования для создания новой ИВС модернизируемого энергоблока был реализован принцип унификации. Программное обеспечение всех компонентов программно-технического комплекса ИВС, включая функции систем предоставления параметров безопасности и внутриреакторного контроля, реализовано на единых программных средствах. Представленные значения параметров сигналов на всех рабочих станциях программно-технического комплекса информационной системы, интерфейсы взаимодействия, человеко-машинный интерфейс и навигация по видеокдрам идентичны, что учитывает требования по оптимальному взаимодействию системы «человек-машина». Система удовлетворяет требованиям по обеспечению надёжности на основе резервирования, независимости, разнообразия, с учётом отказов по общей причине. Для этого ИВС была реализована в виде двухканальной информационной системы. Основной и дублирующий каналы измерения и обработки данных в программно-техническом комплексе ИВС функционируют одновременно в полном объеме. Разработанная информационно-вычислительная система позволила продлить срок эксплуатации 4 энергоблока Нововоронежской АЭС на 15 лет

Ключевые слова: информационно-вычислительная система, клиент-серверная архитектура, контроль параметров, устройство сопряжения с объектом, архив данных

ТЕХНОЛОГИЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ, ЗАВИСЯЩИХ ОТ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ДАННЫХ

А.А. Коротышева, С.Н. Жуков

Аннотация: отображение навигационной информации в виде проекции на лобовое стекло автомобиля или стекло мотошлема обеспечивает ее восприятие водителем без переключения внимания с дороги на приборную панель, тем самым повышая безопасность дорожного движения. Используемые в настоящее время технологии визуализации информации для навигационного оснащения автомобиля или мотоцикла достаточно дороги и мало распространены, поэтому создание простого и недорогого в разработке программного обеспечения с открытым кодом, повышающего эффективность обработки и отображения информации, представляется актуальным. Предложена архитектура построения подобной системы навигации с применением технологии подсказок водителю в виде объектов дополненной реальности и использованием открытых геоинформационных сервисов. Рассмотрены применяемые в технологии структуры и типы данных, а также возможный набор аппаратных средств визуализации навигационной информации. Алгоритмы визуализации динамических объектов дополненной реальности и обработки геоданных реализованы в программном коде на языке Python. Разработан интерактивный интерфейс, обладающий интегрированным эффектом от совмещения преимуществ навигационных систем и сервисов геоинформационных данных. Приведены результаты тестирования работы кода при визуализации направления движения по заданному маршруту в режиме реального времени

Ключевые слова: дополненная реальность, визуализация объектов, геоинформационные системы, построение маршрута

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ТЕПЛООБМЕНА В ГАЗИФИКАТОРЕ

С.В. Бородкин, И.Л. Батаронов, А.В. Иванов, В.И. Ряжских

Аннотация: на основе одномерной дифференциальной модели теплообмена в газификаторе закрытого типа сформулирована задача параметрической идентификации модели на основе измерений на штатном оборудовании промышленной газификационной установки. Модель включает в себя дополнительное интегральное условие и самосогласованно определяемую подвижную границу, отделяющую зону обледенения трубки испарителя. С применением метода сглаживания особенности разработан алгоритм итерационного решения уравнений модели, использующий метод сквозного счета для решения уравнения переноса на одной итерации. Для параметрической идентификации модели использована смешанная стратегия. Часть идентифицируемых параметров (теплоемкость испарителя, мощность нагревателя, массовая производительность насоса, коэффициент теплоотдачи в окружающую среду) определялась на основе специально организованных измерений: нагрева испарителя без прокачки сверхкритического флюида, газификации в условиях теплоизолированности корпуса испарителя, газификации в стационарном режиме работы. Остальные параметры (коэффициенты теплоотдачи в теплоноситель и сверхкритический флюид) идентифицировались в пассивных измерениях с различными производительностями насоса. Отмечено, что ввиду плохой обусловленности задачи и ограниченности вариаций коэффициентов применение регрессионных методов в данной модели неэффективно. На основе метода стрельбы разработан способ идентификации, заключающийся в определении параметров по измерениям с предельными производительностями с построением функциональной связи между идентифицируемыми параметрами, с последующей верификацией на промежуточных измерениях. Метод апробирован на примере штатной газификационной установки СГУ-7КМ-У

Ключевые слова: газификатор, дифференциальная модель теплообмена, параметрическая идентификация, смешанная стратегия

АЛГОРИТМЫ ВЫБОРА НАВИГАЦИОННЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ПРИ РЕШЕНИИ НАВИГАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ

В.О. Жилинский, Л.Г. Гагарина

Аннотация: проведен обзор методов и алгоритмов формирования рабочего созвездия навигационных космических аппаратов при решении задач определения местоположения потребителя ГНСС. Появление новых орбитальных группировок и развитие прошлых поколений глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) способствует увеличению как количества навигационных аппаратов, так и навигационных радиосигналов, излучаемых каждым спутником, в связи с чем решение проблемы выбора навигационных аппаратов является важной составляющей навигационной задачи. Рассмотрены исследования, посвященные типовым алгоритмам формирования рабочего созвездия, а также современным алгоритмам, построенным с привлечением элементов теории машинного обучения. Представлена связь ошибок определения координат потребителя, погрешностей определения псевдодальностей и пространственного расположения навигационных аппаратов и потребителя. Среди рассмотренных алгоритмов выделены три направления исследований: 1) нацеленных на поиск оптимального рабочего созвездия, обеспечивающего минимальную оценку выбранного геометрического фактора снижения точности; 2) нацеленных на поиск квазиоптимальных рабочих созвездий с целью уменьшения вычислительной сложности алгоритма ввиду большого количества видимых спутников; 3) позволяющих одновременно работать в совмещенном режиме по нескольким ГНСС. Приводятся особенности реализаций алгоритмов, их преимущества и недостатки. В заключении приведены рекомендации по изменению подхода к оценке эффективности алгоритмов, а также делается вывод о необходимости учета как геометрического расположения космических аппаратов, так и погрешности определения псевдодальности при выборе космического аппарата в рабочее созвездие

Ключевые слова: навигационная задача, выбор навигационных космических аппаратов, ГЛОНАСС, рабочее созвездие

Благодарности: исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-37-90016

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Г.В. Петрухова, И.Р. Болдырев

Аннотация: представлен комплекс технических средств создания для системы сбора данных. Проведена формализация процессов реализации функций контроля технического объекта. Рассматриваемая система сбора данных состоит из функционально законченных устройств, выполняющих определенные функции в контексте работы системы. Данная система, с одной стороны, может быть одним из узлов распределенной системы сбора данных, с другой стороны, может использоваться автономно. Показана актуальность создания системы. В основе разработки использован RISC микроконтроллер STM32H743VIT6, семейства ARM Cortex-M7, работающий на частоте до 400 МГц. К основным модулям системы относятся 20-входовый распределитель напряжения; модуль питания и настройки; модуль цифрового управления; модуль анализа, хранения и передачи данных в управляющий компьютер. Рассмотрен состав и назначение этих модулей. За сбор данных в рассматриваемой системе отвечает цепочка устройств: датчик – схема согласования – АЦП – микроконтроллер. Поскольку в составе системы имеются не только АЦП, но и ЦАП, то на ее базе может быть реализована система управления объектом. Выбор датчиков для снятия информации обусловлен особенностями объекта контроля. Имеется возможность в ручном режиме измерять электрические параметры контуров связи, в том числе обеспечивать проверку питания IDE и SATA-устройств. Представленная система сбора данных является средством, которое может быть использовано для автоматизации процессов контроля состояния технических объектов

Ключевые слова: сбор данных, технический контроль, система управления, коммутирующий разъем, регулятор напряжения, датчик, аналоговый сигнал, цифровой сигнал, АЦП, ЦАП

СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ НАВИГАЦИИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В ОКРЕСТНОСТИ АЭРОДРОМА

Д.А. Смирнов, В.Г. Бондарев, А.В. Николенко

Аннотация: рассмотрены вопросы разработки системы, способной обеспечивать автоматическую навигацию беспилотного летательного аппарата в окрестности аэродрома без использования дополнительных датчиков. Рассмотрен алгоритм решения этой задачи с использованием бортовой монокулярной системы технического зрения, функционирующей в диапазоне 1,55 мкм. Для обеспечения навигации беспилотный летательный аппарат оснащен системой информационного обмена, а в районе точки взлета-посадки в качестве наземных источников (маяков) предложено использовать полупроводниковые лазеры с некогерентным излучением длиной волны 1,55 мкм, которые обеспечивают работу системы в простых метеоусловиях. Путем измерений угла азимута в двух точках траектории движения беспилотного летательного аппарата вычисляются его координаты местоположения относительно взлетно-посадочной полосы, а также угол курса необходимый для выхода в начальную точку глиссады снижения. Ввиду того, что погрешности измерений обусловлены ошибками измерений угла азимута, курса и скорости полета, ошибками измерения временных интервалов в данной работе пренебрегаем. Полученные графики показывают, что погрешности измерения координат беспилотного летательного аппарата минимальны при пролете напротив маяка и резко возрастают при удалении от него, что обусловлено погрешностью измерения азимута и дальности. При этом измерение местоположения беспилотного летательного аппарата необходимо выполнять на минимальном удалении от маяка

Ключевые слова: навигация, беспилотный летательный аппарат, окрестности аэродрома, полупроводниковые лазеры, система технического зрения, лазерные маяки

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЛОЧНОГО ПСЕВДООБРАЩЕНИЯ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ

Е.П. Трофимов

Аннотация: предложен алгоритм последовательной обработки данных на основе блочного псевдообращения матриц полного столбцового ранга. Показывается, что формула блочного псевдообращения, лежащая в основе алгоритма, является обобщением одного шага алгоритма Гревилля псевдообращения в невырожденном случае и потому может быть использована для обобщения метода нахождения весов нейросетевой функции LSHDI (linear solutions to higher dimensional interlayer networks), основанного на алгоритме Гревилля. Представленный алгоритм на каждом этапе использует найденные на предыдущих этапах псевдообратные к блокам матрицы и, следовательно, позволяет сократить вычисления не только за счет работы с матрицами меньшего размера, но и за счет повторного использования уже найденной информации. Приводятся примеры применения алгоритма для восстановления искаженных работой фильтра (шума) одномерных сигналов и двумерных сигналов (изображений). Рассматриваются случаи, когда фильтр является статическим, но на практике встречаются ситуации, когда матрица фильтра меняется с течением времени. Описанный алгоритм позволяет непосредственно в процессе получения входного сигнала перестраивать псевдообратную матрицу с учетом изменения одного или нескольких блоков матрицы фильтра, и потому алгоритм может быть использован и в случае зависящих от времени параметров фильтра (шума). Кроме того, как показывают вычислительные эксперименты, формула блочного псевдообращения, на которой основан описываемый алгоритм, хорошо работает и в случае плохо обусловленных матриц, что часто встречается на практике

Ключевые слова: блочное псевдообращение, обработка данных, алгоритм Гревилля

Радиотехника и связь

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЛАЗМЕННЫХ АНТЕНН ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СКРЫТНОСТИ РАДИОСВЯЗИ В VHF ДИАПАЗОНЕ

И.А. Баранников, Е.А. Ищенко, С.М. Фёдоров

Аннотация: рассматривается плазменная вибраторная антенна, которая предназначена для работы в VHF диапазоне на частоте 140 МГц. Вибраторные плазменные антенны отличаются от обычных вибраторных антенн тем, что металлический проводник заменяется плазмой в газоразрядной трубке. Плазменный вибратор, создаваемый разрядом в трубке, способен включаться и выключаться за время порядка микросекунд. Применение плазменной антенны позволяет обеспечить два режима работы: активный, когда плазма индуцирует проводящую поверхность, и скрытый, когда антенна становится практически невидимой для электромагнитных волн, а плазменное облако отсутствует. Для определения характеристик антенны использовалось электродинамическое моделирование. Полученные результаты показывают, что характеристики плазменной вибраторной антенны близки к характеристикам эквивалентного ей металлического диполя, при этом длина плазменной антенны меньше. Для определения эффективности скрытого режима антенны производилось сравнение характеристик эффективной площади рассеяния плазменной антенны с выключенным плазменным облаком и эквивалентного металлического диполя. Полученные результаты показывают, что плазменная антенна обладает высокой эффективностью излучения, диаграммами направленности, схожими с эквивалентной дипольной антенной, и значительно меньшими значениями эффективной площади рассеяния (ЭПР) в выключенном режиме

Ключевые слова: плазменная вибраторная антенна, скрытность радиосвязи

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИКЕ И РЕМОНТУ МАЛОМОЩНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

М.А. Ромащенко, А.В. Гудков

Аннотация: рассмотрены вопросы оптимизации технологических процессов поиска и устранения неисправностей маломощных DC-DC преобразователей, изготавливаемых ООО «АЕДОН». Перечислены наиболее характерные неисправности, встречающиеся у импульсных источников питания малой мощности. Рассмотрены основные методы поиска и устранения неисправностей, применяемые в процессе диагностики импульсных преобразователей. Предложен подход, основывающийся на комбинировании различных методов диагностики и ремонта, позволяющий увеличить эффективность поиска и устранения неисправностей импульсных DC-DC преобразователей. Рассматриваемый подход позволил повысить оперативность технической диагностики и ремонта в условиях серийного производства, а также был эффективно использован при первоначальной подготовке молодых специалистов участка регулировки и тестирования. В качестве примера представлена процедура поиска и устранения причин повышенного напряжения холостого хода в маломощных импульсных источниках питания. Рассмотрены причины появления дефекта как в одиночных модулях, так и во всей партии. Проведено экспериментальное исследование влияния обратной связи на выходное напряжение модуля в режиме холостого хода, показано влияние возможных неисправностей. В результате применения данной процедуры в короткий срок была произведена диагностика и ремонт маломощного импульсного источника питания (ИИП), выполнена регулировка обратной связи по напряжению

Ключевые слова: импульсный источник питания, техническая диагностика, DC-DC преобразователи

МЕТОДИКА НАХОЖДЕНИЯ ПОТЕРЬ В ОБМОТКЕ ДРОССЕЛЯ ВСЛЕДСТВИЕ СКИН-ЭФФЕКТА И ЭФФЕКТА БЛИЗОСТИ

А.А. Моисеенко, С.М. Фёдоров

Аннотация: представлен метод использования расчетных методик и моделирования магнитных полей в двухмерном пространстве для нахождения высокочастотных потерь в обмотке моточных изделий, таких как дроссель или трансформатор. Была проведена работа по анализу литературы по данной теме, а также поднят вопрос оптимизации и адаптации аналитических формул для случая использования проводников круглого сечения и намотки, имеющей неоднородное распределение слоев в окне сердечника. Был также поднят вопрос об аналитическом нахождении длины обмоточного провода намотки с различным количеством слоев и переменного количества используемых при этом витков. Для проведения автоматизации расчета с помощью формул был написан скрипт, строящий зависимость сопротивления переменному току относительно частоты, используя аналитические формулы. Была написана программа для автоматической постановки начальных условий и граничных значений параметров моделирования, процесса самого моделирования электромагнитных полей, анализа полученных данных, а также формирования массива для построения графика полученной при этом зависимости сопротивления от частоты. В данном методе используется свободно распространяемое программное обеспечение как для математических расчетов, так и моделирования электромагнитных полей. Итогом данной работы стало сравнение полученных результатов, которые показали хорошую сходимость и преемственность этапов данного метода

Ключевые слова: эффект близости, метод конечных элементов (МКЭ), FEMM, скин-эффект, Smath Studio, формула Доуэлла

РАЗРАБОТКА МОДУЛЕЙ КАЛИБРОВКИ КОМПЛЕКСА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ НА ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА

Д.А. Пухов, А.В. Суворин, Д.В. Васильченко, М.А. Ромащенко

Аннотация: в современном мире при стремлении человечества к миниатюризации электротехнической и радиоэлектронной продукции без потери технических характеристик устройств, наряду с их расширением одной из значимых проблем является влияние электромагнитных помех на стабильное функционирование устройств. Представлены модули калибровки, используемые в программно-аппаратном комплексе (ПАК), который позволяет произвести оценку влияния электромагнитных помех (ЭМП) на электронные средства. Практическое искажение сигналов неизбежно, так как причиной помех может стать взаимное влияние элементов печатной платы (ПП) друг на друга, а также конфигурация самого рисунка дорожек ПП и её топологии. Рассматриваются модули, позволяющие выявить ряд ошибок по ранее полученным результатам и обеспечить калибровку комплекса с целью повышения точности оценки влияния самоиндукции и импеданса линии передач на вносимые искажения сигнала при различных конфигурациях трассировки печатной платы. Применение данного программно-аппаратного комплекса позволяет значительно сократить время, необходимое на разработку устройства и комплекс испытаний, что, в свою очередь, снижает финансовую нагрузку на выпуск единицы продукции, поскольку позволяет выявить недостатки устройств на стадии макетирования электротехнической продукции

Ключевые слова: печатная плата, электромагнитные помехи, импеданс передачи, электромагнитная совместимость, модули калибровки

МНОГОЛУЧЕВАЯ АНТЕННАЯ СИСТЕМА УКВ-ДИАПАЗОНА НА ОСНОВЕ ЛИНЗЫ ИЗ ГРАНИТНОГО ЩЕБНЯ

В.И. Николаев, Ю.Г. Пастернак, В.А. Пендюрин, С.М. Фёдоров

Аннотация: предложена конструкция приземной многолучевой антенной решетки на основе линзы из гранитного щебня, позволяющая одновременно формировать до нескольких десятков лучей в длинноволновой области УКВ-диапазона волн. Эффективная диэлектрическая проницаемость гранитного щебня оценивалась с помощью формулы Лихтенекера для мелкодисперсных смесей; ее величина приблизительно равна 3. Для оценки величины замедления поверхностных волн в линзе использовалась методика анализа дисперсионных характеристик зеркального диэлектрического волновода; при высоте линзы 1.8 метра эффективная диэлектрическая проницаемость эквивалентного зеркального диэлектрического волновода равна 2.1. В качестве облучателей линзы - несимметричные электрические вибраторы, расположенные на окружности по периметру линзы, диаметр которой составляет 30 метров; диаметр подстилающей стальной поверхности составляет 40 метров. Предложенная антенная система характеризуется потерями в щебне около 3 дБ при диаметре линзы около 3,8 длин волн; показано, что коэффициент направленного действия у каждого луча может составлять около 15,5 дБ, при ширине главного лепестка в азимутальной плоскости по уровню половинной мощности около 10 градусов

Ключевые слова: приземная антенна, линзовая антенна, многолучевая антенная система

КОМБИНИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ В ТВЕРДЫХ ЭЛЕКТРОЛИТАХ

В.П. Смоленцев, А.А. Извеков

Аннотация: рассмотрены вопросы изготовления открытых и полукрытых полостей в труднообрабатываемых деталях путем использования твердого электролита, наносимого на заготовку перед установкой удаляемой вставки. Показаны особенности протекания процесса анодного растворения припуска при статическом состоянии рабочей среды. Такие исследования выполнены впервые. Разработаны и проверены на практике изготовления типовых деталей режимы обработки для реализации процесса. Показано, что твердые электролиты имеют перспективы для дальнейшего использования при проектировании технологических процессов изготовления сложнопрофильных изделий из металлических труднообрабатываемых материалов, в том числе внедряемых на создаваемых образцах ракетно-космической техники. Они расширяют технологические возможности комбинированных методов, в которых одним из воздействующих факторов является электрическое и электромагнитное поле с высокой концентрацией мощности в импульсе. Впервые достигнута возможность разделять сборочные единицы путем образования зазора между сопрягаемыми деталями без доступа в зону обработки жидкой рабочей среды, определяющей возможность локального съема припуска в месте сопряжения и удаления слоя материала, достаточного для разборки узлов. Заложены основы использования для нанесения твердого электролита аддитивных технологий путем наращивания равномерных слоев перед сборкой изделия. Предлагаемая технология перспективна для изготовления сборных конструкций с ограниченным доступом инструмента в зону выполнения операции. Кроме того, новая технология может успешно применяться в процессе ремонта машин

Ключевые слова: технология, твердый электролит, анодный процесс, область применения

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДВУХКАМЕРНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

А.Ю. Боташев, А.А. Мусаев

Аннотация: проведен анализ технологических возможностей двухкамерных устройств для листовой штамповки с одной и двумя камерами сгорания. В устройствах с одной камерой сгорания штамповка детали происходит в холодном состоянии заготовки под действием на нее гибкой среды за счет кинетической энергии поршня, ускоряемого продуктами сгорания газообразной топливной смеси. В устройствах с двумя камерами сгорания процесс штамповки совершается с нагревом заготовки воздействием на нее горячего газа, образованного при сгорании в верхней камере предварительно сжатой топливной смеси. При этом сжатие смеси осуществляется за счет энергии продуктов сгорания, образованных в нижней камере сгорания. Доказано, что устройства с одной камерой сгорания целесообразно использовать для штамповки из пластичных сортов сталей деталей разнообразной формы толщиной до 4 мм и из пластичных цветных сплавов толщиной до 8 мм. Устройства с двумя камерами сгорания целесообразно использовать для штамповки деталей из малопластичных сортов алюминиевых, титановых сплавов и других труднодеформируемых сплавов. Двухкамерные устройства для листовой штамповки обладают широкими технологическими возможностями и могут быть эффективно использованы в мелкосерийных производствах для штамповки деталей различной формы

Ключевые слова: листовая штамповка, двухкамерное устройство для штамповки, процесс штамповки, нагрев заготовки

ВЫЯВЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ НАПЛАВЛЯЕМЫХ СЛОЕВ, А ТАКЖЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИХ ПЕРЕКРЫТИЯ НА ПОГРЕШНОСТЬ ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ АДДИТИВНОМ ФОРМООБРАЗОВАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГОЙ

А.Н. Гречухин, В.В. Куц, П.С. Щербаков

Аннотация: статья посвящена изучению вопросов управления процессом аддитивного формообразования изделий. Представлены результаты исследования процесса аддитивного формообразования поверхности электрической дугой в среде защитного газа. Проведен анализ погрешности формы поверхностей, полученных с различным заполнением слоев. Подтверждено экспериментально, что такие параметры процесса, как ориентация слоев, коэффициент их перекрытия являются значимыми. Так, погрешность формообразования образцов наплавки слой на слой в вертикальном направлении выше по сравнению с другими способами наплавки, реализованными в эксперименте. Средние значения погрешности формы образцов составляют 0,75 мм, 0,88 мм, 1,15 мм, соответственно, для способов наплавки слой к слою на горизонтальную поверхность с коэффициентом перекрытия 0,3, слой к слою на горизонтальную поверхность с коэффициентом перекрытия 0,5, слой на слой в вертикальном направлении. Максимальные значения погрешности определены на уровне 0,85 мм, 1,2 мм, 1,5 мм для соответствующих способов наплавки, реализованных в эксперименте. Таким образом, пространственная ориентация слоев, а также коэффициент перекрытия слоев являются значимыми, оказывают влияние на численное значение погрешности формы получаемой поверхности, должны быть учтены при проектировании алгоритмов разделения на слои, их заполнения при аддитивном формообразовании электрической дугой в среде защитного газа

Ключевые слова: аддитивные технологии, послойный синтез, формообразование, погрешность

Благодарности: исследование выполнено при финансовой поддержке стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов СП-4738.2021.1