

ОПИСАНИЕ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДСИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ РИСКОВ НА ПРИМЕРЕ РАБОТЫ ЦЕНТРА СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

© 2017 И.М. Пашуева, С.М. Пасмурнов, А.В. Бондарев

В статье предложена подсистема поддержки принятия оперативных управленческих решений в условиях неопределенности, основанная на оценке рисков возникновения критического состояния системы. На примере центра скорой медицинской помощи это критическое состояние характеризуется переходом службы из нормального в чрезвычайный режим работы. Математическая модель позволяет с помощью многокритериальной оценки оперативно проанализировать загруженность районных центров, спрогнозировать загруженность в ближайшее время и предложить оптимальный вариант решения. В процессе решения поставленной задачи были предложены модель и принципы оценки и анализа рисков при оптимизации схем перераспределения ресурса между районными центрами. Для определения количественных характеристик оценки риска возможно применить метод, основанный на построении обобщенных оценок вариантов решений. Для сравнения вариантов решений используется несколько функций агрегирования. В качестве оптимального варианта выбирается тот, на котором достигнут максимум функции агрегирования.

Описание подсистемы поддержки принятия оперативных управленческих решений в городском центре скорой медицинской помощи приводится с помощью сетей Петри. В качестве позиций выбираются состояния системы от момента приема вызова до момента возвращения бригады скорой медицинской помощи на станцию. Механизмы функционирования подсистемы скорой медицинской помощи в так называемом чрезвычайном режиме работы, который характеризуется существенным увеличением количества вызовов в одном из районов центра скорой медицинской помощи, описываются в качестве отдельных позиций.

В статье приводятся результаты имитационного моделирования рассматриваемой подсистемы поддержки принятия оперативных управленческих решений на примере функционирования городского центра скорой медицинской помощи г. Воронежа в разных режимах работы

Ключевые слова: подсистема поддержки принятия управленческих решений, сети Петри, моделирование, оценка рисков

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

© 2017 А.М. Шмырин, С.Л. Подвальный, О.А. Мещерякова, В.В. Сёмина

При производстве таких строительных материалов, как цемент, недостаточно эффективной является работа систем обеспыливающей вентиляции. Запыленность воздуха в рабочих зонах на различных этапах производства может превышать предельно допустимые концентрации во много раз. В данной работе рассмотрена оптимизация системы вентиляции помещения цеха с помощью окрестностного моделирования, позволяющая очищать приточный воздух, удалять избытки тепла, влаги, пыли, вредных газов и паров, поступающих в воздух рабочих помещений при технологическом процессе, поддерживать необходимую по технологическим параметрам влажность воздуха в помещении, а также очищать загазованный и запыленный воздух перед его выбросом в атмосферу. Модель строится для цеха, в котором находятся три вращательных цементных печи, склад клинкера. Предлагаемая модель имеет иерархическую структуру, выходные величины моделей более высокого уровня используются как параметры моделей более низкого уровня. Ставится задача идентификации моделей сложной системы в условиях параметрической связи моделей, которые описывают неполноту исходных данных

Ключевые слова: математическое моделирование, окрестностные системы, системы вентиляции

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИМИТАЦИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МНОГОСТАДИЙНЫХ ОБСЛУЖИВАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ

© 2017 С.А. Олейникова

Одной из ключевых задач при анализе функционирования многостадийных обслуживающих комплексов является оценка времени выполнения заявки. Взаимная зависимость между работами, а также стохастический характер их длительности не позволяет гарантировать необходимую точность при получении соответствующих оценок искомой случайной величины. Имитация процесса обслуживания позволит не только оценить числовые характеристики такой величины, но и собрать подробные сведения о законе ее распределения, рассчитать риски задержки обслуживания и решить целый ряд других необходимых задач. Исследование специфики решаемой задачи позволило выдвинуть ряд требований, предъявляемых к системе, предназначенной для моделирования многостадийного обслуживания. Анализ существующих систем имитационного моделирования, в частности таких, как Anylogic, обусловил необходимость разработки собственной такой системы. С учетом специфики функционирования исследуемых комплексов, а также на основании требований, предъявляемых к системе, была разработана ее структура и определены назначения основных подсистем. Таким образом, разработана система имитационного моделирования, предназначенная для моделирования процесса функционирования многостадийных обслуживающих комплексов и обеспечивающая возможность сбора и анализа статистических данных о случайной величине, описывающей длительность проекта

Ключевые слова: система имитационного моделирования, многостадийный обслуживающий комплекс, закон распределения, числовые характеристики

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРА НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

© 2017 Е.А. Ганцева, В.Ф. Барабанов, Н.И. Гребенникова, Д.С. Болдырев

В настоящее время искусственные нейронные сети являются важным расширением понятия вычисления. Нейронные сети или выпускаются в составе специализированных устройств, или достаточно дороги, а зачастую и то и другое. На их разработку тратится значительное время, за которое программные реализации на самых последних компьютерах оказываются лишь на порядок менее производительными, что делает использование нейропроцессоров нерентабельным. Функциональные возможности различных программных продуктов в разной степени обладают схожими возможностями, некоторые из них имеют большое количество инструментов, которые мало подходят для первоначального знакомства с нейронными сетями, а также имеют высокую стоимость.

В статье предложена модель библиотеки классов для конструирования нейронных сетей. Библиотека содержит классы, позволяющие производить создание, настройку, обучение и тестирование нейронных сетей. Модульная структура библиотеки позволяет разработчику вносить изменения с целью расширения функциональности, не опасаясь нарушения работы остальных модулей. Значительное внимание уделено описанию разработки программного обеспечения для конструирования нейронных сетей на основе данной библиотеки, приводится обзор существующих программных продуктов, обладающих схожей функциональностью

Ключевые слова: линейный нейрон, персептрон, многослойная нейронная сеть, алгоритм обратного распространения ошибки

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ РАСПИСАНИЯ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ АДАПТАЦИИ ФРАКТАЛА КАНТОРА

© 2017 М.А. Цуканов, О.А. Божкова

В статье рассматриваются вопросы технологической координации и оперативного управления сложными производственными системами. В рамках оперативного управления производством были выделены подзадачи диспетчеризации производства, мониторинга нарушения плана в виду возникновения недетерминированных событий (простоев, поломок), требующих создания корректирующих действий относительно запланированного состояния технологического процесса. Приведены примеры таких производств, описана система взаимосвязей и её основные характеристики, представлена декомпозиция выполнения производственного плана на примере металлургического производства. Сталеплавильное производство отличается сложной системой связей, представляющей трудности для планирования технологического процесса. В статье описана декомпозиция мониторинга производственного плана, отдельно выделен этап оценки производственных издержек выполненного расписания. Авторы выделяют ряд ограничений, которые затрудняют задачу составления расписания сложных производственных систем и предлагают использование фрактализации в процессе построения и корректировки производственного расписания. В качестве механизма построения расписания предлагается адаптация алгоритма построения пыли Кантора. Предлагаемый алгоритм формирования и корректировки производственного расписания позволяет компенсировать влияние недетерминированных событий на ход производственного процесса в режиме диспетчеризации. Реализация алгоритма позволит сократить непроизводственные издержки энергозатрат в ходе получения продукции, а также упростит работу диспетчера в процессе принятия решений в различных ситуациях

Ключевые слова: оперативное управление, производственное расписание, технологическая координация, фрактал Кантора

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНСТРУКТОРА НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

© 2017 Е.А. Ганцева, В.Ф. Барабанов, Н.И. Гребенникова, Д.С. Болдырев

В работе «Программная реализация конструктора нейронных сетей» описан разработанный современный программный продукт конструирования нейронных сетей, который прост в освоении, имеет наглядный и понятный интерфейс, является свободно распространяемым, с открытым исходным кодом. Созданное программное приложение позволяет пользователю освоить технологии построения нейронных сетей и решать широкий спектр практических задач, к которым, в частности, можно отнести задачи регрессии и классификации образов. В данной статье приводятся результаты экспериментальных исследований с использованием созданного программного приложения конструирования нейронных сетей, а также рекомендации по выбору параметров конструирования сети для повышения качества и скорости обучения нейронных сетей. В связи с тем, что обучение нейронных сетей является весьма долгим процессом и требует большого количества тестовых данных, был создан тестовый набор данных для модуля функции синуса объёмом 30000 отсчётов, и на этом примере продемонстрировано влияние различных настраиваемых параметров конструирования сети на скорость её обучения. Проведённые исследования позволили выработать рекомендации по выбору архитектуры и настройке значений параметров конструирования нейросети, которыми следует воспользоваться при работе с программным приложением «Конструктор нейронных сетей»

Ключевые слова: линейный нейрон, персептрон, многослойная сеть, обучение, тестирование

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ БАЙЕСОВСКОЙ СЕТИ ПРОЦЕССА ТЕСТИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

© 2017 Т.В. Азарнова, Н.Г. Аснина, Д.К. Проскурин, П.В. Полухин

В статье изложены результаты исследования, направленного на разработку адаптивной модели управления процессом тестирования надежности и отказоустойчивости информационных систем, основными компонентами которых являются веб-приложения. Модель управления процессом тестирования строится на основе применения инструментов фаззинга и аппарата динамических байесовских сетей. Все этапы процесса тестирования веб-приложений методом фаззинга формализуются в виде задач обучения структуры, параметров и реализации вероятностного вывода для динамических байесовских сетей. В данной статье основное внимание сосредоточено на вопросах обучения структуры динамических байесовских сетей. Структура байесовской сети может определяться на основе причинной модели исследуемой проблемной области, которая строится в соответствии с представлением экспертов, имеющих большой опыт в области тестирования рассматриваемых уязвимостей приложений. Но более эффективные результаты могут быть достигнуты за счет использования специальных алгоритмов обучения структуры сети на основании статистических данных, этот метод способен гибко настраиваться на структурные изменения во внешней среде моделируемого процесса. Применяемый в работе алгоритм обучения базируется на предположении о Марковском покрытии и методологии поиска на основе принципа восхождения

Ключевые слова: байесовская сеть, тестирование, надежность информационной системы, обучение структуры, Марковское покрытие, метод восхождения

Энергетика

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ПОДХОДОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГОРЕЛОЧНОГО УСТРОЙСТВА АВТОНОМНОГО ИСТОЧНИКА ТОКА НА ОСНОВЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРНОГО МОДУЛЯ КОЛЬЦЕВОЙ ГЕОМЕТРИИ

© 2017 Т.С. Тимошинова, И.Э. Свиридов, Д.П. Шматов

Развитие современной техники и технологий, расширение сфер применения электричества неразрывно связаны, в первую очередь, с поиском новых источников электрической энергии. В настоящее время весьма актуальным решением является использование термоэлектрических генераторных модулей, входящих в состав автономных источников тока. Рассмотрены существующие варианты использования термоэлектрических генераторных модулей. Также в работе приведены данные о современных разработках наноструктурных термоэлектрических материалов нового поколения, которые способны повысить мощностные и удельно-весовые характеристики термоэлектрических генераторных модулей. По результатам проведенного обзора и анализа современных подходов к разработке и созданию автономных термоэлектрических источников тока предложено схемное решение термоэлектрического генераторного модуля кольцевой геометрии. Перечислены основные системы, входящие в состав автономного источника тока. Составлена методика расчета газогорелочного устройства природного газа, которую можно использовать при разработке термоэлектрического генераторного модуля в составе автономного источника тока и проведена топологическая оптимизация конструкции с использованием компьютерного моделирования в программном комплексе ANSYS Fluent с применением Adjoint Solver, в ходе которой была минимизирована вероятность отрыва пламени от кратера газогорелочного устройства путем соблюдения допустимого скоростного режима газозооной смеси

Ключевые слова: термоэлектрический генераторный модуль, термоэлектрическая батарея, эффект Зеебека, автономный источник тока, газогорелочное устройство, топологическая оптимизация

ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

© 2017 В.П. Поваров, М.Б. Бакиров, А.Д. Данилов

В статье рассмотрена система многопараметрического непрерывного мониторинга эксплуатационной повреждаемости критических элементов ядерных установок, относящаяся к программно-аппаратным техническим комплексам обеспечения надежности и безопасности объектов повышенной опасности. Практический результат применения системы - возможность осуществления текущей диагностики технического состояния объекта контроля в части оценки целостности металла. Оценка напряженно-деформированного состояния разрушающегося элемента строится на базе трехмерной конечно-элементной модели, расчетное ядро которой калибруется по данным натуральных измерений, полученных с дополнительно установленных в критических зонах контрольных датчиков. Программа для расчетно-экспериментального анализа нагруженности и живучести контролируемой критической зоны является центральным ядром системы непрерывного мониторинга. Накопленная за определенный промежуток времени база знаний по поведению мониторируемого оборудования в различных режимах эксплуатации и соответствующий комплексный анализ напряженно-деформированного состояния и поведения дефектности позволяют разработать эффективные компенсирующие мероприятия

Ключевые слова: мониторинг, критические элементы, диагностика, напряженно-деформируемое состояние, параметры нагружения, конечно-элементная модель, база знаний

Радиотехника и связь

АВТОМАТИЧЕСКАЯ КАЛИБРОВКА УСИЛИТЕЛЕЙ В СОСТАВЕ АЦП

© 2017 В.С. Кононов, С.И. Рембеза

В работе описана техника калибровки усилителей различного типа, применяемых при создании аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Рассматриваемая техника предназначена для калибровки усилителей в режиме удаленного доступа при длительной эксплуатации АЦП в «жестких» условиях, когда из-за эффектов естественного старения полупроводникового материала и его деградации под воздействием внешней среды характеристики усилителей могут претерпевать значительные изменения. Предложенная техника калибровки основана на использовании аппаратных средств, обеспечивающих автоматическую калибровку напряжения смещения на входах усилителей и синфазного напряжения на их выходах. Отмечено, что применение этой техники в отличие от наиболее распространенной лазерной подгонки и электрического программирования плавких перемычек не приводит к снижению ресурса работоспособности АЦП и поэтому она востребована в первую очередь при создании конвейерных АЦП, которые преобладают в производстве современных преобразователей. Предложенные технические решения для построения аппаратных средств основаны на использовании набора защелок D- и SR-типов, генераторов одиночных импульсов, дешифраторов, программируемых токовых зеркал и делителей напряжения, которые позволяют эмулировать процесс калибровки путем автоматического изменения 4-разрядного кода, генерируемого внутри кристалла АЦП, а затем после подбора необходимых значений компенсационного тока смещения или коммутирующего напряжения зафиксировать этот код. Отмечено, что применение рассмотренных аппаратных средств не приводит к существенному увеличению площади кристалла АЦП

Ключевые слова: калибровка, усилитель, напряжение, смещение

УСТРОЙСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ОПОЗНАВАТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

© 2017 Н.Н. Кошелева, А.Б. Буслаев, С.И. Рембеза

В работе описывается устройство на основе микроконтроллера, обеспечивающее формирование текста, закодированного по азбуке Морзе. Предложенное устройство способно формировать одно-, двух-, трехбуквенный опознавательный сигнал. Цикл следования опознавательных сигналов – 15, 30 или 60 сек. Применение устройства позволяет реализовать формирование опознавательного сигнала на новой элементной базе при минимальных массогабаритных и энергетических показателях. Устройство содержит микропроцессорную систему, панель управления, выходные каскады ФОС (формирование опознавательного сигнала) и схему контроля ФОС. Формирование опознавательного сигнала осуществляется в микропроцессорной системе (МПС) в соответствии с программой, записанной в ее память. МПС может быть реализована на основе микроконтроллера, характерной особенностью структуры которого является размещение на одном кристалле с центральным процессором внутренней памяти и большого набора периферийных устройств (порты ввода-вывода данных, программируемые интервальные таймеры, АЦП, ЦАП). Применение предложенного устройства ФОС позволяет уменьшить количество функциональных узлов в устройстве, а также обеспечивает увеличение вероятности безотказной работы устройства. В работе приведена принципиальная схема ФОС на основе микроконтроллера, а также алгоритм работы микроконтроллера в плате ФОС

Ключевые слова: микроконтроллер, опознавательный сигнал, радиопривод, микропроцессорная система

ОДНОПороГОВЫЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРЯМОУГОЛЬНОГО РАДИОИМПУЛЬСА С НЕИЗВЕСТНЫМИ ДЛИТЕЛЬНОСТЬЮ, АМПЛИТУДОЙ И НАЧАЛЬНОЙ ФАЗОЙ

© 2017 Б.В. Матвеев, М.М. Шахморadian, А.А. Макаров

Синтезирован однопороговый последовательный алгоритм обнаружения прямоугольного радиоимпульса с неизвестной длительностью, амплитудой и начальной фазой, наблюдаемого на фоне гауссовского белого шума. В отличие от известных ранее оптимальных алгоритмов обнаружения он позволяет сократить время анализа наблюдаемых данных и вынести решение о наличии или отсутствии полезного сигнала без потерь в качестве обнаружения. По сравнению с классическим последовательным обнаружителем предложенный алгоритм обнаружения осуществляет сравнение решающей статистики, формируемой в реальном времени, с единственным порогом. Анализ наблюдаемой реализации прекращается либо в момент времени превышения порога, либо при достижении заранее заданного времени. В качестве решающей статистики используется логарифм функционала отношения правдоподобия. Найдены асимптотические выражения для характеристик эффективности функционирования однопорогового последовательного обнаружителя, точность которых возрастает с увеличением отношения сигнал/шум. Рассмотренный однопороговый последовательный алгоритм обнаружения является эвристическим, однако его вероятности ошибок обнаружения совпадают с соответствующими вероятностями ошибок максимально правдоподобного алгоритма. Показано, что при неизменных характеристиках эффективности обнаружения с помощью однопорогового последовательного обнаружителя удастся получить выигрыш во времени принятия решения по сравнению с известными алгоритмами обнаружения

Ключевые слова: радиосигнал, параметрическая априорная неопределенность, метод максимального правдоподобия, последовательное обнаружение, время принятия решения, вероятность ложной тревоги, вероятность пропуска сигнала

Машиностроение и машиноведение

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ЗУБЬЕВ СБОРНОЙ ДИСКОВОЙ ФРЕЗЫ С КОНСТРУКТИВНОЙ РАДИАЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ

© 2017 В.В. Куц, В.В. Пономарев

Рассмотрен вопрос обработки РК-профилей с помощью сборной фрезы, оснащенной сменными многогранными пластинами с конструктивной радиальной подачей. Приведен расчет высоты отклонения от номинального профиля в радиальном направлении при обработке вала и определена зависимость отклонения от угла расположения пластины.

Рассмотрен вопрос разработки метода расчета числа сменных многогранных пластин фрезы с конструктивной подачей и определения их положения, исходя из условия постоянства величин максимальных отклонений обработанного профиля. Предложен алгоритм расчета углов расположения сменных многогранных пластин.

Представлены результаты расчета для обработки РК-профильного вала радиусом $R = 40$ мм и эксцентриситетом $e = 3,4$ мм при различных радиусах фрезы и качествах точности.

Применение представленного метода расчета положения сменных многогранных пластин позволяет выровнять отклонения от номинального профиля в радиальном направлении при обработке детали с РК-профилем сборной фрезой. Определены дальнейшие пути исследования износа сменных многогранных пластин для получения работоспособной конструкции данной фрезы

Ключевые слова: РК – профиль, фреза, математическая модель, формообразование, отклонения профиля, сменная многогранная пластина

НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВУХСЛОЙНЫХ ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ КАНАЛА ВОЗДУХОЗАБОРНИКА САМОЛЕТА

© 2017 В.И. Максименков, М.В. Молод, В.И. Федосеев

В работе рассмотрены вопросы по изготовлению канала воздухозаборника самолета. Приведены направления по повышению эффективности шумоглушения канала воздухозаборника за счет применения двухслойных звукопоглощающих конструкций (ЗПК). Применение двухслойных конструкций обеспечивает поглощение шума в широком спектре частот. Рассмотрены технологические процессы изготовления канала воздухозаборника. Представлен анализ точности процесса изготовления канала воздухозаборника, позволяющий прогнозировать получение заданных геометрических размеров его внутренней и наружной поверхностей. Обеспечение заданных размеров обшивки определяется процессом формообразования обшивки на оборудовании с ЧПУ с применением универсальных обтяжных пуансонов. С целью повышения акустической эффективности канала воздухозаборника разработаны предложения по изменению двухслойной конструкции ЗПК, когда промежуточная обшивка заменяется сеткой. Для проведения акустических исследований были изготовлены образцы для испытания на интерферометре и установке канал с потоком во ФГУП «ЦАГИ». Испытания показали, что применение сеток, расположенных в промежуточном слое панели, обеспечивает снижение шума на ~5дБ, что определяет эффективность нового решения по разработке двухслойной конструкции. Проведены прочностные испытания по определению предельных напряжений сжатия панели, подтверждены значительные запасы прочности конструкции

Ключевые слова: канал воздухозаборника, двухслойная конструкция, шумоглушение

СИНТЕЗ ДОПУСКОВ ПАРАМЕТРОВ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

© 2017 О.В. Аникеева

В работе поставлена и решена комплексная задача создания полнофункционального математического аппарата для перевода требований к параметрам точности обработки и расположения поверхностей в требования к точности изготовления и сборки узлов станка. Цель работы заключается в создании метода синтеза допусков на значения геометрических погрешностей металлорежущих станков. Впервые обосновано исключение при расчетах точности процессов формообразования, а также конкретных видов и типов режущих инструментов, применяемых при обработке. Исследованы два сложившихся подхода к оценке геометрических погрешностей обработки, основанные на применении матриц преобразований однородных координат и полной вариации полученных зависимостей. Применение этих подходов принципиально не поддерживает разделение станка и инструмента, а также требований к параметрам их точности и точности обработки деталей. Преимущества созданного математического аппарата показаны при анализе геометрической точности многокоординатного станка на основе полученных зависимостей, впервые представленных в данной работе. На основе созданного математического аппарата разработан метод синтеза допусков на значения геометрических погрешностей металлорежущих станков. Выделены ключевые вопросы по основным этапам предложенного метода синтеза допусков, требующие принятия ключевых решений. Даны примеры выявления размерных связей между геометрическими погрешностями станка и погрешностями обработанных поверхностей при анализе формообразующей системы пятикоординатного станка. Работа полезна для научных работников, занимающихся исследованием геометрической точности обработки на металлорежущих станках

Ключевые слова: металлорежущие станки, погрешности обработки, геометрическая точность

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ПОЛЗУЧЕСТЬ АЗОТИРОВАННОГО ТИТАНА

© 2017 В.В. Пешков, А.Б. Булков, И.Б. Корчагин

В данной статье приведены результаты изучения влияния предварительного азотирования титана на развитие его ползучести в условиях диффузионной сварки.

Исследования проводили на образцах диаметром 5 и высотой 10 мм из сплавов ОТ4-1, которые нагружали сжимающим давлением от 1,0 до 3,0 МПа при температурах 850-950 °С (ОТ4). Предварительное азотирование выполняли при 800 °С в течение 60 мин. в среде особо чистого азота.

В ходе работы установлено, что величина накопленной деформации при одинаковых параметрах режимов испытания во всех случаях была значительно меньше у азотированных образцов, хотя с увеличением длительности испытания скорость их ползучести возрастает, приближаясь к скорости ползучести неазотированных образцов. На кривых ползучести выделяются близкие к линейным участки в начале и конце зависимостей и нелинейный участок, обусловленный переходом от одного режима ползучести к другому. Длительность существования линейных участков на начальном этапе зависимостей находится в экспоненциальной зависимости от температуры и с ее повышением уменьшается.

Определен механизм высокотемпературной деформации азотированных образцов в зависимости от длительности испытания: за счет размножения и перемещения дислокаций на начальных участках и вязкого течения – на конечных участках зависимостей.

На основании проведенных исследований дано объяснение кинетических закономерностей развития высокотемпературной ползучести азотированных образцов и получены выражения для расчета их скорости ползучести на линейных начальных и конечных участках

Ключевые слова: титановые сплавы, ползучесть, азотирование

Физика

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ И ТЕРМОЭДС НАНОКОМПОЗИТОВ $Cu_x(a-C)_{100-x}$

© 2017 В.А. Макагонов, А.С. Краснова, Л.И. Янченко, И.М. Трегубов, М.А. Каширин

Методом ионно-лучевого напыления в атмосфере аргона получены тонкие пленки $Cu_x(a-C)_{100-x}$, содержащие от 15 до 85 ат. % Cu. Исследования структуры показали, что полученные пленки являются наноккомпозитами, в которых до порога перколяции частицы меди с размером от 1 до 20 нм внедрены в аморфную углеродную матрицу. Экспериментально исследованы концентрационные и температурные зависимости электрической проводимости на постоянном и переменном токе, а также коэффициент термоЭДС при комнатной температуре. Анализ концентрационных зависимостей электрического сопротивления показал, что система $Cu_x(a-C)_{100-x}$ является перколяционной с порогом протекания 54,3 ат. % Cu. Зависимость термоЭДС от атомной доли металлической фазы имеет максимум в окрестности порога перколяции. Показано, что в изученном диапазоне температур у образцов с концентрацией x металлической фазы в области от 15 до 54,3 ат. % Cu (до порога перколяции) электроперенос осуществляется путем прыжковой проводимости. При концентрации от 54,3 до 85 ат. % Cu (за порогом перколяции) преобладает металлическая проводимость. Термическая обработка при температурах 280 и 400 °C в течение 30 минут приводит к смещению порога перколяции к $x_c=34$ и 46,5 ат. % Cu для композитов $Cu_x(a-C)_{100-x}$ соответственно. Установлено, что температурный коэффициент электрического сопротивления тонких пленок $Cu_x(a-C)_{100-x}$ с концентрацией меди ~ 54 ат. % в широком диапазоне температур остается близким к нулю

Ключевые слова: наноккомпозит, тонкие пленки, медь, углерод, электрическое сопротивление

ПОВЫШЕНИЕ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ КОММУТАЦИОННЫХ СЛОЕВ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ВЕТВЯХ N-ТИПА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРНЫХ БАТАРЕЙ

© 2017 Е.К. Белоногов, В.А. Дыбов, А.В. Костюченко, С.Б. Кушев, Д.В. Сериков,
С.А. Солдатенко, Е.Н. Федорова, А.В. Бугаков

Эффективность термоэлектрических генераторных батарей, помимо свойств полупроводника, определяется величинами контактного сопротивления и адгезии на границе раздела полупроводник-металл, которые, в свою очередь, зависят от материала, структуры коммутационных и антидиффузионных слоев, физико-химического взаимодействия на межфазной границе твердый раствор теллурида висмута - коммутационный контакт, модификации поверхности ветвей полупроводника перед нанесением металлических слоев. Цель данной работы – реализация разных технологических вариантов подготовки поверхности полупроводниковых ветвей n-типа ($Bi_2Te_3-Bi_2Se_3$) и оценка их влияния на величину адгезии металлизации из молибдена и никеля.

Методами рентгеновской дифрактометрии, атомно-силовой микроскопии и наноиндентирования проведены исследования фазового состава, морфологии и твердости полупроводниковых ветвей n-типа проводимости твердого раствора $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3$ после разных вариантов подготовки поверхности (механическая обработка, импульсная фотонная обработка (ИФО), электрохимическая полировка, ультразвуковое диспергирование). Методом испытания на сдвиг определяли величину адгезии коммутационных барьерных слоев Mo/Ni на модифицированных поверхностях полупроводниковых ветвей. Показано, что механическая полировка термоэлектрических ветвей упрочняет приповерхностный слой твердого раствора $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3$ n-типа, повышает адгезию коммутационных барьерных слоев Mo/Ni более чем в 4 раза. ИФО, выполняемая после механической полировки, несущественно повышает адгезию коммутационных барьерных слоев, а последующая электрохимическая полировка снижает адгезионные свойства поверхности твердого раствора $Bi_2Te_3-Bi_2Se_3$.

Установлено, что ИФО увеличивает толщину упрочненного приповерхностного слоя полупроводниковой ветви, что способствует эффективной и стабильной работе термоэлектрической генераторной батареи

Ключевые слова: термоэлектричество, теллурид висмута, барьерный слой, адгезия

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА САМОЗАКАЛИВАЮЩИХСЯ ЧУГУНОВ

© 2017 Л.С. Печенкина

Детали экскаваторов подвергаются интенсивному абразивному изнашиванию. Для таких условий работы оптимально использовать комплексно-легированные белые чугуны. Повышенными износостойкостью и механическими свойствами будут обладать белые чугуны со специальными эвтектиками, которые стали объектом исследования. За счет расположения фаз в них обеспечивается получение композиционной структуры. Сочетание в структуре сплавов мягкой металлической матрицы и твердых упрочняющих включений фаз внедрения придает этим сплавам свойства антифрикционности и износостойкости. Исследования зависимости износостойкости комплексно-легированных белых чугунов от структуры металлической основы показали, насколько важно обеспечивать мартенситную или мартенситно-аустенитную структуру основы в отливках деталей экскаваторов, подвергающихся интенсивному износу, а во многих случаях еще и большим динамическим нагрузкам.

Задачей исследования является получение требуемой структуры в чугунных отливках, способных получить мартенситную (или мартенситно-аустенитную) структуру металлической основы и высокую твердость непосредственно в литом состоянии без упрочняющей термической обработки (самозакаливающиеся белые чугуны - СБЧ), за счет оптимизации химического состава.

Для выбора оптимального состава чугуна проведена серия плавов. Исследованы структура и свойства СБЧ. Научно обосновано и экспериментально определено: при мартенситной структуре матрицы и высокой твердости (HRC, 60-63) детали характеризуются высокой износостойкостью ($K_{и} \approx 6$), однако отливки часто поражены микротрещинами. На опытном производстве втулок гидрораспределителя экскаватора найден оптимальный химический состав самозакаливающегося белого чугуна, при котором указанные дефекты в отливках исключаются. Установлено, что максимальной износостойкостью обладают сплавы, в структуре которых содержится 20-35% аустенита. В целом можно сделать вывод, что с увеличением количества углерода повышается износостойкость чугуна, но при этом снижается ударная вязкость. Поэтому для обеспечения достаточной износостойкости отливок при повышенной ударной вязкости рекомендуется малоуглеродистый комплексно-легированный белый чугун, содержащий 2,3% углерода, 4,2% марганца, 6,5% хрома

Ключевые слова: самозакаливающийся белый чугун, аустенит, ударная вязкость, легирование, износостойкость

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТОРЕЗИСТИВНЫЕ СВОЙСТВА БЕСКИСЛОРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ $Co_x(MgF_2)_{100-x}$

© 2017 Т.В. Трегубова, О.В. Стогней, И.М.Трегубов, В.В. Кирпан, К.Г. Королев

Исследованы электрические и магниторезистивные свойства тонких пленок $Co_x(MgF_2)_{100-x}$ в широком интервале концентрации металлической фазы ($14 \leq x, \text{ ат.} \% \leq 62$) в исходном состоянии и после термических отжигов в вакууме. Установлено, что порог перколяции для системы $Co_x(MgF_2)_{100-x}$ соответствует интервалу 30-36 ат.% Co. Исследован характер изменения магниторезистивного эффекта композитов при термическом воздействии в зависимости от концентрации металлической фазы. Магниторезистивный эффект исследуемых образцов в исходном состоянии достигает 7 % в поле 10 кЭ при концентрации кобальта равной 25 ат. %. Проведенный нагрев меняет величину магниторезистивного эффекта. В композитах, расположенных до порога протекания, величина магнитосопротивления увеличивается, в то

время как в композитах, расположенных за порогом - снижается. Установлено, что матрица системы устойчива к воздействию термического нагрева до 250° С, однако дальнейшей нагрев до 350°С приводит к изменениям свойств системы – магниторезистивный эффект практически утрачивается. Термический отжиг при 350 °С приводит к увеличению среднего размера кобальтовых гранул, что сказывается как на магниторезистивном эффекте, так и на величине электросопротивления

Ключевые слова: тонкопленочные нанокompозиты, магниторезистивный эффект, термический отжиг

СТАТИСТИКО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АТОМНОЙ СТРУКТУРЫ АМОРФНЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Re-Tb

© 2017 А.В. Бондарев, И.Л. Батаронов, И.М. Пашуева

Методом молекулярной динамики построены компьютерные модели атомной структуры аморфных сплавов системы Re-Tb в широком интервале концентраций. Межатомное взаимодействие описывалось эмпирическим полиномиальным потенциалом. Функции радиального распределения, рассчитанные для моделей, находятся в хорошем согласии с результатами рентгенодифракционного эксперимента.

Локальное атомное окружение исследовалось с помощью многогранников Вороного. Рассчитаны распределения многогранников Вороного по топологическим индексам. Среди многогранников, построенных вокруг атомов рения, значительную долю составляют многогранники с топологическим индексом 0-0-12-0, характерные для локального икосаэдрического окружения. Построена зависимость доли многогранников Вороного 0-0-12-0, характеризующих икосаэдрический ближний порядок, среди многогранников, построенных вокруг атомов рения, от концентрации атомов тербия. Эта зависимость является нелинейно возрастающей. Рассчитаны распределения многогранников Вороного по числу граней и граней по числу сторон. Изучена зависимость указанных распределений от состава сплава. Рассчитаны средние значения числа граней, определяющие геометрическое координационное число, и среднее число сторон граней многогранников Вороного. С ростом концентрации атомов Tb для многогранников Вороного, построенных как вокруг атомов Re, так и вокруг атомов Tb, среднее число граней и среднее число сторон граней многогранников Вороного линейно уменьшаются

Ключевые слова: аморфные сплавы, рений, тербий, многогранники Вороного, икосаэдры

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАДИЕНТОМЕТРИЧЕСКИХ СХЕМ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ВКЛАДА РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

© 2017 И.М. Голев, Е.А. Никитина, А.М. Агеев, А.В. Сергеев

Градиентные измерения используются для уточнения характеристик полей близкорасположенных источников на фоне магнитных полей удаленных источников, имеющих меньшие значения градиента в измеряемой точке. Для определения характеристик поля помех, вносимых подвижным объектом, необходимо решить обратную задачу – провести измерения магнитного поля Земли, источники которого находятся на большом расстоянии от измерительной аппаратуры, на фоне близкорасположенных собственных источников магнитных полей. В работе предложен способ разделения источников магнитных полей, характеризующихся различными пространственными зависимостями вектора магнитной индукции и его компонент. Рассмотрена схема градиентометрической системы, позволяющая проводить измерения компоненты вектора магнитной индукции, а также ее первой и второй производных по выбранному направлению. Описана структурная схема магнитометрической системы, реализующая выделение полезного источника магнитного поля на фоне помехи. Анализ проведен для случая, когда модель полезного сигнала неизвестна, а моделью помехи для простоты является магнитный диполь с переменным значением магнитного момента. Для реализации рассмотренной магнитометрической схемы

возможно применение СКВИД-магнитометров, квантовых магнитометров с оптической накачкой, а также феррозондовых магнитометров, обладающих высокой чувствительностью и стабильностью, большим динамическим диапазоном. Предложенный принцип разделения источников полей может быть востребован для решения задач навигации подвижных объектов по магнитному полю Земли, а также при решении задач обнаружения объектов, имеющих собственный магнитный момент

Ключевые слова: магнитное поле, градиентометр, магнитометр, подавление магнитных помех, навигация по магнитному полю, магнитный диполь

ВЛИЯНИЕ СТАРЕНИЯ НА ТЕРМОСТОЙКОСТЬ МАТЕРИАЛА ПОЛИМЕРНОГО КАНАЛЬНОГО ОГНЕПРЕГРАДИТЕЛЯ

© 2017 В.И. Рубинов, С.А. Гордиенко, А.А. Попов, А.В. Кушнырев

В настоящее время с целью предотвращения взрыва топливных баков воздушных судов применяется каналный огнепреградитель, который состоит из эластичных высокопористых ячеистых полимерных материалов с открытыми порами. Пожаростойкость такого полимерного каналного огнепреградителя определяется в основном морфологической структурой его ячеек. Проведенный анализ путей повышения пожаростойкости огнепреградителя позволил определить два направления: это изменение условий, в которых находится материал ячеек, и повышение термостойкости самого материала. Эксплуатация огнепреградителя в среде авиационного топлива приводит к изменению его морфологической структуры. С целью определения поведения материала полимерного каналного огнепреградителя в условиях развившегося пожара в топливном баке были проведены испытания трех образцов пенополиуретана марки ППУ-ЭО-100 на термостойкость, первый из которых в топливные баки не устанавливался, второй находился в среде авиационного керосина в течение трех лет, третий образец находился в среде авиационного керосина более 9 лет. Испытания проводились методами дериватографии, при этом образцы материала нагревались до температуры 1000⁰ С со скоростью 10⁰ С в минуту. Полученные результаты испытаний подтвердили предположение о влиянии процесса старения на термостойкость полимерного каналного огнепреградителя при его эксплуатации в среде авиационного топлива и позволили определить оптимальные пути сохранения его морфологических свойств

Ключевые слова: дериватография, полимерный каналный огнепреградитель, пожаростойкость, пенополиуретан, термостойкость

ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ МНОГОСЛОЙНОЙ НАНОСТРУКТУРЫ Mg/NbO

© 2017 О.В. Стогней, А.Н. Смирнов, А.В. Ситников

Методом ионно-лучевого распыления оксидной (NbO) и металлической (Mg) мишеней с последующим осаждением материала через несимметричный экран на подложки, вращающиеся вокруг мишеней, получены многослойные наноструктуры (Mg/NbO)₈₂, содержащие 82 бислоя (Mg+NbO). Анализ результатов малоугловой рентгеновской рефлектометрии позволил определить, что толщина бислоев в полученных структурах меняется от 2,2 нм до 6,2 нм. При толщине бислоя менее 4 нм слои магния представляют собой совокупность дискретных наноразмерных металлических гранул, при больших толщинах бислоев магний формирует сплошные слои. Установлено, что в зависимости от морфологии слоёв магния температурная зависимость электросопротивления наноструктуры (Mg/NbO)₈₂ существенно отличается. Для образцов с малым содержанием магния температурная зависимость сопротивления идентична температурной зависимости сопротивления для нанокompозитных пленок, находящихся до порога перколяции. Для образцов со сплошным слоем магния наблюдается иная картина, за счет окисления слоев металла при 430 °С происходит резкий рост электросопротивления многослойной структуры на 1 – 2 порядка. Показано, что наноструктура (Mg/NbO)₈₂, несмотря на интенсивное

окисление магния, остается многослойной и не разрушается при отжигах, проведенных в вакууме в течение 4 часов при 450 °С

Ключевые слова: ионно-лучевое напыление, малоугловая рентгеновская рефлектометрия, многослойная наноструктура, термическая стабильность

ВЛИЯНИЕ НАНОРАЗМЕРНОГО ОКСИДНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА ХАЛЬКОГЕНИДОВ ВИСМУТА Р-ТИПА ПРОВОДИМОСТИ

© 2017 Ю.В. Панин, И.С. Ильяшев, Ю.Е. Калинин, А.А. Камынин, К.Г. Королев

В работе рассмотрены вопросы повышения термоэлектрической добротности известных термоэлектрических материалов. Существенный прорыв в достижении высокой термоэлектрической добротности (ZT) материалов был осуществлен в 50-х годах прошлого века благодаря реализации выдвинутой А.Ф. Иоффе концепции полупроводниковых твердых растворов, которая в дальнейшем была реализована на практике. В последние годы наметился новый прорыв в повышении ZT термоэлектрических материалов, основанный на концепции создания наноструктурных термоэлектрических материалов.

С учетом последних тенденций повышения термоэлектрической добротности в работе исследовано влияние наноразмерного оксидного наполнителя на термоэлектрические характеристики композиционного материала на основе твердых растворов $\text{Bi}_2\text{Te}_3\text{-Sb}_2\text{Te}_3$, на основе теллурида висмута и сурьмы в интервале температур от 20 до 320 °С. Образцы для исследований синтезированы по керамической технологии методом горячего прессования с концентрацией наноразмерного оксидного наполнителя до 0.52 масс. %. Установлено, что введение оксидного наноразмерного наполнителя приводит к увеличению термоЭДС, электропроводности и снижению коэффициента теплопроводности. Показано, что термоэлектрическая добротность получаемых композитов достигает максимальных значений $ZT = 1,2\text{-}1,43$ при концентрации оксидного наполнителя 0,1-0,3 масс. %

Ключевые слова: нанокompозиты, электрические свойства, термоЭДС, удельное электрическое сопротивление, коэффициент теплопроводности