

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ПИТАНИИ ИНФРАКРАСНЫХ И ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ТОКОМ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

Е.В. Птицына, А.Б. Кувалдин, Д.В. Птицын

Разработана методика исследования спектральных характеристик обрабатываемых изделий (поверхностей) при питании установок с инфракрасными и газоразрядными излучателями током сложной формы.

Ключевые слова: установка с инфракрасным (газоразрядным) излучателем, обрабатываемые изделия, спектральные характеристики, ток сложной формы

CHARACTERISTICS OF PROCESSED PRODUCTS AT POWER SUPPLY OF INFRARED AND GAS-DISCHARGE EMITTERS WITH COMPLEX SHAPES

E.V. Ptitsyna, A.B. Kuvaldin, D.V. Ptitsyn

A method for studying the spectral characteristics of processed products (surfaces) when feeding installations with infrared and gas-discharge emitters with a complex shape is developed.

Keywords: installation with infrared (gas-discharge) emitter, processed products, spectral characteristics, complex current

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ИНДУКЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННОЙ «СТАЛЬ-ТИТАН-ОКСИДНОЙ» СТРУКТУРЫ

И.С. Егоров, А.А. Фомин

Для снижения производственных затрат при металлообработке в настоящее время прибегают к разработке технологий по производству инструментов, рабочая часть которых имеет сменные элементы с функциональной композиционной структурой. В данной работе исследован метод получения слоистой «сталь-титаноксидной» структуры сменных пластин режущего инструмента (СПРИ). Метод заключается в применении точечной контактной сварки стальной основы СПРИ с тонколистовым титаном, формообразующей механообработки и последующей индукционно-термической обработки (ИТО) полученной конструкции. Приведены результаты исследования влияния электротехнологических режимов ИТО на физико-механические и эксплуатационные характеристики слоистой «сталь-титаноксидной» системы.

Ключевые слова: инструментальная сталь, технический титан, контактная сварка, индукционно-термическая обработка, титаноксидное покрытие, режущий инструмент

EFFECT OF ELECTRICAL PROCESS MODES IN RESISTANCE WELDING AND SUBSEQUENT INDUCTION TREATMENT ON FORMATION OF A COMPOSITE «STEEL-TITANIUM-OXIDE» STRUCTURE

I.S. Egorov, A.A. Fomin

Currently to reduce the metal-working costs, advanced technologies for manufacturing tools with replaceable composite structure elements in the working parts have been developed. This work presents a research into a method applied to obtain a layered "steel-titanium-oxide" structure of replaceable cutting tool inserts (RCTI). The method implies the use of spot resistance welding for the steel base of RCTI with thin-sheet titanium, shaping machining and subsequent induction heat treatment (IHT) of the obtained structure. The results of research into the influence of the IHT electrotechnological modes on physical-mechanical and operational characteristics of the layered "steel-titanium-oxide" system are provided.

Keywords: tool steel, commercial titanium, resistance welding, induction heat treatment, titanium-oxide coating, cutting tool

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВОК ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНЫХ ИНДУКТОРОВ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

А.Ю. Коняев, М.Е. Зязев, Д.Н. Багин, А.О. Ильинская

В статье рассматриваются электродинамические сепараторы на основе линейных индукторов. Такие сепараторы используются при извлечении включений цветных металлов из твердых сыпучих смесей и при сортировке лома цветных металлов. Показано, что при проектировании сепараторов необходимо учитывать критерии работоспособности и энергоэффективности. Получены аналитические выражения для расчета активной, реактивной и полной мощностей, потребляемых индуктором из электрической сети. Результаты расчетов мощности хорошо согласуются с данными, полученными в результате испытаний опытной установки. Приведены примеры выбора главных размеров линейных индукторов с учетом критериев работоспособности и энергоэффективности сепараторов.

Ключевые слова: сбор и обработка лома цветных металлов, электродинамическая сепарация, критерии работоспособности и энергоэффективности, выбор главных размеров

EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY OF EDDY-CURRENT SEPARATION PLANTS BASED ON LINEAR INDUCTORS AT THE DESIGN STAGE

A.Yu. Konyaev, M.E. Zyazev, D.N. Bagin, A.O. Ilyinskaya

The article deals with eddy-current separators based on linear inductors. Such separators are used in extraction of non-ferrous metal inclusions from solid bulk mixtures and in sorting non-ferrous scrap metals. It is shown that when designing separators, it is necessary to take into account the criteria for operability and energy efficiency. Analytical expressions are obtained for calculation of active, reactive and apparent power consumed by the inductor from the power grid. The results of power calculations are in good agreement with the data obtained as a result of the tests of the pilot plant. Examples of the choice of the main dimensions of linear inductors are given, taking into account the criteria for operability and energy efficiency of separators.

Keywords: collection and processing of non-ferrous scrap metals, eddy-current separation, operability and energy efficiency criteria, selection of main dimensions

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЧ МОДИФИКАЦИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В КАМЕРЕ С БЕГУЩЕЙ ВОЛНОЙ МЕАНДРОВОГО ТИПА

П.О. Трухин, Е.Ю. Васинкина, С.Г. Калганова, Ю.А. Кадыкова

Предложена схема СВЧ камеры с бегущей волной меандрового типа с пирамидальными рупорами, позволяющая достичь равномерности обработки композиционного материала на частоте 433 МГц. Получены результаты математического моделирования процесса нетепловой модификации композиционного материала в виде графика распределения напряженности E электрического поля электромагнитной волны по толщине диэлектрика. Ключевые слова: СВЧ нетепловая модификация, электрическое поле, СВЧ электромагнитная волна, композиционный материал, метод конечных элементов, камера с бегущей волной меандрового типа

MATHEMATICAL MODELING OF MICROWAVE MODIFICATION OF COMPOSITE MATERIALS IN A CHAMBER WITH MEANDER TYPE TRAVELING WAVE

P.O. Trukhin, E.Yu. Vasinkina, S.G. Kalganova, Yu.A. Kadykova

A scheme of the microwave chamber with the meander type traveling wave provided with pyramidal horns is proposed, which allows to achieve uniformity of processing composite materials at the frequency of 433 MHz. The results of mathematical modeling of non-thermal modification of a composite material in the form of intensity distribution graph E in the electric field of an electromagnetic wave over dielectric thickness have been obtained.

Keywords: microwave non-thermal modification, electric field, microwave electro-magnetic wave, composite material, finite element method, meander-type traveling wave chamber

ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ДИСПЕРСНОЙ ЗАГРУЗКИ ПРИ ИНДУКЦИОННОМ НАГРЕВЕ МАССИВА ИЗОЛИРОВАННЫХ СТАЛЬНЫХ ШАРОВ

В.Э. Фризен, А.С. Антипин

В статье описывается метод определения степени влияния на интегральные электрические параметры элемента дисперсной среды, состоящей из проводящих ферромагнитных шаров, в зависимости от расстояния между соседними элементами среды, помещенной в однородное переменное электромагнитное поле. Расчеты параметров производились методом конечных элементов в трехмерной постановке. В качестве интегрального параметра для оценки взаимного влияния предложен электрический импеданс единичной сферы. Приведены полученные в ходе вычислительных экспериментов зависимости коэффициента влияния взаимного расположения на активное и индуктивное сопротивление единичного шара от относительного расстояния между осями соседних сфер, находящихся в вершинах плотноупакованной гранецентрической решетки. Созданная модель учитывает нелинейность магнитных свойств среды, что увеличивает точность расчетов.

Ключевые слова: индукционный нагрев, дисперсная загрузка, электромагнитное поле в проводящей сфере, ферромагнитный материал, стальной шар

MUTUAL INFLUENCE OF DISPERSED LOADING ELEMENTS DURING INDUCTION HEATING OF AN ARRAY OF INSULATED STEEL BALLS

V.E. Frizen, A.S. Antipin

The article describes a method developed to determine the impact of a dispersion medium element consisting of conducting ferromagnetic balls on the integral electrical parameters, which depends on the distance between nearest-neighbor elements of the medium placed in a homogeneous alternating electromagnetic field. The parameters were calculated by the finite element method in a three-dimensional setting. Electric impedance of a single sphere is proposed as an integral parameter used to estimate the mutual influence. The dependences relating the impact ratio of mutual arrangement on the active and inductive resistance of a unit ball from the relative distance between the axes of the neighboring spheres located at the vertices of a densely packed face-centric lattice are presented. The created model takes into account nonlinearity of magnetic properties of the medium, which increases the accuracy of the calculations.

Keywords: induction heating, dispersed loading, electromagnetic field in a conducting sphere, ferromagnetic material, steel ball

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НИОБИЙ-ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ

Н.В. Андриянова, О.А. Маркелова, С.Я. Пичхидзе

В статье рассматривается процесс микродугового оксидирования ниобиевого сплава. Экспериментально установлено влияние плотности тока в диапазоне от 0,8 до 1,2 кА/м² на толщину формируемого слоя и микротвердость обрабатываемых образцов. Проведен анализ физико-механических характеристик образцов из сплава ниобия Nb1 до и после упрочнения рабочей поверхности оксидированным покрытием. Результаты исследований показали, что при оксидировании происходило изменение структуры и механических свойств ниобиевых покрытий. Установлено, что поверхностная твердость после микродугового оксидирования покрытия увеличилась примерно в 2 раза с 350 до 800 HV. Увеличение плотности тока привело к увеличению толщины покрытий от 42,5 до 60 мкм.

Ключевые слова: ниобий, оксид ниобия, микродуговое оксидирование.

INFLUENCE OF MICRO-ARC OXIDATION MODES ON THE STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF NIOBIUM OXIDE COATINGS

N.V. Andriyanova, O.A. Markelova, S.Ya. Pichkhidze

The article considers the process of microarc oxidation of niobium alloys. The authors determined effect of the current density in the range from 0,8 to 1,2 kA/m² on the thickness of

the formed layer and microhardness of the processed samples. Analysis of the the physical and mechanical characteristics of the niobium Nb1 alloy samples before and after hardening of the working surface with an oxidized coating was carried out. The results of research showed that during oxidation there was a change in the structure and mechanical properties of the niobium coatings. It was found that the surface hardness after micro-arc oxidation of the coating nearly doubled from 350 to 800 HV. An increase in the current density led to an increase in the thickness of the coatings from 42.5 to 60 microns.

Keywords: niobium, niobium oxide, micro-arc oxidation

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИНДУКЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ТЕМПЕРАТУРУ ТИТАНОВЫХ ОБРАЗЦОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ

А.Ю. Щелкунов

В данном исследовании устанавливалось влияние электротехнологических параметров индукционно-термической обработки (ИТО) на малогабаритные дисковые образцы, изготовленные из технического титана, в температурном диапазоне от 800-850 до 1650-1750 °C с продолжительностью обработки не более 300 с. Определено влияние тока индуктора в диапазоне от 2,7 до 4,5 кА на среднюю величину температуры выдержки для титанового диска при оксидировании. Устанавливались регрессионные зависимости температуры выдержки от величины потребляемой электрической мощности в диапазоне от 0,21 до 0,95 кВт.

Ключевые слова: индукционно-термическая обработка, титан, оксидирование, ток индуктора, потребляемая электрическая мощность

INFLUENCE OF ELECTROTECHNOLOGICAL PARAMETERS OF INDUCTION HEAT TREATMENT ON THE TEMPERATURE OF TITANIUM SAMPLES DURING FORMATION OF OXIDE COATINGS

A.Yu. Shchelkunov

In this study, the influence of the electrotechnological parameters of induction heat treatment (IHT) on small-sized disc samples made of commercially pure titanium was established in the temperature range from 800–850 to 1650-1750 °C with a processing duration within 300 s. The influence of the inductor current in the range from 2.7 to 4.5 kA on the average exposure temperature for a titanium disk during oxidation was determined. Regression dependences of the exposure temperature for the value of the consumed electric power in the range from 0.21 to 0.95 kW were established.

Keywords: induction heat treatment, titanium, oxidation, inductor current, power consumption

ПРИЗМАТИЧЕСКИЙ ТРЕХАЗОРНЫЙ РЕЗОНАТОР ДЛЯ НИЗКОВОЛЬТНЫХ МНОГОЛУЧЕВЫХ КЛИСТРОНОВ

А.Ю. Мирошниченко, М.А. Чернышев, В.А. Царев, Н.А. Акафьева

В статье представлены результаты трехмерного моделирования миниатюрного многоканального трехазорного клистронного резонатора. Отличительной особенностью конструкции является применение полосковых резонансных проводников, расположенных на диэлектрической подложке. Исследован спектр резонансных частот резонатора, рассчитаны основные электродинамические и электронные параметры. Исследовано влияние параметров диэлектрика подложки на электродинамические характеристики. Получены рекомендации по применению резонатора в усилительных и генераторных приборах клистронного типа. Такие резонаторы могут найти применение в низковольтных малогабаритных приборах клистронного типа для подвижных и наземных средств связи и телекоммуникации, работающих как в сантиметровом, так и в миллиметровом диапазонах.

Ключевые слова: трехазорный резонатор, миниатюрный многолучевой клистрон, диэлектрическая подложка, полосковый проводник, электродинамические параметры

PRISMATIC THREE-GAP RESONATOR FOR LOW-VOLTAGE MULTIBEAM KLYSTRONS

A.Yu. Mirosnichenko, M.A. Chernyshev, V.A. Tsarev, N.A. Akafyeva

The article presents the results of three-dimensional modeling of a miniature multi-channel three-gap klystron resonator. A distinctive feature of the design is the use of strip resonant conductors located on a dielectric substrate. The resonant frequency spectrum of the resonator has been studied, and the main electrodynamic and electronic parameters have been calculated. The influence of the parameters of the substrate dielectric on the electrodynamic characteristics has been studied. Recommendations on the use of the resonator in amplifying and generator devices of the klystron type are received. Such resonators can be used in low-voltage small-sized klystron-type devices for mobile and terrestrial communications and telecommunications, operating both in the centimeter and millimeter ranges.

Keywords: three-gap resonator, miniature multibeam klystron, dielectric substrate, strip conductor, electrodynamic parameters

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛИЦЫ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ

A.B. Стариков, В.И. Доманов, Е.В. Певчева

Рассмотрена схема замещения теплицы. Проанализированы основные факторы, влияющие на ее температуру. Показано, что она в основном определяется наружной температурой, объемом и температурой воды в регистрах отопления. Получена нелинейная система уравнений, описывающая процесс формирования температуры в теплице. Выполнена линеаризация этой системы и определены передаточные функции и их параметры.

Ключевые слова: температура, регистр отопления, тепловая энергия, теплоемкость, теплопередача, передаточная функция

MATHEMATICAL MODEL OF A GREENHOUSE AS AN OBJECT OF CONTROL OF AN ELECTRICAL COMPLEX

A.V. Starikov, V.I. Domanov, E.V. Pevcheva

The equivalent scheme of the greenhouse is considered. The main factors influencing its temperature are analyzed. It is shown that it is mainly determined by the outside temperature, the volume and temperature of the water in the heating registers. A nonlinear system of equations is obtained that describes the process of temperature formation in a greenhouse. This system has been linearized and the transfer functions and their parameters have been determined.

Keywords: temperature, heating register, thermal energy, heat capacity, heat transfer, transfer function

МУЛЬТИГЕНЕРАТОРНАЯ СВЧ-УСТАНОВКА КОНВЕЙЕРНОГО ТИПА С ЭЛЕКТРОПИТАНИЕМ ОТ АВТОНОМНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ

И.И. Артюхов, Е.К. Пыльская, А.И. Земцов

Для осуществления широкого спектра технологических процессов применяют СВЧ-установки конвейерного типа. Если эти установки получают электроэнергию от промышленной сети, то применение типовых решений для построения магнетронных генераторов не вызывает проблем. Однако при подключении СВЧ-установки к автономному источнику энергии, например, в виде дизель-генератора, происходит нарушение ее работоспособности. В статье с использованием результатов имитационного моделирования анализируются возникающие проблемы. Предлагаются технические решения, обеспечивающие электромагнитную совместимость дизель-генератора с электрооборудованием СВЧ-установки.

Ключевые слова: СВЧ-установка, система электропитания, дизель-генератор, преобразование энергии, выпрямитель, инвертор, имитационное моделирование

MULTI-GENERATOR CONVEYOR MICROWAVE INSTALLATION POWERED BY AUTONOMOUS ENERGY SOURCE

I.I. Artyukhov, E.K. Pylskaya, A.I. Zemtsov

To implement a wide range of technological processes, conveyor-type microwave units are used. If these installations receive electricity from the industrial network, then the use of standard solutions for the construction of magnetron generators does not cause problems. However, when the microwave installation is connected to an autonomous energy source, for example, in the form of a diesel generator, the installation malfunctions. In the article, using the results of simulation modeling, the emerging problems are analyzed. Technical solutions are proposed to ensure the electromagnetic compatibility of the diesel generator with the electrical equipment of the microwave installation.

Keywords: microwave installation, power supply system, synchronous generator, energy conversion, rectifier, inverter, simulation

СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ МОЩНЫХ ДИОДНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

В.М. Пиксаев, М.С. Алямкина, Д.В. Пьянзин

В работе приведены результаты разработки системы диагностики мощных диодных выпрямителей с передачей информации по радиоканалу. Система обеспечивает измерение температуры диодов выпрямителя, величины обратного напряжения, проверку на пробой и визуализацию полученных результатов.

Ключевые слова: выпрямитель, диод, система диагностики, радиоканал

DIAGNOSIS SYSTEM FOR POWERFUL DIODE RECTIFIERS

V.M. Piksaev, M.S. Alyamkina, D.V. Pyanzin

The paper presents the results of the development of a diagnostic system for high-power diode rectifiers with information transmission over a radio channel. The system provides temperature measurement of rectifier diodes, reverse voltage value, breakdown test and visualization of the obtained results.

Keywords: rectifier, diode, diagnostic sys-tem, radio channel