

ЭКОЛОГИЧНЫЕ И ЭКОНОМИЧНЫЕ ПЛОСКИЕ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛИ ДЛЯ ОБОГРЕВА ПОМЕЩЕНИЙ

А.И. Алиферов, А.С. Аньшаков, Л.П. Горева, А.Д. Алькина

Выполнен сравнительный анализ параметров электронагревателей, применяемых для отопления помещений. Установлено, что плоские плазменно-напыленные нагреватели являются наиболее экономичными и экологичными. Получены зависимости распределения температурного поля и удельной поверхностной мощности в плоских плазменно-напыленных нагревателях от геометрических параметров и теплопроводности подложки. Представлены экспериментальные зависимости электрических характеристик и температурного поля нагревателя. На основе представленных зависимостей удельной поверхностной мощности и температурного поля предложен алгоритм проектирования плоских плазменно-напыленных электронагревателей.

Ключевые слова: электроотопительные приборы; плоские плазменно-напыленные электронагреватели; удельная поверхностная мощность; распределение температуры в нагревателе; вольт-амперная характеристика нагревателя; алгоритм проектирования нагревателя

ECO-FRIENDLY AND LOW-COST FLAT-PANEL SPACE HEATERS

A.I. Aliferov, A.S. Anshakov, L.P. Goreva, A.D. Alkina

A comparative analysis of the parameters of electric heaters used for space heating is performed. It is established that flat plasma-sprayed heaters are most economical and environmentally friendly. The dependence of temperature distribution and specific surface power in plane plasma-sprayed heaters on geometric parameters and thermal conductivity of the substrate are determined. Empirical relation between the electrical rating and temperature field of the heater are presented. Based on the presented dependence of specific surface power and the temperature field, an algorithm for designing flat plasma-sputtered electric heaters is proposed.

Keywords: electric heating appliances; flat plasma-sprayed electric heaters; specific surface power; temperature distribution in the heater; volt-ampere characteristic of the heater; heater design algorithm

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА И КПД ДУГ В ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧАХ С ОБЫЧНОЙ И КОНВЕЙЕРНОЙ ЗАГРУЗКОЙ ШИХТЫ

А.Н. Макаров, Ю.М. Павлова, В.В. Окунева

Осуществлен анализ теплообмена и КПД дуг в дуговых сталеплавильных печах с обычной и конвейерной загрузкой шихты. Для сравнения приняты дуговые сталеплавильные печи близкой мощности и производительности. В результате анализа выявлено, что средний КПД дуг печи Consteel ДСП-120co на 8-9 % меньше аналогичного показателя ДСП-120об. Анализ КПД дуг дуговых сталеплавильных печей позволил объяснить больший на 8-9 % удельный расход электроэнергии в печи ДСП-120co по сравнению с аналогичным показателем в печи ДСП-120об.

Ключевые слова: электрическая дуга, печь, сталь, тепловое излучение, КПД

INVESTIGATION OF HEAT EXCHANGE AND EFFICIENCY OF ARCS IN ARC STEEL-MELTING FURNACES WITH CONVENTIONAL AND CONVEYOR TYPE BATCH CHARGING

A.N. Makarov, Yu.M. Pavlova, V.V. Okuneva

The analysis refers the heat exchange and efficiency of arcs in arc steel-melting furnaces with conventional and conveyor batch charging systems. Arc steel-melting furnaces with similar capacity and performance rates were compared. The analysis revealed that the average efficiency of arcs in Consteel EAF-120co furnaces is 8-9 % lower than the analogous index for EAF-120us. Efficiency analysis of arcs in arc steel-melting furnaces allowed us to account for 8-9 % higher

specific energy consumption in the furnace EAF-120co compared to the analogous index to the furnace EAF-120us.

Keywords: electric arc, furnace, steel, thermal radiation, efficiency

ПОЛУЧЕНИЕ И КОНСОЛИДАЦИЯ МЕТОДОМ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕН- НОГО СПЕКАНИЯ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ ГИДРОКСИАПАТИТА

В.Ю. Казаков, Д.О. Московских, О.Д. Муктаров, А.В. Пивоваров, Г.В. Трусков

Впервые получена керамика из биогенного гидроксиапатита путем консолидации нанопорошков методом искрового плазменного спекания. Проведена отработка электро-технологических режимов. Исследованы механические свойства и структурные характеристики изготовленной керамики и керамики, полученной методом прессования и термического спекания. Установлено, что керамика, полученная методом искрового плазменного спекания, имеет более высокую твердость и однородную микро- и наноструктуру.

Ключевые слова: искровое плазменное спекание, керамика, гидроксиапатит, твердость, микроструктура

FABRICATION AND CONSOLIDATION BY THE SPARK PLASMA SINTER- ING METHOD OF FINELY DISPERSED HYDROXYAPATITE POWDERS

V.Yu. Kazakov, D.O. Moskovskikh, O.D. Muktarov, A.V. Pivovarov, G.V. Trusov

Ceramics from biogenic hydroxyapatite was first obtained by consolidation of nanopowders using the spark plasma sintering method. Elaboration of electrotechnological modes was carried out. Mechanical properties and structural characteristics of the produced ceramics and ceramics obtained by pressing and thermal sintering are investigated. It is established that the ceramics obtained by the method of spark plasma sintering has higher hardness rate, and is characterized for homogeneous micro- and nanostructures.

Keywords: spark plasma sintering, ceramics, hydroxyapatite, hardness, microstructure

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВОК ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА В БЕГУЩЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Ж.О. Абдуллаев, А.Ю. Коняев

Рассмотрены особенности установок индукционного нагрева в бегущем магнитном поле. Показана целесообразность применения двухцелевых линейных индукционных машин и перспективы использования линейных индукторов, создающих встречно бегущие магнитные поля. Приведены результаты исследований.

Ключевые слова: индукционный нагрев, бегущее магнитное поле, встречнобегущие магнитные поля

INVESTIGATION OF INDUCTION HEATING INSTALLATIONS IN THE TRAVELING MAGNETIC FIELD

Zh.O. Abdullaev, A.Yu. Konyaev

The properties of induction heating installations in the traveling magnetic field are considered. The expediency of using double-purpose linear induction machines, and the prospects of linear inductors creating the traveling magnetic fields going opposite directions are shown. The article presents the results of the research.

Keywords: induction heating, traveling magnetic field, combined heating, opposite direction traveling magnetic fields, research results

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СВЧ ТЕРМООБРАБОТКИ ДИЭЛЕКТРИКОВ БОЛЬШОЙ ПЛОЩАДИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЧ УСТАНОВОК МЕТОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

В.В. Захаров, С.С. Янкин, С.В. Тригорлый

Рассмотрено численное моделирование процесса СВЧ термообработки диэлектрика с применением подвижной излучающей системы на базе волноводно-щелевых излучателей. Модель представляет собой связанную задачу электродинамики и теплопроводности, решаемую с помощью метода конечных элементов, реализованного в программном обеспечении COMSOL Multiphysics. Предложена методика моделирования, позволяющая оптимизировать вычислительные ресурсы при сохранении приемлемой точности решения.

Ключевые слова: математическое моделирование, СВЧ термообработка, диэлектрики, электродинамика, уравнение теплопроводности, граничные условия, волноводно-щелевой излучатель, температурное поле

NUMERICAL MODELING OF MICROWAVE THERMAL TREATMENT OF LARGE SIZE DIELECTRICS USING CONTINUOUS OPERATION MICROWAVE INSTALLATIONS

V.V. Zakharov, S.S. Yankin, S.V. Trigorly

Numerical modeling of dielectric heating with microwave energy using a mobile radiating system based on waveguide slot radiators is considered. The model is a coupled problem of electrodynamics and thermal conductivity, solved by the finite element method implemented in the COMSOL Multiphysics software. A modeling methodology is proposed that allows for optimization of computing resources while maintaining the acceptable accuracy of the solution.

Keywords: mathematical modeling, microwave heat treatment, dielectrics, electrodynamics, heat equation, boundary conditions, waveguide slot radiator, temperature field

К РАСЧЕТУ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА МЕТОДИЧЕСКОЙ СВЧ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

В.О. Юдина, Ю.С. Архангельский

Приведены сведения и рекомендации для расчета электропривода методической СВЧ электротехнологической установки с толкательной, протяжной, конвейерной или барабанной транспортной системой.

Ключевые слова: методическая СВЧ установка, транспортная система, электропривод, электродвигатель

CALCULATION OF THE ELECTRIC DRIVE POWER USING A CONTINUOUS UHF ELECTROTECHNOLOGICAL INSTALLATION

V.O. Yudina, Y.S. Arkhangelsky

The information and suggestions for calculations relating the electric drive of a continuous UHF electrotechnological installation with a pushing, drawing, conveyor or drum transport system are provided.

Keywords: continuous UHF installation, transport system, electric drive, electric

МАГНИТНЫЕ ДЕТАЛИЗИРОВАННЫЕ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ЛИНЕЙНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

И.А. Смольянов, Ф.Н. Сарапулов

Приведен обзор основных существующих методов расчета электромагнитных полей и механических характеристик линейных асинхронных двигателей. Отмечаются достоинства и недостатки рассмотренных подходов, а также целесообразность их применения для различного типа задач. Представлена математическая основа метода

детализированных схем замещения, позволяющая понять сильные и слабые стороны метода с точки зрения математического аппарата. На основе аналога линейного асинхронного двигателя для горнодобывающей промышленности, изготовленного в научно-исследовательском институте взрывозащищенного электрооборудования (г. Донецк), производится верификация и оценка точности метода детализированных схем замещения. Задача верификации решается путем сравнения с другими численными методами, такими как метод конечных элементов в трех- и двухмерной постановках задачи. Рассмотрены вопросы влияния детализации модели на точность вычислений.

Ключевые слова: метод конечных элементов, эквивалентные схемы замещения, магнитные детализированные схемы замещения, линейный асинхронный двигатель, верификация

MAGNETIC STRUCTURES WITH DETAILED EQUIVALENT CIRCUITS FOR CALCULATION OF ELECTROMAGNETIC FIELDS IN LINEAR ASYNCHRONOUS MOTORS

I.F. Smolyanov, F.N. Sarapulov

A survey of the existing key methods used to calculate electromagnetic fields and mechanical characteristics of linear asynchronous motors is presented. The emphasis is placed on the advantages and disadvantages of the considered approaches, as well as their application in solving various types of problems. The provided mathematical framework for the method of detailed equivalent circuits allows for understanding the strengths and weaknesses of the method in terms of mathematical tools. Based on the analogous linear asynchronous motor used in the mining industry and fabricated in the Research Institute of Explosion-proof and Mining Electrical Equipment (Donetsk), verification and assessment of the accuracy of the detailed equivalent circuit method is conducted. The verification problem is solved by means of comparison with other methods, including the finite-element method for solution of three-dimensional or two-dimensional problems. The issues relating the impact of model description on calculation accuracy are considered.

Keywords: finite-element method, equivalent circuits, magnetic structures with detailed equivalent circuits, linear asynchronous motor, verification

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЛОКОМОТИВОВ

В.И. Киселев, Е.В. Сливинский, М.А. Ибрагимов

Тяговые электродвигатели локомотивов, несмотря на значительные усилия конструкторов, технологов и исследователей остаются одним из наименее надежных узлов локомотивов. Одной из основных причин этого обстоятельства, по мнению авторов, является несоответствие коэффициентов линейного температурного расширения пары контактирующих деталей электродвигателя – токопроводящего материала (меди) и изолирующих его материалов. Вследствие этого при нагреве конструкции в процессе ее работы имеет место необратимый процесс деформации изоляции с последующим ее электрическим пробоем, что и является одной из основных причин ее отказов в эксплуатации ранее заявленных сроков. Рассмотрены вопросы повышения надежности стеклобандажей крепления обмотки якоря.

Ключевые слова: тяговый подвижной состав, локомотивы, тяговые электродвигатели

WAYS OF INCREASING THE LIFETIME OF TRACTION MOTORS IN LOCOMOTIVES

V.I. Kiselev, E.V. Slivinski, M.A. Ibragimov

Regardless of all the efforts of designers, technologists and researchers, traction motors remain one of the least reliable units in locomotives. The authors assume that one of the main reasons for these challenges is the discrepancy between the coefficients of linear thermal expan-

sion of a couple of contacting parts in the motor: the conductive material (copper) and its insulating materials. Therefore, when the structure is heated in the course of the operation process, insulation degradation followed by electrical breakdown becomes an irreversible process, which is one the main reasons for its failure prior to the expected lifetime. The issues related with improving reliability of glass bindings in the armature winding are considered.

Keywords: Traction equipment, locomotives, traction motors

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ТРОЛЛЕЙБУСОМ СЕРИИ ТРОЛЗА-5265 «МЕГАПОЛИС»

И.А. Менщиков

Представлены результаты исследования в области контроля качества изоляции электромеханических систем на городском электроподвижном составе. Существующие задачи предлагается решать совершенствованием известных методов технического контроля электромеханических систем и разработкой бесконтактной автоматизированной системой контроля работоспособности электротехнических комплексов транспортных систем.

Ключевые слова: электроподвижной состав, контроль, энергетические показатели контроля электромеханических систем, имитационное моделирование параметров контроля

INDICATORS OF ENERGY MONITORING TO ELECTROMECHANICAL SYSTEMS WITH PULSE WIDTH MODULATION CONTROL OF THE TROLZA-5265 MEGAPOLIS TROLLEY-BUS

I.A. Menshikov

The article presents the results of research into monitoring insulation quality of electromechanical systems in the urban electric transport. It is suggested to resolve the existing problems by improving the known methods of technical control of electromechanical systems, and development of a non-contact automated system for monitoring the performance of electrical transport systems.

Keywords: electric transport, control, indicators of energy control of electromechanical systems, simulation of control parameters

МАЛАЯ МНОГОТОПЛИВНАЯ АВТОНОМНАЯ ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЮЩАЯ УСТАНОВКА

С.Ф. Степанов, П.В. Коваленко, В.В. Коваленко

Представлены результаты разработки многотопливной автономной электрогенерирующей установки на низкокипящем теплоносителе и роторно-лопастным двигателем. Приведены описание структурной схемы, конструкции, режимов работы, имитационной модели в программе Matlab в системе Simulink. Разработанная электрогенерирующая установка работает с любым видом топлива, а также с низкопотенциальными источниками тепловой энергии.

Ключевые слова: многотопливная автономная электрогенерирующая установка, низкокипящий теплоноситель, имитационная модель Matlab-Simulink

SMALL STAND-ALONE MULTIFUEL POWER PLANT

S.F. Stepanov, P.V. Kovalenko, V.V. Kovalenko

The results of the development of a multi-fuel small stand-alone power generating unit on a low-boiling working body and with a rotor-bladed engine are presented. The paper considers of the structural scheme, design, operating modes, simulation model in the program Matlab in the Simulink system. The developed power generating unit works with any type of fuel, as well as with low-potential sources of thermal energy.

Keywords: stand-alone multifuel power plant, low-boiling working body, simulation Matlab-Simulink model

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ СТАБИЛИЗАЦИИ АНОДНОГО ТОКА ПАКЕТИРОВАННОГО МАГНЕТРОНА ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

И.И. Артюхов, А.И. Земцов, Е.В. Осинина

Для многих типов промышленных электротехнологических установок требуется регулируемый генератор СВЧ колебаний. Этот генератор может быть построен на основе пакетированного магнетрона при условии решения проблемы с поддержанием режима работы путем управления анодным током. Система электропитания включает в себя два источника, соединенных последовательно, один из которых является нерегулируемым, другой может изменять выходное напряжение в соответствии с сигналом интегрального регулятора. Для исследования динамических режимов разработана имитационная модель в среде MATLAB с пакетом расширения Simulink. По результатам виртуальных экспериментов установлено влияние параметров автоматического регулятора на качество переходных процессов в системе электропитания пакетированного магнетрона мощностью 3 кВт.

Ключевые слова: магнетрон, система электропитания, интегральный регулятор, переходные процессы, имитационное моделирование

A SIMULATION MODEL FOR INVESTIGATION TRANSITIVE PROCESSES OF STABILIZATION ANODE CURRENT IN PACKAGED MAGNETRONS USED FOR INDUSTRIAL PURPOSES

I.I. Artyukhov, A.I. Zemtsov, E.V. Osinina

Many types of industrial electrical facilities need variable frequency microwave oscillators. This generator can be developed on the basis of packaged magnetrons provided that the problem is solved by the maintenance of operation mode through the anode current control. The power supply system includes two sources connected in a series, one of which is non-regulated, and the other can change the output voltage in accordance with a signal from an integrated controller. To study the dynamic modes in the MATLAB environment, a simulation model with the Simulink extension package was designed. Based on the results of virtual experiments, the influence of parameters of an automatic controller on the quality of transitive processes in the feeding system of the packed magnetron with the power of 3 kW was determined.

Keywords: magnetron, power supply system, integral controller, transitive processes, simulation

КВАЗИАНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЛНОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ВОЛНОВОДА С ЦЕНТРАЛЬНЫМ СИММЕТРИЧНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ СЛОИСТОГО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

А.А. Скворцов

квазианалитического определения волнового сопротивления прямоугольного волновода с центральным симметричным расположением слоистого диэлектрического материала, основанная на его представлении в виде эквивалентной линии передачи, заполненной однородным диэлектриком. Приводится сравнение результатов квазианалитического расчета волнового сопротивления прямоугольного волновода, полученных при различных значениях геометрических размеров и электрофизических параметров слоистого диэлектрического заполнения, с известными численными данными.

Ключевые слова: квазианалитический расчет, волновое сопротивление, прямоугольный волновод, слоистое диэлектрическое заполнение, критическая длина, основная волна, эффективная диэлектрическая проницаемость

QUASIANALYTIC DEFINITION OF WAVE RESISTANCE IN THE RECTANGULAR WAVEGUIDE WITH CYLINDRICALLY SYMMETRIC MULTI-LAYER DIELECTRIC MATERIAL

A.A. Skvortsov

The article considers the method relating the quasianalytic definition of wave resistance in the rectangular waveguide with cylindrically symmetric multi-layer dielectric material presented as a transmission line filled with a homogeneous dielectric. The author compares the results of quasianalytic estimation of wave resistance in the rectangular waveguide received under different values of geometric dimensions and physical parameters of dielectric saturation, and with the known numerical data.

Keywords: quasianalytic estimation, wave resistance, rectangular waveguide, multilayer dielectric saturation, critical wavelength, main wave, efficient dielectric permittivity

ФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИОННО-ЛУЧЕВОГО СИНТЕЗА УГЛЕРОДНОГО АЛМАЗОПОДОБНОГО ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ 30ХГСН2А ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ТОЧНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

И.В. Перинская

Исследовано влияние облучения ионами электрически неактивной примеси в диапазоне доз $(1-4) \cdot 10^{16}$ ион/см² на твердость, усталостную прочность, элементный состав поверхности стали 30ХГСН2А. Предложена модель механизма модификации поверхности металла высокоэнергетичными ионами, открывающей возможность повышения механических характеристик поверхности деталей точного машиностроения.

Ключевые слова: ионно-лучевая обработка, ионная модификация, углеродосодержащее алмазоподобное беспористое покрытие, сталь 30ХГС2А, аргон, твердость, усталостная прочность, износостойкость

PHYSICAL DIMENSIONS TO SIMULATING ION-BEAM SYNTHESIS OF DIAMOND-LIKE CARBON COATING OVER THE SURFACE OF 30XГCH2A STEEL USED FOR PRECISION MACHINERY COMPONENTS

I.V. Perinskaya

The investigation deals with the impact of ion irradiation of an electrically inactive impurity ranging within $(1-4) \cdot 10^{16}$ ion/cm² on hardness, fatigue strength, and elemental composition of the surface of 30XГCH2A steel. The proposed model relates a mechanism developed to modify the metal surface by high-energy ions, which opens a possibility for upgrading mechanical characteristics of the surface of precision engineering parts.

Keywords: ion-beam treatment, ionic modification, diamond-like carbon non-porous coating, steel, argon, hardness, fatigue strength, wear resistance

МОДИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ИМПЛАНТАЦИЕЙ ИОНОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИ НЕАКТИВНЫХ ПРИМЕСЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ ПАССИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ СВЧ

И.В. Перинская

Исследованные эффекты микроконструирования свойств металлов ионно-лучевым модифицированием позволили разработать ряд оригинальных способов изготовления микрокомпонентов интегральных схем СВЧ, создать конкурентоспособные аналоги существующих технологических процессов, используя ионно-лучевой синтез на поверхности металлов ультрадисперсного беспористого углеродного покрытия с уникальным сочетанием коррозионных, электрических и механических свойств.

Ключевые слова: имплантация ионов, ионно-лучевое модифицирование, электрически неактивные примеси, тонкопленочный конденсатор, тонкопленочный резистор

MODIFICATION OF MATERIALS BY ION IMPLANTATION OF ELECTRICALLY INACTIVE IMPURITIES USING TECHNOLOGY OF PASSIVE ELEMENTS IN MICROWAVE ICS

I.V. Perinskaya

We investigated the micro engineering effects of metal properties by ion-beam modification, which allowed for a possibility to develop a number of unique methods for manufacturing micro-components of microwave integrated circuits. Additionally, the methods can be used to create competitive analogues of existing technological processes using the ion-beam synthesis over metal surfaces of non-porous ultra-fine carbon coating characterized by unique combination of corrosion, electrical and mechanical properties.

Keywords: ion implantation, ion-beam modification, electrically inactive impurities, thin-film capacitor, thin-film resistor

