

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СВЧ ТЕРМООБРАБОТКИ ДИЭЛЕКТРИКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАКЕТА COMSOL MULTIPHYSICS

С.Г. Калганова, Ю.С. Архангельский, С.В. Тригорлый, В.В. Захаров

Рассмотрено применение пакета Comsol Multiphysics для моделирования СВЧ электротехнологических процессов. Предложена модель объемного распределения мощности внутренних источников теплоты и нестационарной теплопроводности для случая СВЧ термообработки плоского диэлектрика при движении излучающей системы. По результатам моделирования определена оптимальная скорость движения излучающей системы, при которой достигается требуемое распределение температуры в течение заданного времени.

Ключевые слова: математическое моделирование, СВЧ термообработка, излучающая система, диэлектрики, уравнение теплопроводности, температурное поле, оптимизация технологического процесса

MODELING MICROWAVE HEAT TREATMENT PROCESSES OF DIELECTRICS USING THE COMSOL MULTIPHYSICS SOFTWARE

S.G. Kalganova, Yu.S. Arkhangelsky, S.V. Trigorly, V.V. Zakharov

The paper considers application of the mathematical package Comsol Multiphysics to simulate the microwave electro-technological processes. The proposed model deals with for the volume distribution of power of internal heat sources and transient heat conduction in the cases of microwave heat treatment of flat dielectrics when the radiating system is in motion. The simulation process helps to determine the optimum motion rate of the radiating system which is used to attain the desired temperature distribution within a specified time.

Keywords: mathematical modeling, microwave heat treatment, radiating system, dielectrics, equation of heat conduction, temperature field, optimization of the technological process

О НЕКОТОРЫХ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИХ ЛАМИНАРНЫХ ТЕЧЕНИЯХ ЖИДКОСТЕЙ

Л.И. Высоцкий

Изложены результаты анализа влияния на установившееся ламинарное течение жидкости в круглых трубах наведённого на него температурного поля. Рассмотрено влияние температурного поля на изменение основных параметров течения при сохранении значения гидравлического уклона. Изложено решение для случая течения между параллельными пластинами.

Ключевые слова: неизо термическое ламинарное течение жидкости, температурное поле, СВЧ электротермические установки

NON-ISOTHERMAL LAMINAR FLOW OF FLUIDS

L.I. Vysotsky

The article presents the results of analysis relating the effect of the temperature field on the steady laminar flow of fluid in circular pipes. The focus is made on the influence of the temperature field on the changes in the basic parameters of the flow, while maintaining the values of the hydraulic gradient. The proposed solution refers the cases of flow between the parallel plates.

Keywords: non-isothermal flow of fluids, laminar flow, temperature field

СВЧ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ С ГИБРИДНЫМИ КАМЕРАМИ

А.С. Добродум, Ю.С. Архангельский

Рассмотрены виды СВЧ модификации диэлектриков и производство, на котором может быть использована установка с гибридной рабочей камерой. Проведен расчёт

производительности и мощности, потребляемой тепловой и нетепловой рабочими камерами, а также количества тепловых и нетепловых рабочих камер в одной установке.

Ключевые слова: СВЧ электротехнологические установки, тепловая и нетепловая модификации, гибридная рабочая камера

APPLICATION AND PERFORMANCE CALCULATIONS FOR THE MICROWAVE ELECTRICAL ENGINEERING UNITS WITH HYBRID CHAMBERS

A.S. Dobrodum, Yu.S. Arkhangelsky

The article considers the various types of microwave modifications of dielectrics. The conducted analysis refers the production facilities where the given installations provided with hybrid operation chambers might be utilized. Calculations were made as for the capacity and output of the thermal and non-thermal working chambers, as well as the number of thermal and non-thermal working chambers in a single installation.

Keywords: microwave electrical engineering installation, thermal and non-thermal modification, hybrid working chamber

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СВЧ ТЕРМООБРАБОТКИ ДИЭЛЕКТРИКОВ И МЕТОДЫ ИХ МОДЕЛИРОВАНИЯ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ, ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ И ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА

В.В. Захаров

Приведен обзор СВЧ электротехнологических процессов и установок для термообработки диэлектриков, а также методов их моделирования с учетом изменения физических свойств материалов, фазовых переходов и тепломассопереноса. Основное внимание уделено численному моделированию указанных процессов с применением актуальных вычислительных методов, реализованных в современном программном обеспечении.

Ключевые слова: математическое моделирование, электротехнология, СВЧ нагрев, физические свойства, фазовый переход, тепломассоперенос

ELECTROTECHNOLOGICAL PROCESSES FOR THE MICROWAVE HEAT TREATMENT OF DIELECTRICS AND METHODS FOR THEIR MODELING USING THE CHANGES IN THE PHYSICAL PROPERTIES OF MATERIALS, PHASE TRANSITIONS, AND HEAT AND MASS TRANSFER

V.V. Zakharov

The paper presents an overview of microwave electrotechnological processes and installations used for heat treatment of dielectrics, as well as the methods for their simulation taking into account the changes in the physical properties of materials, phase transitions, and heat and mass transfer. The focus is made on the numerical modeling of the given processes using the updated computational methods applied for the latest software programs.

Keywords: mathematical modeling, electrotechnology, microwave heating, physical properties, phase transition, heat and mass transfer

ЭКСТРЕННАЯ СУШКА КНИГ, ПОСТРАДАВШИХ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРА

А.Д. Шляхов, Ю.С. Архангельский

Приведены результаты экспериментов по экстренной сушке книг в печах СВЧ и сопротивления.

Ключевые слова: книги, пожар, вода, сушка, печи СВЧ и сопротивления

EMERGENCY DRYING THE BOOKS DAMAGED DURING THE FIRE-FIGHTING OPERATIONS

A.D. Shlyakhov, Yu.S. Arkhangelsky

The paper presents the results of experiments related with emergency drying of books in microwave ovens furnaces and resistance furnaces.

Keywords: books, fire, water, drying, microwave ovens and resistance furnaces

К ВОПРОСУ О МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ СВЧ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА КАМЕРАХ ЛУЧЕВОГО ТИПА

Ю.С. Архангельский, Е.В. Колесников, В.О. Юдина

Показана возможность построения многофункциональных СВЧ электротехнологических установок на камерах лучевого типа, используя принцип построения универсально-сборной аппаратуры и частотно-регулируемый электропривод.

Ключевые слова: многофункциональность, СВЧ электротехнологические установки, камеры лучевого типа, универсально-сборная аппаратура, электропривод

MULTIFUNCTIONALITY ISSUES OF MICROWAVE ELECTROTECHNOLOGICAL INSTALLATIONS USED IN BEAM-TYPE CHAMBERS

Yu.S. Archangelsky, E.V. Kolesnikov, V.O. Yudina

The paper considers the method for designing multifunctional microwave electrotechnological installations in beam-type chambers using the principle applied in the development of universal assembly devices and variable frequency electric drives.

Keywords: multifunctionality, microwave electrotechnological installations, beam-type chambers, universal-assembly device

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

В.С. Сержанский

Рассматривается метод повышения энергоэффективности городского электротранспорта, эксплуатируемого в сетях постоянного тока (трамваи, троллейбусы), с различными типами управления тяговым приводом. Моделируется внедрение суперконденсаторов как накопителей, направленных на эффективное использование энергии рекуперативного торможения. Приведены расчеты, обосновывающие эффективность применения суперконденсаторов.

Ключевые слова: энергоэффективность, электрическая энергия, городской электротранспорт, системы управления

IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF URBAN ELECTRIC TRANSPORT

V.S. Serzhansky

The paper deals with the method for upgrading the energy efficiency of urban electric transport, operated in DC networks (trams, trolleybuses), with various types of traction drive control. Introduction of supercapacitors as storage devices aimed at efficient utilization of regenerative braking energy is simulated. The calculations substantiating the effectiveness of application the supercapacitors are given.

Keywords: energy efficiency, electric power, urban electric transport, control systems

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО ЛИНЕЙНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Д.А. Федоров, Д.А. Выриханов, И.А. Менщиков

Представлены результаты математического моделирования линейного электродинамического двигателя. Выявлены особенности процессов электромеханического преобразования энергии, а также направления поиска оптимальной конструкции двигателя.

Ключевые слова: математическое моделирование, линейный электродинамический двигатель, электромеханическое преобразование энергии

MATHEMATICAL MODELING OF ELECTRODYNAMIC LINEAR MOTORS

D.A. Fedorov, D.A. Vyrikhanov, I.A. Menshchikov

The results of mathematical modeling of the linear electrodynamic motor are presented. Characteristics of the processes of electromechanical transformation of energy, as well as the trends in the search of an optimal design of the motor are determined.

Keywords: mathematical modeling, linear electrodynamic motor, electromechanical energy conversion

ОПТИМИЗАЦИЯ СХЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ КОМПЛЕКСА ОБОРУДОВАНИЯ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАГРЕВА

Н.В. Чепляев, Ю.С. Архангельский

Предложена технико-экономическая оптимизация комплекса оборудования СВЧ диэлектрического нагрева, основанная на зависимости прибыли от параметров технологического оборудования и цен на электроэнергию, комплектующие и выпускаемую продукцию.

Ключевые слова: оптимизация, установка СВЧ диэлектрического нагрева, СВЧ мощность, прибыль, затраты

OPTIMIZATION OF THE POWER SUPPLY LAYOUT FOR MICROWAVE DIELECTRIC HEATING DEVICES

N.V. Cheplyaev, Yu.S. Arkhangelsky

The proposed technical and economic optimization refers the system of microwave dielectric heating devices, which is based on dependence of profits from the parameters of the processing equipment and prices for electricity, component parts and output products.

Keywords: optimization, microwave dielectric heating installation, microwave power, profits, costs

КВАЗИАНАЛИТИЧЕСКИЕ ВЫРАЖЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЛНОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЛУНАРНОГО ВОЛНОВОДА С ОДНОРОДНЫМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЗАПОЛНЕНИЕМ

А.А. Скворцов

Получены квазианалитические выражения, позволяющие рассчитать волновое сопротивление лунарного волновода с однородным диэлектрическим заполнением. Приведены результаты квазианалитического расчета волнового сопротивления полого лунарного волновода на бесконечно большой частоте, дающие наглядное представление о характере его изменения в зависимости от геометрических размеров рассматриваемой линии передачи.

Ключевые слова: квазианалитические выражения, волновое сопротивление, бесконечно большая частота, лунарный волновод, прямоугольный волновод, критическая длина, основная волна

QUASI-ANALYTICAL EXPRESSION OF THE WAVE RESISTANCE IN THE DIELECTRIC-FILLED LUNAR WAVEGUIDE

A.A. Skvortsov

The resulting quasi-analytical expression allows for calculation of the wave resistance in the lunar waveguide characterized for the homogeneous dielectric filling. The author presented the results of the quasianalytic approach to estimating the wave resistance of the hollow lunar waveguide at the infinity frequency. This provides a clear presentation to the character in its changes depending on geometric parameters of the considered transmission line.

Keywords: quasi-analytical expression, wave resistance, infinity frequency, lunar waveguide, rectangular waveguide, critical length, principal wave

СВЕРХТВЕРДЫЕ ОКСИДНЫЕ ПОКРЫТИЯ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ НА ТИТАНЕ ОБРАБОТКОЙ ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

А.Ю. Щелкунов, И.С. Егоров, М.А. Фомина, В.А. Кошуро, А.А. Фомин, И.В. Родионов

Представлены результаты получения сверхтвердых покрытий рутила на титане, которые могут использоваться для изготовления металлообрабатывающего инструмента и медико-технических изделий. Актуальность исследования связана с созданием высококачественных покрытий на титановых и слоистых сталь-титановых элементах, которые сформированы ресурсосберегающей технологией. За счет созданного покрытия конструкции металлообрабатывающих пластин будут иметь повышенную твердость, износостойкость и большой потенциал для внедрения в производство инструментальных сменных пластин и элементов трения медико-технических изделий. В ходе исследования структуры и механических свойств пластинчатых образцов с металлооксидными покрытиями Ti/TiO₂ установлено, что термообработка токами высокой частоты и окисление на воздухе позволяют получить субмикрометровую структуру с твердостью 45-65 ГПа, модулем упругости 450-900 ГПа и высокой износостойкостью.

Ключевые слова: токи высокой частоты, модификация поверхности, оксидное покрытие, титан, сверхтвердые материалы

SUPERHARD OXIDE COATINGS AND KEY FEATURES OF THEIR APPLICATION OVER TITANIUM BY TREATMENT WITH HIGH-FREQUENCY CURRENTS

A.Yu. Shchelkunov, I.S. Egorov, M.A. Fomina, V.A. Koshuro, A.A. Fomin, I.V. Rodionov

The paper provides the analysis to fabrication of superhard rutile coatings over titanium, which can be used in manufacturing metalworking tools, as well as medical and technical products. The importance of the analysis is associated with creation of high-quality coatings over titanium and layered steel-titanium components formed by means of resource-saving technologies. Due to the given type of coating, the metalworking plates will be characterized for increased hardness, wear-resistance and might be invaluable in the production of cartridge-type tools and friction elements to the medical instruments. During the study of the structure and mechanical properties of plate-type samples with Ti/TiO₂ metal oxide coatings, it has been established that using heat treatment with high-frequency currents and air oxidation allows us to obtain a submicrometric structure with hardness at 45-65 GPa and elastic modulus at 450-900 GPa, as well as high-wearing features.

Keywords: high-frequency currents, surface modification, oxide coating, titanium, superhard materials

К ВОПРОСУ О «ТЕПЛОВОЙ СМЕРТИ» ВСЕЛЕННОЙ

Ю.С. Архангельский

ПАМЯТИ ВАЛЕНТИНА НЕМКОВА. О ЧЕЛОВЕКЕ И УЧЕНОМ (1937 – 2017)