

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ ПРОВОДЯЩИХ ЧАСТИЦ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНДУКЦИОННОЙ СОРТИРОВКИ В БЕГУЩЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

А.Ю. Коняев, Д.Н. Багин, Ч.А. Бектабанов, Г.А. Крылов

При промышленной переработке металлодержащих отходов и подготовке лома цветных металлов к металлургическому переделу одной из важных технологических операций является сортировка цветных металлов по видам и маркам сплавов. Для такой технологической операции целесообразно применять электродинамическую сепарацию в бегущем магнитном поле. Важным показателем сепарации, характеризующим качество сортировки, является селективность. На практике существует много факторов, влияющих на селективность сепарации. В статье выполнена оценка ряда таких факторов и предложены пути улучшения качества сортировки. Основное внимание уделено влиянию размеров проводящих частиц на качество индукционной сортировки.

Ключевые слова: индукционная сортировка металлов, электродинамический сепаратор, селективность сепарации, влияние размеров проводящих частиц

EFFECTS OF THE SIZE OF CONDUCTIVE PARTICLES ON INDUCTION SORTING EFFICIENCY IN THE TRAVELING MAGNETIC FIELD

A.Yu. Konyaev, D.N. Bagin, Ch.A. Bektabanov, G.A. Krylov

One of important technological operations used in industrial processing of metal-containing waste and preparation of nonferrous metal scrap for metallurgical treatment is sorting of nonferrous metals in line with alloy types and grades. The given technological operation requires application of electrodynamic separation in the travelling magnetic field. Selectivity procedure is an important separation index which characterizes the sorting quality. There are many factors affecting selectivity of separation. This article provides estimation of a number of such factors and proposes techniques for improving the separation quality. The focus is made on the impact of size of conductive particles on the quality of induction sorting.

Keywords: induction sorting of metals, electrodynamic separator, separation selectivity, effect of the size of conducting particles

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ ДИЭЛЕКТРИКОВ В СВЧ-УСТАНОВКЕ КОНВЕЙЕРНОГО ТИПА

С.В. Тригорный, В.В. Захаров, С.Г. Калганова,
И.И. Артюхов, А.С. Яковлев

В статье представлены результаты исследований электромагнитного и температурного полей в диэлектрике при термообработке в конвейерной СВЧ-

установке. В качестве излучающих систем использовались два волноводно-целевых излучателя, работающих на частоте 2,45 ГГц. Для получения наиболее равномерного распределения напряженности электрического поля и температуры на поверхности диэлектрика было выбрано оптимальное количество излучающих щелей и взаимное расположение излучателей. Исследование проводилось с помощью численного моделирования процесса СВЧ-нагрева с использованием метода конечных элементов, реализованного в программном комплексе COMSOL Multiphysics. Исследовано влияние мощности СВЧ-излучения и скорости движения конвейерной ленты на интенсивность нагрева диэлектрика. В результате моделирования определены оптимальная скорость движения конвейерной ленты и мощность СВЧ-излучения, при которых обеспечивается заданное тепловыделение и равномерность нагрева в диэлектрике.

Ключевые слова: СВЧ-нагрев, конвейерная установка, излучающая система, численное моделирование, скорость движения, мощность, равномерность нагрева

SIMULATION OF HEAT TREATMENT PROCESSES OF DIELECTRICS IN A CONVEYOR-TYPE MICROWAVE UNIT

S.V. Trigorly, V.V. Zakharov, S.G. Kalganova, I.I. Artyukhov, A.S. Yakovlev

The article presents the results of research into electromagnetic and temperature fields in the dielectrics under thermal treatment processes in a conveyor-type microwave unit. Two slotted waveguide radiating elements operating at the frequency of 2.45 GHz have been used as radiating systems. To obtain most uniform distribution of the electric field strength and temperature over the dielectric surface, an optimal number of radiating slots and relative position of emitters were selected. The research was conducted by means of numerical simulation of the microwave heating process using the finite element method implemented in the COMSOL Multiphysics software package. Effects of the microwave radiation capacity and the conveyor belt speed on intensity of dielectric heating has been investigated. The simulation procedure allowed for determination of the optimal speed of the conveyor belt and capacity of the microwave radiation, which ensure a given heat release and uniformity of heating in the dielectric.

Keywords: microwave heating, conveyor system, radiating system, numerical simulation, movement speed, capacity, uniformity of heating

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА НА ФОРМИРОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ТИТАНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

С.В. Телегин, И.Ю. Гоц

Исследование посвящено изучению морфологии, механических свойств и коррозионной стойкости поверхности технического титана после модификации импульсным лазерным излучением. Показано, что морфология,

механические свойства и коррозионная стойкость металлокерамических композиционных поверхностных слоев зависят от энергетических и пространственно-временных параметров процесса лазерной модификации, изменение которых позволяет формировать покрытия с заданными свойствами.

Ключевые слова: лазерная обработка, технический титан, металлокерамика, композиционные поверхностные слои

INFLUENCE OF IR LASER RADIATION MODES
ON THE FORMATION OF COMPOSITE SURFACE LAYERS
OF TITANIUM PRODUCTS

S.V. Telegin, I.Y. Gots

The research is devoted to the study of morphology, mechanical properties and corrosion resistance of technical titanium surfaces after modification by pulsed laser irradiation. It is shown that morphology, mechanical properties and corrosion resistance of metal-ceramic composite surface layers depend on the energy and space-time parameters of the laser modification process, where the changes will allow to form coatings with specified properties.

Keywords: laser processing, technical titanium, metal-ceramics, composite surface layers

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ
НАНО- И МИКРОЧАСТИЦ ОКСИДА ЖЕЛЕЗА
С ПОМОЩЬЮ СВЧ-ЭНЕРГОПОДВОДА

В.Ю. Кожевников, В.Д. Федотов

Рассмотрена технология получения нано и микрочастиц оксида железа при СВЧ-воздействии на коллоидные растворы. Приведены результаты моделирования в программной среде COMSOL Multiphysics СВЧ- воздействия на коллоидные растворы в непрерывном режиме, позволяющие получать стабильные растворы железа с достаточно узким распределением нано-микрочастиц по размеру.

Ключевые слова: СВЧ-воздействие, нано- и микрочастицы, оксид железа, численное моделирование, коллоидные растворы, технология, СВЧ-установка

MODELING THE TECHNOLOGY FOR OBTAINING
NANO- AND MICROPARTICLES OF IRON OXIDE
USING THE MICROWAVE POWER SUPPLY

V.Yu. Kozhevnikov, V.D. Fedotov

The article considers the technology applied to obtain nano- and microparticles of iron oxide under microwave exposure to colloidal solutions. We present the results of modeling in the COMSOL Multiphysics environment of microwave exposure to colloidal solutions in the continuous mode, which allow for obtaining stable iron solutions with a fairly narrow distribution of nano- and microparticles.

Keywords: *microwave exposure, nano- and microparticles, iron oxide, numerical modeling, colloidal solutions, technology, microwave unit*

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОЗДАНИЯ МАГНЕТРОНА
ПОВЫШЕННОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ СВЧ-СТЕРИЛИЗАТОРА
НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА

В.П. Ерёмин, А.С. Ершов, В.Б. Байбурин,
М.И. Балакин, Д.А. Шелудяков, В.П. Мещанов

Одной из актуальных проблем СВЧ-технологии является создание устройств, позволяющих исследовать влияние электромагнитного излучения на различные объекты в области медицины, биомедицины, фармакологии и др. с целью раскрытия механизмов указанного влияния, а также решения практических задач, связанных, в частности, с деконтаминацией бактериальной микрофлоры. Целью работы является анализ возможностей создания магнетронного генератора дециметрового диапазона повышенной мощности. Это позволит провести разработку компактного переносного СВЧ-стерилизатора с минимальным временем стерилизационной обработки и простейшей технологией использования. Основой моделирования является численная многопериодная математическая модель электронно-волнового взаимодействия в скрещенных полях, а также экспериментальная характеристика разработанного базового экспериментального образца магнетрона.

Ключевые слова: *магнетрон, стерилизация, повышенная мощность излучения*

ANALYSIS OF POSSIBILITIES FOR CREATING
A HIGH-POWER MAGNETRON TO THE MICROWAVE STERILIZER
BASED ON A MATHEMATICAL MODEL
AND AN EXPERIMENTAL SAMPLE

V.P. Eremin, A.S. Ershov, V.B. Bayburin,
M.I. Balakin, D.A. Sheludyakov, V.P. Meshchanov

One of the urgent problems in microwave technology is creation of devices used to study the effects of electromagnetic radiation on various objects in the field of medicine, biomedicine, pharmacology, etc. which could reveal the mechanisms of this influence, as well as solve the practical problems related particularly to decontamination of bacterial microflora. The purpose of the work is to analyze the possibilities of creating a magnetron generator with a decimeter range of increased power. This will promote development of a compact portable microwave sterilizer with minimal sterilization processing time and simplest application technology. The simulation is based on a numerical multi-period mathematical model of electron-wave interaction in the cross fields, as well as experimental characteristics of the developed basic experimental magnetron sample.

Keywords:
increased radiation power

magnetron,

sterilization,

РАСЧЕТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЧ РАБОЧИХ КАМЕР ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.С. Сивак, С.Г. Калганова, Т.П. Сивак

В статье представлены результаты математического моделирования нагрева композиционного материала на основе полимерного связующего в СВЧ-камере сложной геометрической формы с учетом различных расположений материала внутри рабочей камеры. Решение тепловой задачи путем математического моделирования позволило определить зависимость температуры композиционного материала от величины напряжённости СВЧ электромагнитного поля для камер периодического действия. Исследование проводилось с помощью численного моделирования процесса СВЧ-обработки композиционного материала с использованием метода конечных элементов, реализованного в программной среде COMSOL Multiphysics.

Ключевые слова: СВЧ-нагрев, композиционный материал, СВЧ-установка, рабочая камера, численное моделирование, напряжённость СВЧ электромагнитного поля

COMPUTATIONAL MODELING OF MICROWAVE WORKING CHAMBERS FOR PROCESSING COMPOSITE MATERIALS

A.S. Sivak, S.G. Kalganova, T.P. Sivak

The article presents the results of mathematical modeling of heating a composite material based on a polymer binder in a microwave chamber with a complex geometric shape, taking into account various locations of the material inside the working chamber. The solution to the thermal problem based on mathematical modeling made it possible to determine dependence of the composite material temperature on intensity magnitude of the microwave electromagnetic field required for microwave chambers of periodic action. The investigation was carried out using numerical simulation of the microwave processing of the composite material using the finite element method implemented in the COMSOL Multiphysics software environment.

Keywords: microwave heating, composite material, microwave installation, working chamber, numerical simulation, microwave electromagnetic field strength

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ АНОДНЫХ ЦЕПЕЙ СВЧ-ПРИБОРОВ

П.А. Кошелев

В статье рассмотрены и исследованы на математических моделях два варианта высоковольтных источников питания анодных цепей различных типов СВЧ-приборов. Источники питания отличаются как силовой частью, так и принципом построения систем управления. В первом варианте применён тиристорный ключ переменного тока с фазовым регулированием, во втором варианте – транзисторный коммутатор с широтно-импульсной модуляцией и повышенной частотой преобразования. В

обоих

случаях

в системах управления использован алгоритм ограничения или минимизации пульсаций

в нагрузке и методы оптимизации, входящие в пакет Nonlinear Control Design Blockset программной среды MATLAB R2021b.

Ключевые слова: высоковольтный источник питания, фазовое регулирование, ключ переменного тока, широтно-импульсная модуляция, оптимизация

POWER SOURCES FOR ANODIC CIRCUITS OF MICROWAVE DEVICES

P.A. Koshelev

The article considers two variants of high-voltage power supplies for anode circuits of different types of microwave devices based on mathematical models. Power supplies differ both in power capacity and the principle of control systems creation. The first variant employs an alternating current thyristor switch with phase regulation, whereas the second variant employs a transistor switch with pulse-width modulation and increased conversion frequency. In both cases, the control systems use an algorithm to limit or minimize load fluctuations and optimization methods included in the Nonlinear Control Design

Blockset

package of the MATLAB R2021b software environment.

Keywords: high-voltage power supply, phase regulation, AC switch, pulse-width modulation, optimization

К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Д.А. Вырыханов

Предложено дополнить определение баланса энергии, распределяемой с помощью систем электроснабжения, значением энергии преобразуемой в механическую форму. Показана возможность определения механической составляющей энергетического баланса систем электроснабжения по результатам замеров токов и напряжений в электрических машинах.

Ключевые слова: система электроснабжения, энергетический баланс, механическая энергия

FORMATION OF ENERGY BALANCE IN POWER SUPPLY SYSTEMS

D.A. Vyrykhanov

It is proposed to perfect the definition of the energy balance distributed by means of power supply systems by adding the meaning of energy converted into mechanical form. The author demonstrates a possibility to determine the mechanical component of the energy balance of power supply systems based on the results of measurements of currents and voltages in electric machines.

Keywords: power supply system, energy balance, mechanical energy

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

СВЧ-УСТАНОВОК

Е.Т. Ербаев

Применение СВЧ-технологий является перспективным направлением при обработке сельскохозяйственной продукции. В условиях развития фермерских хозяйств, находящихся на значительном удалении от централизованных сетей электроснабжения, разработка и создание СВЧ-установок с автономным электроснабжением является актуальной задачей. В статье рассмотрены особенности применения ветрогенераторов и солнечных панелей для электроснабжения СВЧ-установок агропромышленного назначения.

Ключевые слова: СВЧ-установка, система электроснабжения, ветрогенератор, солнечная панель

RENEWABLE ENERGY APPLICATION FOR POWER SUPPLY OF MICROWAVE INSTALLATIONS IN AGRO-INDUSTRIAL SECTOR

Ye.T. Yerbayev

The use of microwave technologies is a promising direction in processing of agricultural products. In the context of development of farms located at a considerable distance from centralized power supply networks, development and creation of microwave installations with autonomous power supply is an urgent task. The article discusses the features of the use of wind turbines and solar panels for the power supply of microwave installations for agro-industrial purposes.

Keywords: microwave installation,
power supply system, wind generator, solar panel

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ НАПРЯЖЕНИЯ ПРОМЫСЛОВОЙ ПОДСТАНЦИИ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СТАНЦИЙ УПРАВЛЕНИЯ ПОГРУЖНЫМИ НАСОСАМИ

А.В. Стариков, И.А. Косорлуков, А.А. Казанцев

Рассмотрена обобщенная неразветвленная отходящая линия промышленной подстанции. Получены аналитические выражения, позволяющие определить скорость вращения вала погружного электродвигателя, питаемого частотным преобразователем, при вариации входного напряжения. Также приведены формулы для расчета потребляемой погружным асинхронным электродвигателем активной и реактивной мощности и потерь в повышающем трансформаторе с учетом особенностей частотных преобразователей. Предложено использовать полученные аналитические выражения в поисковом алгоритме определения оптимального значения напряжения промышленной подстанции, обеспечивающего минимальные удельные затраты электроэнергии при механизированной добыче нефти. Приведен пример расчета оптимального значения напряжения для гипотетической отходящей линии, питающей добывающие скважины для двух вариантов реализации электротехнических комплексов: без частотных

преобразователей и с частотным преобразователем в одной из станций управления.

Ключевые слова: промысловая подстанция, погружной насос, погружной электродвигатель, частотный, преобразователь, удельное потребление электроэнергии

CALCULATION OF THE OPTIMUM VOLTAGE AT A FIELD SUBSTATION WITH SPECIAL CONSIDERATIONS FOR FREQUENCY CONVERTERS AT SUBMERSIBLE PUMP CONTROL STATIONS

A.V. Starikov, I.A. Kosorlukov, A.A. Kazantsev

A generalized unbranched outgoing line of a fishing substation is considered. Analytical expressions are obtained to determine the rotational speed of the shaft of the submersible electric motor powered by a frequency converter with a change in the input voltage. Formulas are also given for calculating the active and reactive power consumed by the submersible asynchronous electric motor and losses in the step-up transformer, taking into account the characteristics of frequency converters. It is proposed to use the obtained analytical expressions in the search algorithm to determine the optimal value of the field substation voltage, which ensures minimal energy consumption during mechanized oil production. An example of calculating the optimal voltage value for a hypothetical outgoing line feeding mining wells is given for two variants of the implementation of electrical complexes: without frequency converters and with the frequency converter in one of the control stations.

Keywords: field substation, submersible pump, submersible electric motor, frequency converter, specific electricity consumption

ЛИНЕАРИЗОВАННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

В.И. Доманов, Д.Г. Мурзаков, Н.Е. Комаров

Рассмотрена математическая модель асинхронного двигателя с фазным ротором (АДФР). Проведена линеаризация в районе некоторой рабочей точки. Разработана структурная схема АДФР. Приведены графики переходных процессов электропривода. Проведен анализ работы двигателя при изменении напряжении ротора.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, фазный ротор, двойное питание, передаточная функция, линеаризация

LINEARIZED MATHEMATICAL MODEL TO A WOUND-ROTOR INDUCTION MOTOR AS A CONTROL OBJECT

V.I. Domanov, D.G. Murzakov, N.E. Komarov

The article considers a mathematical model to wound-rotor induction motor (WRIM). Linearization was performed in the area of a working point. A block diagram of the WRIM has been developed, and graphs of transient processes of the

electric drive are provided. Analysis of the engine operation under the changes in the rotor voltage was performed.

Keywords: induction motor, wound rotor, dual power supply, transfer function, linearization