

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ РАСПЛАВА АЛЮМИНИЯ В КАНАЛАХ ИНДУКЦИОННОГО УСТРОЙСТВА КАНАЛЬНОГО ТИПА

Э.Р. Винтер, М.В. Первухин

Работа посвящена численному моделированию процесса магнитогидродинамической (МГД) сепарации расплава алюминия в индукционном устройстве канального типа. Представлены результаты расчета эффективности очистки частиц неметаллических включений посредством МГД сепарации. Определено влияние электромагнитной силы и гидродинамических течений на процесс миграции частиц в жидком металле. Показано, что частицы размером более 20 мкм имеют явную тенденцию к аккумуляции на стенках МГД канала МГД сепаратора. Проведен расчет распределения концентрации частиц в потоке расплава алюминия с учетом явления коагуляции, обусловленной различными механизмами. Установлено, что явление коагуляции существенно влияет на процесс МГД сепарации частиц неметаллических включений размером 2-20 мкм, а повысить интенсивность коагуляции возможно путем изменения конфигурации канала и приложенного электромагнитного поля.

Ключевые слова: магнитная гидродинамика, МГД сепарация, электромагнитное поле, электромагнитная сепарация, алюминиевые сплавы, электромагнитные силы

STUDY OF MAGNETOHYDRODYNAMIC SEPARATION PROCESSES OF ALUMINUM MELT IN THE CHANNEL-TYPE INDUCTION UNIT

E.R. Vinter, M.V. Pervukhin

The research focuses on numerical calculation of the process of magnetohydrodynamic (MHD) separation of aluminum melt in the channel-type induction device. The study presents the calculated efficiency of non-metallic inclusions removal through MHD separation. The investigation examines the impact of electromagnetic forces and hydrodynamic flows on the migration of particles in liquid metal. The findings demonstrate a pronounced tendency for particles larger than 20 μm to accumulate on the walls of the MHD channel within the separator. Distribution of particle concentration within the aluminum melt flow is calculated, considering the phenomenon of coagulation caused by various mechanisms. The study demonstrates that coagulation has a substantial impact on the process of MHD separation for the particles ranging from 2 to 20 μm in size. Furthermore, modifying the configuration of the channel and adjusting the applied electromagnetic field can increase the intensity of coagulation.

Keywords: magnetohydrodynamics, MHD separation, electromagnetic field, electromagnetic separation, aluminum alloys, electromagnetic forces

СВЧ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ И ЭЛАСТИЧНОСТИ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

А.В. Скупинский, И.Д. Садовсков, О.А. Паршиков, М.В. Аврамов, И.В. Злобина, Н.В. Бекренев

Выполнены исследования и макетно-экспериментальные работы по изучению влияния воздействия СВЧ электромагнитного поля на физико-механические свойства уплотнительных элементов из резины 2-й группы магистральных газопроводов. Показано, что при использовании плотности потока энергии $(18-20) \times 10^4$ мкВт/см² и времени воздействия, определяемого диаметром поперечного сечения уплотнительного кольца при условии нагрева изделия до температуры (60-70) °С, обеспечивается значимое увеличение прочности при разрыве, относительного удлинения, эластичности, а также снижение остаточной деформации как новых изделий, так и изделий после регламентированной наработки.

Разработан, изготовлен и передан в опытную эксплуатацию опытно-промышленный образец СВЧ технологической установки для обработки уплотнений диаметром от 40 до 1400 мм с программированием циклов и режимов при помощи подключаемого ноутбука. На основе результатов опытной эксплуатации установки разработаны новые алгоритмы динамической обработки, обеспечивающие снижение неравномерности нагрева изделий в СВЧ электромагнитном поле с (25-30)° С до (5-7)° С, что позволяет существенно повысить их качественные показатели.

Ключевые слова: СВЧ технологическая установка, управление, технологические режимы, уплотнительные элементы газопроводов, прочность и эластичность

MICROWAVE TECHNOLOGICAL UNIT FOR INCREASING TOUGHNESS AND ELASTICITY OF SEALING STRUCTURES IN LONG-DISTANCE PIPELINES

A.V. Skupinsky, I. D. Sadovskov, O.A. Parshikov, M.B. Аврамов, I. V. Zlobina, N. V. Bekrenev

The research deals with prototyping and experimental work relating the microwave electromagnetic field effects on physical and mechanical properties of the gas lines sealing structures fabricated from the 2nd group rubber. It is shown that the use of the energy flux density at $(18-20) \times 10^4$ мкW/cm² and

exposure time determined by the cross-sectional diameter of the sealing ring, provided the product is heated to the temperature of (60-70) °C, a significant increase in tensile strength, elongation, elasticity, as well as a reduction in residual deformation of both new products and products provided after regulated operating life, is ensured. A prototype of the microwave technological unit for processing seals with the diameter from 40 to 1400 mm provided with cycles and modes programming system based on the plug-in laptop has been developed, manufactured and brought into pilot operation. Based on the results of the pilot operation of the unit, new dynamic processing algorithms have been developed to ensure a reduction in uneven heating of products in the microwave electromagnetic field from (25-30) °C to (5-7) °C, which can significantly improve their quality indicators.

Keywords: microwave technological installation, control, technological modes, sealing elements of gas pipelines, toughness and elasticity

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ИНДУКЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ТИТАНОВЫХ ШАРОВЫХ КОМПОНЕНТОВ

А.Ю. Щелкунов, А.А. Фомин

В работе представлены результаты численного моделирования процесса нагрева титановой шаровой конструкции методом высокотемпературной индукционной обработки (ВТИО), а также экспериментальное исследование упрочняющей обработки образцов со схожими массогабаритными характеристиками для головки эндопротеза. Данными моделирования являлись 2D графические зависимости по распределению плотности тока, тепловыделения и температуры по сечению рассматриваемых изделий. Ток индуктора изменялся в диапазоне 3,0-3,5 кА, что соответствовало температуре обработки поверхности около 1120-1250° С. Согласно результатам исследования твердость упрочненных образцов достигала 47,5-50 HRC, при этом глубина износа (сферической выемки) модифицированного титана ниже на 27 % относительно кобальтохромового Co-Cr сплава (с твердостью 46 HRC). Предложены технологические рекомендации по формированию твердых износостойких слоев на титановых шаровых компонентах эндопротезов за счет применения метода ВТИО.

Ключевые слова: титан, высокотемпературная индукционная обработка, ток индуктора, численное моделирование, метод конечных элементов, твердость, износостойкость, эндопротез

NUMERICAL SIMULATION AND EXPERIMENTAL STUDIES OF

INDUCTION HEAT TREATMENT OF TITANIUM BALL COMPONENTS

A.Yu. Shchelkunov, A.A. Fomin

The paper presents the results of numerical simulation of the heating process for titanium balls based on the induction heat treating method (IHT), as well as experimental studies related to the strengthening treatment of samples with similar weight and size characteristics for the endoprosthesis head. The modeling data included 2D graphical dependences relating the current density distribution, heat release and temperature over the cross section of the considered products. The inductor current varied in the range of 3.0-3.5 kA, which corresponded to the surface treatment temperature around 1120-1250 °C. According to results of the study, the hardness of the strengthened samples reached 47.5-50 HRC, whereas the wearing depth (spherical recess) of the modified titanium was 27 % lower than that of the cobalt-chromium Co-Cr alloy (with the hardness of 46 HRC). The proposed technological recommendations deals with formation of hard wear-resistant layers over titanium ball components of endoprostheses through the use of the IHT method.

Keywords: titanium, induction heat treatment, inductor current, numerical simulation, finite element method, hardness, wear resistance, endoprosthesis

ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА АРМИРОВАНИЯ И НАПОЛНИТЕЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА УРОВЕНЬ ПОГЛОЩЕННОЙ МОЩНОСТИ СВЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

И.В. Злобина, Н.В. Бекренев, Д.В. Кондратов

Определено влияние коэффициента армирования полимерных композиционных материалов тканями на основе углеродных, стеклянных и арамидных волокон на уровень поглощенной ими мощности СВЧ электромагнитного поля. Получены зависимости, позволяющие рассчитать величину и долю поглощенной мощности при воздействии на материалы с различным соотношением диэлектрических характеристик. Установлено, что при увеличении коэффициента армирования с 0,2 до 0,8 поглощенная мощность возрастает для стеклопластика 2,5 раза, углепластика – 2,8 раза. Для органопластика увеличение мало значимо и составляет 5 %.

Предложена методика инженерного расчета режимов СВЧ обработки изделий из отвержденных ПКМ, позволяющая с учетом коэффициента армирования установить время воздействия и плотность потока энергии по критерию достижения температуры нагрева до значений, соответствующих временному переходу связующего в высокоэластичное состояние.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, коэффициент армирования, СВЧ электромагнитное поле, диэлектрические

характеристики, плотность потока энергии, поглощенная и отраженная мощность, температура, алгоритм расчета рациональных режимов

EFFECT OF REINFORCEMENT RATIO AND FILLERS FOR POLYMER COMPOSITES ON THE RATE OF MICROWAVE POWER ABSORPTION

I.V. Zlobina, N.V. Bekrenev, D.V. Kondratov

Effect of reinforcements on the polymer composite materials reinforced with fabrics based on carbon, glass and aramid fibers on the level of microwave power absorption is determined. The obtained dependences allow for calculating the magnitude and proportion of absorbed power when exposed to materials with different ratios of dielectric characteristics. It was found that with an increase in the reinforcement ratio from 0.2 to 0.8, the absorbed power increases 2.5 times for fiberglass, and 2.8 times for carbon fiber. For organoplastics, the increase is insignificant and amounts to 5%. The authors propose a technique for engineering calculation of microwave treatment modes applied to hardened polymer composite products, which allows, taking into account the reinforcement ratio, to set the exposure time and energy flux density according to the criterion of reaching the heating temperature up to the values corresponding to the temporary transition of the binder into a rubberlike state.

Keywords: polymer composite materials, reinforcement ratio, microwave electromagnetic field, dielectric characteristics, energy flux density, absorbed and reflected power, temperature, algorithm for calculating rational modes

ПОРТАТИВНАЯ АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОХЛАЖДЕНИЯ МАГНЕТРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

А.А.Никифоров, В.Б. Байбурин, Я.А. Пахомов, В.В. Мещанов, В.В. Комаров, В.М. Дорошенко

В настоящей работе предложена портативная автоматическая система управления процессом жидкостного охлаждения магнетронного генератора мощностью до 3 кВт, применяющегося в устройствах стерилизации с целью обеспечения стабильной работы магнетрона и повышения качества процесса стерилизации биомедицинских инструментов.

Ключевые слова: жидкостное охлаждение, СВЧ-стерилизация, магнетрон, автоматическое управление, температурная характеристика

PORTABLE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR COOLING THE MAGNETRON GENERATOR

A.A.Nikiforov, V.B. Bayburin, Ya.A. Pakhomov, V.V. Meshchanov, V.V. Komarov, V.M. Doroshenko

In the given research the authors present a portable automatic control system for the process of liquid cooling of the magnetron generator with the power up to 3 kW, which is applied in sterilization devices to ensure steady operation of the magnetron and improve the sterilization quality of biomedical tools.

Keywords: liquid cooling, microwave sterilization, magnetron, automatic control, control system, control center

ИОННО-ЛУЧЕВОЕ ФОРМИРОВАНИЕ СЕРЕБРОСОДЕРЖАЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНА ПОВЫШЕННОЙ ТВЕРДОСТИ И УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ

И.В. Перинская, В.В. Перинский, И.В. Родионов, Л.Е. Куц

Представлены результаты исследования процесса формирования серебрясодержащей поверхности титановых (VT1-0) элементов медицинской техники методом ионно-лучевого легирования. Проведено компьютерное моделирование процесса, используя программный пакет TRIM/SRIM с целью определения окрестностей дозы и энергии ионов серебра, необходимых и достаточных в эксперименте. Исследовано влияние облучения ионами серебра на микротвердость и усталостную прочность поверхности титана.

Ключевые слова: ионы серебра, титан, ионно-лучевое легирование, микротвердость, усталостная прочность, компьютерное моделирование

ION IMPLANTATION OF SILVER NANOPARTICLES ON TITANIUM SURFACE OF INCREASED HARDNESS AND FATIGUE STRENGTH

I.V. Perinskaya, V.V. Perinsky, I.V. Rodionov, L.E. Kuts

The article presents the results of research into creation of silver-containing titanium surfaces (VT1-0) of the medical tools using the ion-beam alloying technique. A computer simulation of the process was carried out using the TRIM/SRIM software package to determine the distribution of the dose and energy of silver ions necessary and sufficient for the experiment. Effects of silver ion irradiation on microhardness and fatigue life of the titanium surface was studied.

Keywords: silver ions, titanium, ion-beam alloying, microhardness, fatigue life, computer modeling

ЦИФРОВОЙ ЕМКОСТНЫЙ УРОВНЕМЕР ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ С КОМПЕНСАЦИЕЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ УРОВНЯ

А.Н. Шилин, С.В. Макартичян, С.С. Жабин

Приведен сравнительный анализ основных методов измерения уровня жидкостей в резервуарах. Предложена структурная схема цифрового емкостного уровнемера с компенсацией неустойчивости уровня, позволяющего проводить измерения независимо от диэлектрической проницаемости жидкости. Это же устройство может быть использовано для контроля наполнения емкостей диэлектрическими жидкостями. Использование в работе уровнемера электрических методов позволяет сравнительно просто получить результат измерения уровня в удобном для обработки цифровом виде и производить дистанционный контроль уровня жидкостей в резервуарах, что особенно актуально в вертикальных статичных или передвижных транспортных системах хранения или перевозки светлых нефтепродуктов.

Ключевые слова: методы измерения уровня, цилиндрический емкостный преобразователь, цифровые уровнемеры, компенсация неустойчивости уровня

DIGITAL CAPACITIVE LEVEL METER FOR DIELECTRIC LIQUIDS WITH LEVEL INSTABILITY COMPENSATION

A.N. Shilin, S.V. Makartichyan, S.S. Zhabin

A comparative analysis of the main level measuring methods for the liquids in tanks is given. A block diagram of a digital capacitive level meter with level instability compensation is proposed, which allows measurements to be made independently of the liquid dielectric constant. The same device can be used to control the containers filling with dielectric liquids. The use of the electric methods makes it relatively easy to obtain the level measurement result, suitable for processing digital data and producing the liquids level remote control in tanks, which is especially important in vertical static or mobile transport storage or transportation of light oil products.

Keywords: level measurement methods, cylindrical capacitive converter, digital level meters, level instability compensation

НАБЛЮДАТЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКОГО УРОВНЯ ЖИДКОСТИ В НЕФТЯНОЙ СКВАЖИНЕ

А.В. Стариков, И.А. Косорлуков, К.М. Чубаров

В статье рассматривается возможность технической реализации наблюдателя динамического уровня жидкости в нефтяной скважине по сигналам датчиков тока станции управления погружным насосом. Показано, что непосредственное измерение динамического уровня эхолотом или косвенное с помощью термоманометрической системы требует применения дорогостоящего оборудования. Предложено использовать вычислительные

возможности контроллера станции управления расчета динамического уровня. Найдена аналитическая зависимость тока на выходе станции управления от величины динамического уровня. Построен график этой зависимости, который наглядно показал возможность использовать измерения тока для определения динамического уровня жидкости в скважине. Найдено аналитическое выражение для вычисления динамического уровня жидкости по сигналам датчика тока станции управления и параметрам электротехнического комплекса добывающей скважины. Произведен анализ погрешности наблюдателя динамического уровня, использующий для вычисления полученную зависимость.

Ключевые слова: наблюдатель, динамический уровень жидкости, нефтяная скважина, погружной электродвигатель, станция управления

OBSERVER OF THE DYNAMIC LIQUID LEVEL IN THE OIL WELL

A.V. Starikov, I.A. Kosorlukov, K.M. Chubarov

The article considers the possibility for technical implementation of the observer of the dynamic liquid level in an oil well based on the signals of current sensors at the submersible pump control station. It is shown that direct measurements of the dynamic level using the echo sounder or indirect measurements using the thermo-manometric system requires the use of expensive equipment. It is proposed to use computational capabilities of the controller at the control station for calculating the dynamic level. Analytical dependence of the current at the output of the control station on the value of the dynamic level is found. A graph of the given dependence was built, which clearly showed the possibility of using current measurements to determine the dynamic level of the liquid in the well. An analytical expression is found for calculating the dynamic level of the liquid from the signals of the current sensor at the control station and parameters of the electrical complex in the production well. Inaccuracy analysis of the observer of the dynamic level was made, using the obtained dependence for calculation purposes.

Keywords: observer, dynamic liquid level, oil well, submersible motor, control station

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ПО МЕТОДУ РОДЖЕРСА ДЛЯ ДОСТОВЕРНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В СИЛОВЫХ МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ

В.В. Вахнина, Е.В. Марков

При выявлении и диагностировании сложных случаев развивающихся дефектов силовых трансформаторов с пограничными значениями газовых соотношений целесообразно использование нечеткой логики. Для разработки

модели нечеткой логики был рассмотрен и использован наиболее широко используемый метод диагностики развивающихся дефектов – метод Роджерса. Разработана модель нечеткой логики с помощью инструмента Fuzzy logic на базе MATLAB, способная определять пограничные случаи с газовым отношением на границе или около границы между лингвистическими значениями, что позволяет нечеткой системе вывода (FIS) гибко интерпретировать принадлежность к этим правилам и классифицировать эти случаи по двум разным типам неисправностей с индивидуальной вероятностью возникновения. Показаны результаты исследования образцов масла пятнадцати силовых трансформаторов мощностью 16-25 МВА напряжением 110 кВ. Определено процентное соотношение выявленных дефектов на основе разработанной модели нечеткой логики.

Ключевые слова: хроматографический анализ растворенных газов, ХАРГ, метод Роджерса, нечеткая логика, силовые трансформаторы, Fuzzy logic Matlab

UZZY LOGIC APPROACH IN DESIGNING A DGA MODEL BY THE ROGER'S RATIO METHOD TO DETERMINE THE POWER OIL TRANSFORMER FAULTS

V.V. Vakhnina, E.V. Markov

It is effective to use fuzzy logic to identify and diagnose complex cases related with evolving faults in power transformers with boundary values of gas ratios. To design a fuzzy logic model, the authors applied the Roger's method, which is most widely used in diagnosing progressing faults. A fuzzy logic model was developed using the Fuzzy logic tool based on MATLAB, which can be used to determine the borderline cases relating the gas ratio at the border or around the border between linguistic values, which allows the fuzzy inference system (FIS) to flexibly interpret conformity to these rules and classify these cases as two different types of faults with individual probability of occurrence. The results of the study of oil samples of fifteen power transformers with the capacity of 16-25 MVA and the voltage of 110 kV are shown. Percentage of the detected defects was determined on the basis of the developed fuzzy logic model.

Keywords: DGA, Roger's method, fuzzy logic, power transformer, Fuzzy logic Matlab