

УДК 669.5: 669.715

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК КАЛИЯ НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЦИНКОВОГО СПЛАВА ЦАМСв4-1-2,5

И.Н. Ганиев, Л.З. Алиева, А.Э. Бердиев, С.Дж. Алихонова

Представлены результаты исследования влияния добавок калия на теплоемкость, коэффициент теплоотдачи и изменений термодинамических функций цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5. Исследования проведены в режиме охлаждения в интервале 300...500 К.

Ключевые слова: цинковый сплав ЦАМСв4-1-2,5, калий, режим охлаждения, теплоемкость, коэффициент теплоотдачи, термодинамические функции.

EFFECT OF POTASSIUM ADDITIVES ON THERMAL PROPERTIES AND THERMODYNAMIC FUNCTIONS OF ZINC ALLOY TSAMSV4-1-2.5

I.N. Ganiev, L.Z. Alieva, A.E. Berdiev, and S.J. Alikhonova

The paper presents the results of studying the effect of potassium additives on the heat capacity, heat transfer coefficient and changes in the thermodynamic functions of the zinc alloy TsAMSV4-1-2.5. The studies were carried out in the "cooling" mode in the range of 300-500 K.

Keywords: zinc alloy TsAMSV4-1-2.5, potassium, "cooling" mode, heat capacity, heat transfer coefficient, thermodynamic functions.

ПЕРИОДИЧНОСТЬ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛОВ

Д.В. Косенков, В.В. Сагадеев

Рассмотрена периодичность теплового излучения металлов на основе периодической системы Д.И. Менделеева по экспериментальным величинам авторов.

Ключевые слова: тепловой поток, интегральная степень черноты металла, периодическая система, порядковый номер элемента.

FREQUENCY OF THERMAL RADIATION OF METALS

D.V. Kosenkov and V.V. Sagadeev

In this article, the periodicity of thermal radiation of metals is considered on the basis of the periodic system of D.I. Mendeleev according to the experimental values of the authors.

Keywords: heat flow, integral degree of metal blackness, periodic system, the sequential number of the element.

УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В КОМПОЗИТНЫХ СРЕДАХ НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Е.Н. Перевозников, А.С. Степашкина

На основе двухканальной модели процесса теплопроводности в композитных средах рассматривается устойчивость процесса. Получена система уравнений для возмущений. Рассчитывается спектр возмущений. Показано, что в линейной системе стационарный процесс теплопроводности устойчив относительно любых малых возмущений. Приведены условия неустойчивости и спектр в случае малых градиентов возмущений.

Ключевые слова: моделирование процесса теплопроводности, композитные среды, устойчивость процессов.

STABILITY OF THE THERMAL CONDUCTIVITY PROCESS IN COMPOSITE ENVIROMENT ON THE EXAMPLE OF A MODEL SYSTEM

E.N. Perevoznikov and A.S. Stepashkina

In this work we consider the stability of the thermal conductivity process in composite media based on the two-channel model. The system of equations for perturbations is obtained. The spectrum of perturbations is calculated. It is shown that in a linear system the stationary process of heat conduction is stable against any small perturbations. The instability conditions and the spectrum in the case of small perturbation gradients are given.

Keywords: modeling of the heat, composite materials, stability of processes.

СИНТЕЗ НАНОТРУБОК ОКСИДА ЦИНКА В ЭЛЕКТРОДУГОВОМ РАЗРЯДЕ

Ж.А. Уктамов, Х.С. Нуриддинов, Е.А. Эрлингайте, Б.А. Тимеркаев

Осуществлен синтез нанотрубок оксида цинка в электродуговом разряде, образованном между двумя графитовыми электродами в воздухе при давлении 66 кПа. Получены нанотрубки оксида цинка. Установлено, что при подборе соответствующих условий можно добиться формирования либо нанотрубок, либо нанопленок в зависимости от целеполагания.

Ключевые слова: нанотрубки оксида цинка, наноструктуры, электродуговой разряд.

SYNTHESIS OF ZINC OXIDE NANOTUBES IN AN ELECTRIC ARC DISCHARGE

J.A. Uktamov, Kh.S. Nuriddinov, E.A. Erlingayte, and B.A. Timerkaev

The synthesis of zinc oxide nanotubes was carried out in an electric arc discharge formed between two graphite electrodes in air at a pressure of 500 Torus. Zinc oxide nanotubes were obtained. It is established that with the selection of appropriate conditions, it is possible to achieve the formation of either nanotubes or nanofilms, depending on the goal setting.

Keywords: zinc oxide nanotubes, nanostructures, electric arc discharge.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА СИММЕТРИИ К ГОРЕНИЮ ТВЕРДЫХ СМЕСЕВЫХ ТОПЛИВ

В.М. Фролов

Проанализировано проявление симметрии при горении смесевых ракетных топлив, для чего предлагается выделить симметричную элементарную ячейку топлива, с помощью которой рассчитывается локальное анизотропное распределение связующего. Разработанный метод позволяет упростить расчет потоков тепла на поверхность топлива. Предложена замена сложного диффузионного пламени продуктов газификации окислителя и связующего плоской моделью над всем итоговым сечением смесевоего топлива. Получены усредненные эффективные высоты диффузионного пламени над горячей поверхностью топлива.

Ключевые слова: симметрия, структура, анизотропное распределение, аппроксимация.

APPLYING THE SYMMETRY PRINCIPLE TO THE SOLID MIXED FUELS BURNING

V.M. Frolov

The article analyzes symmetry during mixed rocket fuels burning for which it is proposed to allocate a symmetrical elementary fuel cell. With its help the local anisotropic distribution of the binder is calculated. Developed method allows to simplify the calculation of heat flows to the fuel surface. The article proposes the replacement of complex diffusion flame of oxidizer gasification products model to flat model over the entire final section of the mixture fuel. Averaged effective heights of diffusion flame above the burning fuel surface were obtained.

Keywords: symmetry, structure, anisotropic distribution, approximation.

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИ НЕСОВМЕСТИМЫХ ПОЛИМЕРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ФЛЮИДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**И.Ш. Хабриев, В.Ф. Хайрутдинов, Л.Ю. Яруллин,
Ф.М. Гумеров, Л.Ю. Сабирова**

Приведены результаты экспериментального исследования набухания полимеров – СЭВА-113 и поликарбоната – в сверхкритическом диоксиде углерода. Установлено влияние температуры и давления на характер набухания выбранных полимеров в сверхкритическом диоксиде углерода. Представлены результаты совместного диспергирования полимерных смесей СЭВА и поликарбоната, осуществленного с использованием метода SEDS.

Ключевые слова: растворимость, сверхкритический диоксид углерода, полимеры, композиционный материал, СЭВА-113, поликарбонат.

OBTAINING NANOCOMPOSITION MATERIALS BASED ON THERMODYNAMICALLY INCOMPATIBLE POLYMERS USING SUPERCRITICAL FLUID TECHNOLOGIES

**I.Sh. Khabriev, V.F. Khairutdinov, L.Yu. Yarullin,
F.M. Gumerov, and L.Yu. Sabirova**

The results of an experimental study of the swelling of such polymers as SEVA-113 and polycarbonate in supercritical carbon dioxide are presented. The effect of temperature and pressure on the character of swelling of the selected polymers in supercritical carbon dioxide has been established. The results of joint dispersion of polymer mixtures of EVA and polycarbonate are presented.

Keywords: solubility, supercritical carbon dioxide, polymers, composite material, SEVA-113, polycarbonate.

УДК 539.4: 621

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА, СТРУКТУРЫ
И СВОЙСТВ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ
У ПОВЕРХНОСТИ ЛАЗЕРНОГО УПРОЧНЕНИЯ**

М.А. Клабуков, Е.А. Солопова, А.С. Насейкина, Т.А. Муратаев

Выявлены и проанализированы изменения состава и структуры сплавов VT22, VT8, VT25, VT6 в результате импульсного ударного упрочнения от поверхности лазерного пятна в глубину. Обоснованы режимы объемного и поверхностного упрочнения титановых сплавов с применением лазерной технологии ударного упрочнения. Оценена возможность использования сплава VT6 вместо мартенситно-старееющей стали.

Ключевые слова: упрочнение лазером высокопрочных титановых сплавов, высокопрочные титановые сплавы, импульсное упрочнение лазером поверхности, характер изменения состава и микротвердости металла.

**DETERMINATION OF COMPOSITION, STRUCTURE
AND PROPERTIES OF TITANIUM ALLOYS
AT THE LASER HARDENING SURFACE**

M.A. Klabukov, E.A. Solopova, A.S. Naseikina, and T.A. Murataev

Changes in composition and structure of VT22, VT8, VT25, VT6 alloys as a result of pulse shock hardening from laser spot surface to depth were revealed and analyzed. The modes of bulk and surface hardening of titanium alloys using laser impact hardening technology are substantiated. The possibility of using VT6 alloy as a substitute for martensitic aging steel has been evaluated.

Keywords: laser hardening of high-strength titanium alloys, high-strength titanium alloys, pulse laser hardening of the surface, the nature of changes in the composition and microhardness of the metal.

ОБРАБОТКА КОСОЗУБЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОЛЕС КОНЦЕВЫМИ ФРЕЗАМИ НА ЧЕТЫРЕХКООРДИНАТНЫХ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

А.Г. Кондрашов, Д.Т. Сафаров, Р.Р. Казаргельдинов, Г.Ф. Глинина

Выполнен обзор распространенных методов обработки зубчатых колес модульными дисковыми и фасонными фрезами, а также особенностей формирования стратегий обработки зубчатых венцов концевыми фрезами в распространенных автоматизированных системах конструкторско-технологического проектирования. Предложен способ обработки впадин зубчатого колеса концевыми фрезами, не уступающий по производительности применяемым в настоящее время способам обработки.

Ключевые слова: косозубое цилиндрическое колесо, концевая фреза, зубофрезерование, станок с ЧПУ.

MACHINING HELICAL CYLINDRICAL WHEELS WITH END MILLS ON FOUR-AXIS CNC MILLING MACHINES

**A.G. Kondrashov, D.T. Safarov, R.R. Kazargel'dinov,
and G.F. Glinina**

The article provides an overview of the common methods of processing gears with modular disk and cutters; as well as the features of the formation of strategies for processing gear rims with end mills in common automated design and technological design systems. A method of processing the cavities of a gear wheel with end mills is proposed; which is not inferior in productivity to the currently used processing methods.

Keywords: helical cylindrical wheel, end mill, gear hobbing, CNC machine.

**ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ
ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПРИ ДВИЖЕНИИ
С ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ**

А.В. Макаров, В.Г. Макаров, Т.В. Макарова, В.В. Батаев

Разработаны алгоритмы и компьютерные программы поиска оптимальных законов управления токами электродвигателя и оптимального закона движения транспортного средства с гибридной силовой установкой.

Ключевые слова: гибридная силовая установка, электропривод, электродвигатель, энергосбережение, электромагнитный момент, мощность потерь, оптимальное управление, гидромеханическая коробка передач, принцип максимума.

**OPTIMAL MOTION CONTROL OF HYBRID ELECTRIC VEHICLE
WITH HYDROMECHANICAL TRANSMISSION**

A.V. Makarov, V.G. Makarov, T.V. Makarova, and V.V. Bataev

Algorithms and computer programs were developed to search for the optimal current control and the optimal motion control algorithms of hybrid electric vehicle.

Keywords: hybrid system, electric drive, electric motor, energy saving, electromagnetic torque, power loss, optimal control, hydromechanical transmission, maximum principle.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДСТВ ДОКУМЕНТАЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

И.Г. Мардамшин, В.М. Бабушкин, И.Ш. Шарафеев, Г.Ф. Мингалеев

Представлены материалы по следующим направлениям: разработка методологии проектирования нормативных таблиц, оценка эффективности использования производственных ресурсов, понятийный аппарат организации производственных процессов.

Ключевые слова: математическое моделирование в организации производства, проектирование средств документального обеспечения, организация производства, эффективность использования производственных ресурсов.

MODELING AND DESIGNING OF PRODUCTION PROCESS ORGANIZATION DOCUMENTAL FUNDS

**I.G. Mardamshin, V.M. Babushkin, I.Sh. Sharafeev,
and G.F. Mingaleev**

The materials are presented in the following areas: development of a methodology for the design of normative tables; development of a production and practical reference book; assessment of the efficiency of the use of production resources; conceptual apparatus of the organization of production processes.

Keywords: mathematical modeling in the organization of production, the design of documentary support, the organization of production, the efficiency of the use of production resources.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ КОНТАКТНОГО СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ В РАСТРУБ МЕДНЫХ И АЛЮМИНИЕВЫХ ТРУБОК

Ф.И. Муратаев, А.Б. Фролова

Определены характеристики состава, структуры и свойств переходной зоны сварного соединения медных и алюминиевых трубок в раструб, выполненного контактной сваркой и представляющего собой в переходной зоне композиционный металл. Выявлены структурные превращения на участках расплавленного металла и твердой фазы, и определены значения распределения твердости на участках сплавления алюминия и диффузионных превращений меди в композитном слое. Определено изменение поэлементного состава участков разнородного сварного соединения, полученного твердо-жидкими превращениями металла трубок.

Ключевые слова: сварка меди с алюминием, распределение состава и твердости в переходной зоне.

RESEARCH OF THE COMPOSITION AND PROPERTIES OF THE CONTACT WELDED JOINT IN THE SOCKET OF COPPER AND ALUMINIUM TUBES

F.I. Murataev and A.B. Frolova

The characteristics of the composition, structure and properties of the transition zone of a welded joint of copper and aluminium tubes into a socket, made by resistance welding and representing a composite metal in the transition zone, have been determined. Structural transformations in the areas of molten metal and solid phase are revealed, and the values of hardness distribution in the areas of aluminium fusion and diffusion transformations of copper in the composite layer are determined. The change in the element-wise composition of the sections of a dissimilar welded joint obtained by solid-liquid transformations of the metal of the tubes is determined

Keywords: welding of Cu with Al, distribution of composition and hardness in the transition zone.

ПРИМЕНЕНИЕ АКТУАЛЬНЫХ ФОРМ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**Л.Л. Надреева, В.А. Абрамов, Е.Е. Богоявленская,
К.П. Никаншина, Д.А. Ометова**

Рассмотрены современные технологии организации рабочих процессов, преимущества и недостатки дистанционной формы организации труда, условия ее эффективного применения.

Ключевые слова: дистанционная форма организации труда, производительность труда, аутсорсинг, удаленная работа, фрилансер, цифровые инструменты.

APPLICATION OF RELEVANT FORMS OF LABOR ORGANIZATION IN MODERN CONDITIONS

**L.L. Nadreeva, V.A. Abramov, E.E. Bogoyavlenskaya,
K.P. Nikanshina, and D.A. Ometova**

The article discusses modern technologies for organizing work processes, the advantages and disadvantages of the remote form of labor organization, the conditions for its effective use.

Keywords: remote form of labor organization, labor productivity, outsourcing, remote work, freelancer, digital tools.

ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ИНДУСТРИИ 4.0

Д.Б. Флакс

Обобщены основные тренды развития электрохимической промышленности в условиях Индустрии 4.0. Предложена методика определения влияния используемых инновационных технологий, характеризующих цифровизацию процессов производства, на уровень развития электрохимической промышленности.

Ключевые слова: электрохимическая промышленность, Индустрия 4.0, организация производства, цифровизация производства, инновационная деятельность, операционная деятельность, уровень развития промышленности.

ELECTROCHEMICAL INDUSTRY DEVELOPMENT TRENDS IN INDUSTRY 4.0

D.B. Flax

The main trends in the development of the electrochemical industry in the context of Industry 4.0 are summarized. A method is proposed for determining the influence of the used innovative technologies that characterize the digitalization of production processes on the level of development of the electrochemical industry.

Keywords: electrochemical industry, Industry 4.0, organization of production, digitalization of production, innovation activity, operational activity, level of industrial development.

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КАРТОГРАФИЯ: АТЛАС ВИРТУАЛЬНЫХ ЦИФРОВЫХ АНАЛОГОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

**И.Ш. Шарафеев, Г.Ф. Мингалеев, В.М. Бабушкин,
Р.А. Галямов, В.В. Трутнев, А.А. Трутнева**

Представлена концепция цифровой организации производства, основанная на информационно-коммуникационной платформе картирования процессов с использованием разработанного метода производственной картографии. Сферами приложения производственной картографии являются виртуальный цифровой аналог рынка сбыта товаров и услуг, виртуальный цифровой аналог производства продукции, виртуальный цифровой аналог документооборота.

Ключевые слова: организация производства, цифровая экономика, информационно-коммуникационное картирование, производственная картография.

INDUSTRIAL CARTOGRAPHY: VIRTUAL DIGITAL ATLAS OF PRODUCTION PROCESSES

**I.Sh. Sharafeev, G.F. Mingaleev, V.M. Babushkin, R.A. Galyamov,
V.V. Trutnev, and A.A. Trutneva**

The paper presents the concept of digital organization of production, based on an information and communication platform for mapping processes using the developed method of production mapping. Areas of application of industrial cartography are virtual digital analogue of the sales market for goods and services, virtual digital analogue of product manufacturing, virtual digital analogue of document circulation.

Keywords: organization of production, digital economy, information and communication mapping, industrial cartography.

**РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ
ПО СТРАТЕГИЧЕСКОМУ ПЛАНИРОВАНИЮ
ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ
ПОДСИСТЕМЫ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА
РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА АО «КВАРТ» (КАЗАНЬ)**

А.И. Шинкевич, М.Е. Надеждина, М.В. Шинкевич

Выявлено узкое место в производственном цикле АО «КВАРТ» (Казань). Сформулированы рекомендации по улучшению организации производства на предприятии с применением инструментов цифровизации.

Ключевые слова: качество сырья, цифровизация производственного процесса, облачные технологии, интернет вещей, облачная инфраструктура.

**DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR STRATEGIC PLANNING
OF DIGITAL DEVELOPMENT OF THE SUBSYSTEM OF PREPARING
THE PRODUCTION OF RUBBER PRODUCTS AT JSC “QUART” (KAZAN)**

A.I. Shinkevich, M.E. Nadezhdina, and M.V. Shinkevich

The article examines the identification of a bottleneck in the production cycle of JSC “QUART” (Kazan) and further formulates recommendations for improving the organization of production at the enterprise using digitalization tools.

Keywords: quality of raw materials, digitalization of the production process, cloud technologies, internet of things, cloud infrastructure.

УДК 621.396.677.3

МЕТОД МУЛЬТИФОКУСИРОВКИ В ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТКАХ

Д.А. Веденькин

Рассмотрен метод фокусировки, при котором каждый элементарный излучатель антенной решетки работает в режиме многочастотного излучения. Выявлены определенные преимущества в сравнении с методом одночастотной фокусировки. Разработана математическая модель многочастотной антенной решетки, получены необходимые результаты, приведены соответствующие графики.

Ключевые слова: антенная решетка, мультифокусировка, напряженность электромагнитного поля.

DEVELOPMENT OF A MULTIFOCUSING METHOD BASED ON MULTIFREQUENCY RADIATION

D.A. Vedenkin

In this paper, a focusing method is considered, in which each elementary radiator of the antenna array operates in the mode of multifrequency radiation. A definite advantage over the single-frequency focusing method has been revealed. A mathematical model of a multifrequency antenna array is developed, the necessary results are obtained and the corresponding graphs are given.

Keywords: antenna array, multifocusing, electromagnetic field strength.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИН СЛОЕВ ОПТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ВЫПУКЛЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ СФЕРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Р.Р. Галиев, И.Х. Нагимов, М.Х. Азаматов, И.З. Нуруллин

Проведено исследование конденсата пленкообразующих веществ на выпуклой поверхности сферической подложки. Выведены выражения для расчета толщин покрытий. Рассмотрены условия прерывания процесса конденсации пленкообразующих веществ при двойном вращении подложки.

Ключевые слова: область спектра, спектральная характеристика, интерференционный фильтр, пленкообразующее вещество.

A STUDY ON THE UNEVEN DISTRIBUTION OF OPTICAL COATING LAYER THICKNESSES ON CONVEX SURFACES OF SPHERICAL PARTS

R.R. Galiev, I.Kh. Nagimov, M.Kh. Azamatov, and I.Z. Nurullin

This paper covers a study of a film-forming substance condensate on the convex surface of a spherical substrate. It derives the formulae for calculating the thicknesses of the coatings and examines the conditions of interrupting the condensation process of film-forming substances under double rotation of the substrate.

Keywords: spectral region, spectral characteristics, interference filter, film-forming substance.