

СОДЕРЖАНИЕ

А.Л.Небера, А.В.Лизунов, А.А.Семенов

ТАНТАЛОВЫЕ ПОРОШКИ С НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ: ПОЛУЧЕНИЕ, СВОЙСТВА, ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 121

Методами просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии исследованы нанокристаллические порошки тантала с различной удельной поверхностью, полученные по технологии АО «ВНИИНМ». Порошки состоят из частиц величиной от 1 до 100 мкм, имеющих пористую структуру, сформированную кристаллитами. Размер кристаллитов составляет от 10 до 100 нм. Из первичных нанокристаллических порошков тантала, изменяя режимы агломерации и деоксидирования, получили порошки конденсаторного класса с удельной емкостью от 10 тыс. до 150 тыс. мкКл/г. Таким образом, нанокристаллические порошки тантала, изготовленные по технологии АО «ВНИИНМ», являются универсальными для получения высокоемких конденсаторных порошков всех классов (с. 121–126; ил. 8).

С.А.Фирстов, В.Ф.Горбань, Н.А.Крапивка, Э.П.Печковский, М.В.Карпец

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИТЫХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ЭКВИАТОМНЫХ ДВУХФАЗНЫХ СПЛАВОВ НА КОЛИЧЕСТВЕННОЕ СООТНОШЕНИЕ СОДЕРЖАЩИХСЯ В НИХ ПОЛИКОМПОНЕНТНОЙ ФАЗЫ ЛАВЕСА C14 И ОЦК-ТВЕРДОГО РАСТВОРА ЗАМЕЩЕНИЯ 127

На шести литых пяти- и шестикомпонентных эквиатомного состава двухфазных сплавах, содержащих твердый раствор замещения с ОЦК кристаллической решеткой (ОЦК-фаза) и поликомпонентную фазу Лавеса C14 типа $MgZn_2$ (C14-фаза), изучена связь экспериментально определенного количественного соотношения этих двух фаз с расчетными значениями пяти характеристик сплавов.

Сплавы включают элементы Ti, Zr, V, Nb, Ta, Mo, Fe, Cr, Al; из их числа четыре элемента Ti-Zr-V-Nb составили базовую основу изученных сплавов, в которые поочередно вводились остальные элементы. Использованы следующие характеристики сплавов: свойства индивидуальных элементов в химическом шихтовом составе; электронная концентрация Csd; атомный радиус (отношение среднего «большого» R1 и «малого» R2 радиусов элементов сплава R1/R2); усредненная энтальпия смешения элементов в сплаве ΔH_{mix} ; суммарная энтальпия смешения элементов во всех двухкомпонентных C14-интерметаллидах в сплаве $\Sigma \Delta H_{mix}$; относительное количество двухкомпонентных C14-интерметаллидов, содержащихся в сплаве.

Показано, что каждая из этих характеристик может быть использована индивидуально для определения количества C14-фазы в изученных сплавах, однако в разной степени приближения к экспериментальному значению. Наиболее однозначная связь наблюдается для такой характеристики сплава, как относительное количество двухкомпонентных C14-интерметаллидов в сплаве.

Регулировать соотношение количества C14-фазы в пределах 10–85 масс. % в двухфазных сплавах данного типа можно как путем введения в базовый состав дополнительных элементов, способствующих формированию двухкомпонентных C14-интерметаллидов, так и элементов, способствующих формированию ОЦК-твердого раствора замещения.

На основании установленных закономерностей поведения изученных характеристик сплавов данного типа в зависимости от их химического шихтового состава, а также полученных в работе конкретных результатов о связях между экспериментально полученными и расчетными параметрами сплавов, представляется возможным прогнозировать количественное соотношение C14- и ОЦК-фаз в сплавах аналогичного состава, а также конструировать новые составы (с. 127–144; ил. 5).

А.А.Склезнев, А.Ф.Разин

БЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ С СЕТЧАТОЙ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ 145

В статье обсуждается армирование бетонных элементов конструкций композитными материалами. Рассматривается внешнее усиление бетонных колонн, замена стальной арматуры на композитную и армирование бетона сетчатыми композитными структурами. Представлены результаты экспериментального исследования бетонной колонны, армированной композитной сетчатой структурой. Несущая способность и жесткость такой колонны сопоставляются с характеристиками аналогичных бетонной и железобетонной колонн (с. 145–150; ил. 4).

Азаров А.В.

КОНТИНУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ КОМПОЗИТНЫХ СЕТЧАТЫХ ОБОЛОЧЕК, ОБРАЗОВАННЫХ СИСТЕМОЙ СПИРАЛЬНЫХ РЕБЕР 151

Статья посвящена анализу композитных сетчатых оболочек, образованных системами спиральных ребер. Рассмотрено деформирование ячейки сетчатой оболочки, состоящей из спиральных ребер, при растяжении и сдвиге и определены коэффициенты жесткости сетчатой структуры, которые могут быть использованы при расчете сетчатых оболочек на основе континуальной модели. Проведено сравнение полученных результатов с результатами конечно-элементного анализа и эксперимента. Обсуждаются возможные практические приложения композитных сетчатых конструкций, состоящих из композитных спиральных ребер (с. 151–161; ил. 7).

И.С.Деев, Г.Ф.Железина

ФРАКТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЛОИСТОГО МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИТА АЛОР ПОСЛЕ ИСПЫТАНИЙ НА ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ 162

Проведен фрактографический анализ слоистого металлополимерного композита алор на основе однонаправленной ленты из волокон СВМ и эпоксидно-каучукового пленочного клея ВК-41 после испытаний на трещиностойкость по моде I (в условиях отрыва) и моде II (в условиях сдвига). Показано влияние предварительной деформации на растяжение отвержденного композита на фрактографические особенности межслойного разрушения при испытаниях на трещиностойкость. Обнаружено, что с увеличением степени предварительного пластического деформирования изменяется характер поверхности разрушения композита алор и повышается его трещиностойкость на отрыв и сдвиг в 1,5 раза. Полученные данные показали, что предварительная пластическая деформация (до 0,5–1,0%) отвержденного металлополимерного композита алор может служить эффективным способом повышения его трещиностойкости (с. 162–176; ил. 8).

Р.М.Якушев, С.Н.Лысенко, С.Ю.Иваненко, Д.Э.Якушева

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ЭЛАСТОМЕРА С ХИМИЧЕСКИ СВЯЗАННЫМ НАНОАПОЛНИТЕЛЕМ 177

Получен композиционный материал, содержащий наночастицы диоксида кремния, химически связанные с полимерной матрицей. На первой стадии процесса в апротонных растворителях получена дисперсия наночастиц, стабилизированных олигомером полипропиленоксида (ППО) с малеинимидной группой на свободном конце молекулы стабилизатора. Затем дисперсионная среда заменалась на бис-аминофункциональный олигомер ППО, при этом происходило присоединение по Михаэлю аминных групп олигомера к малеинимидным группам стабилизатора, и свободными концевыми группами становились аминогруппы. Полученная дисперсия отверждалась бис-эпоксифункциональным олигомером ППО с образованием эластичного полимерного материала, в котором наночастицы служили узлами сшивки эластомера (с. 177–182; ил. 4).

Крючков В.А., Крючков М.В., Выморков Н.В., Портнова Я.М., Плясункова Л.А., Бушанский Н.В., Бушанский С.Н.

НАНОМОДИФИЦИРОВАНИЕ УГЛЕПЛАСТИКОВ ГРАНУЛИРОВАННЫМИ МНОГОСЛОЙНЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТОРУБКАМИ 183

Приведены результаты исследований по применению гранул многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ) в эпоксидном связующем для получения полимерных композиционных материалов с повышенными механическими свойствами. В качестве модельного материала был выбран композиционный материал со схемой армирования углеродного волокна, моделирующий обшивку ракеты «Протон». Показано, что применение эпоксидного связующего, наномодифицированного гранулированными многослойными углеродными нанотрубками, позволяет повысить на 30–40 % механические характеристики композиционного материала и снизить разброс характеристик прочности до 0,5 % (с. 183–190; ил. 3).

CONTENS

A.L.Nebera, A.V.Lizunov, A.A.Semenov

NANOCRYSTALLINE TANTALUM POWDERS: PRODUCTION, PROPERTIES, APPLICATION PERSPECTIVES 121

Nanocrystalline tantalum powders of various specific surface produced by SC «VNIINM» technology were studied by transmission and scanning electron microscopy. The powders consist of the particles of linear dimension varying from 1 to 100 μm , they have a porous structure and are formed by crystallites. Crystallites have the linear dimension in the range from 10 to 100 nm. The powders of a capacitor class of specific capacity from 10 000 to 100 000 $\mu\text{C/g}$ were obtained from nanocrystalline tantalum powder by agglomeration and deoxidation techniques. Nanocrystalline tantalum powders produced by SC «VNIINM» technology are a universal precursor for obtaining of high capacitor powders. (p. 121-126; fig. 8).

S.A.Firstov, V.F.Gorban, N.A.Krapivka, E.P.Pechkovsky, M.V.Karpets

INFLUENCE OF CHARACTERISTICS CAST MULTICOMPONENT EQUIATOMIC TWO-PHASE

ALLOYS ON THE QUANTITATIVE RELATION OF POLYCOMPONENT LAVES C14-PHASE

AND BCC-SUBSTITUTIONAL SOLID SOLUTION 127

On six cast five- and six-component equiatomic two-phase alloys containing a substitutional solid solution with BCC crystalline lattice (BCC-phase) and a polycomponent Laves C14-phase type MgZn_2 (C14-phase) connection of experimental certain quantitative relation of these two phases with calculation values for five characteristics of alloys is determined.

Alloys include metals Ti, Zr, V, Nb, Ta, Mo, Fe, Cr, Al; four metals Ti-Zr-V-Nb have made a base bottom of the studied alloys into which other metals were input by-turn. Following characteristics of alloys are used: properties of individual metals in chemical charge mixture composition; electron concentration Csd; atomic radius (relation of average values of atomic radiuses of metals with major radiuses R1 to that with small radiuses R2, i.e. $R1/R2$); an average enthalpy of mixture of metals in alloy ΔH_{mix} ; the total enthalpy of mixture of metals in all two-component C14-intermetallics in alloy $\Sigma \Delta H_{\text{mix}}$; the relative quantity two-component C14-intermetallics containing in an alloy. It is shown that each of these characteristics can be used individually for definition of quantity C14-phase in the studied alloys, however in a different degree of approach to the experimental values. The most unequivocal communication is observed for such characteristic of an alloy as the relative quantity two-component C14-intermetallics in an alloy.

To regulate a relation of quantity C14-phase within 10-85 mass. % in two-phase alloys of the given type it is possible as by introduction in a base composition of the additional metals promoting formation two-component C14-intermetallics, and the metals promoting formation of the BCC-substitutional solid solution.

On the basis of the determined regularities of behaviour of the studied characteristics of alloys of the given type depending on their chemical charge mixture composition, and also the concrete effects gained in operation about connects between experementally gained and settlement parametres of alloys, it is obviously possible to predict the quantitative relation C14- and BCC-phases in alloys of a similar composition and also to construct new compositions (p. 127-144; fig. 5).

A.A.Skleznev, A.F.Razin

CONCRETE STRUCTURES WITH LATTICE COMPOSITE REINFORCEMENT 145

The paper is concerned with the problem of concrete reinforcement with composites. Reinforcement located on the surface of concrete columns, utilization of composites instead of steel reinforcement and application of composite lattice structures as reinforcing elements are considered. Load-carrying capacity of the concrete column with composite lattice reinforcement is studied experimentally and compared with the corresponding characteristics of the concrete column and the column with steel reinforcement (p. 145-150; fig. 4).

Azarov A.V.

CONTINUUM MODEL OF COMPOSITE LATTICE SHELLS FORMED BY HELICAL RIBS 151

The paper is concerned with the analysis of composite lattice structures consisting of systems of helical ribs. Deformation of the lattice cell formed by helical ribs under tension and shear is studied to specify the stiffness coefficients of the lattice structure which can be used to analyze lattice shells by using a continuum model. The obtained solutions are compared with results of the finite-element analysis and experimental data. Possible practical applications of composite lattice structures formed by systems of helical ribs are discussed (p. 151-161; fig. 7).

I.S.Deev, G.F.Zhelezina

FRACTOGRAPHIC ANALYSIS LAYERED METAL - POLYMER COMPOSITES ALOR THE TEST

FOR FRACTURE TOUGHNESS 162

Fractographic analysis of layered metal-polymeric composite ALOR based on unidirectional tape of SVM fibers and epoxy-rubber adhesive film VK-41 after fracture toughness tests in the mode I (in terms of separation) and mode II (in a shift). Shows the effect of pre-strain in tension of hardened composite fractographic features interlayer fracture when tested on crack. It is found that with increasing degree of preliminary plastic deformation changes the character of the fracture surface of the composite ALOR increases its fracture toughness and the peel and shear 1.5. The findings showed that the preliminary plastic deformation (0.5 - 1.0%) of hardened metal-polymer composite ALOR can be an effective way to improve its fracture toughness (p. 162-176; fig. 8).

R.M.Yakushev, S.N.Lysenko, S.Y.Ivanenko, D.E.Yakusheva

PREPARATION OF ELASTOMER NANOCOMPOSITE WITH CHEMICALLY BONDED NANOFILLER 177

A polymer composite containing silica nanoparticles, chemically bonded to a polymer matrix was prepared. First, the dispersion of nanoparticles, stabilized by polyoxypropylene oligomer (PPO) with maleimide group at the free end of a molecule, in aprotic solvents was obtained. Then, the dispersion medium was replaced with bis-amino functional oligomer PPO. This was accompanied by Michael addition of amine groups to maleimide groups of the oligomer stabilizer and amino groups became free terminal ones. This dispersion was cured by bis-epoxy oligomer PPO to form a flexible polymer material with nanoparticles as elastomer crosslinking nodes (p. 177-182; fig. 4).

Krychkov V. A., Krychkov M. V., Vymorkov N.V., Portnova Y.M., Plyasunkova L.A., Bushansky N.V., Bushansky S.N.

NANOMODIFICATION OF CARBON FIBRE REINFORCED POLYMERS BY GRANULATED

MULTILAYER CARBON NANOTUBES 183

There are considered experimental results on introducing granules of multi-walled nanotubes (MWCNT) in an epoxy binder to obtain a fibre reinforced polymer with enhanced mechanical properties. A composite with reinforcing pattern simulating a shell structure of Proton rocket. It has been shown that using epoxy binder nanomodified by MWCNT allows enhancing mechanical characteristics of the composite and reducing the strength scatter down to 0.5 % (p. 183-190; fig. 3).