

Композиты и наноструктуры (Composites and Nanostructures)

Научно-технический журнал

<http://www.issp.ac.ru/journal/composites>

ISSN 1999-7590

Издаётся с 2009 г.

Главный редактор профессор С.Т. Милейко

Редакционная коллегия

Алымов М.И., чл.-корр. РАН; Андриевский Р.А., проф.; Аннин Б.Д. академик; Бахвалов Ю.О., д-р. техн. наук;
Викулин В.В., проф.; Георгиевский Д.В., проф.; Глезер А.М. проф.; Колобов Ю.Р. проф.; Костиков В.И. чл.-корр. РАН;
Куперман А. М., проф.; Лурье С.А., проф.; Патлажан С.А., проф.; Победря Б.Е. проф.; Сапожников С.Б., проф.;
Севастьянов В. Г. чл.-корр. РАН; **Серебряков А.В., проф.**; Сороина Т.Г., канд. техн. наук;
Столин А.М., проф.; Шмотин Ю.Н., канд. техн. наук

Редакционный совет

Л.Р. Вишняков, проф.(Украина); С.В. Ломов, проф. (Бельгия); A.R. Bunsell, проф. (Франция); K.K. Chawla, проф. (США);
T-W Chou, проф. (США); Sh. Du, проф. (КНР); T. Ishihara, д-р (Япония); **A. Kelly, проф.(Англия)**;
A. Kayama, проф. (Япония); W.M. Kriven, проф. (США); L.M. Manocha, проф. (Индия); V.M Olera, проф. (Испания);
H. Schneider, проф. (Германия); K. Schulte, проф. (Германия); G.C. Sih, проф. (США); M. Singh, д-р (США);
H.D. Wagner, проф. (Израиль)

Учредители:

ИФТТ РАН;

ООО «Научно-техническое предприятие
«Вираз-Центр»

Редакция:

ИФТТ РАН

Россия, 142432, г. Черноголовка

Московской обл.

Тел./Факс: +7(49652)22493

<http://www.issp.ac.ru>

Ведущий редактор: Н.А.Прокопенко

Издательство: ООО НТП «Вираз-Центр»

Россия, 105264, Москва,

ул. Верхняя Первомайская, д. 49, корп. 1 офис 401.

Почтовый адрес: Россия, 105043, Москва, а/я 29

Тел.: 7 495 780-94-73

<http://www.machizdat.ru>

e-mail: virste@dol.ru

Директор журнала: М.А.Мензулов

Вёрстка: А.А.Мензулов

Отпечатано: ООО «РПЦ ОФОРТ» г. Москва,

пр-кт Будённого, 21

Заказ №

Тираж 100

Цена – договорная

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации № ФС77-33449 от 08.10.2008.

Авторы опубликованных материалов несут полную ответственность за достоверность приведённых сведений, а также за наличие в них данных, не подлежащих открытой публикации. Материалы рецензируются.

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале, осуществляются только с разрешения редакции.

На первой стр. обложки: Рис. 1. Микроструктура нелегированного титана (BT1-0) после воздействия пластической деформацией методом поперечно-винтовой прокатки в сочетании с продольной прокаткой. Просвечивающая электронная микроскопия.

Из статьи: СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО РЕЛЬЕФА α - И β -ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ФЕМОСЕКУНДНОМ ЛАЗЕРНОМ ОБЛУЧЕНИИ

Composites and Nanostructures

<http://www.issp.ac.ru/journal/composites/>

ISSN 1999-7590

Editor-in-Chief
Professor Sergei T. Mileiko

Editorial Board

Professor M.I. Alymov (Russia); Professor R.A. Andriyevskii (Russia); Professor B.D. Annin (Russia);
Dr Yu.O. Bakhvalov, (Russia); Professor A.R. Bunsell (France); Professor K.K. Chawla (USA); Professor T-W Chou (USA);
Dr T. Ishihara (Japan); Professor Sh. Du (China); Professor D.V. Georgievskii (Russia); Professor A.M. Gleser (Russia);
Professor A. Kelly (UK); Professor A. Kayama (Japan); Professor Yu.R. Kolobov (Russia); Professor V.I. Kostikov (Russia);
Professor W.M. Kriven (USA); Professor A.M. Kuperman (Russia); Professor S.V. Lomov (Belgium);
Professor S.A. Lurie (Russia); Professor L.M. Manocha (India); Professor V.M. Orera (Spain); Professor S.A. Patlazhan (Russia);
Professor B.E. Pobyedrya (Russia); Professor S.B. Sapozhnikov (Russia); Professor H. Schneider (Germany); Dr
Shmotin Yu. N. (Russia); Dr T.G. Sorina (Russia); Professor A.M. Stolin (Russia); Professor K. Schulte (Germany);
Professor A.V. Serebryakov (Russia); Professor V.G. Sevastyanov (Russia); Professor G.C. Sih (USA); Dr M. Singh (USA);
Professor V.V. Vikulin (Russia); Professor L.R. Vishnyakov (Ukraine); Professor H.D. Wagner (Israel)

Established by:

Solid State Physics Institute
Russian Academy of Sciences
(ISSP RAS)
and
Science Technical Enterprise
«Virag-Centre» LTD

ISSP RAS:

2, Institutskaya str., Chernogolovka, Moscow district., Russia,
142432

Tel./Fax: +7(49652)22493

<http://www.issp.ac.ru/journal/composites/>

Editor: Nelli Prokopenko

Publishing House:

STE Virag-Centre LTD
49/1, Verchnyaya Pervomayskaya str., Moscow,
Russia, 105043.
Phone: 7 495 780 94 73
<http://www.mashizdat.ru>

Director of journal

M.A. Menzullov

Making-up

A.A.Menzullov

Photo on the cover: Fig. 1. TEM - micrograph of pure titanium (VTI-0) after plastic deformation by the method that combines helical and longitudinal rolling. Transmission electron microscopy

A COMPARATIVE STUDY OF FEATURES OF THE NANOSTRUCTURING SURFACE RELIEF OF α - AND β -TITANIUM ALLOYS UNDER PULSED FEMTOSECOND LASER IRRADIATION

СОДЕРЖАНИЕ

С.А.Фирстов, В.Ф.Горбань, Н.А.Крапивка, Э.П.Печковский, А.Л.Еременко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕХОДА К ДИФфуЗИОННЫМ МЕХАНИЗМАМ ДЕФОРМАЦИИ
В ОДНОФАЗНЫХ ОЦК-ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВАХ ЭКВИАТОМНОГО СОСТАВА 125

Для многокомпонентных однофазных высокоэнтروпийных сплавов эквивалентного состава с ОЦК кристаллической решеткой (ОЦК-ВЭСов), подвергнутых кратковременному индентированию в интервале температур 20-900 °С, на основе анализа полученных экспериментальных данных и сопоставления их с расчетными данными установлено следующее. Имеется соответствие между знаком интегральной энтальпии смещения элементов сплава ΔH (положительная или отрицательная) и гомологической температурой перехода к диффузионным механизмам деформации $T_{\text{гом}} = T_{\text{дифф}}/T_{\text{сол}}$ (здесь $T_{\text{дифф}}$ и $T_{\text{сол}}$ – абсолютные значения температур, соответственно, перехода к диффузионным механизмам деформации и температуры солидуса сплава). Для сплавов с $\Delta H \geq 0$ величина $T_{\text{гом}} < 0,5$; для сплавов с $\Delta H < 0$ величина $T_{\text{гом}} \approx 0,5$, т. е. $T_{\text{дифф}}/T_{\text{сол}} \approx 0,5$. Это экспериментально установленное соотношение для сплавов с отрицательной интегральной энтальпией смещения позволяет рассчитать температуру перехода к диффузионным механизмам деформации $T_{\text{дифф}}$ с использованием только одной величины – температуры солидуса: $T_{\text{дифф}} \approx 0,5 \cdot T_{\text{сол}}$. При этом величина $T_{\text{сол}}$ сплава может быть определена не только экспериментально, но и предложенным в работе способом. Величину температуры перехода к диффузионным механизмам деформации $T_{\text{дифф}}$ следует рассматривать как область температур, ниже которой преобладают дислокационные механизмы деформации, выше – диффузионные. (с. 125–136; ил. 4).

А.С.Смолянский, В.А.Загайнов, Ю.Г.Бирюков, Э.П.Магомедбеков, О.Г.Степанова, Л.И.Трахтенберг

СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА СЛОЕВ НАНО-/МИКРОЧАСТИЦ СЕРЕБРА, СИНТЕЗИРОВАННЫХ
НА ПОВЕРХНОСТИ ЯДЕРНЫХ ФИЛЬТРОВ МЕТОДОМ АЭРОЗОЛЬНОГО НАПЫЛЕНИЯ 137

Разработано научно-техническое обоснование метода получения слоев нано-микроструктур серебра на поверхности ядерных фильтров посредством пропускания аэрозоля нано-микро частиц серебра сквозь поры мембраны. Изготовлены экспериментальные образцы ядерных фильтров, модифицированных нано-микроструктурами серебра и проведено исследование строения слоев нано-микроструктур серебра методами растровой электронной и атомно-силовой микроскопии. Установлено, что с увеличением концентрации частиц серебра в аэрозоле от $\sim 10^5$ до $4 \cdot 10^6$ см⁻³ происходит изменение строения покрытия из нано-микроструктур серебра от островковой пленки, состоящей из изолированных сферических частиц серебра размером от 20 до 200 нм, до образования фрагментов сплошного покрытия на поверхности подложки толщиной до $\sim 0,3 - 0,5$ мкм. Сделан вывод о протекании интенсивных процессов коагуляции нано-микрочастиц серебра, осевших из аэрозоля на поверхность ядерного фильтра, которые приводят к образованию нано-микроструктур разнообразной формы и размеров (с. 137–147; ил. 7).

С.И.Кудряшов, О.А.Голосова, А.Ю.Колобова, Ю.Р.Колобов, Е.В.Голосов

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО
РЕЛЬЕФА α - И β -ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ФЕМТОСЕКУНДНОМ
ЛАЗЕРНОМ ОБЛУЧЕНИИ 148

С использованием атомно-силовой и структурной электронной микроскопии проведено сравнительное экспериментальное исследование влияния фемтосекундного лазерного облучения с различной поверхностной плотностью энергии и числе падающих импульсов $N = 80, 400, 300$, длиной волны $\lambda = 1030$ нм и длительностью импульса $\tau \approx 100$ фс на изменение топографии (формирование мультимасштабного поверхностного рельефа) поверхности низкомодульного титанового β -сплава Ti–26Nb–8Mo–12Zr и наноструктурированного технически чистого α -титана марки ВТ1–0. Установлено, что в результате воздействия фемтосекундного лазерного облучения на поверхность низкомодульного титанового β -сплава формируются квазипериодические наноструктуры, субволновые периоды которых лежат в диапазоне 0,4–0,8 мкм. Для сплава системы Ti–Nb–Mo–Zr период формируемой на поверхности нанорешетки уменьшается с ростом плотности энергии и превышает соответствующие значения для легированного титана (с. 148–157; ил. 4).

Токарева И.В., Мишаков И.В., Ведягин А.А., Корнеев Д.В., Петухова Е.С., Саввинова М.Е.

МОДИФИЦИРОВАНИЕ УГЛЕВОЛОКОН ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ ТРУБНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА ПЭ80Б 158

Методом каталитического пиролиза углеводородов проведено наноструктурирование поверхности углеродных волокон. Модифицированные углеволокна (МУВ) характеризуются удельной поверхностью в 25 раз большей, чем поверхность исходного макроволокна. Методами сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии изучены структура и морфология слоя углеродных нановолокон на поверхности углеволокна. Показано, что введение МУВ в состав трубного полиэтилена позволяет улучшить его физико-механические характеристики (увеличение предела текучести на 23% и повышение модуля упругости на 34%) (с. 158–167; ил. 5).

С.Б.Сапожников, М.В.Жихарев

ТИПЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ ТКАНЕВОГО СТЕКЛОПЛАСТИКА И РЕМОНТ РАССЛОЕНИЙ ПОСЛЕ
НИЗКОСКОРОСТНОГО УДАРА 168

Проведены баллистические испытания тонких стеклопластиковых пластин. Для этой цели был разработан и изготовлен настольный стенд, позволяющий ускорять стальную сферу диаметром 8 мм до 700 м/с, используя энергию стандартного монтажного патрона. Отмечены сквозные повреждения (высокоскоростной удар) и расслоение (низкоскоростной удар) с минимальным повреждением наружного слоя. Для ремонта расслоений предложено выполнять сквозные сверления малого диаметра в зоне расслоения и использовать ультразвуковой возбудитель для интенсификации заполнения пустот полимерной матрицей. Прочность при сжатии после удара и ремонта составляет 80-90% от исходной (с. 168–175; ил. 8).

Антюфеева Н.В., Алексашин В.М., Столянков Ю.В.

СОВРЕМЕННОЕ МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕРМОАНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ И ПРЕПРЕГОВ 176

Современные многофункциональные термоаналитические комплексы, оснащенные вычислительной техникой, по своей сути являются мобильными лабораториями. Они способны решать самые разнообразные материаловедческие и технологические задачи, как в прикладных научных исследованиях, так при контроле качества продукции, поставляемой производственным предприятиям. Основные требования, предъявляемые к методикам анализа в условиях производства, – высокие точность и производительность экспериментальных работ, а также объективность при оценке результатов исследования. С помощью современных экспериментальных методов исследования показаны возможности определения важнейших технологических параметров процессов, протекающих при формировании полимерных композиционных материалов на основе термореактивных полуфабрикатов (с. 176–184; ил. 6).

CONTENS

S.A. Firstov, V.F. Gorban, N.A. Krapivka, E.P. Pechkovsky, A.L. Erelenko

ESTIMATION OF TRANSITION TEMPERATURE TO DIFFUSION DEFORMATION MECHANISMS IN SINGLE-PHASE BCC- HIGH ENTROPY ALLOYS OF EQUIATOMIC COMPOSITION 125

An analysis of the experimental data obtained by short-time indentation tests at temperatures from 20 to 900 °C of multicomponent single-phase high-entropy alloys of equiatomic composition with BCC crystalline lattice (BCC-HEAs) together with corresponding calculations allows formulating important conclusions.

There is a correspondence between sign of integrated enthalpy of mixture of elements for alloy ΔH (positive or negative) and homologous temperature of transition to diffusion deformation mechanisms $T_{hom} = T_{diff} T_{sol}$ (here T_{diff} and T_{sol} - absolute values of temperatures, respectively, transition to diffusion deformation mechanisms and solidus temperature of alloy). For alloys with $\Delta H = 0$ value $T_{hom} < 0,5$; for alloys with $\Delta H < 0$ value $T_{hom} \approx 0,5$, i.e. $T_{diff}/T_{sol} \approx 0,5$. This experimentally established ratio for alloys with negative integrated mixture enthalpy allows to calculate temperature transition to diffusion deformation mechanisms T_{diff} with use only one value - solidus temperature: $T_{diff} \approx 0,5 \cdot T_{sol}$. Thus value T_{sol} of an alloy can be determined not only experimentally, but also the way suggested in this work.

A value of temperature transition to diffusion deformation mechanisms T_{diff} represent actually a certain interval of temperatures, is lower which prevail dislocation deformation mechanisms, is higher - diffusion (p. 125-136; fig. 4).

A.S.Smolyanskii, V.A.Zagaynov, Yu.G.Biryukov, E.P.Magomedbekov, O.G.Stepanova, L.I.Trakhtenberg

THE STRUCTURAL PROPERTIES OF THE LAYERS OF SILVER NANO- /MICROPARTICLES, SYNTHESIZED ON THE SURFACE OF NUCLEAR FILTERS BY THE METHOD OF AEROSOL SPRAYING 137

A scientific and technical feasibility of the method of obtaining layers of nano-microstructured silver on the surface of nuclear filters by passing the aerosol nano-micro particles of silver through the pores of a membrane has been developed. Experimental samples of nuclear filters modified nano-microstructured silver have been prepared, and a study of structure of the layers of nano-microstructured silver by scanning electron and atomic force microscopy has been carried out. It is found that increasing of the silver particle concentration in the aerosols from 10^5 to $4 \cdot 10^6$ cm⁻³ yields a change in the structure of the coating of nano-microstructures of silver from islet film consisting of isolated spherical silver particles ranging in size from 20 to 200 nm to the formation of solid fragments on the surface of the substrate of a thickness up to ~ 0.3 to 0.5 μ m. It is concluded that the intense processes of coagulation of the silver nano- and microparticles deposited from the aerosol that leads to formation of silver nano-and microstructures of various shapes and sizes occurred on the surface of nuclear filters (p. 137-147; fig. 7).

S.I. Kudryashov, O.A. Golosova, A.Yu. Kolobova, Yu.R. Kolobov, E.V. Golosov

A COMPARATIVE STUDY OF FEATURES OF THE NANOSTRUCTURING SURFACE RELIEF OF α - AND β -TITANIUM ALLOYS UNDER PULSED FEMTOSECOND LASER IRRADIATION 148

A comparative experimental study of the influence of femtosecond laser irradiation with various surface energy densities (0,74; 1; 2,5 J/cm² and the number of pulses ($N = 80, 400, 300$), wavelength $\lambda = 1030$ nm and pulse duration $\tau \approx 100$ fs on a change in the surface topography of low modulus titanium β -alloy Ti-26Nb-8Mo-12Z and nanostructured commercially pure δ -titanium VT1-0 was carried out using atomic force and scanning electron microscopy.

It is shown that quasi-periodic nanostructures with characteristics sizes of 0.4 to 0.8 microns are formed in the specimen surface as a result of the irradiation. For the titanium alloy, the nanolattice period decreases when the energy density increases; this value for the alloy is larger than that for pure titanium (p. 148-157; fig. 4).

Tokareva I.V., Mishakov I.V., Vedyagin A.A., Korneev D.V., Petuhkova E.S., Savvinova M.E.

MODIFICATION OF CARBON FIBERS FOR REINFORCING PIPE POLYETHYLENE 158

Modification of carbon fiber surface was carried out via catalytic chemical vapor deposition technique. It was found that modified carbon fibers (MCF) are characterized by the surface area 25 times higher than that of original samples. Structure and morphology of carbon nanofiber layer were investigated using scanning and transmission electron microscopy.

It was shown that reinforcing pipe polyethylene with MFC leads to improve in physico-mechanical characteristics of polymer composite (both tensile strength and elastic modulus were increased up to 23 % and 34 %, respectively) (p. 158-167; fig. 5).

S.B.Sapozhnikov, M. V.Zhikharev

TYPES OF DAMAGE OF WOVEN GFRP AND REPAIR OF LOW VELOCITY IMPACT DELAMINATIONS 168

A experimental study of ballistic impact on thin GFRP plates (plain glass fabric with epoxy matrix) with various velocities. There was designed and made a table-top facility for accelerating steel ball of a diameter of 8 mm up to 700 m/s by using energy of standard dowel hammering cartridge. There were observed crosscutting damage at high velocity impact and delamination with minimal damage of outer layer fibers at low velocity impact. To repair delamination it was suggested to drill small holes within the delamination zone and use ultrasound exciter to intensify liquid matrix impregnation. Compression strength of a plate after repair occurs to be 80-90% of the original value (p. 168-175; fig. 8).

Natalia V. Antyufeeva, Valery M. Aleksashin, Yury V. Stolyankov

MODERN THERMAL ANALYSIS TEST METHOTOLOGY OF PREPREGS AND POLYMER COMPOSITES THEREOF ... 176

As a matter of fact modern computerized multifunction thermal analysis equipment is real mobile laboratories. They are capable to solve a large variety of technological and material science problems, in applied scientific research works, as well as in product inspection. In industrial production environment the thermal analysis test methods must ensure not only high accuracy, but it must be productive enough and provide objective results. In the present article there disclosed some peculiarities of the thermal analysis test methods providing actual process-dependent parameters of fiber reinforced of thermosetting resin consolidation (p. 168-175; fig. 6).