

Композиты и наноструктуры (Composites and Nanostructures)

Научно-технический журнал

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

ISSN 1999-7590

Издаётся с 2009 г.

Учредители:

ИФТТ РАН

ООО «Научно-техническое предприятие

«Выраж-Центр»

Редакция: ИФТТ РАН

Россия, 142432, г. Черноголовка Московской обл.

Тел./Факс: +7(49652)22493

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

Ведущий редактор: Нелли Анатольевна Прокопенко

Издательство:

ООО НТП «Выраж-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.Мензуллов

Вёрстка

А.А.Мензуллов

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. 7. Каркас солнечной батареи. Рис. 12. Композитная панель шумоглушения авиадвигателя SaM-146.

РОССИЙСКИЙ ЦЕНТР КОМПЕТЕНЦИИ ПО РАЗРАБОТКЕ И ПРОИЗВОДСТВУ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Главный редактор

С.Т. Милейко

д-р техн. наук, проф., ИФТТ РАН, Россия

Редакционная коллегия

М.И. Алымов

чл.-корр. РАН, ИМЕТ РАН, Россия

Р. А. Андриевский

д-р физ.-мат. наук, ИПХФ РАН, Россия

Ю.О. Бахвалов

д-р техн. наук, ГКНПЦ им. Хруничева, Россия

С.И. Бредихин

д-р физ.-мат. наук, ИФТТ РАН, Россия

Л.Р. Вишняков

д-р техн. наук, ИПМ НАНУ, Украина

В. В. Видулин

проф., ФГУП ОНПП «ТЕХНОЛОГИЯ»

В.М. Кийко

канд. техн. наук, ИФТТ РАН, Россия

Ю.Р. Колобов

д-р физ.-мат. наук, проф., БелГУ, Россия

В.И. Костиков

чл.-корр. РАН, МИСИС, Россия

А.М. Куперман

д-р техн. наук, ИХФ РАН им. Н.Н. Семёнова, Россия

С.А. Лурье

д-р физ.-мат. наук, ВЦ РАН, Россия

Б.Е. Победра

д-р физ.-мат. наук, проф., МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия

В.Г. Севастьянов

д-р хим. наук, ИОНХ РАН, Россия

А.В. Серебряков

д-р техн. наук, проф., ИФТТ РАН, Россия

A.R. Bunsell

проф., Франция

K. Chawla

проф., США

T-W. Chou

проф., США

George C. Sih

проф., США

Shanyi Du

проф., Китай

T. Ishihara

проф. Япония

A. Kelly

проф., Великобритания

A. Koyama

проф. Япония

W.M. Kriven

проф., США

L.M. Manocha

проф., Индия

V.M. Orera

проф., Испания

H. Schneider

проф., Германия

K. Schulte

проф., Германия

M. Singh

проф., США

H.D. Wagner

проф., Израиль

Composites and Nanostructures

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

ISSN 1999-7590

Editor-in-Chief:

Professor **S.T. Mileiko**,
Institute of Solid State Physics of RAS, Russia

Editorial Board:

Professor **M.I. Alymov**

A.A. Baikov

Institute of Metallurgy and Materials Science of RAS, Russia

Professor **R. A. Andriyevskii**

Institute of Problem of Chemical Physics of RAS, Russia

Dr **Yu.O. Bakhvalov**

Khrunichyev State Research and Production Space Center, Russia

Dr **S.I. Bredikhin**

Institute of Solid State Physics of RAS, Russia

Professor **A.R. Bunsell**

Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, France

Professor **K. Chawla**

University of Alabama, USA

Professor **T-W. Chou**

University of Delaware, USA

Professor **T. Ishihara**

Japan

Professor **Shanyi Du**

Harbin Institute of Technology, China

Professor **A. Kelly**

University of Cambridge, UK

Dr **V.M. Kiiko**

Institute of Solid State Physics of RAS, Russia

Professor **A. Koyama**

Kyoto University, Japan

Professor **Yu.R. Kolobov**

Belgorod State University, Russia

Professor **V.I. Kostikov**

State Technological University «Moscow Institute of Steel and Alloys»,
Russia

Professor **W.M. Kriven**

The University of Illinois at Urbana-Champaign, USA

Dr **A.M. Kuperman**

Institute of Chemical Physics of RAS, Russia

Professor **S.A. Lurie**

Dorodnicyn Computing Centre of RAS, Russia

Professor **L.M. Manocha**

Sardar Patel University, India

Professor **V.M. Orera**

Instituto de Ciencia de Materiales, Spain

Professor **B.E. Pobyedrya**

Lomonosov Moscow State University, Russia

Professor **H. Schneider**

Institute of Crystallography, University of Koeln, Germany

Professor **K. Schulte**

Technical University Hamburg – Hamburg, Germany

Professor **George C. Sih**

Lehigh University, Bethlehem, USA

Professor **A.V. Serebryakov**

Institute of Solid State Physics of RAS, Russia

Professor **V.G. Sevastyanov**

Institute of General and Inorganic Chemistry of RAS, Russia

Dr **M. Sing**

NASA Glenn Centre, USA

Professor **V.V. Vikulin**

FSUE ORPE «TEKNOLOGIYA» State Research Centre of the Russian
Federation, Russia

Dr **Leon Vishnyakov**

Frantsevich Institute for Problems of Materials Science, Ukrain

Professor **H.D. Wagner**

Weizmann Institute of Science, 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, 105264.

Phone: 7 495 780 94 73

<http://www.mashizdat.ru>

Director of journal

M.A. Menzullov

Making-up

A.A.Menzullov

*Subscriptions: please apply to one of the partners
of JSC «MK-Periodica» in your country or to JSC
«MK-Periodica» directly:*

39, Gilyarovsky Street, Moscow Russia, 129110;

Tel: +7(495) 681-9137, 681-9763;

Fax +7(495) 681-3798

E-mail: info@periodicals.ru

<http://www.periodicals.ru>

(Inquire Komposity i nanostructurey)

Photo on the cover: Fig. 7. Solar cell carrier. Fig. 12. Composite
material sound suppression panel for SaM-146 engine.

RUSSIAN COMPETENCE CENTRE FOR AEROSPACE POLYMER
COMPOSITE STRUCTURES DEVELOPMENT AND PRODUCTION

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----------|
| М.И.Алымов, В.С.Шустов, А.С.Устюхин, Е.В.Евстратов СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ КАЧЕСТВОМ НАНОПОРОШКОВ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ МЕТОДОВ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ | 5 |
|---|----------|

В настоящее время разработано множество методов синтеза нанопорошков (НП), при этом совокупное мировое производство нанопорошков превосходит более 100 тысяч тонн в год. Данная статья представляет результаты сравнения методов получения НП по производительности и качеству порошка. Под качеством порошка понимается его дисперсность, наличие примесей и агломератов, а производительностью метода считаем массу порошка, которую можно произвести на одной установке за 1 ч. (с. 5-9; ил. 1).

| | |
|---|-----------|
| Р.С.Зиновьев, С.Б.Сапожников, А.В.Безмельницын ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ И ЖЕСТКОСТИ ВКЛАДЫШЕЙ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА | 10 |
|---|-----------|

В работе предложены расчётно-экспериментальные методы оценки трансверсальных и сдвиговых прочностных характеристик намоточных стеклопластиков в изделиях на примере толстостенных вкладышей (колец) подшипников скольжения. Метод конечных элементов для таких анизотропных колец с учетом осевой симметрии оказался удобным для оценки прочностных характеристик с использованием данных о нагрузках разрушения и модах. Неразрушающий метод (виброакустика) предложен в качестве непрямого контроля прочности и жесткости без специального приготовления образцов. Собственные частоты свободных колебаний являются очень чувствительными к вариации объемной доли волокон, полноте отверждения связующего, присутствию трещин расслоения и пр. (с. 10-18; ил. 7).

| | |
|---|-----------|
| О.Н.Комиссар, А.К.Хмельницкий РОССИЙСКИЙ ЦЕНТР КОМПЕТЕНЦИИ ПО РАЗРАБОТКЕ И ПРОИЗВОДСТВУ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ | 19 |
|---|-----------|

В краткой статье описывается материаловедческий задел, который может служить основой для разработки композитов, работающих в перспективных высокотемпературных ядерных реакторах с тяжёлыми жидкометаллическими теплоносителями (с. 19-25; ил. 13).

| | |
|--|-----------|
| С.Т.Милейко 15-ая ЕВРОПЕЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО КОМПОЗИТНЫМ МАТЕРИАЛАМ (ЕССМ-15) | 25 |
|--|-----------|

| | |
|--|-----------|
| С.А.Фирстов, В.Ф.Горбань, Н.А.Крапивка, Э.П.Печковский, М.В.Карпец, С.С.Пономарев, В.А.Ковыляев РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛИТЫХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ ОДНОФАЗНЫХ СПЛАВАХ С ОЦК КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКОЙ | 48 |
|--|-----------|

На основании известных и полученных в настоящей работе экспериментальных данных по изучению распределения элементов в литых многокомпонентных однофазных высокоэнтروпийных сплавах с ОЦК кристаллической решеткой показано, что по результатам электроннозондового рентгеноспектрального микроанализа (разрешающая способность составляла 2-4 мкм) усредненные значения концентрации элементов в твердом растворе замещения очень близки к таковым шихтового состава. Другими словами, можно считать, что такие сплавы после кристаллизации практически сохраняют соответствие ОЦК кристаллической структуре и величину энтропии смешения, которые были заданы при их конструировании. Благодаря высокой энтропии твердых растворов изготовленные сплавы обладают возможностью при последующем нагреве сохранять фазовый состав и структурное состояние, а значит, и механические свойства до более высоких температур, чем многокомпонентные однофазные ОЦК-сплавы такого же качественного состава, которые по количественному соотношению элементов не соответствуют высокоэнтропийным сплавам, у которых содержание одного элемента превышает 35-40 атомных %.(с. 48-64 ил. 4).

CONTENS

| | |
|--|----------|
| M.I.Alymov, V.S.Shustov, A.S.Ustuhin, E.V.Evstratov CORRELATION BETWEEN A QUALITY OF NANOPOWDERS AND PRODUCTIVITY RATER OF FABRICATION TECHNOLOGY OF THEM | 5 |
|--|----------|

At present, there are many methods for synthesis of nanopowders (NP). The cumulative world production of nanopowders exceeds more than 100 thousand tons per year. The paper presents results of a comparison of NP obtaining methods by productivity rate and powders quality. The powder quality is assumed to be dispersity, presence of impurity and agglomerates. Productivity rate of the method is considered as the mass of powder, which can produced by one unit per 1 hour (p. 5-9; fig. 1).

| | |
|---|-----------|
| R.S.Zinoviev, S.B.Sapozhnikov, A.V.Bezmelnitsyn EVALUATION OF STRENGTH AND STIFFNESS OF JOURNAL BEAING'S GFRP BUSHINGS | 10 |
|---|-----------|

Numerical and experimental methods for evaluation of transversal shear strength characteristics of wound glass-fabric reinforced plastics were developed for thick-walled bushings of journal bearings. An application of FEA for anisotropic structures with cylindrical symmetry such as bushings of bearings is suitable for finding the stress state and strength of material with the use of information on load and mode of failure.

A vibroacoustic method as NDT for the indirect test of bearing bushing's strength and stiffness without the special sample preparation was developed. Eigenfrequencies are very sensitive to variations in volume fraction of glass fibers, quality of resin curing, presence of delamination cracks, etc. (p.10-18; fig. 7).

| | |
|---|-----------|
| O.N.Komissar, A.K.Khmelnitskiy RUSSIAN COMPETENCE CENTRE FOR AEROSPACE POLYMER COMPOSITE STRUCTURES DEVELOPMENT AND PRODUCTION | 19 |
|---|-----------|

At present, the amount of fibre reinforced polymers being used has become one of the major competitive advantages enhancing the advanced aircraft performance unattainable with the use of metals.

Obninsk Research and Production Enterprise «Technologiya» has been engaged in the development, serial production and delivery of high-tech science-intensive products from polymer composite materials for various branches of industry for more than 30 years (p. 19-25; fig. 13).

| | |
|---|-----------|
| S.T.Mileiko 15 TH EUROPEAN CONFERENCE ON COMPOSITE MATERIALS (ECCM-15) | 26 |
|---|-----------|

| | |
|--|-----------|
| S.A.Firstov, V.F.Gorban, N.A.Krapivka, E.P.Pechkovsky, M.V.Karpets, S.S.Ponomarev, V.A.Kovyljaev ELEMENT DISTRIBUTION IN AS-CAST MULTICOMPONENT HIGH-ENTROPY SINGLE-PHASE ALLOYS WITH BCC CRYSTALLINE LATTICE | 48 |
|--|-----------|

On the basis of experimental data known and those received in the concerning work the distribution of elements in as-cast multicomponent single-phase high-entropy alloys with BCC crystalline lattice, it is shown by using of electron microprobe X-ray analysis (with resoluhsion of 2 -4 microns) that the average values of element concentrations in a substitutional solid solution are very close to those of burdening composition. In other words, such alloys after crystallization practically keep conformity to BCC crystal structure and value entropy of mixing, which have been set at their designing. Due to a high value of entropy of mixing of substitutional solid solution, the alloys possess a possibility to preserve the phase structure and a structural state after the subsequent heating, and therefore, mechanical properties up to higher temperatures than multicomponent single-phase BCC-alloys of the same qualitative composition, but in a quantitative ratio they do not correspond to high-entropy alloys, containing one element exceeding 35 - 40 atomic %. (p. 48-64; fig. 4).