

**Твердофазные технологии получения изделий из политетрафторэтилена****А. М. Столин<sup>1\*</sup>, Г. С. Баронин<sup>2</sup>, П. М. Бажин<sup>1</sup>, В. М. Бузник<sup>3</sup>**<sup>1</sup> ФГБУН «Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А. Г. Мерджанова» РАН, Россия, 142432, Московская обл., г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, д. 8;<sup>2</sup> НОЦ ТамбГТУ–ИСМАН «Твердофазные технологии», Россия, 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, д. 112Е<sup>3</sup> ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов», Россия, 105005, Москва, ул. Радио, д. 17

\* Тел. +7 (496) 524 63 95. E-mail: amstolin@ism.ac.ru

**Аннотация**

В настоящей работе обсуждаются основные теоретические, экспериментальные и технологические результаты исследований твердофазных процессов плунжерной экструзии, прессования и объемной штамповки полимерных материалов на основе политетрафторэтилена. Проведена систематизация экспериментальных исследований, позволяющих сделать выводы об общих закономерностях процесса формования и связанного с ним процесса структурообразования в материалах. Предлагается реологический подход к нахождению оптимальных условий прессования полимерных порошковых заготовок. Освещаются основные аспекты математического моделирования твердофазной экструзии и прессования, базирующегося на прямом рассмотрении процессов структурирования, уплотнения и выдавливания вязкоупругих полимерных систем. Даны примеры практического приложения твердофазных методов для получения изделий из полимерных материалов.

**Ключевые слова**

Твердофазная технология; политетрафторэтилен; штамповка; полимер; композит; деформация.

**Структура и трибомеханические свойства наноструктурированных тонких пленок TiZrSiN, нанесенных методом реактивного магнетронного распыления****В. В. Пилько\*, Ф. Ф. Комаров**

НИУ «Институт прикладных физических проблем имени А. Н. Севченко» Белорусского государственного университета, Республика Беларусь, 220045, Минск, ул. Курчатова, д. 7

\* Тел.: +7 017 212 68 12. E-mail: pilkowladimir@gmail.com

**Аннотация**

Впервые исследованы структура и трибомеханические свойства наноструктурированных тонких пленок TiZrSiN, полученных методом реактивного магнетронного распыления как функция концентрации азота. Покрываются наносились путем распыления мишеней двух разных составов  $Ti_{0,56}Zr_{0,36}Si_{0,08}$  и  $Ti_{0,36}Zr_{0,56}Si_{0,08}$  % ат. Исследованы три типа нанокompозитных покрытий TiZrSiN, сформированных в условиях недостатка, стехиометрических концентраций и избытка азота в покрытиях. Структурные особенности и состав покрытий анализировались с использованием методик просвечивающей электронной микроскопии, энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии, рентгенодифракционного анализа и резерфордского обратного рассеяния. Трибомеханические свойства изучались посредством индентации с применением методики Оливера и Фарра и скретч-тестов. Полученные результаты продемонстрировали тесную связь трибомеханических свойств покрытий TiZrSiN с их структурными модификациями, индуцированными различным содержанием азота в покрытиях. Таким образом, в зависимости от состава покрытия и содержания в них азота, нанесенные пленки демонстрируют твердость в диапазоне от 16 до 32 ГПа. В ходе обсуждения результатов сделаны предположения, объясняющие влияние концентрации азота на структуру и трибомеханические свойства нанесенных покрытий.

**Ключевые слова**

Тенарные нитриды; нанокompозиты; покрытия; тонкие пленки; магнетронное распыление; трибомеханические свойства.

## От информационных и аддитивных технологий к самовоспроизведению машин и организмов

М. Л. Хейфец

*Отделение физико-технических наук, Национальная академия наук Беларуси,  
Республика Беларусь, 220072, г. Минск, пр-т Независимости, д. 66*

Тел.: +375 (17) 284 03 77; факс: +375 (17) 284 03 75. E-mail: mlk-z@mail.ru

### Аннотация

Проведен анализ состояния и перспектив развития аддитивных технологий компьютеризированного производства, позволивший показать новую парадигму его эволюции – переход к самовоспроизведению машин и их частей, а также организмов.

Предложена диаграмма логических связей в процессах аддитивного производства, представляющая собой конечный автомат, которая может использоваться как для построения 3D-принтера, осуществляющего «выращивание» изделия сложной формы и структуры, так и для аддитивного синтеза его композиционного материала.

Рекомендован подход, который определяет аддитивные методы как синерготехнологии, обеспечивающие самоорганизацию поверхностных явлений. На основании подхода выбираются источники энергии и материала для технологий послойного синтеза изделий. Стабилизация толщины формируемых слоев связана с процессами самоорганизации поверхностных явлений и конструктивными особенностями изделий.

### Ключевые слова

Компьютеризированное производство; аддитивные технологии; самовоспроизведение машин; конечный автомат; клеточный автомат; послойный синтез; синерготехнологии; самоорганизация.

## СВС-катализаторы на основе кобальта для процесса Фишера–Тропша

В. Н. Санин<sup>1\*</sup>, В. Н. Борщ<sup>1</sup>, Д. Е. Андреев<sup>1</sup>, Д. М. Икорников<sup>1</sup>, В. И. Юхвид<sup>1</sup>,  
С. Я. Жук<sup>1</sup>, Н. В. Сачкова<sup>1</sup>, А. Л. Лapidус<sup>2</sup>, О. Л. Елисеев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУН «Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А. Г. Мерджанова» РАН,  
Россия, 142432, Московская обл., г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, д. 8;

<sup>2</sup> ФГБУН «Институт органической химии имени Н. Д. Зелинского» РАН, Россия, 119991, г. Москва, Ленинский проспект, д. 47

\* Тел.: +7 496 524 6510; факс: +7 496 524 6255. E-mail: svn@ism.ac.ru

### Аннотация

Для получения синтетического углеводородного сырья наиболее оптимальным является процесс Фишера–Тропша (ФТ), протекаемый только в присутствии катализаторов. Применение процесса ФТ позволяет диверсифицировать сырьевую базу нефтехимии путем переработки угля, газа, сланцев и другого углеродсодержащего сырья в синтез-газ с последующим его превращением в высшие углеводороды.

Общим недостатком современных катализаторов для процесса ФТ является сложность и энергоемкость процесса приготовления. Разработка оригинальных катализаторов синтеза ФТ и новых технологий их получения – актуальная задача для дальнейшего развития эффективных методов синтеза углеводородного сырья, имеющего высокую практическую ценность.

В настоящей работе впервые методом центробежных технологий самораспространяющегося синтеза (СВС) получены новые полиметаллические катализаторы с наноструктурированной поверхностью на основе кобальта с промотирующими добавками, не содержащие благородных металлов и проявляющие высокую активность в процессе ФТ. Изучен фазовый состав, микроструктура и морфология поверхности синтезированных полиметаллических сплавов до и после химической активации (выщелачивание алюминия) синтезированных сплавов.

Исследования микроструктуры гранул катализатора после химической активации показали, что на их поверхности формируются нанообразования, представляющие собой сложные двухуровневые структуры, которые, по-видимому, определяют высокую активность и селективность полученных катализаторов в процессе ФТ.

### Ключевые слова

Центробежная СВС-металлургия; процесс Фишера–Тропша; катализаторы; полиметаллические катализаторы; получение синтетического углеводородного сырья.

## **Термодинамические модели конденсированных фаз и их применение в материаловедении**

**Б. Б. Хина**

*Физико-технический институт, Национальная академия наук Беларуси,  
Республика Беларусь, 220141, г. Минск, ул. Купревича, д. 10*

Тел.: +375 17 369 86 99. E-mail: khina\_brs@mail.ru

### **Аннотация**

Даны описания основных направлений использования термодинамического моделирования в материаловедении и популярных программных продуктов. Изложены модели, применяемые для описания термодинамических свойств чистых веществ и конденсированных растворов. Представлены модель регулярных растворов, используемая для многокомпонентных расплавов и неупорядоченных твердых растворов замещения, и модель Хиллберта–Стэффансона для упорядоченных твердых растворов замещения, интерметаллидов и фаз внедрения.

Изложено применение полуэмпирической модели Миеды для оценки энтальпии образования сложных соединений, для которых отсутствуют термодинамические данные в литературе, и метастабильных (аморфных) фаз. Приведен расчет избыточной энтропии смешения для аморфных фаз.

### **Ключевые слова**

Термодинамическое моделирование; модели растворов; регулярный раствор; модель Хиллберта–Стэффансона; полуэмпирическая модель Миеды; избыточная энтропия смешения.

---

## **Особенности формирования структуры и оценка свойств полимерматричных композитов на основе субмикроразмерных наполнителей**

**Т. П. Устинова\*, Л. Г. Панова, Ю. А. Кадыкова, Н. Л. Левкина**

*Энгельский технологический институт (филиал),  
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.»,  
Россия, 413100, Саратовская область, г. Энгельс, пл. Свободы, 17*

\*Тел.: +7 (8453) 56 86 18. E-mail: xt.techn.sstu@yandex.ru

### **Аннотация**

Изучены влияние субмикроразмерных наполнителей на процессы структурообразования, особенности структуры и эксплуатационные свойства наполненных композитов на основе термопластичных и термореактивных матриц. Установлено, что введение исследуемых наполнителей создает условия для роста линейных макромолекул эпоксидного связующего, обеспечивая увеличение деформационных характеристик композита на его основе. Следствием модификации полиамида 6 является повышение степени кристалличности полимера, способствующее увеличению физико-механических показателей модифицированного полимера.

### **Ключевые слова**

Полимерматричные композиционные материалы; эпоксидное связующее; полиамид 6; субмикроразмерные наполнители; полититанат калия; дисперсный базальт; совмещение компонентов; кинетика отверждения; параметры надмолекулярной структуры; эксплуатационные свойства.

## Обзор источника питания для наноструктурных углеродных материалов в катодолюминесцентных источниках света

Ньен Чан Чжо\*, Е. П. Шешин, Л. Н. Вин, З. Я. Лвин, Х. В. Аунг

\* ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (государственный университет)»,  
Россия, 141701, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский пер., 9

\* Тел: +7 (495) 408 45 54. E-mail: maungnyeinchanlay@gmail.com

### Аннотация

В настоящее время источник питания широко используется в электронике и других современных технологиях. Для полевых эмиссионных устройств углеродных материалов требуются специальные источники энергии, основные характеристики которых обсуждаются в данной работе. Электропитание для устройств с полевыми эмиссионными катодами из углеродных материалов должно быть небольшого размера, иметь высокую эффективность и быть способным интегрироваться в устройство. Катодолюминесцентные источники света имеют несколько преимуществ по сравнению с другими источниками, в частности, более высокую яркость и скорость включения/выключения. В настоящее время в таких источниках начинают использоваться эмиссионные катоды на основе углеродных материалов, включая наноструктурные катоды. Результаты исследований эмиссионных свойств различных углеродных материалов свидетельствуют о том, что их применение целесообразно в качестве автоэммиттеров. Использование полевой эмиссии позволяет расширить диапазон рабочих температур, уменьшить инерцию, увеличить срок службы и улучшить экологичность катодолюминесцентных источников.

### Ключевые слова

Катод; углеродные материалы; полевая электронная эмиссия; источники катодолюминесценции.

## Композиционные сорбционно-активные материалы на основе цеолита и фторпроизводных этилена

### Часть II. Получение композиционных сорбционно-активных материалов, исследование их физико-химических свойств и выбор оптимальных условий синтеза

Н. В. Постернак<sup>1</sup>, Ю. А. Ферапонтов<sup>1</sup>,  
Л. Л. Ферапонтова<sup>1</sup>, Е. И. Акулинин<sup>2\*</sup>, С.И. Дворецкий<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ОАО «Корпорация «Росхимзащита», Россия, 392000, г. Тамбов, Моршанское шоссе, д. 19;

<sup>2</sup> НОЦ «ТГТУ – ОАО «Корпорация «Росхимзащита», Россия, 392000, г. Тамбов, ул. Ленинградская, д. 1

\* Тел.: +7(909) 231 40 61. E-mail: akulinin-2006@yandex.ru

### Аннотация

Выполнен комплекс экспериментальных исследований способов получения композиционных сорбционно-активных материалов на основе кристаллического цеолита NaX. В качестве связующего материала использовали органические полимеры фторпроизводных этилена  $[-CF_2-CF_2-]_n$  с высоким значением модуля Юнга. Экспериментально подтверждено, что композиционные сорбционно-активные материалы обладают неизменностью физической формы, высоким значением адсорбционной емкости и способны нивелировать деформационные напряжения, вызываемые циклическими нагрузками на адсорбент в системах газоразделения, реализующих технологию короткоциклового безнагревной адсорбции. Научно обоснован выбор композиции «адсорбент–наполнитель–полимерная матрица» при синтезе листовых, гранулированных и блочных композиционных сорбционно-активных материалов. Экспериментальным методом исследовано влияние типов, соотношений исходных компонентов и условий формования на механические и адсорбционные характеристики композитного адсорбента. Установлено, что динамическая активность по парам воды у синтезированных контрольных образцов композитных адсорбентов на 20 – 40 % выше по сравнению с традиционными промышленными адсорбентами типа NaX-B-1Г.

### Ключевые слова

Система жизнеобеспечения человека; адсорбент; композиционные сорбционно-активные материалы; короткоцикловая безнагревная адсорбция; газовая смесь; полимерная матрица; цеолит; динамическая активность; предел прочности.

**Современное состояние процесса усреднения сыпучих материалов  
в химической и других отраслях промышленности**

**В. Я. Борщев\*, Т. А. Сухорукова**

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,  
Россия, 392000, г. Тамбов, ул. Ленинградская, д. 1*

\*Тел.: +7 (4752) 63 27 28. E-mail: borschov@yandex.ru

**Аннотация**

В настоящее время в химической и других отраслях промышленности актуальной является проблема получения многокомпонентных смесей сыпучих материалов больших объемов, стабильного состава и качества. Для решения данной проблемы применяются так называемые усреднители. Организация процесса смешивания в усреднителях является одним из основных факторов, влияющих на качество получаемой продукции. Проведен анализ современного состояния усреднения сыпучих материалов в химической и смежных отраслях промышленности. Рассмотрены наиболее распространенные, а также современные способы усреднения сыпучих материалов с точки зрения возможности их применения для эффективного усреднения партий сыпучих материалов в химической и других отраслях промышленности. Приведен обзор конструкций аппаратов для усреднения сыпучих сред. Обозначены основные проблемы процесса усреднения сыпучих материалов в химической промышленности. Намечены пути совершенствования усреднительного оборудования. Наиболее перспективными являются способы и конструкции, позволяющие увеличивать турбулизацию и циркуляцию потоков смешиваемых сыпучих материалов в корпусе усреднителя.

**Ключевые слова**

Процесс; смесь; сыпучий материал; усреднение; усреднители.

---