

ВЕСТНИК

САРАТОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

2022

№ 4 (95)

Научно-технический журнал

Издается с 2003 г.

Выходит один раз в квартал

Декабрь 2022 года

Учредитель и Издатель:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Главный редактор

д.т.н., профессор А.А. Игнатьев

Заместитель главного редактора

д.т.н., профессор Ю.Б. Томашевский

Ответственный секретарь

к.т.н., доцент И.В. Злобина

Технический секретарь

к.т.н., доцент Е.Е. Миргородская

Редакционная коллегия:

Д.т.н., проф. А.Н. Васин (СТТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.ф.-м.н., проф. С.Б. Вениг (СНИГУ имени Н.Г. Чернышевского)
Д.х.н., проф. А.В. Гороховский (СТТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.ф.-м.н., проф. М.В. Жигалов (СТТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.т.н., проф. О.В. Захаров (СТТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.т.н., проф. А.В. Королёв (СТТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.т.н., проф. В.А. Кулиников (СНЦ РАН)
Д.т.н., проф. Т.Г. Насад (СТТУ имени Гагарина Ю.А.)
Чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. А.Ф. Резников (ИПУ РАН)
Д.т.н., проф. И.В. Родионов (СТТУ имени Гагарина Ю.А.)
Чл.-корр. РАО, д.т.н., проф. А.А. Сытник (СТТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.т.н., проф. А.А. Фомин (СТТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.т.н., проф. А.В. Яковлев (СТТУ имени Гагарина Ю.А.)

Редактор Л.А. Скворцова

Компьютерная верстка Т.В. Семеновой

Перевод на английский язык к.филол.н. А.Х. Аскаровой

Адрес Издателя и редакции:

Саратов, 410054, ул. Политехническая, 77, к. 25/615

Телефон: 8 (845-2) 99-89-81

E-mail: vestnik@sstu.ru

Подписано в печать 23.12.2022 Дата выхода в свет 28.12.2022

Формат 60×84 1/8 Бум. офсет.

Усл. печ. л. 12,5 Уч.-изд. л. 3,8

Тираж 500 экз. Заказ 63 Цена свободная

Отпечатано в типографии Издательства СТТУ имени Гагарина Ю.А.
410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

Полная электронная версия журнала
размещена в системе РИИЦ
в открытом доступе на платформе
eLIBRARY.RU

Свидетельство о регистрации средства массовой информации **ПН № ФС 77-65155** от 28 марта 2016 г.
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций

© Саратовский государственный
технический университет
имени Гагарина Ю.А., 2022

ISSN 1999-8341

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Самойлова Е.М. ГИБРИДНАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА КАК ПРИМЕР ИНТЕГРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ	5
Тригорлый С.В., Скрипкин А.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРОЦЕССОРОВ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫМИ РЕЖИМАМИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ	14
Шустов В.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ТЕРМООБРАБОТКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ	27

МАШИНОСТРОЕН ИЕ

Захаров О.В., Яковишин А.С., Жуков А.В. ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРОВ СЕРИИ ISO 16610 ДЛЯ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ. ЧАСТЬ 3. ПРОФИЛЬНЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ	36
Панфилова А.В. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УДАЛЕНИЯ ОКАЛИНЫ	50

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ, МЕТАЛЛУРГИЯ

Ганиев И.Н., Исмоилова М.Х., Отаджонов С.Э., Рахимов М.Р. ВЛИЯНИЕ БЕРИЛЛИЯ НА АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ СПЛАВА Al+1,0 % Si В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl.....	56
Ганиев И.Н., Ширинов М. Ч., Олимов Н.С., Иброхимов Н.Ф. МОДИФИЦИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ КАЛЬЦИЯ, СТРОНЦИЯ И БАРИЯ НА ТЕМПЕРАТУРНУЮ ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОЕМКОСТИ И ИЗМЕНЕНИЙ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АК9	67
Злобина И.В., Кузнецов Д.И., Лысов А.Д., Шамсутдинов Р.Н., Бекренев Н.В. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ЧАСТОТ НАГРУЖЕНИЯ НА ИЗГИБНУЮ ПРОЧНОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	79
Пулин В.Ф., Рыжова Е.В., Сурина Т.Ю., Пулин О.В., Элькин П.М. КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ БОРАЗИНА И БОРАЗОТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТОЙКИХ ПОЛИМЕРОВ.....	92

УДК: 004.8;681.5

Е.М. Самойлова

ГИБРИДНАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА КАК ПРИМЕР ИНТЕГРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

***Аннотация.** Рассматривается вопрос разработки гибридной интеллектуальной системы для идентификации дефектов дорожек качения колец подшипников на основе применения теории распознавания образов с использованием вейвлет-преобразований сигналов вихретокового датчика и нейронных сетей.*

***Ключевые слова:** гибридная интеллектуальная система, нейронная сеть, экспертная система, идентификация, теория распознавания образов, вейвлет-преобразования, вихретоковый датчик, дефекты*

УДК 621.396.6

С.В. Тригорлый, А.А. Скрипкин

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРОЦЕССОРОВ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫМИ РЕЖИМАМИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

***Аннотация.** Для охлаждения процессоров используются различные конструкции радиаторов с естественным и принудительным охлаждением. Разработана математическая модель тепловых режимов процессоров с охлаждающими радиаторами различного типа в условиях свободного и вынужденного конвективного теплообмена. Исследована эффективность охлаждения процессора в зависимости от конструкции радиатора, скорости движения воздуха, нагнетаемого вентилятором. Предложенные математические модели в программном пакете COMSOL Multiphysics и результаты исследований могут быть использованы при разработке конструкций радиаторов охлаждения процессоров и систем управления тепловыми режимами их эксплуатации.*

***Ключевые слова:** процессор, охлаждение, математическое моделирование, управление тепловыми режимами*

В.А. Шустов

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ТЕРМООБРАБОТКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ

***Аннотация.** Рассматриваются основные характеристики процесса термической обработки. Разработана математическая модель системы управления для электрической печи сопротивления и проведен термический анализ рабочего пространства в печи, являющийся необходимым условием современной конструкторской и технологической деятельности. Показана возможность применения разработанной математической модели для возможной оптимизации конструкции и режимов работы оборудования.*

***Ключевые слова:** электрическая печь сопротивления, регулирование, система автоматического управления, модель, температура*

О.В. Захаров, А.С. Яковишин, А.В. Жуков

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРОВ СЕРИИ ISO 16610 ДЛЯ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ. ЧАСТЬ 3. ПРОФИЛЬНЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ

***Аннотация.** Вашему вниманию предлагается третья статья из цикла, посвященного применению серии стандартов ISO 16610 для фильтрации профиля и структуры поверхности. В настоящей статье представлен анализ профильных морфологических фильтров по ISO 16610-41:2015. Морфологические фильтры являются нелинейными и естественно робастными и эффективно дополняют фильтры Гаусса. К достоинствам морфологических фильтров относят простоту устранения краевых эффектов и отсутствие необходимости предварительного исключения из профиля компоненты формы. Поэтому их целесообразно применять для анализа мультифункциональных поверхностей. Расширяет возможности фильтрации переменный симметричный фильтр по ISO 16610-49:2015. Последовательно чередуя морфологические операции замыкания и размыкания, можно получить различную степень подавления впадин и пиков профиля. Наиболее*

перспективным будет асимметричный морфологический фильтр, в котором используются различные индексы вложения для комбинаций операций замыкания и размыкания. В настоящее время асимметричный морфологический фильтр не стандартизован. Поэтому выбор соотношения индексов вложения остается открытым вопросом.

Ключевые слова: *измерение, метрология поверхности, шероховатость, фильтрация, профильный фильтр, морфологический фильтр*

УДК 621.01

А.В. Панфилова

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УДАЛЕНИЯ ОКАЛИНЫ

Аннотация. *В статье представлены основные виды окалины, возникающие при получении проката, наиболее распространенные методы ее удаления и кратко – технологии их реализации.*

Ключевые слова: *прокат, окалина, методы, способы, технология*

УДК 620.193-034

И.Н. Ганиев, М.Х. Исмоилова, С.Э. Отаджонов, М.Р. Рахимов

ВЛИЯНИЕ БЕРИЛЛИЯ НА АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ СПЛАВА Al+1,0 % Si В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОЛИТА NaCl

Аннотация. *Алюминий и его сплавы являются наиболее благоприятным объектом для авиа-, машиностроения и электротехники. В работе потенциостатическим методом при скорости развертки потенциала $2 \text{ мВ} \cdot \text{с}^{-1}$ исследовано влияние бериллия на анодное поведение сплава Al+1,0 % Si в среде электролита NaCl, различной концентрации. Результаты исследования показывают, что добавки бериллия уменьшает скорость анодной коррозии исходного сплава на 15-20 %.*

Ключевые слова: *сплав Al+1,0 % Si, бериллий, анодное поведение, потенциалы пассивирования, репассивация, скорость коррозии, плотность тока коррозии*

И.Н. Ганиев, М.Ч. Ширинов, Н.С. Олимов, Н.Ф. Иброхимов

**МОДИФИЦИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ КАЛЬЦИЯ, СТРОНЦИЯ И БАРИЯ
НА ТЕМПЕРАТУРНУЮ ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОЕМКОСТИ
И ИЗМЕНЕНИЙ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ
АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АК9**

***Аннотация.** В режиме «охлаждения» исследована температурная зависимость теплоемкости, коэффициента теплоотдачи и изменений термодинамических функций (энтальпия, энтропия, энергии Гиббса) алюминиевого сплава АК9, модифицированного щелочноземельными металлами. Проведенные исследования показали, что с ростом концентрации модифицирующего компонента и температуры удельная теплоемкость, энтальпия и энтропия сплавов увеличиваются, а значение энергии Гиббса уменьшается. Энтальпия и энтропия сплавов при переходе от сплавов с кальцием к сплавам со стронцием увеличиваются и к сплавам с барием уменьшаются. Величина энергии Гиббса при этом имеет обратную зависимость.*

***Ключевые слова:** алюминий, сплав АК9, магний, кальций, стронций, барий, теплоемкость, термодинамические функции, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса*

УДК 621.9.047/048

**И.В. Злобина, Д.И. Кузнецов, А.Д. Лысов,
Р.Н. Шамсутдинов, Н.В. Бекренев**

**ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ЧАСТОТ
НАГРУЖЕНИЯ НА ИЗГИБНУЮ ПРОЧНОСТЬ
ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

***Аннотация.** Выполнены испытания образцов угле-, стекло- и органопластика по схеме трехточечного изгиба после воздействия на них малоамплитудного нагружения с ультразвуковой частотой при различном числе циклов. Установлено, что для всех исследованных материалов наблюдается значительное снижение предельных напряжений изгиба после превышения определенного (критического) числа циклов: для углепластика – 6×10^6 , стеклопластика и органопластика – 3×10^6 . При этом в докритической области для стеклопластика установлено повышение напряжений более чем на 19 %.*

Ультразвуковое кратковременное нагружение может быть использовано для упрочнения отвержденных стеклопластиков в составе конечного изделия простой геометрической формы.

Ключевые слова: *полимерные композиционные материалы, ультразвук, малоамплитудное нагружение, прочность, предельные напряжения, изгиб, температура, число циклов нагружения*

УДК 539.193

В.Ф. Пулин, Е.В. Рыжова, Т.Ю. Суринская, О.В. Пулин, П.М. Элькин

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ БОРАЗИНА И БОРАЗОТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТОЙКИХ ПОЛИМЕРОВ

Аннотация. *Впервые проведены квантово-химические исследования динамики боразина и боразотных соединений в ангармоническом приближении, используемых для получения стойких полимеров.*

Ключевые слова: *циклические соединения, ангармонизм, динамика, боразины, полимеры*