

ВЕСТНИК

САРАТОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА
УНИВЕРСИТЕТА

2023

№ 1 (96)

Научно-технический журнал

Издается с 2003 г.

Выходит один раз в квартал

Март 2023 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 (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.ф.-м.н., проф. С.Б. Вениг (СНИГУ имени Н.Г. Чернышевского)
Д.х.н., проф. А.В. Гороховский (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.ф.-м.н., проф. М.В. Жигалов (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.т.н., проф. О.В. Захаров (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.т.н., проф. А.В. Королёв (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.т.н., проф. В.А. Кушников (СНЦ РАН)
Д.т.н., проф. Т.Г. Насад (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. А.Ф. Резчиков (ИПУ РАН)
Д.т.н., проф. И.В. Родионов (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Чл.-корр. РАО, д.т.н., проф. А.А. Сытник (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.т.н., проф. А.А. Фомин (СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
Д.т.н., проф. А.В. Яковлев (СГТУ 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 24.03.2023 Дата выхода в свет 29.03.2023

Формат 60×84 1/8 Бум. офсет.

Усл. печ. л. 11,5 Уч.-изд. л. 3,6

Тираж 500 экз. Заказ 9 Цена свободная

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

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

Свидетельство о регистрации средства массовой информации **ПИ № 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., 2023

ISSN 1999-8341

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Игнатъев А.А., Сигитов Е.А., Добряков В.А.
СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ВОПРОСА
УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ
НА ПРЕЦИЗИОННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СТАНКАХ5

Молчанов Д.В.
ВНЕДРЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОГРУЖНОГО
РЕФРАКТОМЕТРА В СИСТЕМУ АВТОМАТИЧЕСКОГО
УПРАВЛЕНИЯ ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ГАЗА21

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Головченко И.В., Финогеев Д.Ю., Решетникова О.П.
АНАЛИЗ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАПОЛНЕННЫХ
ФОТОПОЛИМЕРОВ В ОБЛАСТИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ31

Захаров О.В., Яковишин А.С., Сулейманова Ф.Д., Жуков А.В.
ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРОВ СЕРИИ ISO 16610 ДЛЯ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ
ПОВЕРХНОСТИ. ЧАСТЬ 4. ПРОФИЛЬНЫЕ СПЛАЙН И ВЕЙВЛЕТ-ФИЛЬТРЫ.....43

Панфилова А.В.
ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМА СПОСОБА ЛЕЗВИЙНОЙ ОЧИСТКИ
МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПРОКАТА ОТ ОКАЛИНЫ59

Чуриков Д.О., Злобина И.В., Бекренев Н.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ЗАЗОРА,
В КОТОРОМ ВОЗБУЖДАЮТСЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ,
НА СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ.....66

ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ, МЕТАЛЛУРГИЯ

Иброхимов С.Ж., Ганиев И.Н., Эшов Б.Б.
ТВЕРДОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ СПЛАВА АМг4, ЛЕГИРОВАННОГО
РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ МЕТАЛЛАМИ (Sc, Y, La, Pr, Nd).....74

Маркелова О.А., Пичхидзе С.Я., Фомин А.А.
ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ВНУТРИКОСТНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ПОСЛОЙНОЙ ПЕЧАТИ
МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕРНЫМ ФИЛАМЕНТОМ83

УДК 681.5, 621.9

А.А. Игнатъев, Е.А. Сигитов, В.А. Добряков

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ВОПРОСА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ НА ПРЕЦИЗИОННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СТАНКАХ

***Аннотация.** На основе системного подхода рассматриваются методы управления качеством токарной обработки на прецизионных автоматизированных станках, включающие минимизацию влияния возмущающих факторов и управление макро- и микрогеометрическими параметрами точности деталей.*

***Ключевые слова:** управление качеством обработки, системный подход, прецизионные токарные станки*

УДК 681.5

Д.В. Молчанов

ВНЕДРЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОГРУЖНОГО РЕФРАКТОМЕТРА В СИСТЕМУ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ГАЗА

***Аннотация.** Рассматриваются структура подогревателя газа, а также химические свойства промежуточного теплоносителя и возможность внедрения интеллектуального рефрактометра в систему автоматического управления с целью отслеживания химических свойств промежуточного теплоносителя для увеличения срока службы подогревателя газа.*

***Ключевые слова:** подогреватель газа, теплоноситель, пропиленгликоль, рефрактометр, этиленгликоль, диэтиленгликоль, система автоматического управления*

УДК 621.763, 620.17, 620.172.242, 620.172.225, 620.178.72

И.В. Головченко, Д.Ю. Финогеев, О.П. Решетникова

АНАЛИЗ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАПОЛНЕННЫХ ФОТОПОЛИМЕРОВ В ОБЛАСТИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

***Аннотация.** Рассмотрены основные материалы, применяемые для фотополимерной печати, и их области применения. Приводится обзор научных работ в области изучения механических свойств наполненных фотополимеров. Делается вывод о важности проведения работ в этой области в связи с широким внедрением аддитивных технологий в машиностроении.*

***Ключевые слова:** аддитивные технологии, наполненные фотополимерные смолы, фотополимерные смолы, механические свойства, 3D-печать, машиностроение, DLP-печать*

УДК 681.2

О.В. Захаров, А.С. Яковишин, Ф.Д. Сулейманова, А.В. Жуков

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРОВ СЕРИИ ISO 16610 ДЛЯ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ. ЧАСТЬ 4. ПРОФИЛЬНЫЕ СПЛАЙН И ВЕЙВЛЕТ-ФИЛЬТРЫ

***Аннотация.** Вашему вниманию предлагается четвертая статья из цикла, посвященного применению серии стандартов ISO 16610 для фильтрации профиля и структуры поверхности. В настоящей статье представлен анализ профильных линейного и робастного сплайн и вейвлет-фильтров. Проведено сравнение с фильтрами Гаусса по пяти параметрам. Установлено, что сплайн фильтры имеют быстрый алгоритм расчета, что позволяет использовать их для больших объемов данных. Робастный сплайн фильтр имеет преимущество перед фильтром Гаусса, так как устраняет конечные эффекты и не требует выравнивания формы профиля. Вейвлет-фильтр является идеальным многомасштабным фильтром. Поэтому данные типы фильтров расширяют возможности стандартных фильтров Гаусса для анализа мультифункциональных поверхностей.*

Ключевые слова: измерение, метрология поверхности, шероховатость, фильтрация, профильный фильтр, сплайн-фильтр, вейвлет-фильтр

УДК 621.98.044, 621.98.074

А.В. Панфилова

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМА СПОСОБА ЛЕЗВИЙНОЙ ОЧИСТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПРОКАТА ОТ ОКАЛИНЫ

нового способа лезвийной механической очистки поверхности металла от окалины. Представлены теоретические зависимости повышения эффективности очистки поверхности от соотношения величин силы прижима инструмента к заготовке, силы трения в опоре инструмента и силы воздействия окалины на инструмент.

Ключевые слова: окалина, прокат, способ очистки, устройство, инструмент, механизм воздействия, эффективность способа

УДК 621.9.047/048

Д.О. Чуриков, И.В. Злобина, Н.В. Бекренев

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ЗАЗОРА, В КОТОРОМ ВОЗБУЖДАЮТСЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ, НА СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ

Аннотация. Проведен анализ требований к промышленной чистоте жидкостей, а также методов, позволяющих осуществлять их очистку. Показано, что среди всех методов фильтрация обеспечивает наибольшую степень очистки, однако при этом существует ряд проблем. Предложено решение – фильтр, где жидкость пропускается через регулируемый зазор, в котором возбуждаются ультразвуковые колебания. Проведены исследования влияния величины зазора на степень очистки жидкости и установлено, что наибольшую степень очистки обеспечивает зазор 0,1 мм и менее.

Ключевые слова: методы очистки, фильтрация, загрязнение, очистка, классы частоты жидкостей, ультразвук, кавитация, диспергирование, зазор

УДК 669. 046:546.3

С.Ж. Иброхимов, И.Н. Ганиев, Б.Б. Эшов

ТВЕРДОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ СПЛАВА АМг4, ЛЕГИРОВАННОГО РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ МЕТАЛЛАМИ (Sc, Y, La, Pr, Nd)

Аннотация. Введение в алюминий магния в количестве до 6 % в качестве главного легирующего элемента дает упрочнение твердого раствора сплава и высокую эффективность деформационного упрочнения. Это обеспечивает сплавам серии 5xxx довольно высокие прочностные свойства – выше, чем у сплавов серии 3xxx. Достижение высокой прочности за счет упрочнения твердого раствора магнием возможно потому, что магний в этой роли является очень эффективным. Кроме того, его высокая растворимость позволяет увеличивать его содержание до 5 % в наиболее легированных сплавах. Однако в сплавах с высоким содержанием магния существует тенденция к образованию интерметаллидной фазы Mg_5Al_8 по границам зерен и в областях локализованной деформации внутри микроструктуры. Это происходит потому, что равновесная растворимость магния в алюминии – всего лишь около 2 %. Выделение избыточной фазы в этом случае эквивалентно тому, что происходит в сплавах, упрочняемых старением, но с отрицательным эффектом для свойств сплава. Выделение частиц происходит медленно при комнатной температуре, но ускоряется с повышением температуры или если сплав подвергся интенсивной холодной пластической деформации. Это явление делает сплав восприимчивым к некоторым типам межзеренной коррозии, например, коррозия под напряжением, и/или ухудшение механических свойств в ходе эксплуатации при повышенных температурах. Исследования влияния РЗМ на механические свойства алюминиевого сплава АМг4 показали рост прочности при содержании РЗМ 0,05-0,1 мас. %.

Ключевые слова: механические свойства, твердость, прочность – сплав АМг4, редкоземельные металлы

О.А. Маркелова, С.Я. Пичхидзе, А.А. Фомин

**ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ
ВНУТРИКОСТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
МЕТОДА ПОСЛОЙНОЙ ПЕЧАТИ
МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕРНЫМ ФИЛАМЕНТОМ**

***Аннотация.** Предложен метод создания персонализированных конструкций с использованием новой перспективной технологии трехмерной печати, заключающейся в послойной печати металл-полимерным филаментом и последующей термообработке полученной конструкции. Приведены микрофотографии металл-полимерного филамента и образцов, напечатанных на 3D-принтере с использованием данного материала. Установлены технологические режимы трехмерной печати металл-полимерным филаментом, такие как высота слоя, максимальная высота слоя, скорость печати, температура сопла, температура подогрева стола.*

***Ключевые слова:** аддитивные технологии, металлонаполненный филамент, металл-полимерный филамент, 3D-печать*