

Министерство образования и науки Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Сибирский государственный индустриальный университет»

ВК «Кузбасская ярмарка»



Посвящается 400-летию города Новокузнецка

**НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№3 - 2017

Главный редактор
д.т.н., проф. Фрянов В.Н.

Редакционная коллегия:
чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. Клишин В.И., д.т.н., проф. Мышляев Л.П.,
д.т.н. Павлова Л.Д. (технический редактор), д.т.н. Палеев Д.Ю.,
д.т.н., проф. Домрачев А.Н., д.э.н., проф. Петрова Т.В.

Н 340 Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов : науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2017. - № 3. – 484 с.

Рассмотрены аспекты развития инновационных наукоёмких технологий диверсификации угольного производства и обобщены результаты научных исследований, в том числе создание роботизированных и автоматизированных угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий, базирующиеся на использовании прорывных технологий добычи угля и метана, комплексной переработке этих продуктов в угледобывающих регионах и реализации энергетической продукции потребителям в виде тепловой и электрической энергии.

Журнал предназначен для научных и научно-технических работников, специалистов угольной промышленности, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Номер подготовлен на основе материалов Международной научно-практической конференции «Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов», проводимой в рамках специализированной выставки технологий горных разработок «Уголь России и Майнинг» (Новокузнецк, 6-9 июня 2017 г).

Конференция проведена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 17-05-20150

Основан в 2015 г.
Выходит 1 раз в год

Учредитель - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

УДК 622.2
ББК 33.1

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----------|
| ГЕОТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР | 13 |
| ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ РОБОТИЗИРОВАННЫХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ | 15 |
| д.т.н. Фрянов В.Н., д.т.н. Павлова Л.Д., д.т.н. Темлянцев М.В. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| ЭКОНОМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ УГОЛЬНОГО И КАРБОНАТНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ГАЗООБРАЗНЫХ И ЖИДКИХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ И ПРОДУКЦИИ НЕТОПЛИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ | 21 |
| Жуков А.В., д.т.н. Жукова Ю.А., Звонарев М.И., к.т.н. Умаров М.С. Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия | |
| ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ В СФЕРЕ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР | 26 |
| ¹ к.э.н. Месяц М.А., ¹ Борискина А.Н., ² Neogi Biswarup 1 - Кемеровский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова», г. Кемерово, Россия 2 - JIS College of Engineering, Kolkata, W.B. India | |
| СОЗДАНИЕ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЭКРАНОВ В ПОРОДНОМ МАССИВЕ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СКВАЖИН УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ОТ ПОДСОСОВ ВОЗДУХА ИЗ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК | 32 |
| д.т.н. Сердюков С.В., к.т.н. Шилова Т.В. Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия | |
| ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНОГО РЕАГЕНТА В ПОРОДНОМ МАССИВЕ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ, ИЗОЛЯЦИИ И ГИДРОРАЗРЫВА ГОРНЫХ ПОРОД | 36 |
| к.т.н. Шилова Т.В., д.т.н. Сердюков С.В. Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН г. Новосибирск, Россия | |
| ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ ДИСКРЕТНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ЗАДАЧИ ОБ ОПОРНОМ ДАВЛЕНИИ В ПОЛОГОМ УГОЛЬНОМ ПЛАСТЕ | 41 |
| к.т.н. Клишин С.В., д.ф.-м.н. Ревуженко А.Ф. Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия | |
| ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАЗРАБОТКИ СВИТЫ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ | 47 |
| д.т.н. Серяков В.М. Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия | |
| УСЛОВИЯ ПЕРЕХОДА ПОРОД КРОВЛИ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА В ПРЕДЕЛЬНО НАПРЯЖЁННОЕ СОСТОЯНИЕ ВПЕРЕДИ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ..... | 51 |
| д.т.н. Черданцев Н.В. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия | |
| ОСОБЕННОСТИ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ ПОДРАБАТЫВАЕМОГО МАССИВА ПРИ ВЫЕМКЕ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА | 58 |
| к.т.н. Козырева Е.Н., к.т.н. Шинкевич М.В. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия | |
| ГАЗОКИНЕТИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ УГЛЕТАНОВОГО ПЛАСТА ПРИ СОЗДАНИИ В НЕМ ТРЕЩИН ПОСРЕДСТВОМ НАГНЕТАНИЯ ФЛЮИДОВ | 63 |
| к.т.н. Плаксин М.С., Родин Р.И., Альков В.И. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия | |
| ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ГАЗОПРОЯВЛЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ..... | 67 |
| к.т.н. Плаксин М.С., Рябцев А.А. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия | |

| | |
|--|-----|
| ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД | 73 |
| к.т.н. Абрамов И.Л. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия | |
| ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГЕОМАССИВА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТОК НА СБЛИЖЕННЫХ ПЛАСТАХ..... | 76 |
| к.т.н. Цветков А.Б., д.т.н. Павлова Л.Д., д.т.н. Фрянов В.Н. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| УГЛЕВОДОРОДЫ И КАРБОНОВЫЕ КИСЛОТЫ В ПРОДУКТАХ ТЕРМОГИДРОЛИЗА САПРОПЕЛИТОВ КУЗБАССА..... | 79 |
| Рокосова В.Ю., к.х.н. Лапсина П.В., д.г.-м.н. Рокосов Ю.В., к.х.н. Рокосова Н.Н., к.х.н. Моисеев А.И., к.ф.-м.н. Созинов С.А. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия | |
| ЦЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ-ПРИМЕСИ В УГЛЯХ КУЗБАССА..... | 85 |
| д.т.н. Федорин В.А., к.г.-м.н. Нифантов Б.Ф., Аникин М.В., Борисов И.Л. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия | |
| АНАЛИЗ ВЫХОДА КАМЕННОУГОЛЬНОЙ СМОЛЫ ИЗ УГЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ КЛАССА ПО ГОСТ 25543-2013 | 88 |
| Васильева Е.В., д.х.н. Черкасова Т.Г., к.э.н. Субботин С.П., к.т.н. Неведров А.В., к.т.н. Папин А.В. Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия | |
| АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В РАЙОНЕ ГОРОДА ПОЛЫСАЕВО | 91 |
| д.т.н. Ремезов А.В. Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия | |
| ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЛЕКСНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЯ..... | 96 |
| ¹ к.э.н., Новоселов С.В., ² д.т.н., Мельник В.В., ² д.т.н., Агафонов В.В. 1 - Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности, г. Кемерово, Россия 2 – НИТУ «Московский институт стали и сплавов», г. Москва, Россия | |
| К ВОПРОСУ О ПОИСКЕ НОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГОСУДАРСТВА И БИЗНЕСА В СФЕРЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА | 102 |
| Пахомова Е.О., к.э.н., Гоосен Е.В., д.э.н. Никитенко С.М. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия | |
| СОСТОЯНИЕ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА НА СТАДИИ ВЫБОРА ИННОВАЦИОНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ РЕГИОНОВ | 109 |
| ^{1,2} д.э.н. Эдер Л.В., ^{1,2} д.э.н. Филимонова И.В., ¹ Немов В.Ю., ¹ к.э.н. Проворная И.В. 1 - Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия 2 - Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия | |
| ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ КРЕДИТНЫЙ ИНСТРУМЕНТ В СФЕРЕ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР | 116 |
| ¹ Лебедь В.А., ² Misiti Jacopo, ³ Рожкова О.В. 1 - Кемеровский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», г. Кемерово, Россия 2 - Университет города Тренто, Италия 3 - Государственный университет «Дубна», г. Дубна, Россия | |
| РЕСУРСЫ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНОГО КУЗБАССА | 119 |
| д.г.-м.н. Гутак Я.М. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НОВОКУЗНЕЦКОГО АДМИНИСТРАТИВНОГО РАЙОНА КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ | 125 |
| д.г.-м.н. Гутак Я.М. | |

| | |
|---|------------|
| Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия РАЗРАБОТКА ИЗНОСОСТОЙКОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ СИСТЕМЫ Fe-C-Si-Mn-Cr-Ni-Mo-V ДЛЯ НАПЛАВКИ ДЕТАЛЕЙ ГОРНОШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ | 131 |
| Осетковский И.В., д.т.н. Козырев Н.А., к.т.н. Кибко Н.В., д.т.н. Попова М.В., Гусев А.И. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ СИСТЕМЫ Fe-C-Si-Mn-Cr-Mo-Ni-V-Co ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ГОРНОРУДНОЙ И УГЛЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛЕЙ..... | 135 |
| Гусев А.И., д.т.н. Козырев Н.А., к.т.н. Кибко Н.В., д.т.н. Попова М.В., Осетковский И.В. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия НОВЫЕ СВАРОЧНЫЕ ФЛЮСЫ НА ОСНОВЕ ШЛАКА СИЛИКОМАНГАНЦА ДЛЯ НАПЛАВКИ И СВАРКИ ПЕРЕКРЫТИЙ И ОСНОВАНИЙ ШАХТНОЙ КРЕПИ..... | 140 |
| к.т.н. Крюков Р.Е., д.т.н. Козырев Н.А., к.т.н. Усольцев А.А., Козырева О.Е., Липатова У.И. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия РЕЗЮМЕ ПРОЕКТА «ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ НАБРЫЗГБЕТОНИРОВАНИЯ ТЕРМИТОН®» ДЛЯ ИНВЕСТОРА..... | 148 |
| ¹ к.т.н. Волченко Г.Н., ² Ярыгин И.Г., ³ д.т.н. Фрянов В.Н. 1 - Сибирская инжиниринговая компания ООО «СИБКОМ», г. Новокузнецк, Россия 2 – Рекламное агентство ООО «Ярд Ярыгин Дизайн», г. Санкт-Петербург, Россия 3 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия АЛГОРИТМ ВЕРОЯТНОСТНОЙ ОЦЕНКИ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРОСТОЕВ КОМПЛЕКСНО- МЕХАНИЗИРОВАННОГО ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ | 153 |
| ¹ д.т.н. Домрачев А.Н., ¹ Риб С.В., ² к.т.н. Говорухин Ю.М., ² к.т.н. Криволапов В.Г. 1 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 2 – ФГКУ «Национальный горноспасательный центр», г. Новокузнецк, Россия ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ГОРНЫХ ПОРОД В ОКРЕСТНОСТИ ВЫРАБОТКИ НА ПЛАСТАХ СЛОЖНОГО СТРОЕНИЯ | 155 |
| Риб С.В. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия СПОСОБ КОМПЛЕКСНОЙ ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ..... | 157 |
| к.т.н. Черных Н.Г. АО «Гидроуглестрой», г. Новокузнецк, Россия О ТОЖДЕСТВЕННОСТИ ГЕНЕЗИСА УГЛЕВОДОРОДОВ И РУДНЫХ ТЕЛ В НЕДРАХ ЗЕМЛИ..... | 161 |
| к.т.н. Черных Н.Г. АО «Гидроуглестрой», г. Новокузнецк, Россия РЕСУРСНЫЕ РЕГИОНЫ: КАЧЕСТВЕННЫЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ КРИТЕРИИ ВЫДЕЛЕНИЯ | 163 |
| ^{1,2} к.т.н. Каган Е.С., ^{1,2} к.э.н. Гоосен Е.В. ¹ Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия ² Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия | |
| ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ..... | 171 |
| ПОВЫШЕНИЕ МОЩНОСТИ ПОГРУЖНОГО ПНЕВМОУДАРНИКА ПРЯМОЛИНЕЙНО НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ | 173 |
| чл.-корр. РАН, д.т.н. Клишин В.И., к.т.н. Тимонин В.В., к.т.н. Кокоулин Д.И., Алексеев С.Е., к.т.н. Кубанычбек Б. Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ НАПРАВЛЕННОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПОРОД КРОВЛИ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО СОСТОЯНИЯ СОХРАНЯЕМОЙ ВЫРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ «ЕСАУЛЬСКАЯ» | 177 |

| | |
|---|-----|
| ¹ чл.-корр. РАН, д.т.н. Клишин В.И., ¹ к.т.н. Опрук Г.Ю., ¹ Телегуз А.С., ² Черноусов П.А., ² Николаев А.В. | |
| 1 – Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия | |
| 2 – ООО «Шахта «Есаульская» ООО «Распадская угольная компания», г. Новокузнецк, Россия | |
| РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС НАПРАВЛЕННОГО ГИДРОРАЗРЫВА ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ | 181 |
| к.т.н. Патутин А.В., д.т.н. Сердюков С.В. | |
| Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия | |
| РАСПОЗНАВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕДУКТОРОВ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ..... | 184 |
| ^{1,2} д.т.н. Герике Б.Л., ^{1,2} чл.-корр. РАН, д.т.н. Клишин В.И., ² Кузин Е.Г. | |
| 1 – Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия | |
| 2 – Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия | |
| РАСПОЗНАВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ В РЕДУКТОРАХ ГОРНЫХ МАШИН | 192 |
| д.т.н. Герике Б.Л., Мокрушев А.А. | |
| Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия | |
| ПОВОРОТНЫЙ КОВШ ЭКСКАВАТОРА ДЛЯ БЕЗВЗРЫВНОЙ ВЫЕМКИ КРУТОПАДАЮЩИХ ПЛАСТОВ | 197 |
| к.т.н. Лабутин В.Н. | |
| Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия | |
| ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ | 201 |
| д.т.н. Малафеев С.И., к.т.н. Коняшин В.И. | |
| ООО Компания «Объединенная Энергия», г. Москва, Россия | |
| КАЛОРИФЕРЫ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРУБ, ОРЕБРЕННЫХ ПО МЕТОДУ ДЕФОРМИРУЮЩЕГО РЕЗАНИЯ | 206 |
| ¹ д.т.н. Зубков Н.Н., ² д.э.н. Никитенко С.М. | |
| 1 – Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, г. Москва, Россия | |
| 2 - Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия | |
| ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСА И ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ БУРОВЫХ РЕЗЦОВ, ОСНАЩЕННЫХ ВСТАВКАМИ ИЗ СВЕРХТВЕРДЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ | 211 |
| д.т.н. Дворников Л.Т., к.т.н. Корнеев В.А., Корнеев П.А. | |
| Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРКА ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕСУРСОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ..... | 217 |
| ^{1,2} д.т.н. Зеньков И.В., ² к.т.н. Нефедов Б.Н. | |
| 1 - Сибирский государственный аэрокосмический университет им. акад. М.Ф. Решетнёва, г. Красноярск, Россия | |
| 2 – Институт вычислительных технологий СО РАН, г. Красноярск, Россия | |
| ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ФРИКЦИОННЫЕ ПРИВОДЫ ФОЙТ ТУРБО ДЛЯ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ | 221 |
| Григорьев К.В. | |
| ООО «Фойт Турбо», г. Москва, Россия | |
| ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ ПОПЕРЕЧНОМУ СХОДУ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ | 227 |
| к.т.н. Юрченко В.М. | |
| Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия | |
| РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ СВАРКИ РЕЛЬСОВ ОТКАТОЧНЫХ ПУТЕЙ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК | 232 |
| Шевченко Р.А., д.т.н. Козырев Н.А., к.т.н. Усольцев А.А., к.т.н. Крюков Р.Е., Шишкин П.Е. | |
| Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |

| | |
|---|------------|
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАРИЙ-СТРОНЦИЕВОГО КАРБОНАТИТА ПРИ СВАРКЕ И НАПЛАВКЕ ПОД ФЛЮСОМ ГОРНО-ШАХТНЫХ МАШИН | 236 |
| к.т.н. Крюков Р.Е., д.т.н. Козырев Н.А., к.т.н. Усольцев А.А., Липатова У.И. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| АНАЛИЗ МЕТОДОВ СВАРКИ РЕЛЬСОВ ДЛЯ ШАХТНЫХ ПОДЪЕЗДНЫХ ПУТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ..... | 241 |
| к.т.н. Усольцев А.А., Шевченко Р.А., д.т.н. Козырев Н.А., к.т.н. Крюков Р.Е., Шишкин П.Е. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ПО ОТРАБОТКЕ МОЩНЫХ КРУТОНАКЛОННЫХ ПЛАСТОВ УГЛЯ И РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ..... | 248 |
| ^{1,2} к.т.н. Никитенко М.С., ¹ Малахов Ю.В., ¹ д.э.н. Никитенко С.М. Федеральный исследовательский центр угля и углекислоты СО РАН, г. Кемерово, Россия ² Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия | |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БУНКЕРА-ПЕРЕГРУЖАТЕЛЯ В СОСТАВЕ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА..... | 251 |
| к.т.н. Коряга М.Г. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С УЧЕТОМ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ИНЦИДЕНТОВ В СТРУКТУРЕ ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ..... | 253 |
| ¹ Шишкина С.В., ¹ к.т.н. Приступа Ю.Д., ² д.т.н. Павлова Л.Д., ² д.т.н. Фрянов В.Н. 1 – ООО «Объединенное ПТУ Кузбасса», г. Ленинск-Кузнецкий, Россия 2 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДЗЕМНЫХ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК УЧАСТКА «СЕРАФИМОВСКОГО» УШАКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ..... | 259 |
| Татарина О.А. Федеральный исследовательский центр угля и углекислоты СО РАН, г. Кемерово, Россия | |
| РАЗРАБОТКА МЕТОДА ФОРМАЛИЗАЦИИ ИНДИКАТОРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ АВТОДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА ТОПЛИВНО-СЫРЬЕВОГО РЕГИОНА..... | 262 |
| Буйвис В.А., д.т.н. Новичихин А.В. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК МАССОВЫХ ГРУЗОВ В ПРОМЫШЛЕННОМ РЕГИОНЕ..... | 265 |
| Жаркова А.А., к.т.н. Дружинина М.Г. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА | 269 |
| ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ КОМПЛЕКСАМИ | 271 |
| ¹ чл.-корр. РАН, д.т.н. Новиков Д.А., ² д.т.н. Ивушкин А.А., ¹ д.т.н. Бурков В.Н., ⁴ д.т.н. Мышляев Л.П., ³ к.т.н. Сазыкин Г.П. 1 – Институт проблем управления РАН, г. Москва, Россия 2 – Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия 3 – ЗАО «Гипроуголь», г. Новокузнецк, Россия 4 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия | |
| РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ПЕРЕВООРУЖЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЙ (НА ПРИМЕРЕ УГЛЕБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ ООО «ШАХТА №12») | 273 |
| ¹ к.т.н. Грачев В.В., ¹ д.т.н. Мышляев Л.П., ² Файрушин Ш.А., ¹ Шипунов М.В., ² к.т.н. Венгер К.Г., ² Леонтьев И.А., ³ Чемоданов О.В. 1 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия 2 – ЗАО «Стройсервис», г. Кемерово, Россия | |

| | |
|--|-----|
| 3 – ОАО «Сибгипрошахт», г. Новосибирск, Россия | |
| МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ ПОДОБИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ..... | 278 |
| ¹ д.т.н. Евтушенко В.Ф., ² д.т.н. Бурков В.Н., ³ д.т.н. Мышляев Л.П., ³ Макаров Г.В. | |
| 1 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| 2 – Институт проблем управления РАН, г. Москва, Россия | |
| 3 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия | |
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ РЕЦИКЛОВ | 281 |
| ¹ д.т.н. Мышляев Л.П., ² Циряпкина А.В., ³ д.т.н. Бурков В.Н., ⁴ к.э.н. Ивушкин К.А. | |
| 1 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия | |
| 2 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| 3 – Институт проблем управления РАН, г. Москва, Россия | |
| 4 – Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия | |
| ОЦЕНИВАНИЕ ПОДОБИЯ ТИПОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТОВ УГЛЕБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК..... | 285 |
| ¹ Макаров Г.В., ² к.э.н. Ивушкин К.А., ¹ д.т.н. Евтушенко В.Ф., ¹ д.т.н. Мышляев Л.П. | |
| 1 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия | |
| 2 – Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия | |
| ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ИДЕНТИФИКАЦИИ МНОГОМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ..... | 288 |
| ¹ д.т.н. Мышляев Л.П., ² Леонтьев И.А., ¹ к.т.н. Грачев В.В., ³ Васькин В.В., ¹ Раскин М.В., ³ Старченко Е.В. | |
| 1 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия | |
| 2 – ЗАО «Стройсервис», г. Кемерово, Россия | |
| 3 – ОФ «Матюшинская», г. Прокопьевск, Россия | |
| ПРОЦЕДУРА ИДЕНТИФИКАЦИИ НАТУРНЫХ СТРУКТУР ПУТЕМ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ФРАКТАЛОВ | 291 |
| д.т.н. Мышляев Л.П., Циряпкина И.В., Саламатин А.С. | |
| ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия | |
| СРЕДА ПРОГРАММИРОВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ПРОГНОЗА ОГНЕСТОЙКОСТИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ..... | 295 |
| ¹ д.т.н. Каледин В.О., ² к.т.н. Каледин Вл.О. | |
| 1 – Новокузнецкий институт-филиал ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Новокузнецк, Россия | |
| 2 – АО «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения», г. Хотьково, Россия | |
| МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАШИНЫ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ В АСИНХРОННОМ РЕЖИМЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ РУДНИЧНЫХ МАШИН | 298 |
| д.т.н. Островляничик В.Ю., Поползин И.Ю., к.т.н. Кубарев В.А., Маршев Д.А. | |
| Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РЕАКТИВНЫМ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ГОРНЫХ МАШИН В ГЕНЕРАТОРНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ..... | 305 |
| к.т.н. Иванов А.С., к.т.н. Пугачева Э.Е., Каланчин И.Ю. | |
| Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДРОБИЛЬНОЙ ВАЛКОВОЙ МАШИНОЙ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ..... | 308 |
| д.т.н. Никитин А.Г., к.т.н. Тагильцев-Галета К.В., Чайников К.А. | |
| Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк, Россия | |
| ДИАГНОСТИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ДРОБЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОДНОВАЛКОВОЙ ДРОБИЛКИ | 311 |
| д.т.н. Никитин А.Г., к.ф.-м.н. Лактионов С.А., Медведева К.С. | |
| Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |

| | |
|--|------------|
| ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ ПРИ НЕЗАВИСИМОМ И СИСТЕМНОМ ТЕСТИРОВАНИИ РЕЛИЗОВ ИТ-СЕРВИСА | 314 |
| к.т.н. Зимин В.В., д.т.н. Киселева Т.В., Маслова Е.В. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЙ КОМПЛЕКС ГИДРО-ГАЗОВЫХ ЭНДОГЕННЫХ ШАХТНЫХ ПРОЦЕССОВ | 321 |
| ¹ Давкаев К.С., ² к.т.н. Ляховец М.В., ² к.т.н. Гулевич Т.М., ² Золин К.А. 1 - ООО «Синерго Софт Системс», г. Новокузнецк, Россия 2 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТОПЛИВНО-СЫРЬЕВОГО РЕГИОНА: ДИВЕРСИФИКАЦИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ | 326 |
| д.т.н. Новичихин А.В., д.т.н. Фрянов В.Н., д.э.н. Петрова Т.В., д.т.н. Павлова Л.Д. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| ОЦЕНКА СТРАТЕГИЙ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА И МЕТОДА КВАЛИМЕТРИИ | 330 |
| к.э.н. Новоселов С.В. Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности, г. Кемерово, Россия | |
| ОЦЕНКА ОТХОДОВ УГЛЕБОГАЩЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЮЖНОГО КУЗБАССА КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ | 335 |
| д.т.н. Столбоушкин А.Ю., Акт Д.В., к.т.н. Фомина О.А., Иванов А.И., Сыромясов В.А. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА ПРИНЯТИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПОЭТАПНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕООРУЖЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ | 341 |
| ¹ Кулак В.Ю., ² д.э.н. Петрова Т.В., ² д.т.н. Новичихин А.В. ¹ ЗАО «Промуглепроект», г. Новокузнецк, Россия ² Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СОВОКУПНОЙ СТОИМОСТИ ВЛАДЕНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ЗАКУПОК РЕСУРСОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ | 346 |
| д.э.н. Петрова Т.В., Стрекалов С.В., д.т.н. Новичихин А.В. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЕМ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ РЕСУРСОВ НА РЕКУЛЬТИВАЦИЮ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ (НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЙ УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ) | 351 |
| Франк Е.Я. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ КЛАСТЕРОВ КАК ЭЛЕМЕНТОВ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИКОЙ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ) | 355 |
| к.э.н. Иванова Е.В. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ..... | 359 |
| ОБ ИСТИННЫХ ПРИЧИНАХ ВЗРЫВОВ МЕТАНА НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ РОССИИ И НЕОБХОДИМОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ГОРНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА | 361 |
| д.т.н. Ордин А.А., к.т.н. Никольский А.М. Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия | |
| О ВЗРЫВООПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ МНОГОШТРЕКОВОЙ ПОДГОТОВКИ И ОТРАБОТКИ ПОЛОГИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ..... | 365 |
| д.т.н. Скрицкий В.А. Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия | |
| МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УДАРНЫХ ВОЛН ОТ ВЗРЫВА И ГОРЕНИЯ ГАЗОПЫЛЕВОЙ СМЕСИ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ | 371 |

| | |
|--|-----|
| ^{1,2} д.т.н. Палеев Д.Ю., ¹ к.ф.-м.н. Лукашов О.Ю., ³ д.ф.-м.н. Васенин И.М., ³ д.ф.-м.н. Шрагер Э.Р., ³ д.ф.-м.н. Крайнов А.Ю., ⁴ к.ф.-м.н. Костеренко В.Н. 1 – Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 2 – ФГКУ «Национальный горноспасательный центр», г. Новокузнецк, Россия 3 - Томский государственный университет, г. Томск, Россия 4 - ОАО «Сибирская угольная энергетическая компания», г. Москва, Россия | |
| ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ ВЗРЫВА МЕТАНА С ОБЛАКОМ ПОРОШКОВОГО ИНГИБИТОРА | 377 |
| ^{1,2} д.т.н. Палеев Д.Ю., ¹ к.ф.-м.н. Лукашов О.Ю., ³ д.ф.-м.н. Васенин И.М., ³ д.ф.-м.н. Шрагер Э.Р., ³ д.ф.-м.н. Крайнов А.Ю., ⁴ к.ф.-м.н. Костеренко В.Н. 1 – Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 2 – ФГКУ «Национальный горноспасательный центр», г. Новокузнецк, Россия 3 - Томский государственный университет, г. Томск, Россия 4 - ОАО «Сибирская угольная энергетическая компания», г. Москва, Россия | |
| ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ ВЗРЫВА МЕТАНА С ВОДЯНЫМ ЗАСЛОНОМ | 381 |
| ^{1,2} д.т.н. Палеев Д.Ю., ¹ к.ф.-м.н. Лукашов О.Ю., ³ д.ф.-м.н. Васенин И.М., ³ д.ф.-м.н. Шрагер Э.Р., ³ д.ф.-м.н. Крайнов А.Ю., ⁴ к.ф.-м.н. Костеренко В.Н. 1 – Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 2 – ФГКУ «Национальный горноспасательный центр», г. Новокузнецк, Россия 3 - Томский государственный университет, г. Томск, Россия 4 - ОАО «Сибирская угольная энергетическая компания», г. Москва, Россия | |
| ГАШЕНИЕ ЭНЕРГИИ УДАРНОЙ ВОЛНЫ ВОДЯНЫМ ЗАСЛОНОМ ПРИ ВЗРЫВЕ СЛОЕВОГО СКОПЛЕНИЯ МЕТАНА | 385 |
| ^{1,2} д.т.н. Палеев Д.Ю., ¹ к.ф.-м.н. Лукашов О.Ю., ³ д.ф.-м.н. Васенин И.М., ³ д.ф.-м.н. Шрагер Э.Р., ³ д.ф.-м.н. Крайнов А.Ю., ⁴ к.ф.-м.н. Костеренко В.Н. 1 - Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 2 – ФГКУ «Национальный горноспасательный центр», г. Новокузнецк, Россия 3 - Томский государственный университет, г. Томск, Россия 4 - ОАО «Сибирская угольная энергетическая компания», г. Москва, Россия | |
| ОБЗОР ДАННЫХ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРОШКОВЫХ ОГНЕТУШАЩИХ СОСТАВОВ | 389 |
| ^{1,2} д.т.н. Палеев Д.Ю., ¹ к.ф.-м.н. Лукашов О.Ю., ³ д.ф.-м.н. Васенин И.М., ³ д.ф.-м.н. Шрагер Э.Р., ³ д.ф.-м.н. Крайнов А.Ю., ⁴ к.ф.-м.н. Костеренко В.Н. 1 – Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 2 – ФГКУ «Национальный горноспасательный центр», г. Новокузнецк, Россия 3 - Томский государственный университет, г. Томск, Россия 4 - ОАО «Сибирская угольная энергетическая компания», г. Москва, Россия | |
| МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАТУХАНИЯ ВОЛНЫ СЖАТИЯ ВО ВЗРЫВОУСТОЙЧИВОЙ БЕЗВРУБОВОЙ ПЕРЕМЫЧКЕ С УЧЕТОМ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛА НА КОНТАКТЕ С ПОРОДАМИ | 394 |
| ¹ к.ф.-м.н. Баганина А.Е., ^{1,2} д.т.н. Палеев Д.Ю. 1 – Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия 2 - ФГКУ «Национальный горноспасательный центр», г. Новокузнецк, Россия | |
| СОРБЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ ОКИСЛЕНИИ УГЛЯ | 398 |
| д.т.н. Греков С.П., Орликова В.П. Государственный научно-исследовательский институт горноспасательного дела, пожарной безопасности и гражданской защиты «Респиратор», г. Донецк, ДНР | |
| ОЦЕНКА ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АНИЗОТРОПНОГО МАССИВА В ОКРЕСТНОСТИ ВЫРАБОТКИ ВБЛИЗИ ДИЗЬЮНКТИВНОГО НАРУШЕНИЯ | 402 |
| д.т.н. Черданцев Н.В. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия | |
| ЗАДАЧИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНО-АКУСТИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА ДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ | 408 |
| д.т.н. Шадрин А.В., Контримас А.А. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия | |

| | |
|---|-----|
| ВИДЫ И СТЕПЕНЬ ОПАСНОСТИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ..... | 413 |
| к.т.н. Абрамов И. Л. Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово, Россия | |
| БЕЗОПАСНАЯ ОТРАБОТКА ЗАПАСОВ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ НАУЧНО ОБОСНОВАННЫХ МЕР ОХРАНЫ ПОДРАБАТЫВАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ | 418 |
| д.т.н. Лобанова Т.В., Трофимова О.Л., Писарев Л.Н. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МИГРАЦИИ МЕТАНА В ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ ПРИ ОСТАНОВЛЕННОМ ОЧИСТНОМ ЗАБОЕ..... | 424 |
| к.т.н. Говорухин Ю.М., д.т.н. Домрачев А.Н., к.т.н. Криволапов В.Г., д.т.н. Палеев Д.Ю. ФГКУ «Национальный горноспасательный центр», г. Новокузнецк, Россия | |
| АНАЛИЗ АДЕКВАТНОСТИ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ШАХТНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СЕТЕЙ..... | 429 |
| д.т.н. Палеев Д.Ю., к.т.н. Криволапов В.Г. ФГКУ «Национальный горноспасательный центр», г. Новокузнецк, Россия | |
| СНИЖЕНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ ПРИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ НА ПРИЛЕГАЮЩИЕ ТЕРРИТОРИИ | 434 |
| ¹ к.т.н. Машуков И.В., ¹ к.т.н. Чаплыгин В.В., ² к.т.н. Доманов В.П., ¹ Сёмин А.А., ¹ Климкин М.А. 1 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия 2 – Научный центр «ВостНИИ», г. Кемерово, Россия | |
| СЕЙСМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ПОДЗЕМНЫХ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ | 438 |
| к.т.н. Машуков И.В., Сёмин А.А., Климкин М.А. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ МЕТАНА УГЛЕДОБЫВАЮЩИМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ КУЗБАССА И АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ..... | 442 |
| ¹ к.э.н. Новоселов С.В., ² д.т.н. Голик А.С., ² д.т.н. Ли Хи Ун, ³ д.т.н. Попов В.Б. 1 - Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности, г. Кемерово, Россия 2 - АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово, Россия 3 - ООО «Центр независимой экспертизы», г. Кемерово, Россия | |
| О ВОЗМОЖНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ВСКРЫВАЮЩИХ ВЫРАБОТОК ПО СКЛОННЫМ К САМОВОЗГОРАНИЮ ПЛАСТАМ УГЛЯ | 447 |
| Шлапаков П.А. АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово, Россия | |
| ПЕРЕРАБОТКА КОНВЕРТЕРНЫХ ШЛАМОВ НА ОСНОВЕ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОГО КОКСОВАНИЯ С УГЛЯМИ..... | 450 |
| Кузнецов С.Н., д.т.н. Школлер М.Б., д.т.н. Протопопов Е.В., Казимиров С.А., д.т.н. Темлянцев М.В. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВНЕДРЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИРОДООХРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ..... | 453 |
| ^{1,2} д.т.н. Зеньков И.В., ² Нефедов Н.Б. 1 - Сибирский государственный аэрокосмический университет им. акад. М.Ф. Решетнёва, г. Красноярск, Россия 2 – Институт вычислительных технологий СО РАН, г. Новосибирск, Россия | |
| ИНФОРМАТИВНОСТЬ ОБМЕНА ОПЫТОМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА | 458 |
| д.т.н. Журавлев Р.П. ООО«Научно-исследовательский испытательный центр КузНИИУИ», г. Прокопьевск, Россия | |
| АНАЛИЗ ПРОВЕДЕННЫХ РЕФОРМ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ | 460 |
| д.т.н. Журавлев Р.П. | |

| | |
|---|-----|
| ООО«Научно-исследовательский испытательный центр КузНИУИ», г. Прокопьевск, Россия РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ АРХИТЕКТУРЫ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ | 463 |
| к.т.н. Михайлов В.Г. ¹ ; д.т.н. Киселева Т.В. ² ; к.т.н. Михайлов Г.С. ¹ | |
| 1 - Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия | |
| 2 - Сибирский государственный индустриальный университет,г. Новокузнецк, Россия | |
| РОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЕБАЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И МАТРИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В МИНЕРАГЕНЕЗЕ И В РАЗВИТИИ РАКА У ГОРНЯКОВ | 468 |
| к.г.-м.н. Гумиров Ш.В. | |
| Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| АКУСТИЧЕСКИЕ ФОНОНЫ ТЕРАГЕРЦОВОЙ ЧАСТОТЫ В ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ВЕЩЕСТВА ЛИТОСФЕРЫ..... | 475 |
| к.г.-м.н. Гумиров Ш.В. | |
| Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |
| СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБ ДЕГАЗАЦИОННЫХ ГАЗОПРОВОДОВ..... | 481 |
| к.т.н. Башкова М.Н., к.т.н. Зоря И.В. | |
| Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия | |

10. R. Giusti, S. Vezzù & G. Lucchetta / Wear-resistant cobalt-based coatings for injection moulds by cold spray // Surface Engineering. 2016. – Vol. 32. – P. 677 – 685.
11. H. E. Exner & J. Gurland / A review of parameters influencing some mechanical properties of tungsten carbide–cobalt alloys // Powder Metallurgy. 1970. – Vol. 13. P. 13 – 31.
12. T. Li . Abnormal grain growth of WC with small amount of cobalt / T. Li , Q. Li , L. Lu , J. Y. H. Fuh & P. C. Yu // Philosophical Magazine. 2007. – Vol. 87. – P. 5657 – 5671.
- A. E. Yaedu & A. S. C. M. D'Oliveira / Cobalt based alloy PTA hardfacing on different substrate steels // Materials Science and Technology. 2005. – Vol. 21. – P. 459 – 466.
13. G. Cârâc. Codeposition of Cerium Oxide With Nickel and Cobalt: Correlation Between Microstructure And Microhardness / G. Cârâc, L. Benea, C. Iticescu, T. Lampke, S. Steinhäuser & B. Wielage // Surface Engineering. 2004. – Vol. 20. – P. 353 – 359.
14. C. Ma, S. C. Wang & F. C. Walsh / Electrodeposition of nanocrystalline nickel and cobalt coatings // Transactions of the IMF. 2015. – Vol. 93. – P. 8 – 17.
15. E. Edward Anand & S. Natarajan / Preparation and characterisation of nanocrystalline cobalt–phosphorus coatings reinforced with carbon nanotubes // Surface Engineering. 2014. – Vol. 30. – P. 716 – 721.
16. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / под ред. Б.Е. Патона. – М.: Металлургия, 1974 – 768с.
17. Гусев А.И. Изучение свойств металла наплавленного порошковой проволокой системы С-Mn-Si-Cr-V-Mo-Co / Гусев А.И., Осетковский И.В. // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: сб. тр. VII всерос. науч.-практ. конф. для студентов и учащейся молодежи в 2-х томах. Том 1. Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – С. 91-94.
18. Осетковский И.В. Изучение свойств металла наплавленного порошковой проволокой системы С-Si-Mn-Cr-Mo-Ni-V / Осетковский И.В., Гусев А.И. // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: сб. тр. VII всерос. науч.-практ. конф. для студентов и учащейся молодежи в 2-х томах. Том 1. Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – С. 143-146.
19. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Высшая школа, 1999. – 576 с.
20. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 464 с.
21. Гмурман В.Е. Теория вероятности и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – М.: Высшая школа, 2003. – 479 с.
22. ГОСТ 1778-70. Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений. Введ. 01.01.72. – М.: Стандартинформ, 2011. – 32 с.
23. ГОСТ 5639-82. Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна. Введ. 01.01.83. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 21 с.

УДК 519.237: 669.018.25

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ СИСТЕМЫ
Fe-C-Si-Mn-Cr-Mo-Ni-V-Co ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ
ГОРНОРУДНОЙ И УГЛЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛЕЙ**

**Гусев А.И., д.т.н. Козырев Н.А., к.т.н. Кибко Н.В., д.т.н. Попова М.В., Осетковский И.В.
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия**

Аннотация. Изучено влияние введение ванадия и кобальта в шихту порошковой наплавочной проволоки системы Fe-C-Si-Mn-Cr-Mo-Ni, в лабораторных условиях изготовлены образцы порошковых проволок, произведена наплавка, проведено измерение твердости и скорости истирания, проведены металлографические исследования. Обоснованы варианты сплавов для упрочнения деталей горных машин.

Ключевые слова: сварка, флюс, порошковая проволока, наплавка, микроструктура, твердость, износостойкость.

Механизмы машин горного оборудования, испытывающие абразивное и ударное изнашивание при эксплуатации, преждевременно выходят из строя. Износ их рабочих поверхностей вызывает необходимость в проведении восстановления. Поэтому разработка материалов значительно повышающих износостойкость таких деталей и использование технологии их восстановления, является важной задачей. Наиболее перспективным является использование наплавки порошковой проволокой на изнашивающиеся поверхности деталей. Для этих целей в нашей стране и за рубежом ведётся разработка и изготовление специальных наплавочных порошковых проволок [1-14]. Благодаря оптимально подобранному способу легирования наплавленные покрытия обладают высокими значениями твёрдости, абразивной и ударно-абразивной износостойкости. Широкое распространение для наплавки абразивно-изнашивающихся изделий получили наплавочные проволоки систем Fe-C-Si-Mn-Cr-Ni-Mo типа А и В по классификации МИС [15]. В настоящее время порошковые проволоки такой системы фирмы DRATEC (Германия) марки DT-SG 600 F и порошковые проволоки фирмы ESAB марок ОК Tubrodur 15.52, ОК Tubrodur 58 O/G M широко используются в нашей стране. По результатам исследований необходимо определить область применения проволоки разных марок в деталях горных машин.

Данная работа продолжает начатые исследования по разработке новых составов порошковых проволок, используемых для наплавки изделий, работающих в условиях абразивного износа в горнорудной промышленности [16-18], в частности изучение влияния использования ванадия и кобальта при изготовлении опытных образцов проволоки системы Fe-C-Si-Mn-Cr- Mo- Ni на степень износа и твердость наплавленного слоя.

Изготовление проволоки проводилось на лабораторной машине. Диаметр изготовленной проволоки 5 мм, оболочка выполнена из ленты Ст3. В качестве наполнителя использовались соответствующие порошкообразные материалы порошок железа марки ПЖВ1 по ГОСТ 9849-86, порошок ферросилиция марки ФС 75 по ГОСТ1415-93, порошок высокоуглеродистого феррохрома марки ФХ900А по ГОСТ 4757-91, порошок углеродистого ферромарганца ФМн 78(А) по ГОСТ 4755-91, порошок никеля ПНК-1Л5 по ГОСТ 9722-97, порошок ферромolibдена марки ФМо60 по ГОСТ 4759-91, порошок феррованадия марки ФВ50У 0,6 по ГОСТ 27130-94, порошок кобальта ПК-1У по ГОСТ 9721-79, причем в качестве углеродсодержащего компонента использовали пыль газоочистки алюминиевого производства, со следующим составом компонентов, мас. %: $Al_2O_3 = 21-46,23$; F = 18-27; $Na_2O = 8-15$; $K_2O = 0,4-6$; $CaO = 0,7-2,3$; $Si_2O = 0,5-2,48$; $Fe_2O_3 = 2,1-3,27$; $C_{общ} = 12,5-30,2$; $MnO = 0,07-0,9$; $MgO = 0,06-0,9$; S = 0,09-0,19; P = 0,1-0,18.

Наплавку изготовленной проволокой производили под флюсом АН-26С, на пластины из стали марки Ст3 в 6 слоев (для исключения перемешивания наплавляемого металла с подложкой), при помощи сварочного трактора АСАW-1250, с режимом наплавки: I=450 А, U=30 В, V=10см/мин. Далее пластины разрезались на соответствующие образцы для испытаний. Химический состав исследуемых наплавленных образцов определяли по ГОСТ 10543-98 рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре XRF-1800 и атомно-эмиссионным методом на спектрометре ДФС-71. Химический состав наплавленных слоев с использованием порошковых проволок приведен в табл. 1.

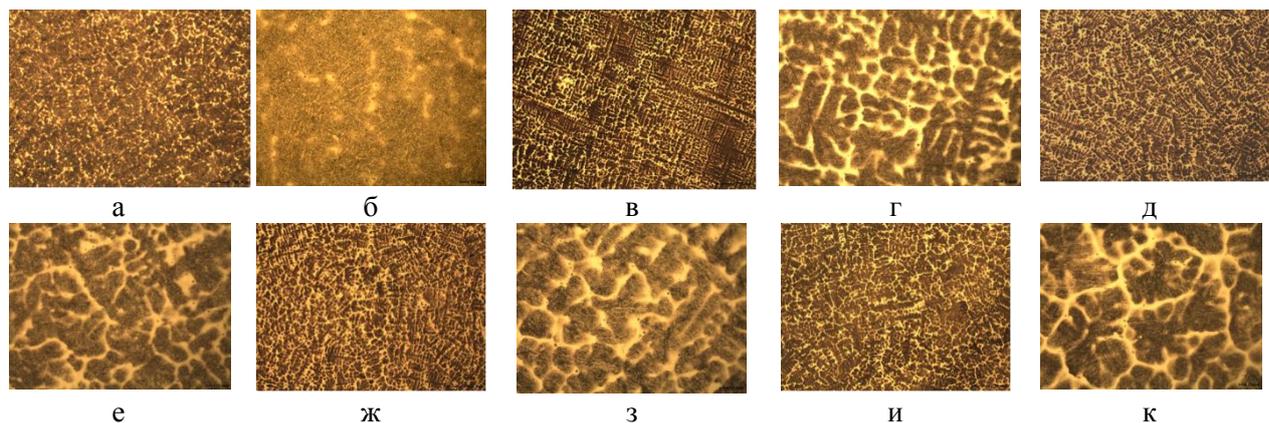
Твёрдость изучаемых образцов измеряли с помощью твердомера МЕТ-ДУ. Испытания на износостойкость производили на машине 2070 СМТ-1. Испытания проводились на режимах: нагрузка 30 мА, частота 20 об/мин. Металлографический анализ с целью определения степени влияния изменения химического состава на параметры микроструктуры проводили с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 в светлом поле в диапазоне увеличений $\times 100-1000$ после травления в спиртовом растворе азотной кислоты. Величину зерна определяли по ГОСТ 5639-82 при увеличении $\times 100$. Размер игл мартенсита определяли по ГОСТ 8233-56 при увеличении $\times 1000$. Исследование продольных образцов наплавленного слоя на наличие неметаллических включений осуществляли в соответствии с ГОСТ 1778-70 при увеличении $\times 100$.

Металлографические исследования показали, что микроструктура наплавленного слоя порошковой проволокой системы Fe-C-Si-Mn-Cr-Mo-Ni-V-Co равномерная, наблюдаются тонкие ветви дендритов. Микроструктура состоит из мартенсита, формирующегося внутри границ бывшего аустенитного зерна, аустенита остаточного, присутствующего в небольшом количестве в виде отдельных островков, и тонких прослоек δ -феррита, располагающегося по границам бывших зерен аустенита.

Установлено, что в микроструктуре образцов с содержанием углерода 0,22 – 0,55% (образцы № 1-6) наблюдается мелкоигльчатый мартенсит с размером игл до 6 мкм (балл №4). Величина бывшего зерна аустенита по шкале зернистости находится в пределах №6 – 7 (рис 1, 2, табл. 2).

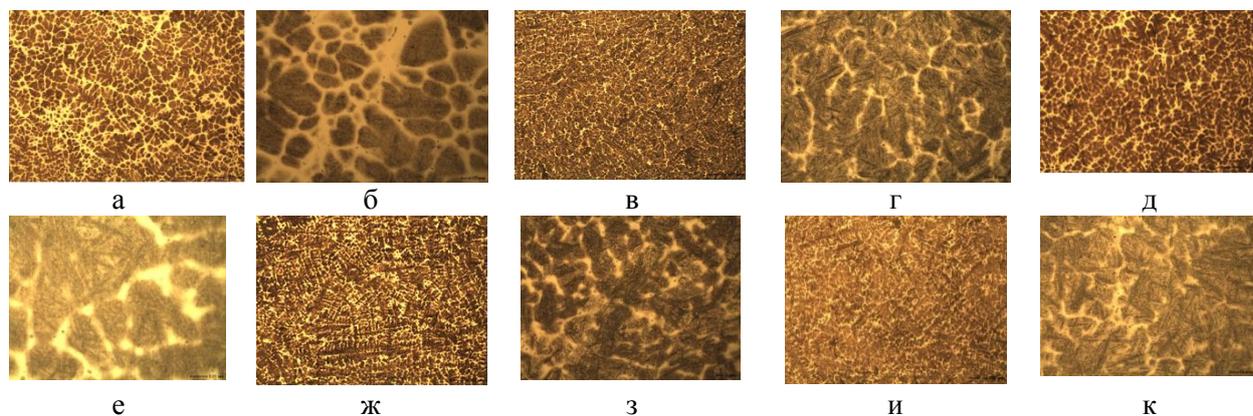
Химический состав, содержание водорода, износ и твердость наплавленных слоев

| Номер образца | Массовая доля элементов % | | | | | | | | | | | | | | [H], см ³ /100г | Твердость образцов, HRC | Износ образцов г/об. |
|---------------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|----------------------------|-------------------------|----------------------|
| | C | Si | Mn | Cr | Ni | Mo | B | V | Co | Al | Cu | Ti | S | P | | | |
| 1 | 0,22 | 0,35 | 0,65 | 2,78 | 0,09 | 0,25 | 0 | 0,02 | 0,04 | 0,01 | 0,06 | 0,01 | 0,036 | 0,020 | 2,0 | 36 | 0,000040 |
| 2 | 0,43 | 0,37 | 0,84 | 7,04 | 0,42 | 0,49 | 0,01 | 0,03 | 0,06 | 0,02 | 0,08 | 0,01 | 0,038 | 0,020 | 2,0 | 56 | 0,000020 |
| 3 | 0,5 | 0,68 | 0,75 | 5,57 | 0,44 | 0,55 | 0,01 | 0,04 | 0,1 | 0,03 | 0,07 | 0,003 | 0,037 | 0,025 | 2,0 | 50 | 0,000015 |
| 4 | 0,55 | 0,81 | 0,7 | 5,59 | 0,6 | 0,58 | 0,01 | 0,03 | 0,11 | 0,07 | 0,07 | 0,005 | 0,044 | 0,023 | 2,4 | 53 | 0,000005 |
| 5 | 0,46 | 0,68 | 0,75 | 5,04 | 0,72 | 0,5 | 0,01 | 0,03 | 0,08 | 0,05 | 0,1 | 0,001 | 0,042 | 0,019 | 2,1 | 51 | 0,000071 |
| 6 | 0,44 | 0,74 | 0,73 | 5,59 | 0,86 | 0,53 | 0,01 | 0,03 | 0,09 | 0,06 | 0,07 | 0,02 | 0,038 | 0,020 | 2,3 | 52 | 0,000017 |
| 7 | 0,19 | 0,77 | 0,61 | 4,17 | 0,34 | 0,38 | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,01 | 0,07 | 0,02 | 0,054 | 0,024 | 2,4 | 44,5 | 0,000071 |
| 8 | 0,19 | 0,63 | 0,65 | 4,06 | 0,3 | 0,38 | 0,01 | 0,03 | 0,06 | 0,01 | 0,08 | 0,03 | 0,056 | 0,019 | 1,7 | 43 | 0,000039 |
| 9 | 0,2 | 0,59 | 0,61 | 4,12 | 0,3 | 0,38 | 0,01 | 0,02 | 0,12 | 0,02 | 0,06 | 0,04 | 0,049 | 0,019 | 1,9 | 46 | 0,000044 |
| 10 | 0,2 | 0,64 | 0,6 | 4,03 | 0,3 | 0,39 | 0,01 | 0,03 | 0,2 | 0,01 | 0,08 | 0,03 | 0,058 | 0,021 | 2,0 | 30 | 0,000073 |



а, б - №1; в, г-№2; д, е -№3; ж, з-№4; и, к- №5

Рис. 1. Микроструктура исследуемых образцов, (а, в, д, ж, и × 100), (б, г, е, з, к × 500)



а, б-№6; в, г-№7; д, е -№8; ж, з -№9; и, к-№10

Рис. 2. Микроструктура исследуемых образцов, (а, в, д, ж, и × 100), (б, г, е, з, к × 500)

В результате уменьшения содержания углерода в наплавленном слое до 0,19-0,2% при одновременном изменении содержания хрома, никеля, молибдена и других присутствующих в его

составе элементов, наблюдается укрупнение игл мартенсита и увеличение размера бывшего зерна аустенита (рис. 2, табл. 2).

Показано, что в микроструктуре образцов № 7-10 присутствует среднеигльчатый (балл № 5) и крупноигльчатый (балл №7) мартенсит с размером игл 8-13 мкм. Величина первичного зерна аустенита соответствует №6 (рис. 2, табл. 2).

В результате оценки загрязненности наплавленного слоя неметаллическими включениями установлено присутствие оксидных неметаллических включений, в частности силикатов недеформирующихся и оксидов точечных (табл. 2).

Таблица 2

Характеристики неметаллических включений и структуры исследуемых образцов

| Номер образца | Загрязненность неметаллическими включениями, балл | | Величина зерна аустенита, балл | Размер игл мартенсита, мкм |
|---------------|---|-----------------|--------------------------------|----------------------------|
| | силикаты недеформирующиеся (хрупкие) | оксиды точечные | | |
| 1 | 2б, 1б, 2а | 1а | 6, 7 | 3-6 |
| 2 | 2б, 1б, 3а | 1а | 7 | 2-6 |
| 3 | 1б, 2б, 3а | 1 а | 7 | 2-6 |
| 4 | 2б, 1б, 2а, 3а | 1 а | 6, 7 | 4-6 |
| 5 | 1б, 2б, 3а | 1 а | 6, 7 | 3-6 |
| 6 | 1б, 2б, 3а | 1 а | 7, 6 | 2-6 |
| 7 | 1б, 2а | 1 а | 6 | 8-13 |
| 8 | 1б, 2б, 2а, 3а | 1 а, 2а | 6 | 8-10 |
| 9 | 1б, 2б, 2а, 3а | 1 а, 2а | 6 | 8-12 |
| 10 | 1б, 2б, 3а | 1 а, 2а | 6 | 8-11 |

Оценка влияния химического состава порошковых проволок системы Fe-C-Si-Mn-Cr-Mo-Ni-V-Co на степень износа и твердость наплавленного слоя проводилась средствами многофакторного корреляционного анализа, который позволяет изучить закономерности изменения результирующего показателя в зависимости от поведения различных факторов по методикам, изложенным в работах [19, 20, 21].

Для проведения анализа были определены факторы, которые оказывают воздействие на изучаемый показатель, и отобраны наиболее существенные из них (табл. 1). После этого выполнена проверка исходной информации на достоверность, однородность, соответствие закону нормального распределения. Далее была построена модель факторной системы. Поскольку в приведенных системах имеют место независимые факторные признаки, используется детерминированный факторный анализ.

Вид связи определялся с использованием парных и частных коэффициентов корреляции. Выявлено, что связь имеет прямолинейный характер, что подтверждается коэффициентом детерминированности, который для моделей приведенных факторных систем равен 1.

Расчет основных показателей связи корреляционного анализа производился поэтапно. Сначала в расчет принимался один фактор, который оказывает наиболее значимое влияние на результирующий показатель, потом второй, третий и т.д. На каждом этапе рассчитывалось уравнение связи и показатели, с помощью которых оценивается его надежность.

По результатам вычислений получены зависимости, адекватность которых фактическим значениям проверялась по показателю средней ошибки аппроксимации:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left| \frac{Y_i - \tilde{Y}_i}{Y_i} \right| \cdot 100 \tag{1}$$

где m – количество наблюдений; \tilde{Y}_i – вычисленное значение результирующего показателя; Y_i – фактическое значение результирующего показателя.

Зависимости твердости наплавленного слоя и его износостойкости от массовой доли элементов, входящих в состав порошковых проволок системы Fe-C-Si-Mn-Cr-Mo-Ni-V-Co, полученные в результате проведенного анализа:

– твердость наплавленного слоя (без учета содержания водорода):
 $y = 535,343 + 168,120 \cdot C - 276,437 \cdot Si - 890,442 \cdot Mn + 6,037 \cdot Cr + 108,957 \cdot Ni + 445,851 \cdot Mo - 433,688 \cdot Co - 1014,594 \cdot Al + 477,567 \cdot Cu$ (ошибка аппроксимации 0,01%);

– твердость наплавленного слоя (с учетом содержания водорода):
 $y=214,819 - 163,253 \cdot C - 307,499 \cdot Si - 353,293 \cdot Mn - 21,239 \cdot Cr + 33,871 \cdot Ni + 858,517 \cdot Mo - 280,917 \cdot Co + 321,784 \cdot Cu + 13,830 \cdot H$ (ошибка аппроксимации 0,01%);

– износостойкость образцов (без учета содержания водорода):
 $y=0,002005 + 0,001110 \cdot C - 0,000804 \cdot Si - 0,003522 \cdot Mn + 0,000040 \cdot Cr + 0,000500 \cdot Ni + 0,000460 \cdot Mo - 0,001061 \cdot Co - 0,005525 \cdot Al + 0,003132 \cdot Cu$ (ошибка аппроксимации 0,32%);

– износостойкость образцов (с учетом содержания водорода):
 $y=0,000260 - 0,000695 \cdot C - 0,000973 \cdot Si - 0,000597 \cdot Mn - 0,000108 \cdot Cr + 0,000091 \cdot Ni + 0,002707 \cdot Mo - 0,000229 \cdot Co + 0,002283 \cdot Cu + 0,000075 \cdot H$ (ошибка аппроксимации 10,74%).

Вычисленные значения средней ошибки аппроксимации свидетельствуют о том, что полученные зависимости являются адекватными и их можно использовать для определения результирующих показателей.

В результате проведенного многофакторного корреляционного анализа были определены зависимости твердости наплавленного слоя и его износостойкости от массовой доли элементов, входящих в состав порошковых проволок системы Fe-C-Si-Mn-Cr-Mo-Ni-V-Co. Полученные зависимости могут быть использованы для прогнозирования твердости наплавленного слоя и его износостойкости при изменении химического состава наплавленного металла.

Выводы

1. Установлено, что уменьшение содержания углерода в наплавленном слое до 0,19-0,2% при одновременном изменении содержания хрома, никеля, молибдена и других присутствующих в его составе элементов, способствует укрупнению игл мартенсита и увеличению размера бывшего зерна аустенита.

2. По результатам проведенного многофакторного корреляционного анализа были определены зависимости твердости наплавленного слоя и его износостойкости от массовой доли элементов, входящих в состав порошковых проволок системы Fe-C-Si-Mn-Cr-Mo-Ni-V-Co. Полученные зависимости могут быть использованы для прогнозирования твердости наплавленного слоя и его износостойкости при разных режимах работы деталей оборудования горнорудной и углеобывающей отраслей.

Библиографический список

1. Kirchgaßner M, Badisch E, Franek F. Behaviour of iron-based hardfacing alloys under abrasion and impact. / *Wear Journal*. 2008. – Vol.265. –P. 772–779.
2. Azzoni M. Directions and developments in the types of hard phases to be applied in abrase deposits against abrasion. \ *Weld International*. 2009. – Vol.23. – P. 706–716.
3. Klimpel A. Abrasion resistance of GMA metal cored wires surfaced deposits. / Klimpel A, Dobrzanski LA, Janicki D, Lisiecki A. // *Materials Processing Technology*. 2005. – Vol.164 – 165. – P. 1056–1061.
4. Wang Q, Li X. Effects of Nb, V, and W on microstructure and abrasion resistance of Fe–Cr–C hardfacing alloys. / *Welding*. 2010. - Vol 89. – P. 133–139.
5. Metlitskii V.A. Flux-cored wires for arc welding and surfacing of cast iron / *Welding International*. 2008. – Vol 22. – P. 796-800.
6. R. Kejžar & J. Grum. Hardfacing of Wear-Resistant Deposits by MAG Welding with a Flux-Cored Wire Having Graphite in Its Filling \ *Welding International*. 2005. – Vol 20. – P. 961-976.
7. R. Li. Wear and high temperature oxidation behavior of wire arc sprayed iron based coatings / R. Li, D. Y. He, Z. Zhou, Z. J. Wang & X. Y. Song. // *Surface Engineering*. 2014. – Vol 30. – P. 784-790.
8. H. R. Ma. Fe-based amorphous coating with high corrosion and wear resistance / H. R. Ma, X. Y. Chen, J. W. Li, C. T. Chang, G. Wang, H. Li, X. M. Wang & R. W. Li // *Surface Engineering*. 2016. – Vol 46. – P. 1-7.
9. M.A. Filippov. Structure and wear resistance of deposited alloys based on metastable chromium–carbon austenite / M.A. Filippov, V.I. Shumyakov, S.A. Balin, A.S. Zhilin, V.V. Lehchilo & G.A. Rimer. // *Welding International*. 2015. – Vol 29. – P. 819-822.
10. D.S. Liu, R.P. Liu & Y.H. Wei. Influence of tungsten on microstructure and wear resistance of iron base hardfacing alloy / *Materials Science and Technology*. 2013. – Vol 30. – P. 316-322.
11. S. C. Lim. Wear resistant WC–Co composite hard coatings // S.C. Lim, M. Gupta, Y.S. Goh & K.C. Seow. // *Surface Engineering*. 1997. – Vol 13. – P. 247-250.

12. Zhuk Yu. Super-Hard Wear-Resistant Coating Systems / Materials Technology. 1999. – Vol 14. – P. 126-129.
13. J. Hardell. Abrasive wear behaviour of hardened high strength boron steel / J. Hardell, A. Yousfi, M. Lund, L. Pelcastre & B. Prakash // Tribology - Materials, Surfaces & Interfaces. 2014. – Vol 8. – P. 90-97.
14. X.T. Deng. Epsilon carbide precipitation and wear behaviour of low alloy wear resistant steels / X.T. Deng, T.L. Fu, Z.D. Wang, R.D.K. Misra & G. D. Wang // Materials Science and Technology. 2016. – Vol 32. P. 320-327.
15. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / под ред. Б.Е. Патона. – М.: Металлургия, 1974 – 768с.
16. Гусев А.И. Изучение свойств металла наплавленного порошковой проволокой системы С-Mn-Si-Cr-V-Mo-Co / Гусев А.И., Осетковский И.В. // Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении: сб. тр. VII всерос. науч.-практ. конф. для студентов и учащейся молодежи в 2-х томах. Том 1. Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – С. 91-94.
17. A study on the properties of the deposited metal by flux cored wires 40GMFR and 40H3G2MF/ A I Gusev, N V Kibko, N A Kozyrev, M V Popova, I V Osetkovsky// IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 150 (2016) 012033- pages 1-9| doi:10.1088/1757-899X/150/1/012033
18. Структура и свойства наплавленных слоев, полученных с применением порошковых проволок 40ГМФР и 40ХЗГ2МФ / Гусев А. И., Кибко Н.В., Попова М.В., Козырев Н.А., Осетковский И.В. // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии: Сб. научн. тр. - Вып.36.- Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2016 – С. 174-181.
19. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Высшая школа, 1999. – 576 с.
20. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 464 с.
21. Гмурман В.Е. Теория вероятности и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – М.: Высшая школа, 2003. – 479 с.

УДК 621.791:624

**НОВЫЕ СВАРОЧНЫЕ ФЛЮСЫ НА ОСНОВЕ ШЛАКА СИЛИКОМАНГАНЦА
ДЛЯ НАПЛАВКИ И СВАРКИ ПЕРЕКРЫТИЙ И ОСНОВАНИЙ ШАХТНОЙ КРЕПИ
к.т.н. Крюков Р.Е., д.т.н. Козырев Н.А., к.т.н. Усольцев А.А., Козырева О.Е., Липатова У.И.
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия**

Аннотация. Приведены результаты изучения использования отходов металлургического производства в качестве составляющих сварочных флюсов. Разработан состав и технология изготовления нового сварочного флюса с применением шлака производства силикомарганца. Изучено влияние фракционного состава на сварочно-технологические свойства флюсов.

Ключевые слова: сварка, флюсы, технология, сварной шов, образцы, неметаллические включения, микроструктура, величина зерна, механические свойства, шахтная крепь.

Созданию, исследованию и разработке новых сварочных флюсов уделяется большое внимание как в РФ, так и за рубежом [1 – 18]. Предложено использование шлака производства силикомарганца для изготовления сварочных флюсов [19, 20], технология защищена патентами [21, 22]. В настоящей работе рассмотрена возможность эффективного использования шлака производства силикомарганца для производства сварочных флюсов при сварке деталей горных машин.

Для изготовления флюса применяли шлак производства силикомарганца с химическим составом, приведенным в табл. 1, при этом в первой серии опытов исследовали возможность использования различного соотношения шлаковых фракций (табл. 2). Сварку под флюсами производили встык без скоса кромок с двух сторон на образцах размером 500×75 мм толщиной 16 мм из листовой стали марки 09Г2С. Процесс проводили проволокой Св-08ГА с использованием сварочного трактора АSAW-1250 при режимах: $I_{св} = 700$ А; $U_{д} = 30$ В; $V_{св} = 35$ м/ч.