

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ

Рябов В. В., Князюк Т. В., Михайлов М. С., Мотовилина Г. Д., Хлусова Е. И. Структура и свойства новых износостойких сталей для сельскохозяйственного машиностроения..... 7

Гринберг Е. М., Алексеев А. А., Шеверев С. Г. Изменение тонкой структуры при низкотемпературном распаде мартенсита закаленной среднеуглеродистой стали20

Оленин М. И., Горынин В. И., Михайлов М. С. Изменения карбидной фазы в термоулучшаемой стали марки 09Г2СА-А после среднетемпературного дополнительного отпуска.....26

Душин Ю. А., Красильников А. З., Петров С. Н., Попова И. П., Пташник А. В. Приблизительный расчет науглероживания материала в оборудовании для высокотемпературного пиролиза углеводородов..... 33

Кудрявцев А. С., Чудаков Е. В., Кулик В. П., Третьякова Н. В., Берестов А. В., Федоров С. А. Оптимизация режимов упрочняющей термической обработки полуфабрикатов из титанового псевдо-β-сплава марки Ti-5553 для применения в морской технике 51

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Климов В. Н., Ковалева А. А., Бобкова Т. И., Деев А. А., Черныш А. А., Юрков М. А. Структура и свойства функционального бронзового покрытия, полученного газодинамическим и микроплазменным напылением.....57

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Седакова Е. Б., Козырев Ю. П. Влияние вязкоупругих свойств политетрафторэтилена на диапазон рабочих нагрузок пары трения политетрафторэтилен – сталь..... 69

Деев И. С. Микроструктурные особенности эрозионного разрушения полимерных композиционных материалов при пылевой и дождевой эрозии 76

Мостовой А. С., Панова Л. Г., Курбатова Е. А. Модификация эпоксидных полимеров кремнийсодержащим наполнителем с целью повышения эксплуатационных свойств..... 87

Гоголева О. В., Петрова П. Н. Разработка самосмазывающихся материалов на основе политетрафторэтилена.....96

СВАРКА И РОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ. СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Власенко В. Д., Верхотуров А. Д. Применение метода алюминотермии для получения электродов из минерального сырья, содержащих вольфрам и титан..... 104

Горынин И. В., Фармаковский Б. В., Васильев А. Ф., Виноградова Т. С., Самоделкин Е. А. Активированная пайка разнородных материалов аморфными припоями 111

КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ

Хромушкин К. Д., Иванов В. Г., Медведева Г. В. Относительная коррозионная стойкость оксидированных покрытий титанового сплава в агрессивных средах 120

Ставицкий О. А., Кузьмин Ю. Л., Подшивалов А. В. Эффективность и параметры работы в арктических условиях системы катодной защиты от коррозионно-эрозионных разрушений корпуса а/л «50 лет Победы» с ледовым поясом из плакированной стали..... 127

Ставицкий О. А., Кузьмин Ю. Л., Трощенко В. Н. Новые ледостойкие платинониобиевые аноды для систем катодной защиты от коррозионно-эрозионных разрушений корпусов ледоколов и ледостойких морских сооружений 137

Раджабалиев С. С., Ганиев И. Н., Амонов И. Т. Влияние свинца на анодное поведение сплава Al + 2,18%Fe 147

РАДИАЦИОННОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Марголин Б. З., Юрченко Е. В., Морозов А. М. Пороговые и предельные значения концентраций примесных элементов в материале корпусов реакторов типа ВВЭР 152

Марголин Б. З., Юрченко Е. В. Прогнозирование радиационного охрупчивания материалов КР ВВЭР-1000 с учетом влияния легирующих элементов и повышенного содержания меди 164

ИСПЫТАНИЯ, ДИАГНОСТИКА И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ

Косильников В. Ю., Лебедев В. Л., Трошкин С. Н., Логунова А. А. Простое аппаратное оформление методики измерения коэффициентов механических потерь 175

ХРОНИКА

Конференции 2016 187

Информационное сообщение 189

Рефераты публикуемых статей 191

Авторский указатель 201

Научно-технический журнал «Вопросы материаловедения». Оформление статей. Правила для авторов 203

РЕФЕРАТЫ ПУБЛИКУЕМЫХ СТАТЕЙ

УДК 669.14.018.295:539.538:631.3

Структура и свойства новых износостойких сталей для сельскохозяйственного машиностроения. Рябов В. В., Князюк Т. В., Михайлов М. С., Мотовилина Г. Д., Хлусова Е. И. – Вопросы материаловедения, 2016, № 2(86), с. 7–19.

На основании результатов исследований фазовых превращений, изменения структуры и механических свойств высокопрочной стали при основных операциях обработки (горячая прокатка, штамповка и термическая обработка) разработаны новые износостойкие конкурентоспособные стали с пределом текучести 1200, 1500 и 1700 МПа для сельскохозяйственного машиностроения.

Ключевые слова: высокопрочные износостойкие стали, сельскохозяйственное машиностроение, фазовые превращения, структура и свойства.

УДК 621.785.616:669.15–194.2

Изменение тонкой структуры при низкотемпературном распаде мартенсита закаленной среднеуглеродистой стали. Гринберг Е. М., Алексеев А. А., Шеверев С. Г. – Вопросы материаловедения, 2016, № 2(86), с. 20–25.

Исследовано изменение характеристик тонкой структуры мартенсита закаленной среднеуглеродистой стали в процессе вылеживания при комнатной температуре. Термическую обработку проводили по режиму, включающему закалку от 860°C в различных средах (минеральное масло и 10%-ный водный раствор NaCl) и вылеживание при комнатной температуре.

Показано, что тетрагональность свежезакаленной стали 40X с течением времени при вылеживании при комнатной температуре (после завершения стадии образования атмосфер Коттрелла) изменяется в такой же степени, как и микротвердость стали для обеих исследованных скоростей охлаждения при закалке. Распад мартенсита при вылеживании сопровождается уменьшением внутренних напряжений и плотности дислокаций. Завершению первого этапа распада соответствуют одинаковые значения этих характеристик, не зависящие от скорости охлаждения при закалке.

Ключевые слова: скорость охлаждения, нейтронная дифракция, низкотемпературный распад мартенсита, вылеживание.

УДК 669.15–194:52:621.785.72

Изменения карбидной фазы в термоулучшаемой стали марки 09Г2СА-А после среднетемпературного дополнительного отпуска. Оленин М. И., Горынин В. И., Михайлов М. С. – Вопросы материаловедения, 2016, № 2(86), с. 26–32.

Исследована тонкая структура ферритно-перлитной стали марки 09Г2СА-А после термического улучшения и дополнительного отпуска при температуре 450°C. Показано, что дополнительный отпуск повышает сопротивление хрупкому разрушению стали благодаря коагуляции и сфероидизации карбидов цементитного типа.

Ключевые слова: ферритно-перлитная сталь, сопротивление хрупкому разрушению, термическое улучшение, дополнительный отпуск, сфероидизация карбидов.

УДК 669.018.44:621.785.51:665.633

Приблизительный расчет науглероживания материала в оборудовании для высокотемпературного пиролиза углеводородов. Душин Ю. А., Красильников А. З., Петров С. Н., Попова И. П., Пташник А. В. – Вопросы материаловедения, 2016, № 2(86), с. 33–50.

Выполнены приблизительные расчеты науглероживания центробежнолитых труб радиантных змеевиков в установках пиролиза углеводородов путем численного решения систем дифференциальных уравнений, описывающих диффузию компонентов, кинетику реакций карбидообразования, теплопроводность и теплопередачу с учетом меняющейся по глубине и времени температуры. Достоверность результатов проверена на сплаве 45X26H33C2B2 после пиролиза бензина (8 циклов по 500 ч). Предложенное решение помогает выяснить, как механические свойства и ресурс материала зависят от технологии пиролиза.

Ключевые слова: пиролиз, радиантный змеевик, коксовый слой, кинетика, диффузия, цикл, карбиды.

УДК 669.295:621.785.5:629.5

Оптимизация режимов упрочняющей термической обработки полуфабрикатов из титанового псевдо- β -сплава марки Ti-5553 для применения в морской технике. Кудрявцев А. С., Чудаков Е. В., Кулик В. П., Третьякова Н. В., Берестов А. В., Федоров С. А. – Вопросы материаловедения, 2016, № 2(86), с. 51–56.

Проведены исследования структуры и механических свойств металла плиты из титанового псевдо- β -сплава марки Ti-5553 после упрочняющей термической обработки по различным режимам. Показана возможность получения необходимого комплекса физико-механических свойств для деформированных полуфабрикатов больших толщин, используемых в судостроении, посредством подбора оптимального режима упрочняющей термической обработки.

Ключевые слова: титановые псевдо- β -сплавы, полуфабрикаты больших толщин, упрочняющая термическая обработка, физико-механические свойства.

УДК 621.793.74:669.35'71

Структура и свойства функционального бронзового покрытия, полученного газодинамическим и микроплазменным напылением. Климов В. Н., Ковалева А. А., Бобкова Т. И., Деев А. А., Черныш А. А., Юрков М. А. – Вопросы материаловедения, 2016, № 2(86), с. 57–68.

На примере порошкового материала на основе бронзы марки БрАЖНМц8-1.5-5-1.5 изучены возможности напыления функциональных покрытий газодинамическим и микроплазменным методами. Установлено, что наличие оксидной пленки на поверхности частиц бронзы препятствует образованию покрытия при газодинамическом напылении. Предложено два способа разрушения оксидной пленки: использование оксида алюминия в процессе напыления и при изготовлении композиционного порошка в истирателе. Изучено влияние керамических компонентов на твердость бронзового покрытия. Показана возможность в перспективе использовать такие покрытия в качестве защиты ответственных деталей морской техники.

Ключевые слова: бронза марки БрАЖНМц8-1.5-5-1.5, порошковый материал, микроплазменное напыление, удаление оксидной пленки с поверхности частиц, твердость покрытия.

УДК 678.743.41:621.891

Влияние вязкоупругих свойств политетрафторэтилена на диапазон рабочих нагрузок пары трения политетрафторэтилен – сталь. Седакова Е. Б., Козырев Ю. П. – Вопросы материаловедения, 2016, № 1(85), с. 69–75.

Проведены испытания на износ политетрафторэтилена при трении по стали при варьировании величин скорости скольжения. Показано, что при высокой скорости скольжения происходит объемный фрикционный разогрев полимера, что приводит к увеличению диапазона рабочих нагрузок с одновременным снижением износостойкости полимера. Получено выражение, позволяющее прогнозировать диапазон рабочих нагрузок политетрафторэтилена с учетом его вязкоупругих свойств.

Ключевые слова: трение, износ, политетрафторэтилен, допустимая нагрузка, температура, износостойкость.

УДК 678.067:620.193.1

Микроструктурные особенности эрозионного разрушения полимерных композиционных материалов при пылевой и дождевой эрозии. Деев И. С. – Вопросы материаловедения, 2016, № 2(86), с. 76–86.

Исследованы микроструктурные особенности эрозионного разрушения образцов из полимерных композиционных материалов (из стекло- и органопластика), подвергнутых испытаниям на пылевую и дождевую эрозию. Показано, что характер эрозионного разрушения зависит от состава и структуры материалов, природы абразивных частиц и условий эродирования: размеров частиц, скорости и угла соударения. При применении ПКМ в авиационных конструкциях необходимо учитывать возможные эрозионные разрушения микроструктуры поверхности стеклопластика и органопластика, которые изменяют их прочностные характеристики и приводят к дальнейшему разрушению при последующих механических воздействиях.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, пылевая и дождевая эрозия, износ, микроструктура.

УДК 678.686:539.4

Модификация эпоксидных полимеров кремнийсодержащим наполнителем с целью повышения эксплуатационных свойств. Мостовой А. С., Панова Л. Г., Курбатова Е. А. – Вопросы материаловедения, 2016, № 2(86), с. 87–95.

Исследована эффективность применения модификации эпоксидных смол для повышения их физико-химических и механических свойств с использованием в качестве наполнителя кирпичной пыли, являющейся отходами производства керамического кирпича. Показано, что при модифицировании кирпичной пылью повышаются прочность при изгибе, сжатии и твердости, а также теплоустойчивость и термостойкость материалов на основе эпоксидного олигомера.

Ключевые слова: эпоксидная смола, модификация, наполнитель, кирпичная пыль, механические свойства.

УДК 678.743.41:621.891

Разработка самосмазывающихся материалов на основе политетрафторэтилена. Гоголева О. В., Петрова П. Н. – Вопросы материаловедения, 2016, № 2(86), с. 96–103.

Представлены результаты исследований по разработке самосмазывающихся полимерных композиционных материалов на основе политетрафторэтилена, содержащих порообразователь и цеолит. Установлено, что уменьшение коэффициента трения и температуры в зоне контакта позволяет повысить износостойкость и тем самым надежность, безопасность и эффективность эксплуатации транспортной техники и технологического оборудования.

Ключевые слова: политетрафторэтилен, порообразователь, цеолит, структурообразование, коэффициент трения.

УДК 669.719:621.791.042

Применение метода алюминотермии для получения электродов из минерального сырья, содержащих вольфрам и титан. Власенко В. Д., Верхотуров А. Д. – Вопросы материаловедения, 2016, № 2(86), с. 104–110.

Значительный научный и практический интерес представляет получение с использованием высоких технологий композиционных материалов, в том числе электродных, содержащих W и Ti из дальневосточных рудных концентратов. Для синтеза нового класса электродных материалов из шеелитового концентрата и ильменита использован метод алюминотермии. Разработана методика расчета состава реакционной шихты для реализации возможности восстановления W и Ti из оксидов, их легирования и разделения продуктов процесса на металлическую и шлаковую фазы, а также оптимизации процесса для получения наибольшего количества электродных материалов.

Ключевые слова: электродные материалы, электроискровое легирование, метод алюминотермии, оксиды вольфрама и титана.

УДК 621.791.3:539.213

Активированная пайка разнородных материалов аморфными припоями. [Горынин И. В.], Фармаковский Б. В., Васильев А. Ф., Виноградова Т. С., Самоделкин Е. А. – Вопросы материаловедения, 2016, № 2(86), с. 111–119.

Исследованы особенности процесса активированной пайки аморфными припоями разнородных материалов на примере пары сталь – титан. Для снижения температуры пайки ниже температуры фазового превращения и сохранения преимуществ растворно-диффузионного спая были разработаны составы аморфных сплавов-припоев, представляющие порошковую смесь аморфного припоя на основе титана типа ВПр-16 с легкоплавкими припоями на основе галлия и индия. Опробование эффективности активированной пайки, с точки зрения механической прочности, проводилось на цилиндрических спаянных встык образцах, на элементах трубной доски системы сталь – титан, на конкретных сложных конструкциях теплообменных систем и др.

По результатам рентгеноспектрального микроанализа паяного шва помощью Camebax micro установлено, что диффузионная зона паяного шва составляет порядка 100 мкм. При этом припой полностью расходуется на образование растворно-диффузионного слоя и самостоятельная фаза не сохраняется, что обеспечивает высокие прочностные свойства соединения. Разработанный подход к созданию прочноплотных паяных конструкций из разнородных материалов является базовым и был успешно реализован для целого ряда других композиций, в том числе при пайке алюминия со сталью и нихромом; меди с квазикристаллическим сплавом системы Al–Cu–Fe; титана с рутением. Приводятся примеры успешной практической реализации результатов исследования.

Ключевые слова: активированная пайка аморфными припоями, растворно-диффузионный спай.

УДК 669.295:620.193.4

Относительная коррозионная стойкость оксидированных покрытий титанового сплава в агрессивных средах. Хромушкин К. Д., Иванов В. Г., Медведева Г. В. – Вопросы материаловедения, 2016, № 2(86), с. 120–126.

Проведены исследования коррозионной стойкости титанового сплава типа ЗМ после термического и микродугового оксидирования в условиях общей и щелевой коррозии в сравнении с коррозионной стойкостью неоксидированного сплава.

Ключевые слова: титановый сплав, коррозионная стойкость, термическое оксидирование, микродуговое оксидирование.

УДК 620.197.5:669.14.018.293:629.561.5

Эффективность и параметры работы в арктических условиях системы катодной защиты от коррозионно-эрозионных разрушений корпуса а/л «50 лет Победы» с ледовым поясом из плакированной стали. Ставицкий О. А., Кузьмин Ю. Л., Подшивалов А. В. – Вопросы материаловедения, 2016, № 2(86), с. 127–136.

Проведены натурные измерения параметров и доковые обследования состояния электрохимической защиты от коррозионно-эрозионных разрушений корпуса атомного ледокола «50 лет Победы» с ледовым поясом из плакированной стали (наружный слой – нержавеющая сталь). Определены параметры эффективной системы защиты от коррозии корпусных сталей для работы в условиях ледового воздействия.

Ключевые слова: электрохимическая система защиты, коррозионно-эрозионные разрушения, плакированная сталь, ледовый пояс, конструкция анода.

УДК 620.197.5:620.193.1:629.561.5

Новые ледостойкие платинониобиевые аноды для систем катодной защиты от коррозионно-эрозионных разрушений корпусов ледоколов и ледостойких морских сооружений. Ставицкий О. А., Кузьмин Ю. Л., Трощенко В. Н. – Вопросы материаловедения, 2016, № 2(86), с. 137–146.

На основе 15-летнего опыта эксплуатации анодов типа АКК-М-4 в составе системы катодной защиты атомного ледокола «50 лет Победы» в течение 15 лет проведены работы по созданию платинониобиевых анодов нового поколения, способных обеспечить защиту от коррозионно-эрозионных разрушений корпусов современных ледоколов и недокуемых ледостойких морских сооружений без замены и ремонта анодов на срок до 25 и более лет. По результатам работ разработаны новые усовершенствованные ледостойкие аноды типа АКЛ-2МУ и АКЛ-3МУ.

Ключевые слова: электрохимическая система защиты, коррозионно-эрозионные разрушения, платинониобиевые аноды нового поколения.

УДК 669.71'12+669.4:620.197.5

Влияние свинца на анодное поведение сплава Al + 2,18%Fe. Раджабалиев С. С., Ганиев И. Н., Амонов И. Т. – Вопросы материаловедения, 2016, № 2(86), с. 147–151.

Потенциостатическим методом определены анодные характеристики сплава Al + 2,18 мас. % Fe, легированного свинцом в среде электролита – 3%-ного раствора NaCl. Показано, что добавки свинца до 0,05 мас. % несколько снижают скорость коррозии исходного сплава, при этом потенциалы свободной коррозии и питтингообразования смещаются в отрицательную область значений.

Ключевые слова: сплав Al + 2,18%Fe, свинец, потенциостатический метод, скорость коррозии, ток коррозии, потенциал коррозии, потенциал питтингообразования.

УДК 621.039.536.2:669.15–194

Пороговые и предельные значения концентраций примесных элементов в материале корпусов реакторов типа ВВЭР. Марголин Б. З., Юрченко Е. В., Морозов А. М. – Вопросы материаловедения, 2016, № 2(86), с. 152–163.

Исследована физическая природа пороговых и предельных значений концентрации фосфора и меди в материале корпусов реакторов типа ВВЭР. Выполнены их численные оценки и предложена корректировка нормативных дозовых зависимостей с учетом выполненных оценок.

Ключевые слова: ВВЭР-1000, корпусные материалы, пороговые и предельные концентрации примесных элементов, корректировка нормативных дозовых зависимостей.

УДК 669.15–194:621.039.536.2:539.422.22

Прогнозирование радиационного охрупчивания материалов КР ВВЭР-1000 с учетом влияния легирующих элементов и повышенного содержания меди. Марголин Б. З., Юрченко Е. В. – Вопросы материаловедения, 2016, № 2(86), с. 164–174.

На базе анализа механизмов радиационного охрупчивания корпусных реакторных материалов предложена модель и получены зависимости для описания охрупчивания материалов КР ВВЭР-1000 с содержанием в них меди более 0,10%, откорректированы нормативные дозо-временные зависимости.

Ключевые слова: корпус реактора ВВЭР-1000, корпусные материалы, радиационное охрупчивание, легирующие элементы, метод прогнозирования.

УДК 669.018.64:531.6

Простое аппаратное оформление методики измерения коэффициентов механических потерь. Косильников В. Ю., Лебедев В. Л., Трошкин С. Н., Логунова А. А. – Вопросы материаловедения, 2016, № 2(86), с. 175–186.

Предложено простое аппаратное оформление методики измерения коэффициентов механических потерь для образцов из вибропоглощающих материалов. Методика применима для полимерных и металлических конструкционных материалов.

Ключевые слова: коэффициент механических потерь, вибропоглощающие материалы.