

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
"ВОПРОСЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ"

№ 2(58), 2009

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ

- Карзов Г. П., Теплухина И. В., Филимонов Г. Н., Матюшева Е. Л., Зотова А. О. Перспективы создания высокохромистых сталей повышенной жаропрочности..... 5
- Зотова А. О., Теплухина И. В. Исследование влияния термического старения на склонность к хрупкому разрушению корпусной стали с содержанием никеля 0,6–0,8%..... 24
- Оленин М. И., Павлов В. Н., Быковский Н. Г., Осипова И. С., Башаева Е. Н., Гусельникова Т. М., Прийма Т. А. Влияние гомогенизации на хладостойкость высокопрочной коррозионно-стойкой стали марки 07X16H4Б 33
- Мухачева Т. Л., Дьяков И. Г., Белкин П. Н. Особенности двухкомпонентного насыщения конструкционных сталей азотом и углеродом при анодном электролитном нагреве..... 38

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Алеутдинова М. И., Фадин В. В., Дураков В. Г. Влияние фазового состава контртела на износостойкость композита с основой из стали ШХ15 при трении с токосъемом..... 46
- Пеев А. П., Кузьмин С. В., Лысак В. И., Эрентраут А. А. Закономерности изменения структуры и свойств медно-алюминиевых композиционных материалов после сварки взрывом и последующей термической обработки..... 52
- Белошенко В. А., Матросов Н. И., Чишко В. В., Дьяконов В. П., Павловская Е. А., Сенникова Л. Ф., Szymczak H., Gajda D., Zaleski A. J., Piechota S. Свойства многоволоконистого сверхпроводящего композита после равноканального многоуглового прессования 59
- Мотков Л. Л., Соколов Л. А., Штацкий В. А., Анисимов А. В. Исследование триботехнических характеристик пар трения на основе углепластиков ФУТ в условиях, моделирующих трение осевого подшипника..... 66
- Пазников Е. А., Петреков П. В., Калмыков П. И., Мишукова Е. В., Насонов А. Д., Калинин М. А. Влияние отверждающего агента на релаксационные свойства тетразолсодержащего полимера..... 75

СВАРКА. СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Горынин В. И., Попов В. О., Дроздова Н. Ф., Чистякова Е. Г., Барахтин Б. К., Николаев А. И. Лазерная очистка от примесей неметаллических компонентов материалов флюсов и покрытий электродов 81

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ

- Марголин Б. З., Курсевич И. П., Сорокин А. А., Лапин А. Н., Кохонов В. И., Неустроев В. С. К вопросу о радиационном распухании и радиационном охрупчивании аустенитных сталей. Часть I. Экспериментальные результаты. 89
- Марголин Б. З., Курсевич И. П., Сорокин А. А., Васина Н. К. Неустроев В. С. К вопросу о радиационном распухании и радиационном охрупчивании аустенитных сталей. Часть II. Физические и механические закономерности охрупчивания. 99
- Марголин Б. З., Фоменко В. Н., Сорокин А. А. Анализ условий развития трещины в элементах внутрикорпусных устройств реакторов, подверженных интенсивному нейтронному облучению 112
- Рефераты публикуемых статей**..... 127
- Лицензионный договор о предоставлении права на использование статьи**..... 135
- Научно-технический журнал «Вопросы материаловедения». Оформление статей.**
- Рекомендации** 137
- Авторский указатель** 139

РЕФЕРАТЫ ПУБЛИКУЕМЫХ СТАТЕЙ

УДК 669.15–194:669.14.018.85:621.165

Перспективы создания высокохромистых сталей повышенной жаропрочности. Карзов Г. П., Теплухина И. В., Филимонов Г. Н., Матюшева Е. Л., Зотова А. О. – Вопросы материаловедения, 2009, № 2(58), с. 5–23.

Сделана попытка обобщения основных существующих разработок в области создания жаропрочных материалов для паровых турбин со сверхкритическими и суперсверхкритическими параметрами пара и дан анализ наиболее перспективных направлений работ в этой области.

Ключевые слова: паровые турбины, сверхкритические и суперсверхкритические параметры пара, жаропрочные материалы, длительная прочность, умеренно легированный твердый раствор.

УДК 669.15–194:621.039.536.2:539.422.22

Исследование влияния термического старения на склонность к хрупкому разрушению корпусной стали с содержанием никеля 0,6–0,8%. Зотова А. О., Теплухина И. В. – Вопросы материаловедения, 2009, № 2(58), с. 24–32.

Исследована склонность корпусной стали 15X2МФА-А мод. Б с содержанием никеля 0,6–0,8% к охрупчиванию под воздействием повышенных температур. Приведены результаты определения ударной вязкости, результаты металлографического, фрактографического исследований и анализ тонкой структуры стали.

Ключевые слова: сталь корпусная, термическое старение, склонность к хрупкому разрушению, тонкая структура, методы исследования.

УДК 669.14.018.8:621.78

Влияние гомогенизации на хладостойкость высокопрочной коррозионно-стойкой стали марки 07X16H4Б. Оленин М. И., Павлов В. Н., Быковский Н. Г., Осипова И. С., Башаева Е. Н., Гусельникова Т. М., Приймаина Т. А. – Вопросы материаловедения, 2009, № 2(58), с. 33–37.

Разработаны режимы термической обработки из стали марки 07X16H4Б, обеспечивающие получение в производственных условиях ОАО «ПО "Севмаш"» ударной вязкости при -50°C не ниже 59 Дж/см^2 и категории прочности КП70 (687 МПа).

Ключевые слова: коррозионно-стойкая сталь, термическая обработка, хладостойкость.

УДК 621.765.5

Особенности двухкомпонентного насыщения конструкционных сталей азотом и углеродом при анодном электролитном нагреве. Мухачева Т. Л., Дьяков И. Г., Белкин П. Н. – Вопросы материаловедения, 2009, № 2(58), с. 38–45.

Методом ядерного обратного рассеяния протонов измерены концентрации кислорода, азота и углерода в поверхностных слоях сталей 10 и 20 после их анодной нитроцементации в водном растворе хлорида аммония (10 масс. %) и карбамида (20 масс. %). Определены коэффициенты диффузии азота и углерода в малоуглеродистых сталях с учетом их взаимного влияния при температурах от 650 до 950°C . Подтверждено взаимодействие потоков диффундирующих атомов азота и углерода. С увеличением температуры насыщения наблюдается дополнительное ускорение диффузии углерода за счет азота, в соответствии с этим коэффициент, описывающий влияние диффузии азота на диффузию углерода, имеет положительный знак. Предполагается, что это связано с большей растворимостью углерода в аустените, образование которого происходит при более низких температурах благодаря диффузии азота. Предложена методика расчета полного набора коэффициентов диффузии азота и углерода по экспериментальным распределениям концентраций в поверхностных слоях модифицированных малоуглеродистых сталей.

Ключевые слова: анодная цементация, хлорид аммония, карбамид, малоуглеродистая сталь, двухкомпонентное насыщение, коэффициент диффузии, нитроцементация, электрохимическая ячейка, микротвердость, ядерное обратное рассеяние протонов, рентгенофазовый анализ, кобальтовое излучение, метод наименьших квадратов, карбонитрид, феррит, аустенит.

УДК 621.763:621.77.016.2

Влияние фазового состава контртела на износостойкость композита с основой из стали ШХ15 при трении с токосяемом. Алеутдинова М. И., Фадин В. В., Дураков В. Г. – Вопросы материаловедения, 2009, № 2(58), с. 46–51.

Представлена топография поверхности трения модельных контртел на основе карбидостали после скольжения при плотности тока выше 100 A/cm^2 . Определены износостойкость и электросопротивление зоны скользящего электроконтакта композита на основе переработанной стали ШХ15 и контртела, содержащего коррозионно-стойкую сталь и карбид хрома.

Ключевые слова: композит на основе стали ШХ15, контртело из коррозионно-стойкой стали и карбида хрома, трение с токосяемом, износостойкость, электросопротивление.

УДК 669.35'71:621.791.13:621.78

Закономерности изменения структуры и свойств медно-алюминиевых композиционных материалов после сварки взрывом и последующей термической обработки. Пеев А. П., Кузьмин С. В., Лысак В. И., Эрентраут А. А. – Вопросы материаловедения, 2009, № 2(58), с. 52–58.

Исследованы закономерности изменения структуры и свойств медно-алюминиевых композиционных материалов после сварки взрывом и последующей термической обработки. Определены режимы термической обработки, позволяющие получить данный композит с оптимальными пластическими и электрофизическими свойствами.

Ключевые слова: медно-алюминиевые композиционные материалы, сварка взрывом, термическая обработка, пластические и электрофизические свойства.

УДК 621.763:621.77.016.2

Свойства многоволоконного сверхпроводящего композита после равноканального многоугольного прессования. Белошенко В. А., Матросов Н. И., Чишко В. В., Дьяконов В. П., Павловская Е. А., Сенникова Л. Ф., Szymczak H., Gajda D., Zaleski A.J., Piechota S. – Вопросы материаловедения, 2009, № 2(58), с. 59–65.

Рассмотрены условия реализации равноканального многоугольного прессования (РКМУП) многоволоконного композита, содержащего 210 волокон из сплава NbTi в медной матрице. Приведены данные о влиянии РКМУП на физико-механические свойства многоволоконного сверхпроводящего провода.

Ключевые слова: многоволоконный сверхпроводящий композит, равноканальное многоугольное прессование, физико-механические свойства.

УДК 678.067:621.891:539.538

Исследование триботехнических характеристик пар трения на основе углепластиков ФУТ в условиях, моделирующих трение осевого подшипника. Мотков Л. Л., Соколов Л. А., Штацкий В. А., Анисимов А. В. – Вопросы материаловедения, 2009, № 2(58), с. 66–74.

Приведены результаты испытаний фенольных углепластиков ФУТ в паре со сталью 20Х13 при трении в воде. Испытания проводили при различных нагрузках, температурах до 80°C , при скоростях скольжения 14–18 м/с, различных коэффициентах взаимного перекрытия. Лучшая по результатам испытаний пара трения – углепластик марки ФУТ-БФ–сталь 20Х13 обеспечила среднюю скорость изнашивания $0,003\text{--}0,008 \text{ мкм/ч}$ и установившийся коэффициент трения $0,009\text{--}0,018$. Показана необходимость конструктивно обеспечивать трение в торец углепластика при коэффициенте взаимного перекрытия пары трения в диапазоне $0,16\text{--}0,34$.

Ключевые слова: триботехнические характеристики, пары трения, углепластик, коэффициент трения, площадь контакта, скорость изнашивания, коэффициент взаимного перекрытия, скорость скольжения.

УДК 678.067:620.172.224

Влияние отверждающего агента на релаксационные свойства тетразолсодержащего полимера. Пазников Е. А., Петреков П. В., Калмыков П. И., Мишукова Е. В., Насонов А. Д., Калинин М. А. – Вопросы материаловедения, 2009, № 2(58), с. 75–80.

Исследованы динамические вязкоупругие свойства как пространственно сшитого, так и неотвержденного тетразолсодержащего полимера методом динамического механического анализа в температурном интервале от -80 до 80°C .

В результате проделанной работы установлено, что при отверждении полимера образующиеся мостики препятствуют внутреннему вращению и взаимному перемещению макромолекул. Вследствие этого увеличивается жесткость цепей полимера, и придаются, как показывают результаты экспериментов, необходимые эластические свойства и термическая стойкость полимерным образцам. Использование отверждающего агента приводит к увеличению температуры стеклования на $27,5^{\circ}\text{C}$, а ширина переходной зоны отвержденного полимера сдвинута на 45% в область более высоких температур.

Ключевые слова: тетразолсодержащий полимер, динамические релаксационные свойства, динамический механический анализ, динамический модуль упругости, тангенс угла механических потерь, температура стеклования.

УДК 621.791.04

Лазерная очистка от примесей неметаллических компонентов материалов флюсов и покрытий электродов. Горынин В. И., Попов В. О., Дроздова Н. Ф., Чистякова Е. Г., Барахтин Б. К., Николаев А. И. – Вопросы материаловедения, 2009, № 2(58), с. 81–88.

Предложен метод лазерной очистки от примесей неметаллических компонентов материалов флюсов и покрытий, определены ее закономерности и особенности. Экспериментально установлено, что лазерная обработка способствует получению неметаллических сварочных материалов высокой степени чистоты (до 0,002%), а также увеличению пассивности сварочных материалов по отношению к жидкому стеклу, что открывает перспективы использования лазерного излучения для получения сварочных материалов с повышенными сварочно-технологическими свойствами.

Ключевые слова: сварочные материалы, неметаллические компоненты, метод лазерной очистки от примесей, сварочно-технологические свойства.

УДК 669.15–194.56:621.039.531

К вопросу о радиационном распухании и радиационном охрупчивании аустенитных сталей. Часть I. Экспериментальные результаты. Марголин Б. З., Курсевич И. П., Сорокин А. А., Лапин А. Н., Кохонов В. И., Неустроев В. С. – Вопросы материаловедения, 2009, № 2(58), с. 89–98.

С целью исследования влияния радиационного распухания на механические свойства облученной аустенитной стали проведены исследования стали 08X18H10T и ее сварного шва, облученных до близких по значению повреждающих доз в двух различных диапазонах температур: при температуре облучения $330\text{--}340^{\circ}\text{C}$, когда распухание практически отсутствует, и при $400\text{--}450^{\circ}\text{C}$, когда наблюдается значительный уровень распухания 3–13%. По результатам исследований построены температурные зависимости кратковременных механических свойств облученного металла. Выполнены сравнительные исследования намагниченности облученного металла при различных температурах облучения.

Ключевые слова: аустенитная сталь, радиационное распухание, радиационное охрупчивание, результаты экспериментов.

УДК 669.15–194.56:621.039.531

К вопросу о радиационном распухании и радиационном охрупчивании аустенитных сталей. Часть II. Физические и механические закономерности охрупчивания. Марголин Б. З., Курсевич И. П., Сорокин А. А., Васина Н. К. Неустроев В. С. – Вопросы материаловедения, 2009, № 2(58), с. 99–111.

Проанализированы характерные виды температурных зависимостей кратковременных механических свойств при разных механизмах разрушения материала. По результатам анализа применительно к исследованным в первой части работы образцам сделан вывод, что у сильнооблученного аустенита со значительным распуханием наблюдается хрупко-вязкий переход, характерный для ОЦК-металлов, и, в частности, для Fe_{α} -металла. На основании данного вывода, исследований намагниченности металла с различным распуханием, а также имеющихся литературных данных сделано заключение о возможной реализации $\text{Fe}_{\gamma} \rightarrow \text{Fe}_{\alpha}$ фазового

превращения при значительном радиационном распухании. Предложен критерий, позволяющий разграничивать условия облучения, при которых возможно $Fe_{\gamma} \rightarrow Fe_{\alpha}$ превращение, и при которых данное превращение отсутствует. Предложен механизм, приводящий к снижению предела прочности сильнооблученного металла.

Ключевые слова: аустенитная сталь, радиационное распухание, радиационное охрупчивание, критерий оценки.

УДК 621.039.531:539.421

Анализ условий развития трещины в элементах вутрикорпусных устройств реакторов, подверженных интенсивному нейтронному облучению. Марголин Б. З., Фоменко В. Н., Сорокин А. А. – Вопросы материаловедения, 2009, № 2(58), с. 112–126.

Проанализированы условия стабильного и нестабильного развития трещины по механизму вязкого разрушения при квазистатическом нагружении. Проведено численное моделирование развития трещины методом конечных элементов на основании деформационного критерия разрушения. Исследовано влияние отношения размера элементарного продвижения трещины к размеру пластической зоны на характер J_R -кривых. На основании этих исследований определены условия, при которых возможно нестабильное развитие трещины на фоне маломасштабной и общей текучести. Сформулирован критерий отсутствия нестабильного развития трещины в аустенитных материалах, подверженных сильному нейтронному облучению, включая ситуацию, при которой в них реализуется $Fe_{\gamma} \rightarrow Fe_{\alpha}$ переход.

Ключевые слова: элементы ВКУ ВВЭР, условия развития трещины, вязкое разрушение, квазистатическое нагружение, численное моделирование.