

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
"ВОПРОСЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ"

№ 2(66), 2011

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ

Орлов В. В. Принципы управляемого создания структурных элементов наноразмерного масштаба в трубных сталях при значительных пластических деформациях 5

Оленин М. И., Горынин В. И., Быковский Н. Г., Маркова Ю. М., Скутин В. С. Оптимизация режима термической обработки сварных соединений из стали марки 09Г2СА-А..... 18

Ковтунов А. И., Мямин С. В., Чермашенцева Т. В. Влияние меди на формирование слоистых композиционных материалов сталь–алюминий. 30

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Белошенко В. А., Варюхин В. Н., Дмитренко В. Ю., Непочатых Ю. И., Черкасов А. Н. Температура Кюри волокнистых Si–Fe композитов, полученных пакетной гидрокструзией..... 37

Перевислов С. Н. Теплопроводность карбидокремниевых материалов..... 42

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Козырев Ю. П., Седакова Е. Б., Стукач А. В. Исследование особенностей структурной агрегации частиц наполнителя в полимерных термопластичных композитах на основе сравнительного анализа размеров частиц износа..... 50

Шиц Е. Ю., Черский И. Н., Охлопкова А. А. Свойства композиционных алмазосодержащих материалов на основе политетрафторэтилена 57

ОБЪЕМНО-ПОРИСТЫЕ НАНОКОМПОЗИТЫ

Юрков М. А. Разработка технологии создания объемно-пористых покрытий на основе оксида алюминия методом микроплазменного напыления 67

Юрков М. А., Красиков А. В., Яковлева Н. В., Шолкин С. Е., Бобкова Т. И. Разработка технологии микроплазменного напыления объемно-пористых покрытий на основе интерметаллидов системы Ni–Al..... 77

НАНОРАЗМЕРНЫЕ И НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Попович А. А., Онищенко Д. В., Ван Цин Шен. Технология получения нанопорошков тугоплавких соединений для создания анодных и катодных материалов для литий-ионных (полимерных) аккумуляторов..... 88

Гостищев В. В., Теслина М. А., Ри Э. Х. Синтез боридсодержащих порошков вольфрама в ионных расплавах. 98

СВАРКА И РОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

Чжао Фучэнь. Исследование формирования шва при многопроходной гибридной сварке CO₂-лазер + MIG сталей UL6700103

Чжао Фучэнь, Баранов А. В. Характер перехода капель в сварочную ванну при гибридной сварке CO₂-лазер + MIG 111

Ханжин А. В., Федоров А. М., Сахаров И. Ю. Разработка нестандартного сварного соединения и выбор режимов сварки при изготовлении узлов из титановых сплавов. 117

Осокин Е. П., Павлова В. И., Зыков С. А. Свариваемость, экономнолегированного скандием алюминиевого сплава 1575-1 и свойства сварных соединений 123

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ

Сорокин А. А., Марголин Б. З., Курсевич И. П., Минкин А. И., Неустроев В. С., Белозеров С. В. Влияние нейтронного облучения на механические свойства материалов внутрикорпусных устройств реакторов типа ВВЭР 131

ХРОНИКА

И. В. ПОЛИН – создатель титановой индустрии. К 100-летию со дня рождения	153
Авторский указатель	156
Рефераты публикуемых статей	157
Научно-технический журнал «Вопросы материаловедения». Оформление статей. Правила для авторов	165

РЕФЕРАТЫ ПУБЛИКУЕМЫХ СТАТЕЙ

УДК 669.14.018.295:621.774:539.374

Принципы управляемого создания структурных элементов наноразмерного масштаба в трубных сталях при значительных пластических деформациях. Орлов В. В. – Вопросы материаловедения, 2011, № 2(66), с. 5–17.

На основе комплексных исследований структуры штрипсового проката из экономнолегированной стали, предназначенного для труб магистральных трубопроводов, разработаны и реализованы научные принципы, благодаря которым обеспечивается измельчение структуры вплоть до наномасштабного уровня. Исследованы количественные закономерности влияния соотношения структурных составляющих, их морфологии, анизотропии листового проката различной природы, а также значительных пластических деформаций на дисперсность элементов структуры. Опытно-промышленные образцы листового проката из стали марганцевой композиции легирования были изготовлены на толстолистовых станах «5000» Череповецкого металлургического комбината ОАО «Северсталь» и ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Выполнены исследования структуры и фазовых превращений, комплексные исследования стандартных механических свойств, определены характеристики работоспособности новых марок стали с учетом требований стандартов API, ISO и DNV и современных подходов к подтверждению возможности эксплуатации магистральных трубопроводов в течение 25–30 лет.

Ключевые слова: сталь экономнолегированная, штрипсовый прокат, магистральные трубопроводы, дисперсность элементов структуры, характеристики работоспособности.

УДК 669.15–194.52:621.791.052:621.78

Оптимизация режима термической обработки сварных соединений из стали марки 09Г2СА-А. Оленин М. И., Горынин В. И., Быковский Н. Г., Маркова Ю. М., Скутин В. С. – Вопросы материаловедения, 2011, № 2(66), с. 18–29.

С целью оптимизации режима послесварочной термической обработки металлоконструкций, позволяющей повысить хладостойкость металла шва и зоны термического влияния сварных соединений при температуре -50°C , исследованы структурные изменения стали марки 09Г2СА-А в различных участках зоны сварки.

Ключевые слова: кремнемарганцовистая сталь ферритно-перлитного класса, контейнеры для отработавшего ядерного топлива, сварные соединения, послесварочная термическая обработка, хладостойкость металла шва.

УДК 669.14'71–419:669.3

Влияние меди на формирование слоистых композиционных материалов сталь–алюминий. Ковтунов А. И., Мямин С. В., Чермашенцева Т. В. – Вопросы материаловедения, 2011, № 2(66), с. 30–36.

Исследовано влияние меди на процессы, протекающие при жидкофазном формировании слоистого композиционного материала сталь–алюминий, его механические свойства, структуру и фазовый состав. Получены зависимости, характеризующие влияние меди на прочность сцепления слоев в композиционном материале и размера интерметаллидной зоны. Установлено влияние температурных режимов на механические свойства, структуру и фазовый состав слоистого композиционного материала сталь–алюминий.

Ключевые слова: слоистый композиционный материал сталь–алюминий, процесс жидкофазного формирования, медь, легирование, интерметаллиды, активирующий флюс.

УДК 621.763–97:621.777

Температура Кюри волокнистых Cu–Fe композитов, полученных пакетной гидроэкструзией. Белошенко В. А., Варюхин В. Н., Дмитренко В. Ю., Непочатых Ю. И., Черкасов А. Н. – Вопросы материаловедения, 2011, № 2(66), с. 37–41.

Исследована зависимость температуры Кюри T_C от диаметра волокон железа в Cu–Fe композитах, полученных методом пакетной гидроэкструзии в сочетании с волочением. Диаметр

волокон d варьировался в пределах от 3 нм до 160 мкм, T_C определяли из температурных зависимостей низкочастотной восприимчивости. Установлено, что T_C снижается с уменьшением d и зависит от термоциклирования (нагрев–охлаждение в интервале 20–800°C). Анализ полученных результатов проведен на основе концепции оборванных обменных связей и нарушения симметрии локального окружения поверхностных атомов в зернах железа.

Ключевые слова: волокнистый композит, температура Кюри, пакетная гидроэкструзия.

УДК 666.665.1:536.2

Теплопроводность карбидокремниевых материалов. Перевислов С. Н. – Вопросы материаловедения, 2011, № 2(66), с. 42–49.

Представлены температурные зависимости теплопроводности для карбидокремниевых материалов, полученных реакционным (SiSiC) и жидкофазным (LPSiC) спеканием. Приведены зависимости коэффициента теплопроводности от плотности, пористости и от содержания оксидной добавки (для LPSiC-материалов).

Ключевые слова: теплопроводность, карбид кремния, реакционное спекание, жидкофазное спекание.

УДК 678.5:539.538

Исследование особенностей структурной агрегации частиц наполнителя в полимерных термопластичных композитах на основе сравнительного анализа размеров частиц износа. Козырев Ю. П., Седакова Е. Б., Стукач А. В. – Вопросы материаловедения, 2011, № 2(66), с. 50–56.

Проанализирована инженерная модель пространственно-временного распределения частиц наполнителя в объеме композиционного материала применительно к полиамидному композиту с образованием структурных агрегатов частиц наполнителя, существенно разгружающих матрицу. Расчетным путем определена доля внешней сжимающей нагрузки, приходящейся на матрицу композита на основе полиамида, содержащего 10 мас. % порошкообразного алюминия. Адекватность полученных расчетных величин подтверждена результатами сравнительной оценки площадей частиц износа полиамида, материала наполнителя и композита в целом.

Ключевые слова: полимерные термопластичные композиты, структурная агрегация частиц наполнителя, площадь частиц износа.

УДК 678.743.41:621.921.34

Свойства композиционных алмазосодержащих материалов на основе политетрафторэтилена. Шиц Е. Ю., Черский И. Н., Охлопкова А. А. – Вопросы материаловедения, 2011, № 2(66), с. 57–66.

Впервые определены физико-механические, теплофизические, триботехнические и эксплуатационные характеристики композитов инструментального назначения на основе политетрафторэтилена ПТФЭ, содержащего технические алмазные шлифпорошки природного происхождения. Материаловедчески доказана целесообразность использования технических шлифпорошков природных алмазов с определенными гранулометрическими характеристиками в сочетании с полимерной матрицей с низкой поверхностной энергией и смачиваемостью для разработки эффективных абразивных композитов инструментального назначения. В результате проведенных исследований удалось разрешить сложную технологическую задачу – обеспечить эффективную обработку различных по свойствам материалов от мягких и пластичных до твердых и хрупких за счет применения инструментов на основе алмазосодержащего ПТФЭ.

Ключевые слова: алмазосодержащий композиционный материал на основе политетрафторэтилена инструментального назначения, шлифпорошки природного происхождения, физико-механические, теплофизические, триботехнические и эксплуатационные характеристики.

УДК 621.793.7:661.862'022

Разработка технологии создания объемно-пористых покрытий на основе оксида алюминия методом микроплазменного напыления. Юрков М. А. – Вопросы материаловедения, 2011, № 2(66), с. 67–76.

Разработана технология создания объемно-пористого покрытия на основе $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ с использованием микроплазменного напыления композиционных порошков $\text{Al} + \text{Al}(\text{OON})$, что позволило создать объемно-пористое покрытие с содержанием $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ более 70%, удельной поверхностью 29–41 м²/г, адгезией – до 8 МПа. Установлено, что покрытие обладает мультidisперсной пористой структурой со средним размером пор 12 нм. Доля микропор составляет 9%, мезопор – 58%, макропор – 33%. Такое покрытие по своим характеристикам оптимально подходит в качестве носителя катализаторов паровой конверсии углеводородного сырья в водородсодержащее топливо.

Ключевые слова: микроплазменное напыление, оксид алюминия, композиционный порошок, объемно-пористое покрытие, паровая конверсия углеводородов.

УДК 621.793.74:669.017.165:621.762

Разработка технологии микроплазменного напыления объемно-пористых покрытий на основе интерметаллидов системы Ni–Al. Юрков М. А., Красиков А. В., Яковлева Н. В., Шолкин С. Е., Бобкова Т. И. – Вопросы материаловедения, 2011, № 2(66), с. 77–87.

Разработана базовая технология микроплазменного напыления объемно-пористых покрытий на основе интерметаллических соединений системы Ni–Al с удельной поверхностью до 15 м²/г. Особенность технологии заключается в использовании для напыления композиционных порошков или порошковых смесей, содержащих легко удаляемый из покрытия «жертвенный» материал. Установлено, что за счет удаления «жертвенного» материала существенно повышается удельная поверхность покрытия системы Ni–Al. С увеличением удельной поверхности покрытия повышается плотность тока (при постоянном напряжении) водоактивируемых химических источников тока системы МА2-1/морская вода/Ni–Al. С использованием объемно-пористого покрытия с удельной поверхностью 15 м²/г был создан электрохимический элемент для водоактивируемого химического источника тока с удельной энергоемкостью 150 Вт·ч/кг.

Ключевые слова: микроплазменное напыление, интерметаллиды системы Ni–Al, композиционный порошок, объемно-пористое покрытие, водоактивируемый химический источник тока.

УДК 621.762.34–977:669.018.45

Технология получения нанопорошков тугоплавких соединений для создания анодных и катодных материалов для литий-ионных (полимерных) аккумуляторов. Попович А. А., Онищенко Д. В., Ван Цин Шен. – Вопросы материаловедения, 2011, № 2(66), с. 88–97.

Изложены технологические особенности высокотемпературного механохимического синтеза тугоплавких соединений. Проведен расчет теплового эффекта и максимальной температуры синтеза при протекании ВМС. Приведенные значения соответствуют стехиометрическим карбидам. Использованная методика расчета максимальной температуры синтеза позволяет оценить влияние теплофизических констант (теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность) исходных компонентов и газовой среды на распределение температуры в зоне синтеза. Показано, что с помощью технологии механохимического синтеза можно получать широкий спектр легированных порошков на основе титана, содержащих определенное количество карбида титана разной стехиометрии. Исследовали также возможность получения нанопорошков вольфрама при получении нанокompозитов для электродов литий-ионных полимерных аккумуляторов.

Ключевые слова: нанопорошковые материалы, литий-ионные (полимерные) аккумуляторы, тугоплавкие соединения, высокотемпературный механохимический синтез.

УДК 621.762.34:669.27

Синтез боридсодержащих порошков вольфрама в ионных расплавах. Гостищев В. В., Теслина М. А., Ри Э. Х. – Вопросы материаловедения, 2011, № 2(66), с. 98–102.

Рассмотрены условия синтеза боридсодержащих порошков вольфрама при совместном восстановлении оксида металла и соединений бора магнием в расплавах солевой системы KF–KCl. Показано, что синтез композитов проходит через ряд окислительно-восстановительных реакций, при которых исходные соединения восстанавливаются магнием до элементов.

Определены гранулометрические характеристики порошков. Показано, что удельная поверхность порошков составляет $6,30 \cdot 10^5 \text{ м}^{-1}$.

Ключевые слова: синтез порошков, соединения бора, вольфрам, расплавы солей, гравиметрические характеристики.

УДК [621.791.725+621.791.754]:669.15–194.591

Исследование формирования шва при многопроходной гибридной сварке CO₂-лазер + MIG сталей ULCB700. Чжао Фучэнь. – Вопросы материаловедения, 2011, № 2(66), с. 103–110.

Исследованы характеристики формирования шва при многопроходной гибридной сварке среднемощным CO₂-лазером в сочетании со сваркой плавящимся электродом (MIG) на образцах из стали ULCB700 толщиной 12 мм и проведен анализ влияния на них технологических факторов таких, как форма разделки, защитные газы и энергетические факторы. Определены диапазоны технологических параметров гибридной сварки.

Ключевые слова: бейнитные стали с ультранизким содержанием углерода, гибридная сварка CO₂-лазером + MIG, многопроходная сварка, формирование шва.

УДК [621.791.725+621.791.754]:669.15–194.591

Характер перехода капель в сварочную ванну при гибридной сварке CO₂-лазер + MIG. Чжао Фучэнь, Баранов А. В. – Вопросы материаловедения, 2011, № 2(66), с. 111–116.

Проведена гибридная сварка CO₂-лазером в сочетании со сваркой плавящимся электродом (MIG) и при помощи анализатора тока дуги и высокоскоростной камеры исследован характер процесса перехода капель в сварочную ванну. Исследованы закономерности влияния потока защитного газа на частоту и стабильность перехода капель. Установлен диапазон сочетания параметров потока газа и мощности лазера для обеспечения оптимальной частоты перехода капель в сварочную ванну.

Ключевые слова: бейнитные стали с ультранизким содержанием углерода, гибридная сварка CO₂-лазер + MIG, переход капель, поток защитного газа.

УДК 669.295:621.791

Разработка нестандартного сварного соединения и выбор режимов сварки при изготовлении узлов из титановых сплавов. Ханжин А. В., Федоров А. М., Сахаров И. Ю. – Вопросы материаловедения, 2011, № 2(66), с. 117–122.

Изложены основные результаты, полученные при разработке технологии сварки опытных конструкций узлов из титановых сплавов, работающих в составе изделия и имеющих ограничения по максимальному нагреву в определенных точках.

Ключевые слова: титановые сплавы, технология сварки, ограничение по максимальному нагреву.

УДК 669.715:621.791

Свариваемость экономнолегированного скандием алюминиевого сплава 1575-1 и свойства сварных соединений. Осокин Е. П., Павлова В. И., Зыков С. А. . – Вопросы материаловедения, 2011, № 2(66), с. 123–130.

Исследована свариваемость термически неупрочняемого легированного малым количеством скандия (0,12–0,20%) алюминиевого сплава марки 1575-1 высокой прочности и механические свойства сварных соединений из этого сплава, выполненных с применением сварочной проволоки с пониженным содержанием скандия (0,25–0,35%).

Оформление шва технологическими валиками позволило повысить прочность сварных соединений до 440–460 МПа, т. е. до $\geq 0,9$ фактической прочности основного металла, благодаря смещению геометрического концентратора напряжений (области перехода шва к основному металлу) в зону термического влияния, которая в незначительной степени подверглась разупрочнению от воздействия термического цикла сварки.

Ключевые слова: алюминиевый сплав, легированный малым количеством скандия, свариваемость, чувствительность к термическому циклу сварки, механические свойства.

УДК 621.039.531:539.4

Влияние нейтронного облучения на механические свойства материалов внутрикорпусных устройств реакторов типа ВВЭР. Сорокин А. А., Марголин Б. З., Курсевич И. П., Минкин А. И., Неустроев В. С., Белозеров С. В. – Вопросы материаловедения, 2011, № 2(66), с. 131–152.

Исследованы механические свойства материалов внутрикорпусных устройств (ВКУ) реакторов типа ВВЭР – стали 08X18H10T и металла ее шва в исходном и облученном состояниях. На основании приведенных оригинальных исследований и обобщения имеющихся экспериментальных данных получены зависимости предела текучести и предела прочности от повреждающей дозы D вплоть до 100 сна, температуры облучения $T_{\text{обл}} = 320\text{--}450^\circ\text{C}$ и температуры испытания $T_{\text{исп}} = 20\text{--}450^\circ\text{C}$. Предложен метод определения параметров диаграмм деформирования, не требующий в качестве входного параметра равномерного удлинения образца. Для различных температур испытаний, температур и доз облучения получены параметры диаграмм деформирования, описывающих деформационное упрочнение материала. Предложены температурно-дозовые зависимости для определения параметров диаграмм деформирования. Получены зависимости для описания снижения пластичности под облучением при температуре $T_{\text{обл}} = 320\text{--}340^\circ\text{C}$, исключая радиационное распухание материала.

Ключевые слова: реактор типа ВВЭР, ВКУ, сталь 08X18H10T, нейтронное облучение, механические свойства.