

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
"ВОПРОСЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ"

№ 3(63), 2010

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ

Матюшева Е. Л., Теплухина И. В. Разработка паротурбинных высокохромистых сталей нового поколения с повышенной стабильностью характеристик длительной прочности 5

Васильев А. А., Колбасников Н. Г., Соколов Д. Ф., Соколов С. Ф., Немтинов А. А. Моделирование микроструктуры и механических свойств стального листа после прокатки на стане 2000 ОАО «Северсталь»..... 16

Чернышов Е. А. Влияние технологии получения стальных заготовок на склонность к хрупкому разрушению.....27

Митропольская С. Ю. Влияние растягивающих напряжений на магнитные характеристики аустенитной стали с 0,4% азота.....33

Максимов А. Б. Термически армированный толстолистовой прокат из низколегированных сталей40

Баракхин Б. К., Варгасов Н. Р., Михайлов-Смоляников М. С., Федосеев М. Л. Дислокационные структуры и текстуры образцов из стали 08X18H10T после горячей деформации сжатием.....45

Афанасьев Н. И., Лепаква О. К. Разупорядочение сплава на основе Ni₃Al по гетерогенному механизму.....53

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Ханин Д. Е., Кошкин К. Н., Урусов К. Х. Технология получения волокон методом экстракции стационарной расплавленной капли58

Лулева В. П. Использование хромсодержащих материалов при создании электроискровых покрытий.....67

Косова Н. И., Курина Л. Н., Лепаква О. К., Китлер В. Д., Касацкий Н. Г. Микроструктура и каталитические свойства сплавов системы Ni–Al, полученных методом СВ-синтеза.....72

Гостищев В. В., Хосен Ри, Химухин С. Н., Астапов И. А. Металлотермическое восстановление соединений молибдена в расплаве хлорида натрия.....78

Бардаханов С. П., Лысенко В. И., Номоев А. В., Труфанов Д. Ю., Фокин А. В. Получение керамики из нанопорошка закиси меди и ее свойства82

Онищенко Д. В., Бойко Ю. Н., Попович А. А. Технология формирования анодных нанокompозитных систем из возобновляемого растительного сырья и нанодисперсных элементов для циклируемых источников тока86

Насибулин А. Г., Шандаков С. Д., Заводчикова М. Ю., Толочко О. В. Кауппинен Э. И. Синтез однослойных углеродных нанотрубок аэрозольным методом.....95

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ

Марголин Б. З., Федорова В. А., Филатов В. М. Метод оценки долговечности внутрикорпусных устройств ВВЭР по критерию инициации межкристаллитного коррозионного растрескивания облученных аустенитных сталей105

Светликов В. А. Определение остаточных структурно-пластических деформаций при прерывистой сварке и штриховой термомеханической обработке тонкостенного корпуса119

ХРОНИКА

Юбилей профессора Е. Л. Гюлиханданова.....128

Одиннадцатая международная научно-техническая конференция «Проблемы материаловедения при проектировании, изготовлении и эксплуатации оборудования АЭС»129

Рефераты публикуемых статей.....131

Авторский указатель139

Лицензионный договор о предоставлении права на использование статьи.....	140
Научно-технический журнал «Вопросы материаловедения». Оформление статей.	
Рекомендации	142

РЕФЕРАТЫ ПУБЛИКУЕМЫХ СТАТЕЙ

УДК 669.15–194.55:539.4

Разработка паротурбинных высокохромистых сталей нового поколения с повышенной стабильностью характеристик длительной прочности. Матюшева Е. Л., Теплухина И. В. – Вопросы материаловедения, 2010, № 3(63), с. 5–15.

Рассмотрены основные принципы легирования жаропрочных сталей нового поколения для оборудования паровых турбин, а также тенденции в обеспечении длительной прочности. Разработаны два опытных состава сталей мартенситного класса с содержанием хрома 9–12% и низким содержанием углерода. На основе данных сравнительно кратковременных испытаний показана принципиальная возможность обеспечения длительной прочности на уровне 100 МПа на базе 200 тыс. ч для жаропрочных материалов нового поколения.

Ключевые слова: стали высокохромистые, паровые турбины, длительная прочность, принципы легирования.

УДК 669.14.018.2:621.771

Моделирование микроструктуры и механических свойств стального листа после прокатки на стане 2000 ОАО «Северсталь». Васильев А. А., Колбасников Н. Г., Соколов Д. Ф., Соколов С. Ф., Немтинов А. А. – Вопросы материаловедения, 2010, № 3(63), с. 16–26.

Представлены результаты модификации математической модели HSMM, проведенной с целью повышения точности прогнозирования механических свойств сталей из сортамента стана 2000 ОАО «Северсталь».

Ключевые слова: стали ферритно-перлитные, прокатка, механические свойства, структура, математическая модель HSMM, модификация моделей.

УДК 621.746.6:539.422.22

Влияние технологии получения стальных заготовок на склонность к хрупкому разрушению. Чернышов Е. А. – Вопросы материаловедения, 2010, № 3(63), с. 27–32.

Исследовано влияние ускоренного охлаждения стальных отливок из сложнлегированной стали на склонность к хрупкому разрушению. Исследовали металл тяжелых корпусных отливок из Cr–Ni–Mo–V стали, полученных по следующим вариантам: в тонкостенных металлболочковых формах с принудительным охлаждением (ТМОФ) как способ внешнего воздействия, в ТМОФ с суспензионной заливкой (ТМОФСЗ) как способ комплексного воздействия и в объемную форму (ОФ) – контрольная отливка.

Ключевые слова: технология, качество, работоспособность, отливка, хрупкое разрушение, ударная вязкость, температура.

УДК 669.15'786–194.56:537.621:620.172.254

Влияние растягивающих напряжений на магнитные характеристики аустенитной стали с 0,4% азота. Митропольская С. Ю. – Вопросы материаловедения, 2010, № 3(63), с. 33–39.

Исследовано влияние растяжения при комнатной температуре на магнитные характеристики (коэрцитивную силу, намагниченность, дифференциальную магнитную проницаемость) стареющей азотистой стали 0X20AG12H8M со структурой аустенит + 10% δ-феррита + нитриды типа CrN. Обнаружено резкое возрастание дифференциальной магнитной проницаемости в полях около 1,5 кА/м под действием растягивающих напряжений, близких к пределу текучести материала. Учет установленных особенностей магнитного поведения стали 0X20AG12H8M позволит уточнить максимально допустимый уровень напряжений в элементах конструкций, а также более обоснованно назначать режим упрочняющей термообработки сталей этого типа с целью сохранить стабильно низкую магнитную проницаемость.

Ключевые слова: аустенитная азотистая сталь, магнитные характеристики, растягивающие напряжения.

УДК 669.15–194.2:621.771–413

Термически армированный толстолистовой прокат из низколегированных сталей. Максимов А. Б. – Вопросы материаловедения, 2010, № 3(63), с. 40–44.

Рассмотрены теоретические аспекты разрушения термически армированного толстолистового проката из низколегированной стали. Проанализированы имеющиеся литературные данные. Предложены рекомендации для практического использования эффектов отражения и преломления упругих волн в стали.

Ключевые слова: сталь низколегированная, толстолистовой прокат термически армированный, модель разрушения.

УДК 669.15–194.56:548.4:539.374

Дислокационные структуры и текстуры образцов из стали 08X18H10T после горячей деформации сжатием. Барахтин Б. К., Варгасов Н. Р., Михайлов-Смольняков М. С., Федосеев М. Л. – Вопросы материаловедения, 2010, № 3(63), с. 45–52.

После пластометрических испытаний образцов стали 08X18H10T при температурах 900–1200°C со скоростями деформации в диапазоне 10^{-3} – 10 с⁻¹ и изучения структуры металла методами рентгеноструктурного анализа, световой и электронной просвечивающей микроскопии обнаружена связь между образовавшейся текстурой деформации и видом дислокационных формирований. Например, в условиях интенсивной фрагментации дислокационные структуры вызывают образование текстур {100}<100>, {111}<110> и {111}<112>, которые по своей симметрии близки к симметрии поля напряжений от внешних сил. Пластическая деформация в режиме сверхпластичности при минимальных затратах механической энергии способствует образованию нового состояния – зародыша рекристаллизованного зерна с совершенной внутренней структурой.

Ключевые слова: сталь 08X18H10T, пластометрические испытания, дислокационные структуры и текстуры, горячая деформация сжатием.

УДК 669.245'71'26:621.785.78:620.186.1

Разупорядочение сплава на основе Ni₃Al по гетерогенному механизму. Афанасьев Н. И., Лепаква О. К. – Вопросы материаловедения, 2010, № 3(63), с. 53–57.

Проведено исследование структурных и фазовых превращений в легированном хромом и углеродом сплаве на основе Ni₃Al. Растворение частиц карбидов Cr₇C₃, располагающихся преимущественно по границам зерен γ' -фазы, приводит к разупорядочению сплава и формированию двухфазных ($\gamma'+\gamma$) приграничных областей при температуре 1373 К. Эти области растут по гетерогенному механизму подобно ячейкам прерывистого распада, но исходные границы зерен остаются неподвижными. После полного растворения карбидов реакция прекращается. В областях, претерпевших превращение, формируются зерна γ' -фазы размером 0,2–0,3 мкм, окруженные прослойками γ -фазы шириной 0,1 мкм. Обнаруженное фазовое превращение приводит к формированию ультрамелкозернистой структуры и разупрочнению сплава при высоких температурах.

Ключевые слова: интерметаллид, структура, разупорядочение, ползучесть.

УДК 621.763:66.061.35

Технология получения волокон методом экстракции стационарной расплавленной капли. Ханин Д. Е., Кошкин К. Н., Урусов К. Х. – Вопросы материаловедения, 2010, № 3(63), с. 58–66.

Выполнены анализ и моделирование процесса получения волокон методом экстракции из стационарной расплавленной капли с целью подбора оптимальных параметров технологии для волокон необходимых размеров.

Ключевые слова: волокна металлов, метод получения, экстракция из стационарной расплавленной капли, моделирование процесса.

УДК 621.9.048.4:669.268

Использование хромсодержащих материалов при создании электроискровых покрытий. Лунова В. П. – Вопросы материаловедения, 2010, № 3(63), с. 67–71.

Исследованы свойства хромсодержащих электроискровых покрытий, для создания которых использован хром и сплавы с его различным содержанием. Определены условия, обеспечивающие наиболее качественные по состоянию и механическим свойствам покрытия, в

том числе степень диффузии хрома в поверхностный слой стали 45. Используются гравиметрический, электрофизический, оптический и рентгенофазовый методы исследования. Установлено, что при электроискровом легировании происходит изменение состава за счет высокотемпературных процессов, сопровождающих искровой разряд и приводящих к изменению фазового состава поверхности стали 45 и анодного материала. Присутствие нитридов сказывается на упрочнении поверхности, введение хрома повышает коррозионную стойкость стали 45. Экспериментально установлено, что поверхностное легирование хромом улучшает эксплуатационные свойства стальных изделий.

Ключевые слова: защитные покрытия, электроискровое легирование, упрочнение поверхности, хромирование.

УДК 669.24'71:536.468

Микроструктура и каталитические свойства сплавов системы Ni–Al, полученных методом СВ-синтеза. Косова Н. И., Курина Л. Н., Лепаква О. К., Китлер В. Д., Касацкий Н. Г. – Вопросы материаловедения, 2010, № 3(63), с. 72–77.

Представлены экспериментальные результаты исследований сплавов системы Ni–Al в области составов Ni–Ni₃Al, полученных методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Локальный микрорентгеноспектральный и рентгенофазовый анализы показали наличие фаз Ni(Al), Ni₃Al, Ni₅Al₃, Ni. Изучены каталитические свойства сплавов системы Ni–Al в области составов Ni–Ni₃Al в углекислотной конверсии метана. Максимальные значения конверсии метана и диоксида углерода достигают 96,98% соответственно для двойной системы Ni–7.5 мас.%Al.

Ключевые слова: СВ-синтез, микроструктура алюминидов никеля, переработка природного газа.

УДК 621.762.24:669.28

Металлотермическое восстановление соединений молибдена в расплаве хлорида натрия. Гостищев В. В., Хосен Ри, Химухин С. Н., Астапов И. А. – Вопросы материаловедения, 2010, № 3(63), с. 78–81.

Рассмотрены физико-химические аспекты получения порошка молибдена путем восстановления его кислородных соединений алюминием, магнием в расплаве хлорида натрия. Дана термодинамическая оценка реакций восстановления. Установлено, что для обеспечения выхода порошка 95–97% необходим избыток восстановителя относительно расчетного 15–25%, при этом содержание примесных элементов в продуктах восстановления не превышает ~3%. Показано, что величина удельной поверхности порошка молибдена, полученного при использовании магния, равна $20,19 \cdot 10^5$, алюминия – $64,4 \cdot 10^5$ м⁻¹.

Ключевые слова: порошки молибдена, солевые расплавы, алюминий, магний.

УДК 621.762:661.856:666.3/.7

Получение керамики из нанопорошка закиси меди и ее свойства. Бардаханов С. П., Лысенко В. И., Номоев А. В., Труфанов Д. Ю., Фокин А. В. – Вопросы материаловедения, 2010, № 3(63), с. 82–85.

Исследуется возможность получения керамики из нанодисперсного порошка закиси меди. Изучены структура и свойства получаемой керамики методом сканирующей электронной микроскопии, определена микротвердость керамики.

Ключевые слова: нанопорошок закиси меди, керамика, структура, свойства.

УДК 678.067:541.136

Технология формирования анодных нанокompозитных систем из возобновляемого растительного сырья и нанодисперсных элементов для циклируемых источников тока. Онищенко Д. В., Бойко Ю. Н., Попович А. А. – Вопросы материаловедения, 2010, № 3(63), с. 86–94.

Рассмотрена разработанная авторами энергосберегающая технология и механохимические режимы получения анодных нанокompозитных материалов на основе возобновляемого растительного сырья систем: углерод–нанодисперсный кремний и углерод–нанодисперсный вольфрам для литий-ионных (полимерных) аккумуляторов.

Ключевые слова: нанокompозитные материалы, возобновляемое растительное сырье, механохимические режимы, механосинтез, механоактивация, нанодисперсный кремний и вольфрам, литий-ионные (полимерные) аккумуляторы.

УДК 621.385.832:66.091

Синтез однослойных углеродных нанотрубок аэрозольным методом. Насибулин А. Г., Шандаков С. Д., Заводчикова М. Ю., Толочко О. В. Кауппинен Э. И. – Вопросы материаловедения, 2010, № 3(63), с. 95–104.

Кратко рассмотрены два аэрозольных метода синтеза углеродных нанотрубок (УНТ), основанных на использовании разложения паров ферроцена и раскаленной проволоки, для синтеза железных каталитических частиц. Показана возможность отделения индивидуальных ОУНТ от пучков в газовой фазе и контролирования параметров ОУНТ с помощью агентов травления. Обсуждается одно из главных преимуществ аэрозольного метода – возможность напрямую интегрировать ОУНТ в некоторых приложениях. Показана возможность использования ОУНТ в высокотехнологичных областях электроники для создания элементов памяти, транзисторов, химических электродных сенсоров, лазерных модуляторов и полевых эмиттеров холодных электронов.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, методы синтеза.

УДК 669.15–194.56:621.039.531:620.194.8

Метод оценки долговечности внутрикорпусных устройств ВВЭР по критерию инициации межкристаллитного коррозионного растрескивания облученных аустенитных сталей. Марголин Б. З., Федорова В. А., Филатов В. М. – Вопросы материаловедения, 2010, № 3(63), с. 105–118.

Рассмотрены имеющиеся экспериментальные данные по склонности к межкристаллитному коррозионному растрескиванию (МККР) облученных аустенитных нержавеющей сталей при контакте с теплоносителем I контура ВВЭР. На основе анализа экспериментальных данных выполнено физико-механическое моделирование повреждений при МККР аустенитных сталей. Введена зависимость напряжения от повреждающей дозы нейтронного облучения, разграничивающая склонные и несклонные к МККР области. Разработана методика оценки долговечности элементов внутрикорпусных устройств по критерию зарождения МККР, позволяющая проводить расчеты при изменяющихся во времени повреждающей дозе и напряженно-деформированном состоянии элемента.

Ключевые слова: аустенитные коррозионно-стойкие стали, облучение, теплоноситель, межкристаллитное коррозионное растрескивание, физико-механическая модель растрескивания.

УДК 621.791.019:621.78:621.039.536.2

Определение остаточных структурно-пластических деформаций при прерывистой сварке и штриховой термомеханической обработке тонкостенного корпуса. Светликов В. А. – Вопросы материаловедения, 2010, № 3(63), с. 119–127.

Разработан высокопроизводительный метод экспериментального определения остаточных структурно-пластических деформаций, возникающих при прерывистой сварке и штриховой термомеханической обработке тонкостенного корпуса. Применение этого метода позволит разработать эффективные меры по предотвращению и устранению сварочных деформаций тонколистовых корпусных конструкций, сократить продолжительность изготовления и повысить качество корпусов высокоскоростных транспортных средств.

Ключевые слова: корпус тонкостенный, пластина, выпучина сварочная, ширина пластины критическая, изгиб.