

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
"ВОПРОСЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ"

№ 3(55), 2008

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ МЕТАЛЛУРГИЯ

- Круглова А. А., Хлусова Е. И.* Исследование структуры и свойств металла зоны термического влияния сварных соединений из стали марки 09Г2ФБ (Е36), изготовленной с использованием термомеханической обработки и закалки с отпуском 5
- Паульс В. Ю., Кусков В. Н., Смолин Н. И.* Состав и свойства поверхностного слоя легированных сталей после электродиффузионной термической обработки 12
- Кикин П. Ю., Мишакин В. В., Перевезенцев В. Н., Землякова Н. В., Кассина Н. В.* Исследование корреляции структурных параметров и механических свойств с акустическими характеристиками ультрамелкозернистого алюминиевого сплава 1421 19

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Еренков О. Ю.* Исследование твердости обработанной резанием поверхности термопластичных полимерных материалов 25

СВАРКА. СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Калинников В. Т., Николаев А. И., Рыбин В. В., Брусницын Ю. Д., Малышевский В. А., Петров В. Б.* Изучение взаимодействия компонентов сварочных материалов с жидким стеклом 31

**КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ
И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ**

- Николаев В. А., Марголин Б. З., Рядков Л. Н., Фоменко В. Н.* Применение малоразмерных образцов с глубокими боковыми канавками для прогнозирования температурной зависимости вязкости разрушения. Часть 1. Экспериментально-расчетные исследования 41
- Марголин Б. З., Фоменко В. Н.* Применение малоразмерных образцов с глубокими боковыми канавками для прогнозирования температурной зависимости вязкости разрушения. Часть 2. Анализ напряженно-деформированного состояния и применимости критериев разрушения 60
- Марголин Б. З., Бучатский А. А., Гуленко А. Г., Федорова В. А., Филатов В. М.* Прогнозирование сопротивления циклическому нагружению аустенитных сталей при упругопластическом деформировании, ползучести и нейтронном облучении 72
- Горынин В. И.* Анизотропия сопротивляемости хрупкому разрушению низкоуглеродистых сталей с полосчатой структурой 89
- Федорова В. А., Марголин Б. З.* Прогнозирование скорости роста усталостной трещины в аустенитных сталях с учетом влияния нейтронного облучения и водной среды 96
- Марголин Б. З., Фоменко В. Н., Гуленко А. Г., Швецова В. А., Николаев В. А., Морозов А. М., Вакуленко А. А., Пиминов В. А., Шульган Н. А.* Прогнозирование расчетной температурной зависимости вязкости разрушения материалов корпусов реакторов на основе результатов испытаний образцов-свидетелей 111

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МАТЕРИАЛОВ

- Грачёв Г. В., Бочаров С. А., Титова Т. И.* Принципиальная технология производства биметаллического листа методом горячей прокатки одинарного несимметричного сварного вакуумированного пакета 125
- Владимиров Н. Ф., Грачёв Г. В., Малахов Н. В.* Современные технологии и пути увеличения производства высокопрочных корпусных сталей для нужд судостроительной промышленности 133

**ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ, ДИФфуЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И СВОЙСТВА
НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

- Дерягин А. И., Завалишин В. А., Сагарадзе В. В., Кузнецов А. Р., Ивченко В. А., Вильданова Н. Ф., Эфрос Б. М.* Влияние состава и температуры на перераспределение легирующих элементов в процессе холодной и теплой деформации Fe–Cr–Ni сплавов 140
- Панин А. В., Шугуров А. Р., Казаченок М. С., Сергеев В. П.* Особенности пластической деформации и разрушения наноструктурных покрытий SiAlN 148

<i>Попов В. В., Валиев Р. З., Сергеев А. В., Попова Е. Н., Казыханов В. У., Столбовский А. В.</i>	
Структура вольфрама после интенсивной пластической деформации кручением под высоким давлением и ее термическая стабильность	155
<i>Скрябина Н. Е., Fruchart D., Шеин А. Б., Заболотский Д. С., Шеляков А. В.</i> Инициированные водородом структурно-фазовые превращения в аморфных и нанокристаллических сплавах системы TiNi–TiCu	163
<i>Шабашов В. А.</i> Неравновесные диффузионные фазовые превращения и наноструктурирование при интенсивной холодной деформации	169
<i>Кайгородова Л. И., Пилюгин В.П.</i> Влияние степени дисперсности кристаллической структуры на распад пересыщенного твердого раствора многокомпонентного алюминийлитиевого сплава	180
ХРОНИКА	
Конференции 2009 года	186
Рефераты публикуемых статей	189
Научно-технический журнал «Вопросы материаловедения». Оформление статей.	
Рекомендации	199

РЕФЕРАТЫ ПУБЛИКУЕМЫХ СТАТЕЙ

УДК 669.15'74–194:621.791.052:621.785

Исследование структуры и свойств металла зоны термического влияния сварных соединений из стали марки 09Г2ФБ (Е36), изготовленной с использованием термомеханической обработки и закалки с отпуском. Круглова А. А., Хлусова Е. И. – Вопросы материаловедения, 2008, № 3 (55), с. 5–11.

Изучены особенности структуры и свойств марганцевой стали в зоне термического влияния сварного соединения после термомеханической обработки и закалки с отпуском. Показано влияние погонной энергии сварки и толщины листа на структурные изменения и связанное с этим изменение значений работы удара вблизи границы сплавления.

Ключевые слова: сталь марганцевая, сварное соединение, структура, свойства, погонная энергия сварки, термомеханическая обработка.

УДК 669.15–194:621.9.048

Состав и свойства поверхностного слоя легированных сталей после электродиффузионной термической обработки. Паульс В. Ю., Кусков В. Н., Смолин Н. И. – Вопросы материаловедения, 2008, № 3 (55), с. 12–18.

Исследованы состав, структура, механические свойства и коррозионная стойкость образцов легированных сталей, подвергнутых электродиффузионной термической обработке. Установлено повышение микротвердости поверхностного слоя сталей в 1,3–2,7 раза, износостойкости – в 1,6–1,8 раза, жаростойкости – в 1,4–1,7 раза в результате обработки. Концентрация хрома, никеля, молибдена, алюминия и кремния в поверхностном слое сталей увеличилась в 1,4–6,7 раза по сравнению с объемом.

Ключевые слова: сталь, поверхностный слой, электрический ток, диффузия, структура, упрочнение, микротвердость, износ, коррозия.

УДК 669.715:620.179

Исследование корреляции структурных параметров и механических свойств с акустическими характеристиками ультрамелкозернистого алюминиевого сплава 1421. Кикин П. Ю., Мишакин В. В., Перевезенцев В. Н., Землякова Н. В., Кассина Н. В. – Вопросы материаловедения, 2008, № 3 (55), с. 19–24.

В работе приведены результаты металлографических, рентгенографических, механических и акустических исследований ультрамелкозернистого (УМЗ) алюминиевого сплава 1421, подвергнутого интенсивной пластической деформации и последующей поэтапной термической обработке. Установлена корреляция параметров распространения упругих волн с микротвердостью, размером зерна и интегральной шириной рентгеновских линий (величиной микронапряжений).

Ключевые слова: термическая обработка, алюминиевый сплав, механические свойства, структура, акустические характеристики

УДК 678.5:621.9:620.178

Исследование твердости обработанной резанием поверхности термопластичных полимерных материалов. Еренков О. Ю. – Вопросы материаловедения, 2008, № 3 (55), с. 25–30.

Представлены результаты экспериментальных исследований по определению твердости обработанной поверхности заготовок из капролона и фторопласта-4 в зависимости от вида и параметров механической обработки. Исследовано влияние упругого последействия обрабатываемых материалов на твердость поверхностного слоя заготовок. Обсуждаются причины изменения твердости обработанной поверхности для исследуемых вариантов механической обработки материалов.

Ключевые слова: термопластичные полимерные материалы, твердость, обработанная поверхность, степень упрочнения, точение, сжатие.

УДК 621.791.75.04

Изучение взаимодействия компонентов сварочных материалов с жидким стеклом. Калинин В. Т., Николаев А. И., Рыбин В. В., Брусницын Ю. Д., Малышевский В. А., Петров В. Б. – Вопросы материаловедения, 2008, № 3 (55), с. 31–40.

С использованием методов дифференциального термического и рентгенографического анализов определены характеристики и фазовый состав продуктов взаимодействия с жидким стеклом компонентов покрытий сварочных электродов, приготовленных на основе минеральных ресурсов Кольского полуострова.

Ключевые слова: минеральные ресурсы, сварочные материалы, компоненты покрытия, жидкое стекло, фазовый состав, методы анализа.

УДК 539.422.23

Применение малоразмерных образцов с глубокими боковыми канавками для прогнозирования температурной зависимости вязкости разрушения. Часть 1. Экспериментально-расчетные исследования. Николаев В. А., Марголин Б. З., Рядков Л. Н., Фоменко В. Н. – Вопросы материаловедения, 2008, № 3 (55), с. 41–59.

Анализируется применение различных малоразмерных образцов, включая образцы с глубокими (50%) боковыми канавками, для прогнозирования вязкости разрушения. Выполнены обширные экспериментальные исследования на малоразмерных образцах (более 500 образцов), вырезанных из материалов с различной степенью охрупчивания. Разработана процедура расчета, корректирующая метод расчета K_e и J , изложенный в стандарте ASTM E 1921 для обработки результатов испытаний малоразмерных образцов с глубокими канавками. Даны рекомендации по использованию образцов Шарпи с трещиной с глубокими (50%) канавками для прогнозирования представительной температурной зависимости вязкости разрушения.

Ключевые слова: вязкость разрушения, прогнозирование, малоразмерные образцы с глубокими боковыми канавками, экспериментально-расчетные исследования.

УДК 539.422.23

Применение малоразмерных образцов с глубокими боковыми канавками для прогнозирования температурной зависимости вязкости разрушения. Часть 2. Анализ напряженно-деформированного состояния и применимости критериев разрушения. Марголин Б. З., Фоменко В. Н. – Вопросы материаловедения, 2008, № 3 (55), с. 60–71.

Проведен расчет методом конечных элементов МКЭ в трехмерной постановке напряженно-деформированного состояния (НДС) образцов типа Шарпи с трещиной с различной глубиной боковых канавок. На основании результатов расчета НДС выполнен анализ применимости различных критериев хрупкого разрушения для описания экспериментальных данных по вязкости разрушения таких образцов.

Ключевые слова: вязкость разрушения, прогнозирование, малоразмерные образцы с глубокими боковыми канавками, напряженно-деформированное состояние.

УДК 669.15–194.56:539.431:621.039.531

Прогнозирование сопротивления циклическому нагружению аустенитных сталей при упругопластическом деформировании, ползучести и нейтронном облучении. Марголин Б. З., Бучатский А. А., Гуленко А. Г., Федорова В. А., Филатов В. М. – Вопросы материаловедения, 2008, № 3 (55), с. 72–88.

Проанализированы наиболее известные методы прогнозирования сопротивления усталостному разрушению, учитывающие ползучесть материала в цикле деформирования и нейтронное облучение. Выявлены достоинства и недостатки существующих методов. Предложен новый метод прогнозирования сопротивления усталостному разрушению, лишенный недостатков существующих методов. Проведена верификация разработанного метода применительно к аустенитным сталям, испытанным при повышенных температурах.

Ключевые слова: сопротивление усталостному разрушению, ползучесть, интенсивность потока нейтронов.

УДК 669.15'782'74–194:539.422.22

Анизотропия сопротивляемости хрупкому разрушению низкоуглеродистых сталей с полосчатой структурой. Горынин В. И. – Вопросы материаловедения, 2008, № 3 (55), с. 89–95.

Исследовано влияние полосчатой структуры (обусловлено упорядоченным расположением феррита) на сопротивляемость хрупкому разрушению по данным испытаний на ударный изгиб образцов толщиной от 27 до 75 мм, вырезанных в различных направлениях относительно направления прокатки.

Ключевые слова: сталь низкоуглеродистая, сопротивляемость хрупкому разрушению, испытания на ударный изгиб, полосчатая структура.

УДК 669.15–194.56:621.039.531:539.422.24

Прогнозирование скорости роста усталостной трещины в аустенитных сталях с учетом влияния нейтронного облучения и водной среды. Федорова В. А., Марголин Б. З. – Вопросы материаловедения, 2008, № 3 (55), с. 96–110.

Рассмотрено влияние водной среды, имитирующей теплоноситель 1-го контура легководных ядерных реакторов, на скорость роста усталостной трещины в аустенитных хромоникелевых сталях. Проанализированы и обобщены данные по влиянию нейтронного облучения на кинетику усталостной трещины на воздухе для этих сталей. Предложены зависимости, позволяющие рассчитывать скорость роста усталостной трещины с учетом совместного влияния водной среды и облучения.

Ключевые слова: скорость роста усталостной трещины, нейтронное облучение, водная среда, теплоноситель 1-го контура.

УДК 621.039.536.2:539.422.23

Прогнозирование расчетной температурной зависимости вязкости разрушения материалов корпусов реакторов на основе результатов испытаний образцов-свидетелей. Марголин Б. З., Фоменко В. Н., Гуленко А. Г., Швецова В. А., Николаев В. А., Морозов А. М., Вакуленко А. А., Пиминов В. А., Шульган Н. А. – Вопросы материаловедения, 2008, № 3 (55), с. 111–124.

Разработаны принципы построения расчетной температурной зависимости вязкости разрушения $K_{Jc}(T)$ по результатам испытаний образцов-свидетелей. Построение зависимости $K_{Jc}(T)$ базируется на концепции Unified Curve. При этом вводятся поправки, которые учитывают два возможных типа неопределенностей при построении кривой $K_{Jc}(T)$ по результатам испытаний образцов-свидетелей. Первый связан с неопределенностями, которые можно назвать методическими. К таким неопределенностям отнесены количество и тип образцов-свидетелей, испытываемых на вязкость разрушения. Второй тип неопределенностей обусловлен пространственной неоднородностью свойств металла корпуса реактора. Вводимые поправки, по существу, играют роль коэффициентов запаса, которые назначаются не априорно, а рассчитываются по предлагаемым зависимостям. На основании экспериментальных и теоретических исследований определены численные значения коэффициентов запаса.

Ключевые слова: корпус реактора, вязкость разрушения, температурная зависимость, концепция Unified Curve, образцы-свидетели,

УДК 621.771.23–419.4

Принципиальная технология производства биметаллического листа методом горячей прокатки одинарного несимметричного сварного вакуумированного пакета. Грачёв Г. В., Бочаров С. А., Титова Т. И. – Вопросы материаловедения, 2008, № 3 (55), с. 125–132.

Рассмотрены основные технологии производства биметаллического листа. Показаны технологические особенности производства плакированного листа современным методом горячей прокатки одинарного несимметричного вакуумированного пакета.

Ключевые слова: биметаллический лист, технология производства, горячая прокатка, вакуумированный пакет.

УДК 669.14.018.293

Современные технологии и пути увеличения производства высокопрочных корпусных сталей для нужд судостроительной промышленности. Владимиров Н. Ф., Грачёв Г. В., Малахов Н. В. – Вопросы материаловедения, 2008, № 3 (55), с. 133–139.

Рассмотрены новые технологические схемы производства корпусных сталей. Показаны перспективные пути увеличения объемов производства корпусных сталей.

Ключевые слова: корпусные стали, технология производства, перспективные направления.

УДК 669.12'26'24:539.377

Влияние состава и температуры на перераспределение легирующих элементов в процессе холодной и теплой деформации Fe–Cr–Ni сплавов. Дерягин А. И., Завалишин В. А., Сагарадзе В. В., Кузнецов А. Р., Ивченко В. А., Вильданова Н. Ф., Эфрос Б. М. – Вопросы материаловедения, 2008, № 3 (55), с. 140–147.

Исследовано влияние состава и температуры на перераспределение легирующих элементов в процессе холодной и теплой деформации Fe–Cr–Ni сплавов. Наведенное деформационное перераспределение элементов в стали X11H30 уменьшалось до нуля по мере того как температура деформации увеличивалась от 0 до 300°C. Максимальная температура Кюри ферромагнитных пучков деформационного происхождения была равной 160°C для сталей марок X11H30, X12H30 и X15H38. Исследование, проведенное с помощью автоионного микроскопа, выявило частицы упорядоченной фазы типа L₁₀ или L₁₂ размером до 5 нм, концентрация которых составила 5–10 об. %.

Ключевые слова: наноструктурные покрытия, граница раздела покрытие–подложка, пластическая деформация, напряжения растягивающие и сжимающие.

УДК 669.782'71'786:539.374:539.422.23

Особенности пластической деформации и разрушения наноструктурных покрытий SiAlN. Панин А. В., Шугуров А. Р., Казаченок М. С., Сергеев В. П. – Вопросы материаловедения, 2008, № 3 (55), с. 148–154.

Исследованы поверхностная структура наплавленного SiAlN покрытия на медную подложку и квадратный образец расслоения покрытия при термоциклировании, одноосном растяжении и знакопеременном изгибе, выявлены многоуровневое распределение напряжений в «шахматном порядке» и деформации на границе раздела покрытие–подложка. Распределение является результатом необходимости совместимости деформаций покрытия и подложки, которые характеризуются различными модулями Юнга и коэффициентами теплового расширения

Ключевые слова: наноструктурные покрытия, граница раздела покрытие–подложка, пластическая деформация, напряжения растягивающие и сжимающие.

УДК 669.27:539.385:620.187

Структура вольфрама после интенсивной пластической деформации кручением под высоким давлением и ее термическая стабильность. Попов В. В., Валиев Р. З., Сергеев А. В., Попова Е. Н., Казыханов В. У., Столбовский А. В. – Вопросы материаловедения, 2008, № 3 (55), с. 155–162.

Методом трансмиссионной электронной микроскопии исследована субмикроскопическая структура вольфрама, полученная после кручения под высоким давлением на 5 оборотов при 400°C, и изучена ее термическая стабильность. Методом эмиссионной мессбауэровской спектроскопии исследованы границы зерен субмикроструктурного W в исходном состоянии и после отжига при 400–500°C.

Ключевые слова: пластическая деформация кручением, вольфрам, субмикроскопическая структура, термическая стабильность, метод эмиссионной мессбауэровской спектроскопии,

УДК 539.213:669.017.3

Иницированные водородом структурно-фазовые превращения в аморфных и нанокристаллических сплавах системы TiNi–TiCu. Скрябина Н. Е., Fruchart D., Шейн А. Б., Заболотский Д. С., Шеляков А. В. – Вопросы материаловедения, 2008, № 3 (55), с. 163–168.

Проанализированы особенности изменения структуры вследствие введения водорода в псевдобинарные сплавы на базе TiNi–TiCu с различным исходным состоянием. Установлено, что насыщение водородом сплава находящегося в нанокристаллическом состоянии, приводит к аморфизации структуры непосредственно в ходе введения водорода. Для сплавов с исходно аморфной структурой, обнаружены явления водородной хрупкости и водородного растрескивания.

Ключевые слова: псевдобинарные сплавы, нанокристаллическое состояние, структурно-фазовые превращения, насыщение водородом, аморфизация структуры.

УДК 669.017.3: 539.374

Неравновесные диффузионные фазовые превращения и наноструктурирование при интенсивной холодной деформации. Шабашов А. – Вопросы материаловедения, 2008, № 3 (55), с. 169–179.

Представлены результаты наноструктурирования сплавов железа с развитием процессов деформационно-индуцированного растворения фаз внедрения и оксидов железа, а также формирования в металлических матрицах чрезвычайно дисперсных вторичных упрочняющих фаз. Активизация низкотемпературного деформационного растворения фаз достигается за счет генерации большого количества точечных и линейных дефектов, диспергизации фаз в исходных смесях, высокой диффузионной подвижности углерода, азота и кислорода в матрицах металлов.

Ключевые слова: сплавы железа, наноструктурирование, интенсивная холодная деформация, фазовые превращения.

УДК 669.715'884:548.3

Влияние степени дисперсности кристаллической структуры на распад пересыщенного твердого раствора многокомпонентного алюминийлитиевого сплава. Кайгородова Л. И., Пилюгин В. П. – Вопросы материаловедения, 2008, № 3 (55), с. 180–185.

Методом электронной микроскопии изучено влияние деформации сдвигом под давлением на структурное состояние сплава на основе системы Al–Li в деформированном, отожженном и состаренном состояниях. Показано, что для получения в сплаве ультрадисперсной кристаллической структуры целесообразно использовать интенсивную деформацию с последующим низкотемпературным отжигом. При последующем старении увеличение степени дисперсности кристаллической структуры способствует изменению характера зарождения и количественного соотношения метастабильных и стабильных фаз.

Ключевые слова: сопротивление усталостному разрушению, ползучесть, интенсивность потока нейтронов.