

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
"ВОПРОСЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ"

№ 1(69), 2012

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ

- Соколов Д. Ф., Васильев А. А., Колбасников Н. Г., Соколов С. Ф. Эмпирические формулы для расчета температур и концентраций углерода, отвечающих паравравновесию основных фаз в сталях. 5
- Громова Н. Б., Дроздова Н. Ф., Калинин Г. Ю., Ямпольский В. Д. Влияние тепловой прокатки на свойства маломагнитной коррозионно-стойкой стали, легированной азотом. 14
- Милейковский А. Б. Новая технология внепечной обработки низколегированных трубных сталей. 18
- Зельдович В. И., Фролова Н. Ю., Хейфец А. Э., Хомская И. В., Шорохов Е. В., Насонов П. А. Повышение механических свойств титана методом динамического канально-углового прессования. 29

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ

- Перевислов С. Н., Чупов В. Д., Орданьян С. С. Свойства спеченных материалов на основе микропорошков карбида кремния. 38
- Диденко А. Л., Рябчинская Л. В., Толочко О. В., Ahn Joop Mo, Кудрявцев В. В. Влияние поверхностной обработки наночастиц гексаборида лантана на оптические свойства композиционного материала. 44
- Юранова Т. Ю., Мазеева А. К., Мухамедзянова Л. В., Фурмон М. С., Кузнецов П. А., Пескова А. С. Исследование влияния содержания меди на высокочастотные и статические магнитные свойства сплава типа Finemet. 52
- Каменева А. Л. Роль структуры и фазового состава в формировании физико-механических и трибологических свойств пленок на основе TiN. 58
- Красиков А. В. Исследование технологических параметров осаждения сплава Ni-W из пирофосфатно-аммонийного электролита. 68
- Фурмон М. С., Красиков А. В., Дроздова Н. Ф. Состав, микротвердость и структура покрытий из сплава системы никель-вольфрам, полученных методом электрохимического осаждения 74

НАНОРАЗМЕРНЫЕ И НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Бурканова Е. Ю., Фармаковский Б. В. Высокоскоростной механосинтез с использованием дезинтеграторных установок для получения наноструктурированных порошковых материалов системы металл-керамика износостойкого класса. 80
- Кудрявцева И. В. Исследование свойств заготовок из коррозионно-стойкой стали переходного класса марки 15-5PH, полученных по технологии селективного лазерного спекания. 86

СВАРКА И РОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ. СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

- Веретенников М. М., Вайнерман А. Е. Исследование межкристаллитного проникновения медных сплавов в сталь АБ2 при наплавке. 91
- Вайнерман А. А., Вайнерман А. Е. Исследование особенностей формирования химического состава и структуры металла в различных зонах сварных соединений судовых трубопроводов из медно-никелевого сплава МНЖМц 11-1,1-0,6. 99

КОРРОЗИЯ И ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ

- Ставицкий О. А., Кузьмин Ю. Л., Трощенко В. Н., Медяник Т. Е., Подшивалов А. В. Композиционный высокопрочный химически стойкий материал для изоляционных основ анодов систем катодной защиты судов от коррозии. 107
- Кузьмин Ю. Л., Трощенко В. Н., Лащевский В. О., Смирнов С. М. Нанотекстурированные платино-ниобиевые рабочие электроды для анодов систем катодной защиты судов от коррозии. 114

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ

- Чернобаев С. П., Вайнерман А. Е. Исследование дробеструйного упрочнения зон исправления дефектов сваркой в бронзах применительно к изготовлению и ремонту судовых гребных винтов. 120

РАДИАЦИОННОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Марголин Б. З., Сорокин А. А. Прогнозирование влияния нейтронного облучения на характеристики вязкого разрушения аустенитных сталей.	126
Марголин Б. З., Сорокин А. А. К вопросу о природе влияния радиационного распухания на предел прочности облученных аустенитных материалов.	148
ГЛОССАРИЙ ТЕРМИНОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЙ В ОБЛАСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ	163
ХРОНИКА	
Всероссийскому научно-исследовательскому институту авиационных материалов (ВИАМ) – 80 лет	179
Рефераты публикуемых статей	183
Авторский указатель	193
Научно-технический журнал «Вопросы материаловедения». Оформление статей.	
Правила для авторов	194

РЕФЕРАТЫ ПУБЛИКУЕМЫХ СТАТЕЙ

УДК 669.15–194:661.666:621.785.36

Эмпирические формулы для расчета температур и концентраций углерода, отвечающих паравравновесию основных фаз в сталях. Соколов Д. Ф., Васильев А. А., Колбасников Н. Г., Соколов С. Ф. – Вопросы материаловедения, 2012, № 1(69), с. 5–13.

С помощью программного пакета Thermo-Calc проведены расчеты температур фазового паравравновесия аустенит – феррит и аустенит – цементит, а также паравравновесных концентрации углерода в аустените и феррите в зависимости от температуры и содержания легирующих элементов замещения (Mn; Si; Cr; Mo; Ni). На основании сформированного набора расчетных данных для практически важных диапазонов изменения температуры и концентраций элементов замещения получены эмпирические формулы, позволяющие с высокой точностью вычислять температуры фазовых равновесий и концентрации углерода.

Ключевые слова: аустенит, феррит, цементит, концентрация углерода, фазовое паравравновесие.

УДК 669.14.018.58:786:621.771.016

Влияние теплой прокатки на свойства маломагнитной коррозионно-стойкой стали, легированной азотом. Громова Н. Б., Дроздова Н. Ф., Калинин Г. Ю., Ямпольский В. Д. – Вопросы материаловедения, 2012, № 1(69), с. 14–17.

Исследовано влияние теплой прокатки на свойства коррозионно-стойкой стали, легированной азотом. В процессе теплой прокатки при 700°C закаленной от 1200°C аустенитной стали 04X20H6Г11М2АФБ возникают микроискажения кристаллической решетки, обусловленные образующимися в процессе деформации дефектами кристаллической решетки с выделившимися на них зародышами мелкодисперсных фаз (нитридов). В зависимости от степени деформации и времени теплой прокатки механические свойства стали меняются в широких пределах: $\sigma_{0,2} = 520–1360$ МПа; $\delta_5 = 18–57\%$; $\psi = 62–71\%$; $KCV^{+20} = 51–240$ Дж/см². Высказано предположение, что выделение мелкодисперсных нитридных фаз на дефектах упаковки дислокационного генезиса формирует наноструктуру.

Ключевые слова: маломагнитная коррозионно-стойкая сталь, легирование азотом, теплая прокатка, микроискажения кристаллической решетки, механические свойства.

УДК 669.15–194.2:669.046.554:621.643

Новая технология внепечной обработки низколегированных трубных сталей. Милейковский А. Б. – Вопросы материаловедения, 2012, № 1(69), с. 18–28.

Разработана технология внепечной обработки трубных сталей категорий прочности K60, X70 и X80 для изготовления труб большого диаметра для морских и наземных магистральных газо- и нефтепроводов с высокими рабочими параметрами. Установлены причины повышенной загрязненности трубных сталей неметаллическими включениями. Рассмотрены аспекты технологии внепечной обработки, обеспечивающие повышение чистоты стали по неметаллическим включениям. Представлены данные коррозионно-механических испытаний металла труб и зависимость ударной вязкости металла от уровня загрязненности неметаллическими включениями.

Ключевые слова: внепечная обработка, трубная сталь, штрипс, магистральный трубопровод, неметаллические включения, вакуум-углеродное раскисление.

УДК 669.295:539.374.6

Повышение механических свойств титана методом динамического канально-углового прессования. Зельдович В. И., Фролова Н. Ю., Хейфец А. Э., Хомская И. В., Шорохов Е. В., Насонов П. А. – Вопросы материаловедения, 2012, № 1(69), с. 29–37.

Технический титан был подвергнут интенсивной пластической деформации при повышенной температуре новым методом динамического канально-углового прессования. Скорость деформации была $10^3–10^5$ с⁻¹. Полученная бимодальная (дуплексная) структура состояла из гетерогенной смеси рекристаллизованных зерен размером 1–2 мкм и деформированных участков, имеющих полигональное строение с размером субзерен 200–300 нм. После динамического

канально-углового прессования при 530°C в два прохода предел прочности титана составил 650 МПа при относительном удлинении 19%. После дополнительной прокатки на 50% при 300°C и низкотемпературного отжига предел прочности повысился до 790 МПа при сохранении высоких значений относительного удлинения (15%).

Ключевые слова: титан, высокоскоростная деформация, субмикроструктурная структура, механические свойства.

УДК 666.792.32:621.762.5

Свойства спеченных материалов на основе микропорошков карбида кремния. Перевислов С. Н., Чупов В. Д., Орданьян С. С. – Вопросы материаловедения, 2012, № 1(69), с. 38–43.

Керамические материалы на основе микропорошков карбида кремния получены жидкофазным спеканием в среде аргона с оксидными активаторами Y_2O_3 , MgO , Al_2O_3 . Состав оксидов соответствовал эвтектике в тройной системе по разрезу гранат – шпинель, концентрация оксидов составляла 5–20%. Достигнуты прочность при изгибе $\sigma_{изг} = 660 \pm 30$ МПа, прочность при сжатии $\sigma_{сж} = 1600 \pm 35$ МПа, коэффициент трещиностойкости $K_{1c} = 5,0 \pm 0,2$ МПа \cdot м $^{1/2}$. Показано, что спеченные материалы из SiC разупрочняются при температуре $\geq 1300^\circ C$ ($\sigma_{изг}^{1300} \sim 350$ МПа).

Ключевые слова: жидкофазное спекание, карбид кремния, механические свойства.

УДК 666.792.5:661.865.4:539.23:535.34

Влияние поверхностной обработки наночастиц гексаборида лантана на оптические свойства композиционного материала. Диденко А. Л., Рябчинская Л. В., Толочко О. В., Ahn Joop Mo, Кудрявцев В. В. – Вопросы материаловедения, 2012, № 1(69), с. 44–51.

С развитием нанотехнологий исследуется широкий спектр полимернеорганических наноконструкций на основе углеродных, полимерных, металлических или керамических наночастиц с целью получения материалов с улучшенными механическими, барьерными, оптическими, электропроводящими, магнитными и иными свойствами.

На основе полимерной матрицы получены тонкопленочные образцы из гибридного наноконструкционного материала, содержащего от 0,1 до 1,0 мас. % наночастиц гексаборида лантана. Они обладают высокой поглощающей способностью в ближней инфракрасной области при максимуме пропускания в видимой области спектра. Изучены структура и оптические свойства образцов, проведено сравнение свойств пленок, наполненных наночастицами гексаборида лантана, поверхность которых была модифицирована различными способами. Лучшие оптические свойства показывают образцы с частицами, обработанными 3-аминопропилтриэтоксисиланом в среде этилового спирта.

Ключевые слова: наноконструктив, оптические свойства, гексаборид лантана, инкапсуляция.

УДК 669.35:539.213.27:537.621

Исследование влияния содержания меди на высокочастотные и статические магнитные свойства сплава типа Finemet. Юранова Т. Ю., Мазеева А. К., Мухамедзянова Л. В., Фурмон М. С., Кузнецов П. А., Пескова А. С. – Вопросы материаловедения, 2012, № 1(69), с. 52–57.

Исследовано влияние содержания меди на высокочастотные и статические магнитные свойства сплава АМАГ-200, являющегося российским аналогом сплава Finemet, с содержанием меди от 0 до 3,2 мас.% после различных режимов термической обработки. Проведен анализ возможности повышения этих свойств путем создания в аморфной матрице нанокристаллической структуры. На основании установленных зависимостей определен температурный интервал термической обработки, в котором возможно получение аморфно-нанокристаллической структуры с объемным содержанием кристаллической фазы 20–80% и средним размером кристаллитов 10–30 нм.

Ключевые слова: сплав АМАГ-200, содержание меди, магнитные свойства, термическая обработка, аморфно-нанокристаллическая структура.

УДК 669.295'786:539.234:539.62

Роль структуры и фазового состава в формировании физико-механических и трибологических свойств пленок на основе TiN. Каменева А. Л. – Вопросы материаловедения, 2012, № 1(69), с. 58–67.

Установлены закономерности влияния структурных и фазовых характеристик и напряжений в пленках на основе TiN, изменяемых под влиянием технологических и температурных параметров процесса электродугового испарения, на физико-механические и трибологические свойства, изнашивающую способность пленок по отношению к контртелу. Выявлено, что в низкотемпературной области осаждения для получения нанокристаллической пленки с уникальным комплексом физико-механических и трибологических свойств и минимальной изнашивающей способностью необходимо не только оптимальное сочетание технологических и температурных условий ее осаждения, но и оптимальное сочетание структурных и фазовых характеристик пленки.

Ключевые слова: пленки на основе TiN, технологические и температурные параметры формирования, структурные и фазовые изменения, электронно-микроскопическое исследование, электродуговое испарение, рентгенодифракционный фазовый анализ, механические и трибологические испытания.

УДК 669.24'27:621.359:621.793

Исследование технологических параметров осаждения сплава Ni–W из пиррофосфатно-аммонийного электролита. Красиков А. В. – Вопросы материаловедения, 2012, № 1(69), с. 68–73.

Исследованы закономерности осаждения сплава Ni–W из электролита для получения покрытий. Определен диапазон pH устойчивого существования электролита и выбрана область pH для осаждения сплава. Исследовано влияние pH электролита на выход по току сплава. Показано, что кинетика электроосаждения для получения покрытий Ni–W резко изменяется в узком интервале (pH 9,0–9,5), что обусловлено образованием в электролите смешанного пиррофосфатно-аммиакатного комплекса никеля. Исследована морфология и микротвердость покрытий, полученных из электролита с pH 9 и pH 9,5. Показано, что применение электролита с pH 9,5 позволяет получать более качественные покрытия с большей твердостью.

Ключевые слова: сплав Ni–W, покрытия, электролит, осаждение, выход по току, качество покрытий.

УДК 669.24'27:621.359:621.793

Состав, микротвердость и структура покрытий из сплава системы никель–вольфрам, полученных методом электрохимического осаждения. Фурмон М. С., Красиков А. В., Дроздова Н. Ф. – Вопросы материаловедения, 2012, № 1(69), с. 74–79.

Исследовано влияние плотности тока и pH электролита на микротвердость, структуру и содержание вольфрама в сплаве Ni–W. Показано, что при повышении pH в диапазоне 8,6–10,0 содержание вольфрама снижается, а максимальной микротвердостью обладают покрытия, полученные из электролита с pH 9,5 при плотностях тока 4–5 А/дм². Рентгеноструктурное исследование образцов покрытий, полученных из электролитов с различной величиной pH при различных плотностях тока, показало, что сплав представляет собой нанокристаллический твердый раствор вольфрама в ГЦК-никеле с размером зерна 10–20 нм. В образцах покрытий, осажденных из электролитов с pH 8,6–9,5 при плотностях тока 1–2 А/дм² обнаружена примесь, возможно, нестехиометрических оксидов вольфрама, образовавшихся в результате неполного восстановления вольфрамата. Показано, что наличие примесной фазы коррелирует с зависимостями содержания вольфрама, микротвердостью и выходом по току от плотности тока при различных величинах pH электролита.

Ключевые слова: сплав Ni–W, покрытия, метод электрохимического осаждения, микротвердость, pH, содержание вольфрама.

УДК 621.762.2:621.763:669.018.25

Высокоскоростной механосинтез с использованием дезинтеграторных установок для получения наноструктурированных порошковых материалов системы металл–керамика износостойкого класса. Бурканова Е. Ю., Фармаковский Б. В. – Вопросы материаловедения, 2012, № 1(69), с. 80–85.

Представлена базовая технология получения композиционных порошковых материалов методом сверхскоростного механосинтеза. Исследован способ получения наноструктурированного композиционного порошкового материала системы металл–керамика износостойкого класса.

Ключевые слова: композиционные порошковые материалы, механосинтез, износостойкость.

УДК 669.14.018.8:621.762.5

Исследование свойств заготовок из коррозионно-стойкой стали переходного класса марки 15-5PH, полученных по технологии селективного лазерного спекания. Кудрявцева И. В. – Вопросы материаловедения, 2012, № 1(69), с. 86–90.

С целью получения деталей сложной формы методом селективного лазерного спекания порошка из высокопрочной коррозионно-стойкой стали переходного класса марки 15-5PH исследовано влияние технологических процессов на структуру, фазовый состав и механические свойства заготовок. Показано, что качество получаемых лазерным спеканием заготовок не уступает, а в ряде случаев – превосходит качество заготовок, произведенных с использованием традиционных технологических процессов.

Ключевые слова: селективное лазерное спекание, лазерный синтез, высокопрочная коррозионно-стойкая сталь.

УДК 669.35:669.14:621.791.92

Исследование межкристаллитного проникновения медных сплавов в сталь АБ2 при наплавке. Веретенников М. М., Вайнерман А. Е. – Вопросы материаловедения, 2012, № 1(69), с. 91–98.

Исследованы некоторые закономерности и особенности проникновений медных и медно-никелевых сплавов различных составов в сталь АБ2 при наплавке. Установлено, что при наплавке медных сплавов на сталь АБ2 глубина межкристаллитного проникновения зависит от химического состава наплавляемого медного сплава – при наплавке бронзы Бр. ОЦ 4-3 она составляет 1227 мкм, меди марки М00Б – 473 мкм, бронзы Бр. АЖНМц 8,5-4-5-1,5 – 350 мкм. При наплавке медно-никелевых сплавов с увеличением концентрации в сплаве никеля до 40% глубина межкристаллитных проникновений медно-никелевого сплава уменьшилась до 22 мкм. При концентрации никеля 68% и более межкристаллитные проникновения в сталь отсутствуют.

Ключевые слова: сталь АБ2, медные сплавы, медно-никелевые сплавы, наплавка, химический состав, глубина межкристаллитного проникновения.

УДК 669.35'24:621.791.052

Исследование особенностей формирования химического состава и структуры металла в различных зонах сварных соединений судовых трубопроводов из медно-никелевого сплава МНЖМц 11-1,1-0,6. Вайнерман А. А., Вайнерман А. Е. – Вопросы материаловедения, 2012, № 1(69), с. 99–106.

Приведены результаты исследования особенностей формирования состава и структуры металла сварных соединений труб из медно-никелевого сплава с 10–12% никеля между собой и с приварными деталями из алюминиевой бронзы Бр. А9Ж4Н4Мц1 и латуни Л90.

Ключевые слова: медно-никелевый сплав, металл сварных соединений, состав и структура, приварные детали, алюминиевая бронза Бр. А9Ж4Н4Мц1, латунь Л90, судовые трубопроводы.

УДК 678.067:621.315.61:620.197.5

Композиционный высокопрочный химически стойкий материал для изоляционных основ анодов систем катодной защиты судов от коррозии. Ставицкий О. А., Кузьмин Ю. Л., Троценко В. Н., Медяник Т. Е., Подшивалов А. В. – Вопросы материаловедения, 2012, № 1(69), с. 107–113.

Рассмотрены способы увеличения срока службы изоляционной основы анодов систем катодной защиты от коррозии металлоконструкций, эксплуатирующихся в морской воде. Проведены работы по повышению химостойкости анодной основы путем использования полимерных материалов, а также модификации используемого в настоящее время при изготовлении анодов стеклопластика горячего отверждения типа СТЭТ. В результате проведенных исследований разработан композиционный высокопрочный химически стойкий материал, применение которого при изготовлении изоляционных основ позволит увеличить срок службы платиниониевых анодов систем катодной защиты до 30 лет.

Ключевые слова: анод, изоляционная основа, химически стойкий материал, плакирующий слой, активный хлор, резиновая смесь типа Пентасил-1513.

УДК 669.231'293:621.3.035.2:621.197.5

Нанотекстурированные платинониобиевые рабочие электроды для анодов систем катодной защиты судов от коррозии. Кузьмин Ю. Л., Троценко В. Н., Лацевский В. О., Смирнов С. М. – Вопросы материаловедения, 2012, № 1(69), с. 114–119.

Новым перспективным направлением в области создания систем катодной защиты от коррозии является применение нанотекстурированных платинониобиевых рабочих электродов для анодов систем катодной защиты. Разработка промышленной технологии нанесения нанотекстурированного платинового покрытия является одной из важнейших задач в области создания материалов нового поколения.

Ключевые слова: система катодной защиты судов от коррозии, платинониобиевые электроды для анодов, нанотекстурированные покрытия.

УДК 669.35'71:621.79:621.787.6:539.388.1

Исследование дробеструйного упрочнения зон исправления дефектов сваркой в бронзах применительно к изготовлению и ремонту судовых гребных винтов. Чернобаев С. П., Вайнерман А. Е. – Вопросы материаловедения, 2012, № 1(69), с. 120–125.

Исследовано влияние поверхностного упрочнения методом дробеструйной обработки на сопротивление усталости образцов из бронз с зонами сварки применительно к изготовлению и ремонту судовых гребных винтов.

Ключевые слова: бронза, поверхностное упрочнение, дробеструйная обработка, сопротивление усталости.

УДК 669.15–194.56:621.039.531:539.421.5

Прогнозирование влияния нейтронного облучения на характеристики вязкого разрушения аустенитных сталей. Марголин Б. З., Сорокин А. А. – Вопросы материаловедения, 2012, № 1(69), с. 126–147.

Сформулированы уравнения, описывающие зарождение и рост пор при деформировании облученных аустенитных сталей в условиях различной жесткости напряженного состояния. Предложены критерии разрушения материала за счет объединения пор по механизму пластической неустойчивости материала с порами или по канальному механизму (channel fracture) – срезу перемычек между порами.

В сформулированных уравнениях учтены две популяции пор – деформационные, возникающие в процессе деформирования материала, и вакансионные, возникающие при облучении материала и приводящие к радиационному набуханию.

Выполнено моделирование влияния различных факторов (температура испытаний, доза нейтронного облучения, жесткость напряженного состояния, радиационное набухание) на пластичность и трещиностойкость материала. Проведено сопоставление расчетных и экспериментальных результатов. Определено влияние жесткости напряженного состояния на пластичность облученного материала. Выявлена связь параметров деформационного упрочнения с пластичностью и трещиностойкостью материала.

Ключевые слова: модель вязкого разрушения, критическая деформация, трещиностойкость, набухание, жесткость напряженного состояния, аустенитная сталь, нейтронное облучение.

УДК 669.15–194.56:621.039.531:539.4

К вопросу о природе влияния радиационного набухания на предел прочности облученных аустенитных материалов. Марголин Б. З., Сорокин А. А. – Вопросы материаловедения, 2012, № 1(69), с. 148–162.

Предложен механизм, объясняющий резкое снижение предела прочности аустенитных сталей при высоких значениях радиационного набухания. Разработана физико-механическая модель, позволяющая описать резкое снижение предела прочности. Модель базируется на анализе вязкого разрушения материала с учетом вакансионной пористости и механизме, введенном и названном авторами «механизмом бегущего коллапса».

Ключевые слова: набухание, предел прочности, аустенитная сталь, модель вязкого разрушения, нейтронное облучение.

УДК 669.018:413.001.4

Глоссарий терминов и определений в области конструкционных наноматериалов.
Кудрявцева И. В., Кузнецов П. А., Филимонов Г. Н. – Вопросы материаловедения, 2012, № 1(69), с. 163–178.

В связи с необходимостью упорядочения терминов и определений по направлению «Конструкционные наноматериалы» предпринята попытка создания глоссария по этой теме. Единство терминологии обеспечит специалистам однозначное восприятие публикуемых сведений о разработках в области конструкционных наноматериалов и нанотехнологий. Вниманию специалистов предлагается первая часть глоссария.

Ключевые слова: конструкционные наноматериалы и нанотехнологии, глоссарий, термины и определения.