

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
"ВОПРОСЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ"

№ 4(64), 2010

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ

- Малышевский В. А., Хлусова Е. И., Барахтин Б. К. Структурно-механическое состояние перспективных ГЦК сплавов в условиях горячей пластической деформации 7
- Афанасьев Н. И., Аврамчик А. Н., Лепаква О. К., Гальченко Н. К. Структура и свойства высокоазотистых сталей, полученных методами СВС и литья с противодавлением 21
- Голосиенко С. А., Мотовилина Г. Д., Хлусова Е. И. Возможности повышения прочностных характеристик экономнолегированных высокопрочных сталей за счет образования наноразмерных карбидов 27
- Барахтин Б. К., Варгасов Н. Р., Савенков Г. Г. Изменения в структуре стали 10 в результате ударно-волнового воздействия 33
- Артемьева Д. А., Кудрявцев А. С., Марков В. Г. Перспективные материалы для лопаток паровых турбин с суперсверхкритическими параметрами пара 41
- Жилкашинова А. М., Скаков М. К., Попова Н. А. Вторые фазы, образующиеся в сплавах Fe–Mn–C 48
- Веселовский А. А. Определение коэффициентов диффузии карбидообразующих элементов по границам графитовых включений в сером чугуна 55
- Барахтин Б. К., Савенков Г. Г. Изменения в структуре медной деформируемой оболочки в условиях формирования кумулятивной струи 60
- Глушечков В. А., Иголкин А. Ю., Черников Д. Г., Тихомиров М. Д. Использование СКМ «Полигон» для моделирования дополнительного разогрева расплава металла при магнитно-импульсной обработке 66
- Минаков В. Ф., Арустамян А. И. Технология контроля положения ковша при розливе металла.... 72

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Зиганшин И. Р., Порозова С. Е., Трапезников Ю. Ф. Получение пористого материала на основе нанодисперсного порошка ZrO_2 –15 мол. %CeO₂ 79
- Бойко В. Ф., Гостищев В. В., Зайцев А. В., Комков В. Г. Оценка поверхностной энергии карбидов вольфрама и хрома по результатам одновременного их измельчения с порошком железа..... 85

СВАРКА И НАПЛАВКА. СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Скутин В. С., Галяткин С. Н., Щербинина Н. Б., Воробьева Н. Ю. Сварочные материалы и технология сварки металлоконструкций из кремнемарганцовистой стали контейнеров для транспортировки и длительного хранения отработавшего ядерного топлива..... 90
- Вайнерман А. Е., Веретенников М. М., Петров С. Н., Дроздова Н. Ф. Структура и состав соединений, полученных аргонодуговой наплавкой медно-никелевых сплавов на алюминиево-никелевую бронзу 104
- Виноградов С. Е., Васильева О. Б., Кузнецов В. Е., Кузьмин К.А., Сафронов А. А., Овчинников Р. В., Шекалов В. И., Ширяев В. Н. Исследование влияния субмикронных частиц хрома на свойства материалов электродов низкотемпературных плазмотронов из сплавов на основе меди 111

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ

- Марголин Б. З., Гуленко А. Г., Бучатский А. А., Нестерова Е. В. Каштанов А. Д. Исследование влияния термического старения на длительную прочность и пластичность стали X18H9 118

Горынин В. И., Голубь С. А. Сопротивляемость хрупким и вязким разрушениям хладостойких низкоуглеродистых трубных и судостроительных сталей с полосчатой структурой	128
ХРОНИКА	
Информация о конференции в Киеве.....	136
Конференции 2011 года.....	137
Авторский указатель	140
Рефераты публикуемых статей	141
Лицензионный договор о предоставлении права на использование статьи	151
Научно-технический журнал «Вопросы материаловедения». Оформление статей. Правила для авторов.....	153

РЕФЕРАТЫ ПУБЛИКУЕМЫХ СТАТЕЙ

УДК [669.715+669.15]:621.77.016.2

Структурно-механическое состояние перспективных ГЦК сплавов в условиях горячей пластической деформации. Малышевский В. А., Хлусова Е. И., Барахтин Б. К. – Вопросы материаловедения, 2010, № 4(64), с. 7–20.

В форме зависимостей $\sigma(\varepsilon)$ и $\sigma(t)$ получены данные об изменении механических свойств сплавов Al–Mg–Sc (типа 1575) и Fe–Cr (марки 04X20) с высокой концентрацией азота в условиях сжатия при температурах $(0,3-0,9)T_{пл}$ со скоростями $10^{-3}-10$ с⁻¹. По данным моделирования ТМО в виде карт распределения коэффициентов диссипации механической энергии и результатам структурных исследований методами световой и электронной микроскопии найдены области параметров ТМО ($\dot{\varepsilon}$, T), позволяющие реализовать наилучшие условия горячей пластической деформации и активировать соответствующий механизм формирования структуры.

Ключевые слова: сплав Al–Mg–Sc (типа 1575), сплав Fe–Cr (марки 04X20) с высокой концентрацией азота, горячая пластическая деформация, структура, механические свойства.

УДК 669.15'786–194:669.18

Структура и свойства высокоазотистых сталей, полученных методами СВС и литья с противодавлением. Афанасьев Н. И., Аврамчик А. Н., Лепаква О. К., Гальченко Н. К. – Вопросы материаловедения, 2010, № 4(64), с. 21–26.

Методом металлотермического восстановления оксидов в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) получена аустенитная коррозионно-стойкая сталь с содержанием азота 0,78 мас. %. По структуре и механическим свойствам СВС-стали сопоставимы со сталями, полученными методом литья с противодавлением. Распад пересыщенного твердого раствора в сталях протекает по прерывистому механизму. После термомеханической обработки исследованные стали проявляют сверхпластичность.

Ключевые слова: высокоазотистые стали, распад пересыщенных твердых растворов, структура, прочность, сверхпластичность.

УДК 669.14.018.295:539.434

Возможности повышения прочностных характеристик экономнолегированных высокопрочных сталей за счет образования наноразмерных карбидов. Голосиенко С. А., Мотовилина Г. Д., Хлусова Е. И. – Вопросы материаловедения, 2010, № 4(64), с. 27–32.

Исследовано формирование структуры экономнолегированной высокопрочной стали, изготовленной с использованием различных схем термоулучшения – закалки в воду после печного нагрева и последующего отпуска и закалки с прокатного нагрева и последующего отпуска. Выявлена возможность компенсировать вклад углерода в упрочнение стали при условии снижения его концентрации для улучшения свариваемости.

Ключевые слова: экономнолегированная высокопрочная сталь, упрочнение, карбиды.

УДК 620.178.7

Изменения в структуре стали 10 в результате ударно-волнового воздействия. Барахтин Б. К., Варгасов Н. Р., Савенков Г. Г. – Вопросы материаловедения, 2010, № 4(64), с. 33–40.

В мишени, изготовленной из стали 10, ударно-волновое воздействие давлением 13 ГПа сопровождалось эффектами: 1) дробления высокопрочных структурных составляющих и образования пор в зоне фронтального нагружения; 2) возбуждения периодической волны переменной амплитуды на поверхности контакта стальной мишени и оболочки заряда вследствие высокоскоростного (~3 км/с) пластического течения материала оболочки от места соударения к периферии. Вне зоны фронтального нагружения структурная релаксация локализовалась в каналах пластических неустойчивостей с переносом массы материала путем организованных потоков дефектов кристаллического строения.

Ключевые слова: сталь 10, ударно-волновое воздействие, дефекты кристаллического строения.

УДК 669.018.44:621.165

Перспективные материалы для лопаток паровых турбин с суперсверхкритическими параметрами пара. Артемьева Д. А., Кудрявцев А. С., Марков В. Г. – Вопросы материаловедения, 2010, № 4(64), с. 41–47.

Проведен обзор зарубежных и отечественных материалов, работоспособных в течение длительного времени под воздействием суперсверхкритического пара при температурах 650–700°C. Установлено, что наиболее перспективными для лопаток паровых турбин, работающих при температурах 650–700°C, являются аустенитные стали и сплавы на основе никеля. Из отечественных сплавов наиболее перспективным является сплав типа ХН35ВТ, из зарубежных – аустенитная сталь NF709.

Ключевые слова: перспективные материалы, лопатки паровых турбин, суперсверхкритические параметры пара.

УДК 669.15

Вторые фазы, образующиеся в сплавах Fe–Mn–C. Жилкашинова А. М., Скаков М. К., Попова Н. А. – Вопросы материаловедения, 2010, № 4(64), с. 48–54.

Приведены результаты электронно-микроскопического и рентгеноструктурного определения карбидных фаз в сплавах типа Fe–Mn–C (6,2–18,2%Mn; 0,36–1,16%C; 0,3%Si; 0,12%S, остальное Fe). Экспериментальные исследования показали, что в закаленных сплавах такого типа преобладающая часть карбидных частиц имеет структуру типа $M_{23}C_6$. В 1,5–2 раза реже встречаются карбиды M_3C , еще реже (в 5–7 раз) – карбиды типа ϵ -Fe₃C. Силициды Fe₃Si присутствуют практически в таком же количестве, что и ϵ -Fe₃C. При увеличении количества марганца в сплавах с содержанием углерода 1–1,2% карбиды $M_{23}C_6$ и M_3C встречаются чаще, а Fe₃Si – реже, количество карбидов $M_{23}C_6$ и M_3C , а также ϵ -карбида практически не изменяется.

Ключевые слова: сплавы типа Fe–Mn–C, карбидные фазы, размер зерна, механические свойства, электронно-микроскопические исследования, рентгеноструктурный анализ.

УДК 539.219.3:669.111.2

Определение коэффициентов диффузии карбидообразующих элементов по границам графитовых включений в сером чугуне. Веселовский А. А. – Вопросы материаловедения, 2010, № 4(64), с. 55–59.

Рассмотрена возможность применения модели Фишера для зернограничной диффузии к расчетам диффузионных процессов, протекающих вдоль графитовых включений в сером чугуне. Численно определен коэффициент диффузии марганца.

Ключевые слова: диффузия вдоль включений графита, модель Фишера, диффузия марганца.

УДК 620.178.7

Изменения в структуре медной деформируемой оболочки в условиях формирования кумулятивной струи. Барахтин Б. К., Савенков Г. Г. – Вопросы материаловедения, 2010, № 4(64), с. 60–65.

По результатам металлографического исследования структурных изменений, произошедших в медной оболочке при неравномерном сжатии в условиях формирования кумулятивной струи, установлено, что аномально высокая пластичность меди достигается последовательной работой нескольких механизмов, способствующих проявлению эффекта сверхпластичности. Найдены условия и построена схема последовательных переходов от структурной сверхпластичности к сверхпластичности при фазовых превращениях, которые разделены этапами накопления структурных несовершенств и фрагментации.

Ключевые слова: медная деформируемая оболочка, кумулятивная струя, неравномерное сжатие, эффект сверхпластичности, металлографические исследования.

УДК 669.715–404:537.633

Использование СКМ «Полигон» для моделирования дополнительного разогрева расплава металла при магнитно-импульсной обработке. Глушечков В. А., Иголкин А. Ю., Черников Д. Г., Тихомиров М. Д. – Вопросы материаловедения, 2010, № 4(64), с. 66–71.

С использованием системы компьютерного моделирования «Полигон» исследовано воздействие импульсного магнитного поля на жидкий алюминиево-кремниевый сплав. Показано, что в совокупности с силовым воздействием на расплав магнитно-импульсная обработка приводит к повышению температуры жидкого металла, что должно учитываться при использовании такого способа модифицирования.

Ключевые слова: алюминиево-кремниевый сплав, магнитно-импульсная обработка, температура жидкого металла, система компьютерного моделирования.

УДК 621.746.32

Технология контроля положения ковша при розливе металла. Минаков В. Ф., Арустамян А. И. – Вопросы материаловедения, 2010, № 4(64), с. 72–78.

Предложен способ контроля пространственного положения ковша при розливе металла в литейные формы, а также устройство для его практической реализации, обеспечивающие повышение качества отливок машиностроительной продукции.

Ключевые слова: контроль, положение ковша, расплавленный металл, литейные формы, качества отливок, машиностроительная продукция, температура металла; время заливки; весовая скорость, спектр излучения.

УДК 666.762.52–127

Получение пористого материала на основе нанодисперсного порошка ZrO_2 –15 мол. % CeO_2 . Зиганшин И. Р., Порозова С. Е., Трапезников Ю. Ф. – Вопросы материаловедения, 2010, № 4(64), с. 79–84.

В лабораторных условиях синтезирован нанодисперсный (размер более 98% частиц менее 61 нм) порошок диоксида циркония, допированный диоксидом церия (15 мол.% CeO_2), на основе которого получен проницаемый материал с открытой пористостью 50%. Методами рентгенофазового анализа и спектроскопии комбинационного рассеяния света показано, что и исходный порошок, и спеченный материал на его основе состоят из хорошо окристаллизованной тетрагональной фазы диоксида циркония. Распределение пор по размерам проницаемого керамического материала носит бимодальный характер.

Ключевые слова: диоксид циркония, диоксид церия, тетрагональная фаза, спектроскопия комбинационного рассеяния света, рентгеноструктурный анализ.

УДК 621.762.222

Оценка поверхностной энергии карбидов вольфрама и хрома по результатам их одновременного измельчения с порошком железа. Бойко В. Ф., Гостищев В. В., Зайцев А. В., Комков В. Г. – Вопросы материаловедения, 2010, № 4(64), с. 85–89.

Обоснован метод определения коэффициента поверхностного натяжения твердых тел альтернативный известным методам. Суть метода заключается в сравнении результатов дифракционного анализа одновременно измельчаемых порошков прототипа (железа) и оригиналов (карбидов вольфрама и хрома) в планетарной мельнице РМ400. В качестве математического обеспечения используется аналог широко известного в практике измельчения раздробленных материалов уравнения Риттингера. Дана оценка доверительных интервалов значений величин поверхностных энергий.

Ключевые слова: коэффициент поверхностного натяжения, уравнение Риттингера, дифракционный анализ гранулометрических характеристик, карбид вольфрама, карбид хрома.

УДК 621.791:621.039.746:621.642

Сварочные материалы и технология сварки металлоконструкций из кремнемарганцовистой стали контейнеров для транспортировки и длительного хранения отработавшего ядерного топлива. Скутин В. С., Галяткин С. Н., Щербинина Н. Б., Воробьева Н. Ю. – Вопросы материаловедения, 2010, № 4(64), с. 90–103.

Разработана и промышленно освоена технология сварки силовых элементов металлобетонных контейнеров для транспортировки и длительного хранения отработавшего ядерного топлива. Сварка усовершенствованными сварочными материалами обеспечивает высокую хладостойкость металла шва и зоны термического влияния сварных соединений из стали марки 09Г2СА-А, в исходном после сварки состоянии и после термообработки.

Ключевые слова: контейнеры для транспортировки и длительного хранения отработавшего ядерного топлива, кремнемарганцовистая сталь, технология сварки и сварочные материалы.

УДК 621.791.92:669.35'71'24

Структура и состав соединений, полученных аргонодуговой наплавкой медно-никелевых сплавов на алюминиево-никелевую бронзу. Вайнерман А. Е., Веретенников М. М., Петров С. Н., Дроздова Н. Ф. – Вопросы материаловедения, 2010, № 4(64), с. 104–110.

Рассмотрены особенности состава и структуры металла соединений при наплавке медно-никелевого сплава с высоким содержанием никеля на алюминиево-никелевую бронзу, обусловленные переходом в металл наплавки значительного количества алюминия. Показано, что для предотвращения образования в зоне сплавления трещин наплавку медно-никелевых сплавов с высоким содержанием никеля на алюминиевые бронзы следует выполнять через подслой, наплавленный на бронзу медно-никелевым сплавом с низким (~ 5%) содержанием никеля.

Ключевые слова: алюминиево-никелевая бронза, наплавка медно-никелевых сплавов, зона сплавления, состав и структура.

УДК 621.382.032.27:621.387.143:[669.35+669.26]

Исследование влияния субмикронных частиц хрома на свойства материалов электродов низкотемпературных плазмотронов из сплавов на основе меди. Виноградов С. Е., Васильева О. Б., Кузнецов В. Е., Кузьмин К. А., Сафронов А. А., Овчинников Р. В., Шекалов В. И., Ширяев В. Н. – Вопросы материаловедения, 2010, № 4(64), с. 111–118.

Представлены результаты экспериментальных исследований и обзор литературы по вопросу влияния ультрадисперсных частиц хрома на комплекс физико-механических характеристик и износостойкость материала электродов низкотемпературных плазмотронов из сплавов на основе меди.

Установлено, что введение субмикронных частиц хрома в медную основу приводит к заметному увеличению прочностных и пластических характеристик материала и его теплопроводности, к снижению остаточной пористости и электросопротивления. Положительное влияние субмикронных частиц вызвано увеличением энергии активации при спекании за счет роста поверхностной энергии и внутренней энергии субмикронных частиц, полученной ими в процессе высокоэнергетического дробления ультразвуком.

Ключевые слова: электроды низкотемпературных плазмотронов, сплавы на основе меди, ультрадисперсные частицы хрома, физико-механические характеристики, износостойкость, ресурс.

УДК 669.15–194:621.039.534.25:539.4.016:621.785–978

Исследование влияния термического старения на длительную прочность и пластичность стали X18H9. Марголин Б. З., Гуленко А. Г., Бучатский А. А., Нестерова Е. В., Каштанов А. Д. – Вопросы материаловедения, 2010, № 4(64), с. 118–127.

Для анализа влияния термического старения на свойства и микроструктуру материала исследуется сталь типа X18H9, проработавшая в составе промежуточного теплообменника в течение 170 тыс. ч при $T = 518–550^{\circ}\text{C}$, и эта же сталь после аустенизации.

Проведены испытания по определению кратковременных механических свойств, длительной прочности и пластичности стали в аустенизированном и термически состаренном состояниях. На основании разработанной ранее физико-механической модели межзеренного разрушения выполнено расчетное моделирование влияния старения на длительную прочность. Проведено сопоставление расчетных и экспериментальных результатов по длительной прочности и пластичности. На основании микроструктурных и фактографических исследований, а также данных по механическим свойствам дано объяснение влияния термического старения на кратковременные и длительные свойства материала. Предложена методология учета

термического старения при расчете повреждения материала в условиях ползучести и при взаимодействии ползучести и усталости.

Ключевые слова: термическое старение, длительная прочность и пластичность, ползучесть, расчетное моделирование, повреждение.

УДК 669.14.018.41:539.422.22

Сопrotивляемость хрупким и вязким разрушениям хладостойких низкоуглеродистых трубных и судостроительных сталей с полосчатой структурой. Горынин В. И., Голубь С. А. – Вопросы материаловедения, 2010, № 4(64), с. 128–135.

Рассмотрена система критериев разрушения, позволяющая в широком интервале температуры оценить степень анизотропии сопротивляемости хрупким и вязким разрушениям высоконагруженных материалов при наличии в них квазидефектов структурно-технологического происхождения различной ориентации относительно направления деформирования. Для материалов судостроительных конструкций и магистральных трубопроводов в системе критериев учитывается толщина стенки и механические свойства применяемых конструкционных сталей. Это позволит осуществлять выбор оптимальных температурно-временных параметров термомеханической обработки для управления уровнем анизотропии не только с учетом состава ориентированности структуры и механических характеристик, но и сопротивляемости хрупко-вязкому разрушению конструкционных материалов повышенной и высокой прочности.

Ключевые слова: хладостойкая низкоуглеродистая сталь, полосчатая структура, сопротивляемость хрупким и вязким разрушениям, анизотропия свойств, термомеханическая обработка, система критериев разрушения.