

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|---|
| Завьялов Андрей Сергеевич. К 100-летию со дня рождения | 3 |
| Биографический очерк | 5 |

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

| | |
|--|----|
| Горынин И. В., Малышевский В. А., Семичева Т. Г., Хлусова Е. И. Создание новых экономнолегированных хладостойких сталей для судостроения и морской техники | 27 |
| Горынин И. В., Рыбин В. В., Малышевский В. А., Калинин Г. Ю., Мушникова С. Ю., Малахов Н. В., Ямпольский В. Д. Создание перспективных принципиально новых коррозионно-стойких корпусных сталей, легированных азотом..... | 40 |
| Рыбин В. В., Малышевский В. А., Семичева Т. Г. Развитие теории вторичного твердения при создании высокопрочных корпусных сталей..... | 55 |
| Семичева Т. Г., Хлусова Е. И., Шерохина Л. Г. Процессы карбидообразования и хрупкость при отпуске судостроительной стали | 69 |

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

| | |
|---|-----|
| Филимонов Г. Н., Цуканов В. В., Грекова И. И., Морозов А. М., Николаев В. А., Теплухина И. В., Дюков В. В. О роли термической обработки в обеспечении высокого уровня механических и эксплуатационных свойств стали для крупногабаритных заготовок корпусов реакторов АЭУ | 79 |
| Карзов Г. П., Тимофеев Б. Т., Чернаенко Т. А. Старение материалов оборудования АЭС при эксплуатации в течение проектного срока службы..... | 92 |
| Виноградова Н. В., Паршин А. М., Петкова А. П., Яковицкая М. В. Влияние качества металла и применения вакуумной металлургии на структуру и свойства аустенитных твердорастворноупрочняемых сталей | 110 |
| Орыщенко А. С., Слепнев В. Н., Макаров В. Н., Явно Э. И., Одинцов Н. Б., Удовиков С. П. Модернизация печей пиролиза конструкции Бутовского для установок производства этилена ЭП-300..... | 120 |
| Бланк Е. Д., Анисимов М. И., Орыщенко А. С., Слепнев В. Н., Галеев И. М., Андреева В. Д. Композиционные детонационные покрытия на основе оксида алюминия..... | 126 |

СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

| | |
|---|-----|
| Горынин И. В., Карзов Г. П., Галяткин С. Н., Михалева Э. И., Морозовская И. А. Антиккоррозионная наплавка. Опыт применения и пути совершенствования | 129 |
| Михайлов В. И., Поляков В. М., Семенов В. А., Карабахин Г. Ю. Технология автоматической сварки тонкостенных титановых труб с трубными решетками для теплообменного оборудования | 144 |
| Баранов А. В., Вайнерман А. Е., Чумакова И. В. Создание присадочных материалов и технологических процессов сварки и наплавки медных сплавов и разнородных металлов..... | 148 |

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ

| | |
|--|-----|
| Марголин Б. З., Гуленко А. Г., Курсевич И. П., Бучатский А. А. Прогнозирование длительной прочности аустенитных материалов при нейтронном облучении | 163 |
| Марголин Б. З., Швецова В. А., Прокошев О. Ю., Курсевич И. П., Смирнов В. И., Минкин А. И. Характеристики антикоррозионной наплавки для расчета сопротивления хрупкому разрушению материала корпуса реактора | 186 |
| Виноградова Н. В., Паршин А. М., Петкова А. П., Яковицкая М. В. Структурные аспекты работоспособности и надежности конструкционных материалов | 213 |

ИСТОРИЧЕСКАЯ ХРОНИКА



| | |
|---|------------|
| Николаев Г. И. Становление и развитие комплекса испытательных лабораторий ЦНИИ КМ «Прометей» | 221 |
| Грибов Н. Н., Синяков И. Н., Повышев И. А. Создание первых космических ядерных энергетических установок. Материаловедческое сопровождение проекта «Топаз» | 227 |
| Рефераты публикуемых статей | 233 |



РЕФЕРАТЫ ПУБЛИКУЕМЫХ СТАТЕЙ

УДК 669.14.018.41:629.12

Создание новых экономнолегированных хладостойких сталей для судостроения и морской техники. Горынин И. В., Малышевский В. А., Семичева Т. Г., Х лусова Е. И. – Вопросы материаловедения, 2005, 2(42), с. 27–39.

С учетом опыта предшествующих работ на базе основных принципов легирования и формирования структуры стали на всех этапах металлургического передела созданы новые экономнолегированные хладостойкие стали улучшенной свариваемости с гарантированным сопротивлением слоистым разрушениям и продолжается освоение их производства на российских металлургических заводах.

Ключевые слова: новые экономнолегированные стали, хладостойкость, улучшенная свариваемость, сопротивление слоистым разрушениям.

УДК 669.15`786–194

Создание перспективных принципиально новых коррозионно-стойких корпусных сталей, легированных азотом. Горынин И. В., Рыбин В. В., Малышевский В. А., Калинин Г. Ю., Мушникова С. Ю., Малахов Н. В., Ямпольский В. Д. – Вопросы материаловедения, 2005, № 2(42), с. 40–54.

Представлены результаты разработки принципиально новых немагнитных корпусных сталей с пределом текучести 690 МПа и выше. Исследовано влияние легирующих элементов на механические и коррозионные свойства с установлением их оптимальных концентраций. Разработана технология получения листового проката из аустенитных азотсодержащих сталей. Сталь марки НС-5Т с пределом текучести 400–500 МПа и сталь марки АС с пределом текучести 690 МПа и более прошли опытную проверку на металлургических предприятиях. Проведен сравнительный анализ физико-механических свойств разработанных в ЦНИИ КМ «Прометей» сталей с применяемыми в агрессивных средах коррозионно-стойкими сталями AISI 304, AISI 316, Avesta 254SMO с определением перспективных областей применения.

Ключевые слова: новые корпусные азотсодержащие стали, коррозионная стойкость, немагнитность.

УДК 669.14.018.295:621.785.7:629.12

Развитие теории вторичного твердения при создании высокопрочных корпусных сталей. Рыбин В. В., Малышевский В. А., Семичева Т. Г. – Вопросы материаловедения, 2005, № 2(42), с. 55–68.

На основе фундаментальных исследований предложена модель превращений при отпуске вторичнотвердеющих сталей с исходной структурой дислокационного (реечного) мартенсита. В результате создания принципов легирования низкоуглеродистых вторичнотвердеющих сталей разработаны высокопрочные свариваемые корпусные стали, успешно используемые при строительстве глубоководной техники.

Ключевые слова: высокопрочные свариваемые корпусные стали, теория вторичного твердения, принципы легирования, модель превращений.

УДК 669.14.018.293:621.785.7:539.56

Процессы карбидообразования и хрупкость при отпуске судостроительной стали. Семичева Т. Г., Х лусова Е. И., Шерохина Л. Г. – Вопросы материаловедения, 2005, № 2(42), с. 69–78.

В развитие работ А. С. Завьялова по исследованию хрупкости конструкционных сталей при отпуске проанализировано поведение высокопрочных низкоуглеродистых судостроительных сталей. Установлено, что при отпуске в интервале температур 400–500°С в этих сталях снижается работа удара (проявляется так называемый хрупкий отпуск). Причина хрупкости при отпуске вторичнотвердеющих сталей с мартенситной структурой — образование на границах реек и пакетов пластин цементита; улучшаемых сталей с мартенситно-бейнитной структурой — не только охрупчивание границ реек цементитом, но и образование в бескарбидном бейните областей мартенсита с большим количеством пластин цементита.

Ключевые слова: конструкционные судостроительные стали, хрупкость при отпуске, процессы карбидообразования.

УДК 621.78:669.15–194:621.039.536,2



О роли термической обработки в обеспечении высокого уровня механических и эксплуатационных свойств стали для крупногабаритных заготовок корпусов реакторов АЭУ. Филимонов Г. Н., Цуканов В. В., Грекова И. И., Морозов А. М., Николаев В. А., Теплухина И. В., Дюков В. В. – Вопросы материаловедения, 2005, № 2(42), с. 79–92.

Исследованы особенности термической обработки сталей для корпусов атомных энергетических реакторов с водой под давлением и ее влияние на исходные механические свойства и служебные характеристики.

Ключевые слова: новая реакторная сталь, высокий уровень механических и эксплуатационных свойств, особенности термической обработки.

УДК 621.039.53:539.389.3

Старение материалов оборудования АЭС при эксплуатации в течение проектного срока службы. Карзов Г. П., Тимофеев Б. Т., Чернаенко Т. А. – Вопросы материаловедения, 2005, № 2(42), с. 92–110.

Представлены обобщенные данные о влиянии теплового старения на механические свойства основного металла и металла сварных швов элементов оборудования и трубопроводов первого контура АЭС с реакторами ВВЭР и РБМК при длительной эксплуатации. Сопоставление исходных свойств этих материалов с аналогичными характеристиками после 100 и 200 тыс. ч эксплуатации показало, что в большинстве случаев изменения незначительные и свойства после 30-летней эксплуатации не ниже уровня, предусмотренного требованиями ПНАЭ Г-7-002–86 (для применяемых сталей) и ПНАЭ Г-7-010–89 (для металла сварных швов).

Ключевые слова: АЭС, первый контур, элементы оборудования, трубопроводы, сварные соединения, тепловое старение, длительная эксплуатация.

УДК 669.15–194.56

Влияние качества металла и применения вакуумной металлургии на структуру и свойства аустенитных твердорастворноупрочняемых сталей. Виноградова Н. В., Паршин А. М., Петкова А. П., Яковицкая М. В. – Вопросы материаловедения, 2005, № 2(42), с. 110–119.

Исследовано влияние качества металла и условий металлургического передела на локализацию повреждаемости и механические свойства аустенитных сталей и сплавов. Разработана нестабилизированная аустенитная коррозионно-стойкая сталь типа 18Cr–14Ni, обладающая по сравнению с отечественными и зарубежными стабилизированными сталями типа 18–8Ti и 18–10Nb и нестабилизированными сталями типа 18–10 улучшенными свариваемостью и технологичностью, повышенной газоплотностью, высокой чистотой по вредным примесям и неметаллическим включениям, сопротивляемостью межкристаллитной коррозии в широком интервале температур. Обосновано применение низкоуглеродистой нестабилизированной стали высокой чистоты типа 01X18N14B2ЦЧВИ+ВД (двойного вакуумного переплава) в качестве конструкционного материала для тонкостенных конструкций вакуумной техники и ядерной энергетики.

Ключевые слова: нестабилизированная аустенитная коррозионно-стойкая сталь, тонкостенные конструкции, улучшенные свариваемость и технологичность, повышенная газоплотность, сопротивляемость межкристаллитной коррозии.

УДК 66.041.454:547.313.2

Модернизация печей пиролиза конструкции Бутовского для установок производства этилена ЭП-300. Орыщенко А. С., Слепнев В. Н., Макаров В. Н., Явно Э. И., Одинцов Н. Б., Удовиков С. П. – Вопросы материаловедения, 2005, № 2(42), с. 120–125.

Даны предложения по модернизации конструкции печи пиролиза установки для производства этилена ЭП-300, благодаря которым на внутренней поверхности труб, работающих в условиях предельно высоких температур, значительных статических нагрузок, углеводородной среды, снижалась интенсивность отложения кокса, исключалась возможность перегрева элементов конструкции. Сформулированы требования к конструкции, при выполнении которых удастся избежать преждевременного разрушения радиантного змеевика.

Ключевые слова: установка для производства этилена, печь пиролиза конструкции Бутовского, предложения по модернизации.



УДК 621.793.7:661.862.22

Композиционные детонационные покрытия на основе оксида алюминия. Бланк Е. Д., Анисимов М. И., Орыщенко А. С., Слепнев В. Н., Галеев И. М., Андреева В. Д. – Вопросы материаловедения, 2005, № 2(42), с. 126–128.

Исследованы детонационные композиционные покрытия на основе оксида алюминия с добавками карбидов кремния и титана, бронзы и никелевого сплава. Изучены микромеханические характеристики, износостойкость и рентгеноструктурное состояние покрытий.

Ключевые слова: детонационные покрытия, оксид алюминия, микротвердость, трещиностойкость, износостойкость, карбид титана, карбид кремния, металлокерметы, прочность сцепления.

УДК 621.791.92:621.039.536.2

Антикоррозионная наплавка. Опыт применения и пути совершенствования. Горынин И. В., Карзов Г. П., Галяткин С. Н., Михалева Э. И., Морозовская И. А. – Вопросы материаловедения, 2005, № 2(42), с. 9–143.

Проанализирован опыт применения сварочных материалов и технологий выполнения антикоррозионной наплавки на внутреннюю поверхность корпусов реакторов атомных энергетических установок водо-водяного типа. Приведены результаты исследований металла антикоррозионной наплавки, выполненной штатными сварочными материалами. Разработаны низкоуглеродистые особо чистые сварочные материалы для наплавки антикоррозионного покрытия. Преимущество новых материалов состоит в том, что при сохранении высоких технологических и антикоррозионных свойств они обеспечивают повышенную стойкость против охрупчивания при нейтронном облучении.

Ключевые слова: корпус реактора, антикоррозионная наплавка, особо чистые сварочные материалы, нейтронное облучение, повышенная стойкость против охрупчивания.

УДК 621.039.534.25:621.791

Технология автоматической сварки тонкостенных титановых труб с трубными решетками для теплообменного оборудования. Михайлов В. И., Поляков В. М., Семенов В. А., Карабахин Г. Ю. – Вопросы материаловедения, 2005, № 2(42), с. 144–147.

Разработан типовой технологический процесс сварки тонкостенных труб с трубными решетками для изготовления теплообменной аппаратуры из титановых сплавов, в том числе главных конденсаторов для тепловых и атомных электростанций, который обеспечивает получение качественных сварных соединений с минимальной деформацией трубных решеток и удовлетворяет всем предъявляемым требованиям.

Ключевые слова: теплообменная аппаратура, титан, сварка тонкостенных труб с трубными решетками, качественные сварные соединения, минимальная деформация.

УДК 621.791.04:669.35

Создание присадочных материалов и технологических процессов сварки и наплавки медных сплавов и разнородных металлов. Баранов А. В., Вайнерман А. Е., Чумакова И. В. – Вопросы материаловедения, 2005, № 2(42), с. 148–162.

Разработана методика комплексной оценки технологической прочности сплавов на медной основе, учитывающая их свойства в широком диапазоне температур, наличие провала пластичности в области температур 250–700°C, эффективного интервала кристаллизации сплавов, минимальное значение относительного удлинения при повышенных температурах.

Ключевые слова: сплавы на медной основе, технологическая прочность, метод оценки, сварочные материалы, технология сварки, технология наплавки.

УДК 621.039.531:539.4

Прогнозирование длительной прочности аустенитных материалов при нейтронном облучении. Марголин Б. З., Гуленко А. Г., Курсевич И. П., Бучатский А. А. – Вопросы материаловедения, 2005, № 2(42), с. 163–186.

Представлена физико-механическая модель, позволяющая прогнозировать разрушение материалов подверженных нейтронному облучению в условиях ползучести. Модель базируется на описании



повреждений в виде зернограничных пор. Уравнения зарождения и роста пор, предложенные ранее, развиваются на случай нейтронного облучения материала. Формулируются определяющие уравнения, описывающие вязкопластическое деформирование материала с учетом развития пор. В качестве критерия разрушения используется критерий пластической устойчивости элементарной ячейки. На основе модели сделан прогноз длительной прочности и пластичности аустенитных материалов в исходном состоянии и в облучаемом состоянии с различной интенсивностью потока нейтронов. Расчетные результаты сопоставлены с имеющимися экспериментальными данными.

Ключевые слова: физико-механическая модель, длительная прочность и пластичность, зарождение и рост пор, микропластический коллапс, флюенс, флакс.

УДК 669.15–194:621.039.536.2:621.791.92:539.56

Характеристики антикоррозионной наплавки для расчета сопротивления хрупкому разрушению материала корпуса реактора. Марголин Б. З., Швецова В. А., Прокошев О. Ю., Курсевич И. П., Смирнов В. И., Минкин А. И. – Вопросы материаловедения, 2005, № 2(42), с. 186–213.

Представлены результаты экспериментальных исследований по определению стандартных механических свойств и вязкости разрушения металла антикоррозионной наплавки в исходном и облученном состояниях. Впервые получены данные о вязкости разрушения металла антикоррозионной наплавки после облучения флюенсом $F = (2,3–3,0) \cdot 10^{20}$ нейтр./см². Предложен подход по определению требований к вязкости разрушения антикоррозионной наплавки, при выполнении которых не происходит инициации хрупкого разрушения из металла наплавки в основной металл. Получены зависимости и параметры, необходимые для расчета прочности корпуса реактора по критерию сопротивления хрупкому разрушению с учетом свойств антикоррозионной наплавки.

Ключевые слова: корпус реактора, антикоррозионная наплавка, облучение, стандартные механические свойства, вязкость разрушения.

УДК 669.14.018.29

Структурные аспекты работоспособности и надежности конструкционных материалов. Виноградова Н. В., Паршин А. М., Петкова А. П., Яковицкая М. В. – Вопросы материаловедения, 2005, № 2(42), с. 213–220.

Показано определяющее влияние структурных превращений, протекающих на различных стадиях распада твердых растворов, на эксплуатационные характеристики конструкционных материалов и процессы деградации металла в конструкции. Предложен путь повышения ресурса и надежности работы конструкционных материалов, связанный с применением вакуумной металлургии при использовании особо чистых шихтовых материалов и микролегировании редкоземельными элементами.

Ключевые слова: конструкционные материалы, эксплуатационные характеристики, структурные превращения, повышение ресурса, вакуумная металлургия, особо чистые шихтовые материалы, редкоземельные элементы.

УДК 620.179.1

Становление и развитие комплекса испытательных лабораторий ЦНИИ КМ «Прометей». Николаев Г. И. – Вопросы материаловедения, 2005, № 2(42), с. 221–227.

Представлен исторический очерк о создании и развитии испытательных лабораторий ЦНИИ КМ «Прометей», основных направлениях их деятельности, этапах развития комплексной системы исследования состава, структуры, свойств материалов, особенностях применения неразрушающего контроля.

Ключевые слова: комплекс испытательных лабораторий, направления деятельности, этапы развития, исторический аспект.

УДК 621.039.578:629.78

Создание первых космических ядерных энергетических установок. Материаловедческое сопровождение проекта «Топаз». Грибов Н. Н., Синяков И. Н., Повышев И. А. – Вопросы материаловедения, 2005, № 2(42), с. 226–232.



Рассматривается участие ЦНИИ КМ «Прометей» в создании и строительстве первых космических ядерных энергетических установок транспортного назначения. Успехи научной школы ЦНИИ КМ «Прометей» в этой сфере инженерной деятельности неразрывно связаны научным фундаментом, основы которого были заложены первым директором нашего института — выдающимся ученым и организатором отраслевой науки Андреем Сергеевичем Завьяловым. Используя классические материаловедческие подходы, фундаментальные научные и прикладные наработки предшественников, инженеры и ученые института сумели развить существующие представления в области физического металловедения реакторных сталей и сплавов, позволившие выйти на новые рубежи в создании высокотехнологичных материалов с заданным комплексом свойств для современной космической техники. Выполненный институтом самый сложный комплекс работ по научно-техническому сопровождению и материаловедческому обеспечению национального проекта «Топаз» способствовал успешному выполнению правительственного задания в области отечественного космического реакторостроения, что явилось важным вкладом российских ученых-материаловедов в технологическое освоение космоса.

Ключевые слова: космические ядерные энергетические установки транспортного назначения, высокотехнологичные материалы с заданным комплексом свойств, национальный проект «Топаз», научно-техническое сопровождение и материаловедческое обеспечение.

