

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
"ВОПРОСЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ"

№ 1(81), 2015

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ

- Цуканов В. В., Цыганко Л. К., Шандыба Г. А., Зиза А. И. *Влияние легирования и термической обработки на характеристики литейной коррозионно-стойкой азотсодержащей стали аустенитного класса*..... 7
- Завалишин А. Н., Кожевникова Е. В. *Анализ структурных изменений низколегированной стали при производстве листового проката из литой заготовки*..... 12
- Ананьев С. П., Сафонов Е. Н. *Исследование структуры и свойств рельсовой стали после плазменной закалки*..... 20
- Петрушин Н. В., Елютин Е. С., Назаркин Р. М., Пахомкин С. И., Колодочкина В. Г., Фесенко Т. В., Джиоева Е. С. *Сегрегация легирующих элементов в направленно закристаллизованных жаропрочных никелевых сплавах, содержащих рений и рутений*..... 27
- Бакрадзе М. М., Ломберг Б. С., Овсепян С. В., Чабина Е. Б., Филонова Е. В. *Влияние рения на фазовый состав и свойства жаропрочного деформируемого сплава на никелевой основе для дисков турбин ГТД*..... 38

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Дворник М. И., Мокрицкий Б. Я., Зайцев А. В. *Сравнительный анализ микроабразивной износостойкости традиционных твердых сплавов и субмикронного твердого сплава WC–8Co–1Cr₃C₂*..... 45
- Теслина М. А., Ершова Т. Б., Власова Н. М., Астапов И. А. *Получение методом порошковой металлургии МАХ-фаз системы Ti–Al–N*..... 52
- Железина Г.Ф., Войнов С. И., Черных Т. Е., Черных К. Ю. *Новые арамидные волокна Русар НТ для армирования конструкционных органических полимеров*..... 60

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «СВАРКА И РОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ И ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ»

- Горынин И. В., Кархин В. А. *Сварочная наука в свете развития материаловедения*..... 73
- Горынин И. В., Вихман В. Б., Барышников А. П. *История разработки и применения электродов с фтористо-кальциевым покрытием*..... 77

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА МЕТАЛЛА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

- Костина М. В., Мурадян С. О., Калинин Г. Ю., Фомина О. В., Блинова Е. Н., Костина В. С., Шаталов А. В. *Структура и свойства толстолистовых сварных соединений новой аустенитной азотсодержащей стали для работы в условиях высоких статических и знакопеременных нагрузок, коррозионной среды*..... 95
- Пименов А. В. *О влиянии неметаллических включений на вязкость низколегированного металла шва при низких температурах*..... 108
- Оленин М. И., Горынин В. И., Галяткин С. Н., Воробьева Н. Ю., Маркова Ю.М., Ханталин А. Е. *Повышение хладостойкости металла сварных соединений стали 09Г2СА-А за счет коагуляции цементита при послесварочном отпуске*..... 111
- Горкунов Э. С., Сараев Ю. Н., Задворкин С. М., Путилова Е. А. *Влияние технологических режимов сварки на физико-механические характеристики металла различных зон сварных соединений низколегированной стали*..... 120

Сараев Ю. Н., Безбородов В. П., Григорьева А. А., Лебедев В. А., Максимов С. Ю., Голиков Н. И. <i>Управление структурой и свойствами сварных соединений технических систем ответственного назначения методами адаптивной импульсно-дуговой сварки</i>	127
Голякевич А. А., Орлов Л. Н., Студент М. М., Похмурская Г. В., Червинская Н. Г. <i>Влияние фазового состава и термической обработки наплавленных слоев штоков гидроцилиндров на их локальную коррозию</i>	133
Павлова В. И., Пименов А. В., Осокин Е. П., Полякова И. Н., Зайцев Д. В., Иванова М. В. <i>Сварные сталеалюминиевые соединения для корпусных конструкций надводных судов</i>	143
Pirinen M., Kah P., Martikainen J. <i>Новые высокопрочные стали для арктического судостроения</i>	158

СВАРОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Якушин Б. Ф., Шванева Ю. Ю. <i>Новые методы сварки хладостойких сталей</i>	166
Александров Н. В., Курта С. Н., Вовченко Н. В., Мартьянов А. Л. <i>Разработка технологии электронно-лучевой сварки конструкций из хладостойких сталей</i>	171
Казаков Ю. В., Табакин Е. М., Иванович Ю. В., Каплин А. В. <i>Особые условия сварки изделий атомной техники</i>	179
Каховский Н. Ю., Максимов С. Ю. <i>Технология механизированной подводной сварки высоколегированной коррозионно-стойкой стали типа 18–10 самозащитной порошковой проволокой</i>	187
Паршин С. Г., Левченко А. М., Хомич П. Н., Антипов И. С. <i>Подводная сварка «мокрым» способом с применением порошковых проволок</i>	192
Максимов С. Ю., Лебедев В. А., Лендел И. В. <i>Герметизация труб теплообменников «мокрой» сваркой на глубине 200 м</i>	199
Киселев А. С., Гордынец А. С., Дедюх Р. И., Сараев Ю. Н., Голиков Н. И. <i>Повышение эффективности применения дуговой сварки покрытыми электродами при ремонте намагниченных трубопроводов</i>	205
Сараев Ю. Н. <i>Опыт разработки и практического применения адаптивных импульсно-дуговых методов сварки для строительства и ремонта магистральных трубопроводов</i>	210
Леонов В. П., Михайлов В. И., Сахаров И. Ю., Кузнецов С. В. <i>Сварка морских высокопрочных титановых сплавов больших толщин</i>	219
Зыков С. А., Павлова В. И., Осокин Е. П. <i>Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом полуфабрикатов из алюминиево-магниевого сплава в широком диапазоне толщин</i>	229
Ворончук С. Д., Криворотов В. И. <i>Технологические особенности сварки мощными волоконными лазерами алюминиевых сплавов</i>	240
Дмитриев А. И., Сараев Ю. Н., Никонов А. Ю., Григорьева А. А. <i>Компьютерное конструирование импульсных технологических процессов</i>	245
Sokolov M., Salminen A. <i>Лазерная сварка с использованием вакуума</i>	251
Орлов Л. Н., Голякевич А. А., Хилько А. В., Кузубов А. А. <i>Наплавка валков центрифуг линий производства минерального утеплителя</i>	256

СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Владимиров А. В. <i>Сварочный источник для «мокрой» подводной сварки порошковой проволокой</i>	259
Леонов В. П., Михайлов В. И., Грошев А. Л., Шаталов В. К., Фатиев И. С. <i>Новые материалы для выполнения наплавки на детали судовой арматуры из титановых сплавов глубоководных транспортных средств</i>	263
Паршин С. Г., Левченко А. М., Антипов И. С., Майстро А. С. <i>Сварочно-технологические свойства наноструктурированных электродных проволок при дуговой сварке в инертной и активной среде</i>	269
Орлов Л. Н., Шаратов М. Г., Вольнец В. Л. <i>Санитарно-гигиенические характеристики сварочных порошковых проволок, применяемых в судостроении</i>	275

Лебедев В. А. Перспективное оборудование для сварки, наплавки и резки в судостроении и судоремонте	278
Лебедев В. А. Электрооборудование механизированных систем для подводной сварки «мокрым» способом.....	284
Сараев Ю. Н., Лебедев В. А., Гладышев О. М., Федюкин С. В. Особенности разработки и производства малогабаритного сварочного оборудования для выполнения сварочно-монтажных и ремонтных работ в условиях низких климатических температур.....	289
Рефераты публикуемых статей	293
Авторский указатель.....	313
Научно-технический журнал «Вопросы материаловедения». Оформление статей. Правила для авторов	316

РЕФЕРАТЫ ПУБЛИКУЕМЫХ СТАТЕЙ

УДК 669.15'786–194.56:621.785

Влияние легирования и термической обработки на характеристики литейной коррозионно-стойкой азотсодержащей стали аустенитного класса. Цуканов В. В., Цыганко Л. К., Шандыба Г. А., Зиза А. И. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 7–11.

Разработана литейная азотсодержащая сталь Cr–Ni–Mn композиции с добавлением ванадия, обладающая стабильной аустенитной структурой. Применение операции старения при термической обработке разработанной стали позволяет значительно повысить предел прочности, а также более чем в два раза повысить предел текучести по сравнению с широко применяемой сталью 12X18H9ТЛ.

Ключевые слова: литейная коррозионно-стойкая сталь, азотсодержащая аустенитная сталь, литейная сталь аустенитного класса, старение.

УДК 669.15–194.2:621.746.047.019:621.771.23

Анализ структурных изменений низколегированной стали при производстве листового проката из литой заготовки. Завалищин А. Н., Кожевникова Е. В. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 12–19.

Представлены результаты исследования изменения структуры низкоуглеродистой микролегированной стали в процессе производства на различных технологических переделах. Показано, что ликвационное обогащение микролегирующими элементами центральной зоны непрерывнолитой заготовки наследуется горячекатаным листовым прокатом.

Ключевые слова: низколегированная сталь, литая заготовка, листовой прокат, структурные изменения.

УДК 669.14.018.294.2:621.785.6

Исследование структуры и свойств рельсовой стали после плазменной закалки. Ананьев С. П., Сафонов Е. Н. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 20–26.

Методами атомно-силовой микроскопии и наноиндентирования исследованы структура, твердость и приведенный модуль упругости структурных составляющих в переходной от основного металла к закаленному слою зоне плазменной закалки рельсовой стали 70.

Ключевые слова: плазменная закалка, рельсовая сталь, наноиндентирование, атомно-силовая микроскопия, структура и фазовый состав.

УДК 669.245.018.44.2:669.065.5

Сегрегация легирующих элементов в направленно закристаллизованных жаропрочных никелевых сплавах, содержащих рений и рутений. Петрушин Н. В., Елютин Е. С., Назаркин Р. М., Пахомкин С. И., Колодочкина В. Г., Фесенко Т. В., Джигоева Е. С. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 27–37.

Исследовано воздействие неравновесных условий направленной кристаллизации никелевого жаропрочного сплава, содержащего рений и рутений, на сегрегацию легирующих элементов: микросегрегацию в пределах дендритной ячейки и макросегрегацию по длине отливки образца. Отливки образцов (диаметр 20 мм, длина 100 мм) сплава были получены медленной (~6 мм/ч) направленной кристаллизацией при высоком температурном градиенте (~150°С/см) по методу Бриджмена. Затем были проведены исследования методами дифференциального термического анализа, растровой электронной микроскопии и количественного локального микрорентгеноспектрального анализа. Параметры кристаллических решеток γ' - и γ -фаз были определены при комнатной температуре посредством рентгеновского структурного анализа. Установлено, что легирующие элементы Re и Ru, повышающие температуру солидуса никелевых сплавов, оттесняются в твердую фазу и обогащают оси дендритов и начальную часть отливки. В противном случае (Al, Ta) они оттесняются в жидкую фазу и концентрируются в междендритных

областях и в конечной части отливки. Отмечено, что результатом микросегрегации легирующих элементов, особенно рения, является образование в монокристаллических отливках локальных областей перелегирования, которые являются потенциальной причиной выделения ГПУ фаз при термической обработке или длительных высокотемпературных испытаниях. Параметр несоответствия размеров кристаллических решеток γ - и γ' -фаз (γ/γ' -мисфит) в сплаве не изменяется по всей длине области направленного затвердевания отливки, что объясняется компенсацией снижения содержания рения и рутения по длине отливки повышением концентраций тантала и алюминия.

Ключевые слова: никелевый жаропрочный сплав, направленная кристаллизация, легирование рением и рутением, сегрегация легирующих элементов.

УДК 669.245.018.44:621.438

Влияние рения на фазовый состав и свойства жаропрочного деформируемого сплава на никелевой основе для дисков турбин ГТД. Бакрадзе М. М., Ломберг Б. С., Овсепян С. В., Чабина Е. Б., Филонова Е. В. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 38–44.

Исследовали влияние легирования рением в концентрациях от 0,5 до 2,5 мас. % на структурно-фазовое состояние и механические свойства (кратковременная и длительная прочность, ударная вязкость) жаропрочного деформируемого сплава на никелевой основе типа ЭК151. Установлено содержание рения в сплаве, обеспечивающее наиболее высокий уровень характеристик и стабильность фазового состава.

Ключевые слова: жаропрочный деформируемый сплав на никелевой основе, легирование рением, структурно-фазовое состояние.

УДК 669.27/29.018.25:539.538

Сравнительный анализ микроабразивной износостойкости традиционных твердых сплавов и субмикронного твердого сплава WC–8Co–1Cr₃C₂. Дворник М. И., Мокрицкий Б. Я., Зайцев А. В. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 45–51.

Работа посвящена сравнению микроабразивной износостойкости и микроструктуры субмикронного твердого сплава WC–8Co–1Cr₃C₂, полученного авторами по улучшенной технологии, с промышленными твердыми сплавами. Представленный сплав WC–8Co–1Cr₃C₂ сочетает повышенную прочность (1666 МПа), твердость (90,5 HRA) и микротвердость (16,8 ГПа) за счет однородности структуры и малого среднего размера зерен (0,66 мкм). Установлено, что простое превосходство в твердости трехкарбидного сплава и в микротвердости двухкарбидного сплава не позволяет достичь превосходства в микроабразивной износостойкости над субмикронным твердым сплавом WC–8Co–1Cr₃C₂. Также показано, что микроабразивная стойкость сплава WC–8Co–1Cr₃C₂ превышает стойкость среднезернистого и субмикронного вольфрамкобальтовых твердых сплавов, обладающих меньшей твердостью и микротвердостью.

Ключевые слова: субмикронный твердый сплав, микроабразивный износ, микротвердость, износостойкость.

УДК 621.762.2

Получение методом порошковой металлургии МАХ-фаз системы Ti–Al–N. Теслина М. А., Ершова Т. Б., Власова Н. М., Астапов И. А. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 52–59.

Исследован процесс получения металлокерамического материала тройной системы Ti–Al–N методами порошковой металлургии. Методами рентгенофазового анализа и металлографии изучено влияние режимов термообработки на состав, структуру и свойства интерметаллидных сплавов. Показано, что использование титановой стружки в качестве одного из компонентов приводит к образованию слоистого тройного нитрида Ti₂AlN. При увеличении температуры до 1300–1400°C слоистый тройной нитрид Ti₂AlN является основной фазой, а относительное содержание фазы Ti₃Al уменьшается.

Ключевые слова: порошковая металлургия, титановая стружка, металлокерамика, МАХ-фаза, состав, структура, свойства.

УДК 678.7

Новые арамидные волокна Русар НТ для армирования конструкционных органопластиков. Железина Г.Ф., Войнов С. И., Черных Т. Е., Черных К. Ю. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 60–70.

Исследованы характеристики новых арамидных волокон Русар НТ и конструкционных органопластиков на их основе. Показано, что органопластики, армированные волокнами Русар НТ, обладают повышенной стойкостью к поглощению влаги по сравнению с органопластиковыми на основе серийных волокон СВМ и Русар, имеют высокую стабильность свойств при тепловлажностном старении и отвечают авиационным требованиям по коррозионной безопасности и горючести.

Ключевые слова: органопластик, арамидные волокна, полимерные композиты, влагопоглощение.

УДК 621.791.042.4

История разработки и применения электродов с фтористо-кальциевым покрытием. Горынин И. В., Вихман В. Б., Барышников А. П. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 77–94.

В 2014 г. исполнилось 75 лет со дня создания коллективом сотрудников лаборатории сварки НИИ-13 Наркомата вооружений (ныне ОАО «Центральный научно-исследовательский институт материалов») уникальных электродов с фтористо-кальциевым покрытием (основного типа) УОНИ-13. Подавляющее большинство современных электродов, выпускаемых как у нас в стране, так и за рубежом для сварки легированных сталей и специальных сплавов созданы на основе фтористо-кальциевой системы покрытий электродов серии УОНИ-13. До настоящего времени эти электроды широко применяются и продолжают составлять значительную часть промышленного производства электродов в нашей стране.

Настоящая работа посвящена истории создания этих уникальных сварочных материалов.

Ключевые слова: электроды с фтористо-кальциевым покрытием, история создания, перспективы развития.

УДК 669.15'786–194.56:621.791.052

Структура и свойства толстолистовых сварных соединений новой аустенитной азотсодержащей стали для работы в условиях высоких статических и знакопеременных нагрузок, коррозионной среды. Костина М. В., Мурадян С. О., Калинин Г. Ю., Фомина О. В., Блинова Е. Н., Костина В. С., Шаталов А. В. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 95–107.

Исследованы микроструктура, тонкая структура, механические свойства сварных соединений листового проката толщиной 10 и 20 мм из новой коррозионно-стойкой высокопрочной аустенитной стали 04X20H6Г11M2АФБ, с использованием сварочной проволоки марок Св-09Х16Н25М6АФС, Св-10Х20Н18М3АФС и Св-10Х19Н23Г2М5ФАТ.

Ключевые слова: высокопрочная аустенитная сталь, толстолистовые сварные соединения, микроструктура, тонкая структура, механические свойства сварных соединений.

УДК 669.14.018.41:621.791.053

О влиянии неметаллических включений на вязкость низколегированного металла шва при низких температурах. Пименов А. В. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 108–110.

Настоящая работа является продолжением исследований, посвященных поиску взаимосвязи фазового состава, морфологии и количества неметаллических включений с вязкостью металла шва и составом агломерированного флюса применительно к автоматической сварке под флюсом хладостойких сталей. Установлены функциональные зависимости, определяющие влияние размерных характеристик неметаллических включений на работу удара при температуре испытаний наплавленного металла шва –40°С.

Ключевые слова: хладостойкие стали, неметаллические включения, вязкость металла шва.

УДК 669–15194.52:621.791.052:621.78

Повышение хладостойкости металла сварных соединений стали 09Г2СА-А за счет коагуляции цементита при послесварочном отпуске. Оленин М. И., Горынин В. И., Галяткин С. Н., Воробьева Н. Ю., Маркова Ю. М., Ханталин А. Е. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 111–119.

Изучено влияние старения пересыщенного феррита на сопротивление хрупкому разрушению сварных соединений стали 09Г2СА-А. Показано, что перестаривание ферритной фазы и коагуляция карбидов цементитного типа в процессе послесварочного отпуска обеспечивают 2–3-кратное повышение значений ударной вязкости зоны термического влияния сварных соединений при отрицательных температурах.

Ключевые слова: сталь 09Г2СА-А, сварные соединения, послесварочный отпуск, коагуляция цементита, хладостойкость.

УДК 621.791.75.019

Влияние технологических режимов сварки на физико-механические характеристики металла различных зон сварных соединений низколегированной стали. Горкунов Э. С., Сараев Ю. Н., Задворкин С. М., Путилова Е. А. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 120–126.

Исследованы микроструктура и распределение микротвердости сварных соединений, выполненных по различным режимам сварки: на постоянном токе и адаптивной импульсно-дуговой. Проведен анализ влияния адаптивной импульсно-дуговой сварки на структуру сварного соединения и его механические характеристики. Исследовано влияние упругопластического деформирования по схеме одноосного растяжения на магнитные характеристики металла из различных зон сварных конструкций (основного металла, материала шва и околошовной зоны (ОШЗ)) из стали 09Г2С, сваренной по различным технологиям. Определены информативные магнитные параметры, однозначно изменяющиеся в упругой области деформирования, которые в дальнейшем могут быть использованы для разработки методик неразрушающего контроля сварных соединений.

Ключевые слова: сварные соединения, адаптивная импульсно-дуговая сварка, физико-механические свойства, упругопластическое деформирование, неразрушающий контроль.

УДК 621.791.75

Управление структурой и свойствами сварных соединений технических систем ответственного назначения методами адаптивной импульсно-дуговой сварки. Сараев Ю. Н., Безбородов В. П., Григорьева А. А., Лебедев В. А., Максимов С. Ю., Голиков Н. И. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 127–132.

В настоящее время традиционные процессы электродуговой сварки практически исчерпали свои технологические возможности. Вместе с тем, развитие промышленного производства настоятельно требует разработки и эффективного применения новых технических решений, которые могли бы значительно расширить границы возможностей использования традиционных источников питания при создании неразъемных соединений.

Такие возможности открывает применение импульсных технологических процессов сварки и нового специализированного оборудования, разрабатываемого в последнее десятилетие известными научными школами стран СНГ и ведущими мировыми центрами производства продукции сварочного назначения.

Развиваемый авторами работы подход к разработке и применению импульсных процессов электродуговой сварки основывается на реализации алгоритмов управления, позволяющих обеспечивать возможность стабилизации мгновенных значений основных технологических параметров на интервалах плавления и переноса каждой капли электродного металла. Это возможно благодаря наличию каналов обратных связей, контролирующих состояние объекта управления по основным мгновенным значениям технологических параметров, в частности, дуговому напряжению, сварочному току, средней мощности отдельного микроцикла, энергии, затраченной на плавление отдельной капли электродного металла. При модифицировании сварного шва происходит измельчение его структуры, повышаются физико-механические и эксплуатационные свойства.

Ключевые слова: сварное соединение, механические свойства, структура, импульсный режим, прочность, пластичность, твердость.

УДК 621.791.92:620.193

Влияние фазового состава и термической обработки наплавленных слоев штоков гидроцилиндров на их локальную коррозию. Голякевич А. А., Орлов Л. Н., Студент М. М., Похмурская Г. В., Червинская Н. Г. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 133–142.

Исследована коррозионная стойкость защитных слоев, полученных наплавкой порошковыми проволоками под флюсом, в 3%-ном водном растворе NaCl. Для получения оптимального состава порошковой проволоки для наплавки на штоки гидроцилиндров горно-шахтного оборудования использовали проволоку с различным содержанием хрома (до 14–20%), никеля, молибдена, ванадия, ниобия, марганца и кремния. Показано, что наплавленным слоям свойственна локальная коррозия ленточного характера, а наличие до 30% феррита в аустенитной матрице способствует их коррозионной стойкости.

Ключевые слова: наплавленные слои, коррозионная стойкость, локальная коррозия, ток коррозии, фазовый состав.

УДК 669.14'71:621.791:629.5

Сварные сталеалюминиевые соединения для корпусных конструкций надводных судов. Павлова В. И., Пименов А. В., Осокин Е. П., Полякова И. Н., Зайцев Д. В., Иванова М. В. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 143–157.

Представлены результаты работ по созданию судостроительного слоистого композиционного материала (СКМ) алюминий – сталь с целью обеспечения проектирования и строительства корпусных сталеалюминиевых конструкций новых проектов судов отечественного флота.

Ключевые слова: сварные сталеалюминиевые соединения, слоистый композиционный материал, сварка в твердой фазе, сварка плавлением.

УДК 669.14.018.295:629.5

Новые высокопрочные стали для арктического судостроения. Pirinen M., Kah P., Martikainen J. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1 (81), с. 158–165.

Новые высокопрочные стали разрабатывались в течение последнего десятилетия с целью снижения веса судна. Исследования проводились и в направлении повышения прочности и пластичности сталей при низких температурах. Многие суда в суровых северных условиях будут использоваться как ледоколы. Один из способов сокращения расхода сварочных материалов, а также трудозатрат – использовать более узкие разделки, для чего были разработаны новые процессы: сварка под флюсом в узкую разделку, сварка последовательными дугами в узкую разделку, плазменная дуговая сварка в узкую разделку. Новые технологии с применением дуговой сварки плавящимся электродом в среде инертных и активных газов были разработаны производителями сварочного оборудования. Финская компания Kemppi Oy разработала «умные» методы, например, сваривать стыковые соединения в разделку 35° из финских высокопрочных сталей PC E500 TMCP, S500 G2M и российской F500W. Испытания подтвердили, что такая разделка может быть использована для сварки этих высокопрочных корпусных сталей.

Ключевые слова: высокопрочные стали, низкие температуры, сварка под флюсом с узким зазором, сварка последовательными дугами с узким зазором, плазменная дуговая сварка с узким зазором.

УДК 669.14.018.41:621.791

Новые методы сварки хладостойких сталей. Якушин Б. Ф., Шванева Ю. Ю. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 166–170.

Объектом исследования являются новые типы низкоуглеродистых экономнолегированных сталей, разработанные для судостроения. Цель работы – поиск новых способов автоматической сварки, приближающих хладостойкость сварных соединений к свойствам основного металла.

Ключевые слова: хладостойкость, мелкозернистость, рост зерна, зона термического влияния, сегрегация, ликвация на границах, охрупчивание зоны сплавления, погонная энергия, сварка с горячей присадкой.

УДК 669.14.018.41:621.791.722

Разработка технологии электронно-лучевой сварки конструкций из хладостойких сталей. Александров Н. В., Курта С. Н., Вовченко Н. В., Мартьянов А. Л. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 171–178.

Разработана технология электронно-лучевой сварки конструкций из хладостойких сталей типа АБ, позволяющая получить качественное соединение с высокой ударной вязкостью металла шва при -60°C . Исследования показали перспективность применения электронно-лучевой сварки для сварных конструкций, используемых в условиях Арктики.

Ключевые слова: хладостойкая сталь, электронно-лучевая сварка.

УДК 621.791.72:621.039.5

Особые условия сварки изделий атомной техники. Казаков Ю. В., Табакин Е. М., Иванович Ю. В., Каплин А. В. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 179–186.

Приведены результаты работ по герметизации малогабаритных изделий атомной техники в дистанционных условиях радиационно-защитных камер. Показан метод аргонодуговой сварки оплавлением торца и исследования по оптимизации конструкции сварных соединений. Представлены результаты исследований и оборудование дуговой сварки в условиях повышенного давления и импульсной лазерной сварки в вакууме.

Ключевые слова: аргонодуговая сварка, малогабаритные изделия атомной техники, импульсная лазерная сварка в вакууме, герметизация.

УДК 621.791.042 (204.1):669.14.018.8

Технология механизированной подводной сварки высоколегированной коррозионно-стойкой стали типа 18–10 самозащитной порошковой проволокой. Каховский Н. Ю., Максимов С. Ю. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 187–191.

Разработана самозащитная порошковая проволока, которая обеспечивает необходимый химический состав и механические свойства металла шва согласно ГОСТ 10052–75 и удовлетворяет требованиям класса «В» международного стандарта подводной сварки ANSI/AWS D3.6-92.

Создана основа для возможности в перспективе автоматизации процесса сварки для полного исключения участия человека в работах в особо опасных условиях

Ключевые слова: механизированная подводная сварка, высоколегированная коррозионно-стойкая сталь, самозащитная порошковая проволока, механические свойства

УДК 621.791.042(204.1)

Подводная сварка «мокрым» способом с применением порошковых проволок. Паршин С. Г., Левченко А. М., Хомич П. Н., Антипов И. С. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 192–198.

Разработаны опытные партии порошковых проволок для механизированной подводной сварки сталей «мокрым» способом. При исследовании металла сварных соединений, выполненных этой проволокой, установлено, что порошковые проволоки ППС-СП имеют равномерное плавление оболочки и сердечника, обеспечивают мелкокапельный перенос, удовлетворительное формирование сварных швов под водой в нижнем, горизонтальном и вертикальном пространственных положениях. При подводной сварке углеродистой стали проволоками ППС-СП снижается содержание кремния и марганца в наплавленном металле, возрастает твердость металла шва до 190–210 HV, повышается средний предел прочности и текучести сварных швов по сравнению с проволокой-аналогом ППС-АН1.

Ключевые слова: подводная сварка «мокрым» способом, углеродистая сталь, порошковая проволока, механические свойства металла сварных соединений.

УДК 621.791.042(204.1)

Герметизация труб теплообменников «мокрой» сваркой на глубине 200 м. Максимов С. Ю., Лебедев В. А., Лендел И. В. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 199–204.

Разработана самозащитная порошковая проволока и технология сварки на глубинах до 200 м в 20%-ном водном растворе специальной охлаждающей жидкости FXC2 на основе пропиленгликолей. Применение разработанной технологии позволяет повысить надежность теплообменника, сократить временные потери при выполнении работ по его герметизации, рационально использовать монтажную площадь, снизить финансовые затраты.

Ключевые слова: самозащитная порошковая проволока, «мокрая» сварка, теплообменники, герметизация труб.

УДК 621.791.042.4:621.643

Повышение эффективности применения дуговой сварки покрытыми электродами при ремонте намагниченных трубопроводов. Киселев А. С., Гордынец А. С., Дедюх Р. И., Сараев Ю. Н., Голиков Н. И. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 205–209.

Предложено применять переменный прямоугольный ток при дуговой сварке покрытыми электродами намагниченных деталей. Показана возможность стабилизации процесса дуговой сварки при возмущающем воздействии магнитного поля с индукцией 40–00 мТл. Исследовано влияние параметров режима сварки и величины индукции магнитного поля на механические свойства полученных соединений. Экспериментально доказана возможность получения качественных сварных соединений.

Ключевые слова: дуговая сварка намагниченных деталей, магнитное дутье, переменный прямоугольный ток, механические свойства сварных соединений.

УДК 621.791.75:621.643

Опыт разработки и практического применения адаптивных импульсно-дуговых методов сварки для строительства и ремонта магистральных трубопроводов. Сараев Ю. Н. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 210–218.

Эксплуатационная надежность высокоответственных сварных конструкций непосредственно связана со стабильностью энергетических параметров технологических процессов их получения. Вместе с тем, наличие большого количества возмущающих факторов (повышенные и меняющиеся зазоры, изменяющееся пространственное положение сварочной ванны, ступенчатое изменение вылета электрода и др.) существенно затрудняют формирование бездефектных сварных соединений. Одним из путей снижения зависимости стабильности технологических процессов от возмущающих факторов является применение импульсных технологий. Однако данное направление не всегда дает желаемый результат, поскольку в процессе сварки не ведется активного наблюдения за возмущающими воздействиями в сложной электродинамической системе источник питания – дуга – сварочная ванна – изделие.

Более широкие возможности в обеспечении качественных и эксплуатационных показателей высокоответственных сварных соединений представляют адаптивные импульсные технологии сварки и наплавки (АРТ). Суть данного подхода заключается в адаптивном контроле за изменениями энергетических параметров технологического процесса по их мгновенным значениям: тока дуги, напряжения, энергии, затраченной на плавление и перенос каждой капли электродного металла. Благодаря наличию обратных связей в такой электродинамической системе обеспечивается полный контроль за стабильностью тепловых и энергетических параметров процесса, а также характеристиками массопереноса электродного металла, что обеспечивает получение требуемых эксплуатационных показателей. Такой подход является оригинальным и не имеет аналогов в мировой практике.

Ключевые слова: сварка, методы, адаптивный, импульсно-дуговой, электродный металл, трубопроводы, разработка, конструкции, перенос электродного металла.

УДК 669.295:621.791

Сварка морских высокопрочных титановых сплавов больших толщин. Леонов В. П., Михайлов В. И., Сахаров И. Ю., Кузнецов С. В. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 219–228.

Разработаны технология ручной сварки в узкие щелевые разделки сварных соединений с использованием специальных приспособлений плоской формы, а также технология двусторонней электронно-лучевой сварки (ЭЛС) и технология получения комбинированных соединений высокопрочных титановых сплавов больших толщин (свыше 200 мм). Для заполнения щелевой части соединений разработаны технологии ЭЛС с присадочной проволокой при вертикальном и горизонтальном расположении шва. Разработана также технология ремонта сварных соединений титановых сплавов больших толщин методом электронно-лучевого переплава. Разработанные технологии реализованы на производственных площадках судостроительной промышленности и прошли межведомственные испытания.

Ключевые слова: морские высокопрочные титановые сплавы, ручная сварка в узкие щелевые разделки, двусторонняя электронно-лучевая сварка.

УДК 669.71'72:621.791.75

Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом полуфабрикатов из алюминиево-магниевого сплава в широком диапазоне толщин. Зыков С. А., Павлова В. И., Осокин Е. П. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 229–239.

Применение импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом при изготовлении конструкций из катаных полуфабрикатов алюминиево-магниевого сплава в широком диапазоне толщин позволяет получать качественные прочноплотные сварные соединения со свойствами не ниже свойств сварных соединений, выполненных аргонодуговой сваркой, в том числе при криогенных температурах и коррозионной стойкостью на уровне основного металла; увеличить производительность процесса сварки в 3–5 раз по сравнению с ручной аргонодуговой сваркой.

Ключевые слова: алюминиево-магниевого сплавы, импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом, свойства металла сварных соединений.

УДК 669.71:621.791.725

Технологические особенности сварки мощными волоконными лазерами алюминиевых сплавов. Ворончук С. Д., Криворотов В. И. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 240–244.

Представлены результаты сварки мощными волоконными лазерами изделий из алюминиевых сплавов. Исследованы показатели качества лазерных сварных соединений.

Ключевые слова: алюминиевые сплавы, сварка волоконными лазерами, качество сварных соединений.

УДК 621.791

Компьютерное моделирование импульсных технологических процессов. Дмитриев А. И., Сараев Ю. Н., Никонов А. Ю., Григорьева А. А. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 245–250.

Представлен подход к компьютерному моделированию адаптивных импульсных технологических процессов сварки и наплавки. Ключевым элементом данного подхода является использование численных моделей, позволяющих выполнять моделирование быстропротекающих процессов теплопереноса на этапах кристаллизации металла шва из расплава. Рассмотрены два выборочных этапа создания интегрированной модели импульсного процесса сварки и наплавки, в которых представлены результаты исследований на макро- и микроскопическом масштабах. Отмечается, что использование предлагаемого подхода дает возможность не только сократить время разработки оптимальных алгоритмов управления импульсными процессами, но и сократить затраты, связанные с проведением дорогостоящих исследований.

Ключевые слова: адаптивные импульсные технологии, компьютерное моделирование, разномасштабные методы, оптимизация алгоритмов управления.

УДК 621.791.725

Лазерная сварка с использованием вакуума. Sokolov M., Salminen A. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 251–255.

Сварочные процессы с использованием вакуума вновь привлекают внимание исследователей в качестве возможного пути достижения более качественных сварных швов без увеличения мощности лазера или снижения скорости сварки. Изучены методы лучевой сварки лазером с использованием вакуума. Сварку со сквозным проплавлением низколегированных сталей SM400A проводили лазером высокой мощности (16 кВт), получая стыковой сварной шов, при скорости сварки 1 м/мин частично в условиях вакуума при атмосферном давлении 0,1 кПа. Исследования геометрии соединений, качества и твердости сварных швов показали, что при сварке с использованием вакуума может быть достигнуто заметное увеличение глубины проплавления.

Ключевые слова: лазерная сварка, лазер высокой мощности, увеличение глубины проплавления, низкое давление в зоне сварки, конструкционная сталь.

УДК 669.295:621.791.042

Наплавка валков центрифуг линий производства минерального утеплителя. Орлов Л. Н., Голякевич А. А., Хилько А. В., Кузубов А. А. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 256–258.

Разработана порошковая проволока и технология наплавки под флюсом АН-26 валков центрифуг в составе линий производства минеральной ваты и базальтового утеплителя.

Ключевые слова: наплавка, валки центрифуг, минеральный утеплитель, порошковая проволока, технология наплавки.

УДК 621.791.042(204.1)

Сварочный источник для «мокрой» подводной сварки порошковой проволокой. Владимирова А. В. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 259–262.

Рассматриваются созданные совместными усилиями специалистов ООО «Росвелд», ИЭС им. Е. О. Патона и ООО «ТМ ВЕЛТЕК» комплекс оборудования, сварочная порошковая проволока и технология механизированной мокрой подводной сварки и резки.

Ключевые слова: «мокрая» подводная сварка, сварочное оборудование, порошковая проволока, технология сварки и резки.

УДК 621.791.754

Новые материалы для выполнения наплавки на детали судовой арматуры из титановых сплавов глубоководных транспортных средств. Леонов В. П., Михайлов В. И., Грошев А. Л., Шаталов В. К., Фатиев И. С. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 263–268.

Рассматривается новый способ изготовления присадочных материалов для наплавки уплотнительных поверхностей арматуры, которые позволят устранить недостатки существующих присадочных материалов и повысить надежность работы арматуры. Присадочный материал изготавливают из титановой сварочной проволоки, подвергнутой микродуговому оксидированию (МДО) в электролитах специально разработанных составов. В работе также исследована износостойкость наплавленного металла.

Ключевые слова: титановые сплавы, наплавленный металл, уплотнительные поверхности арматуры, присадочные материалы, микродуговое оксидирование, износостойкость.

УДК 621.791.754

Сварочно-технологические свойства наноструктурированных электродных проволок при дуговой сварке в инертной и активной среде. Паршин С. Г., Левченко А. М., Антипов И. С., Майстро А. С. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 269–274.

Исследования сварочно-технологических свойств электродных материалов с наноконпозиционными покрытиями на основе медной матрицы и дисперсной фазы из фтористых и хлористых солей щелочных и щелочноземельных металлов показали, что при дуговой сварке в инертной среде аргона частота капельного перехода увеличивается до 45 раз. Применение

наноструктурированных электродных проволок позволяет достичь устойчивого струйного и мелкокапельного переноса металла, увеличить стабильность дуги и глубину проплавления металла.

Ключевые слова: дуговая сварка, наноструктурированная электродная проволока, сварочно-технологические свойства.

УДК 621.791.042

Санитарно-гигиенические характеристики сварочных порошковых проволок, применяемых в судостроении. Орлов Л. Н., Шарапов М. Г., Вольнец В. Л. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 275–277.

Представлены результаты сравнительных испытаний порошковых проволок, применяемых для сварки в судостроении с целью их санитарно-гигиенической оценки. Показано, что новая порошковая проволока улучшенного состава обеспечивает снижение интенсивности и удельного выделения ТССА и уменьшение содержания в аэрозоле окислов марганца и соединений фтора по сравнению с проволокой 48ПП-8Н и не уступает зарубежному аналогу PZ6113S.

Ключевые слова: сварка, порошковая проволока, сравнительные испытания, санитарно-гигиеническая оценка.

УДК 621.791.03(204.1)

Перспективное оборудование для сварки, наплавки и резки в судостроении и судоремонте. Лебедев В. А. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 278–283.

Рассматриваются новые разработки перспективного оборудования для сварки, наплавки и резки, выполненные в ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, которые можно с успехом использовать в технологиях судостроения и судоремонта.

Ключевые слова: сварка, наплавка, дуговой процесс, механизированное оборудование, универсальные полуавтоматы, импульсная подача, подводная сварка.

УДК 621.791.03(204.1)

Электрооборудование механизированных систем для подводной сварки «мокрым» способом. Лебедев В. А. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 284–288.

Рассмотрены основные технические решения, принимаемые при разработке электрооборудования механизированных полуавтоматов и автоматов для подводной сварки «мокрым» способом.

Ключевые слова: подводная сварка, электрооборудование, механизированные системы, бесколлекторные электроприводы.

УДК 621.791.75.03

Особенности разработки и производства малогабаритного сварочного оборудования для выполнения сварочно-монтажных и ремонтных работ в условиях низких климатических температур. Сараев Ю. Н., Лебедев В. А., Гладышев О. М., Федюкин С. В. – Вопросы материаловедения, 2015, № 1(81), с. 289–292.

Рассмотрены вопросы разработки и производства малогабаритного сварочного оборудования для выполнения сварочно-монтажных и ремонтных работ в условиях низких климатических температур, в экстремальных и особых условиях. Дано обоснование необходимости производства в России перспективного сварочного оборудования инверторного типа, которое реализует наукоемкие технические и технологические решения, разрабатываемые ведущими научными школами России и Украины.

Ключевые слова: сварка, источники питания инверторного типа, сварочно-монтажные и ремонтные работы, методы адаптивной, импульсно-дуговой сварки, экстремальные условия, низкие климатические температуры.