

### ***Уважаемые коллеги и друзья!***

Заканчивается 2024 год, а значит, пришло время традиционного подведения итогов проделанной работы.

Уходящий год был не простым, но плодотворным, успешным и, безусловно, значимым. Он был наполнен самыми разнообразными событиями в деятельности Национального Агентства Контроля Сварки (НАКС), но, самое главное, отмечен только поступательным движением вперед! Мы покоряли новые вершины, укрепляли имеющиеся позиции, успешно справлялись со всеми задачами, радовались успехам и достижениям.

На протяжении последних лет мы постоянно находимся в развитии: аттестационные центры, не переставая, работают над повышением качества оказываемых услуг, активно работают центры оценки квалификации, а НАКС совершенствует нормативную базу и расширяет сферу деятельности, осваивая и совершенствуя новые направления деятельности.

Почти два года нет рядом Николая Павловича Алёшина – идейного вдохновителя и координатора деятельности всей системы аттестации сварочного производства, но события последнего времени убедительно говорят о том, что его дело, мечта его жизни – промышленная безопасность нашей Родины в области применения сварочных работ – находятся в надежных руках его преемников, коллег и соратников. В 2024 году на стенах кафедры «Сварка, диагностика и специальная робототехника» был открыт барельеф в честь Николая Алёшина, бессменного руководителя этой кафедры на протяжении почти 35 лет, его именем названа одна из лабораторий кафедры, оснащенная по последнему слову техники, прошла Первая Всероссийская научно-техническая конференция имени Н.П. Алёшина и состоялся Первый беспрецедентный по своим масштабам конкурс «Лучший сварщик России».

О результатах этой работы более содержательный разговор пройдет в рамках предстоящего январского Съезда НАКС, а пока хочется привести слова Николая Павловича Алёшина:

«Целеустремленность, ответственность и самоотдача – вот главные составляющие наших успехов. Пусть каждый день будет интересным и плодотворным. Пусть в вашем доме всегда будет тепло и уютно, чтобы на работу вы приходили с радостью и блеском в глазах. От всей души желаю крепкого здоровья, мира, любви и благополучия вам и вашим близким!»

**ВСЕХ ВАС С НОВЫМ, 2025-М ГОДОМ И РОЖДЕСТВОМ ХРИСТОВЫМ!**

## Содержание журнала «Сварка и Диагностика» № 6 (2024)

### КОНТЕКСТ

3 И это все о нем...

### РЕГИОНЫ

7 Из чего «сделано» сварочное производство? Лига дефектоскопистов

8 Теория и практика неразрушающего контроля

### ТЕМА В НОМЕР

9 Лучший сварщик России

### НСК РОССИИ

12 НСК: итоги десятилетия и перспективы

### 13 НАУКА И ТЕХНИКА

14 Новости

15 Ковтунов А.И., Хохлов Ю.Ю., Вершинин Л.В., Исаков Ю.А. Структура и свойства наплавленных никелидов титана

18 Юров В.В., Редичкина Т.В., Неверов В.В. Анализ дефектов сварных соединений медь-сталь при аргонодуговой сварке

22 Слепцов Г.Н., Слепцов О.И., Ноев И.И., Степанова К.В., Солдатов К.В. Методика комплексной оценки технологической прочности сварных соединений при разработке технологий сварки для горнодобывающей техники

28 Стаценко В.Н., Молоков К.А. Расчетное исследование температурных полей при сварке трением с перемешиванием

33 Рационализатор сварочного процесса. В.В. Мелюкову – 85 лет

### УГОЛОК СВАРЩИКА

34 Сварка – дело не женское?

### 35 ТЕХНОЛОГИИ И ПРОИЗВОДСТВО

36 Новости

37 Полосков С.С., Ерофеев В.А., Шолохов М.А., Бузорина Д.С., Мельников А.Ю. О границах области устойчивого дугового взаимодействия в процессе двухдуговой наплавки плавящимся электродом

44 Старостин Н.П., Аммосова О.А., Петров Д.Д., Данзанова Е.В., Тихонов Р.С., Ботвин Г.В. Сварка полиэтиленовых труб муфтами с закладными нагревателями при низких температурах. Часть 1. Реализация управления фронтом кристаллизации

49 Зернин Е.А., Петрова Е.Д., Васильев А.Ю. Применение функционального покрытия при дуговой наплавке порошковой проволокой системы Fe-C-Cr-Ni-Si-Mo-Mn-B-Ti

52 Исаев С.Л., Муратов В.С. Механические свойства и структура сварного шва паяных оболочек из стали 12Х18Н10Т

56 Романцов А.И., Иванов М.А. Влияние положения фокуса при гибридной лазерно-дуговой сварке на расположение дефектов в сварном шве

### ХРОНОГРАФ

59 Круглые даты в истории сварки (ноябрь-декабрь)

61 Алфавитный указатель научных статей за 2024 год

УДК 621.791.92

**Ковтунов А.И.,** д-р техн. наук,

**Хохлов Ю.Ю.,** зав. лаб,

**Вершинин Л.В.,** магистрант,

**Исаков Ю.А.,** магистрант

Тольяттинский государственный университет

Y.Y.Khokhlov@rambler.ru

### **СТРУКТУРА И СВОЙСТВА НАПЛАВЛЕННЫХ НИКЕЛИДОВ ТИТАНА**

*Уникальные свойства интерметаллидных сплавов системы никель-титан определили их перспективность использования для наплавки изделий работающих при повышенных температурах в условиях износа, в ряде агрессивных сред. Для формирования на титане никелидов титана предложена аргонодуговая наплавка никелевой электродной проволокой. Установлено влияние режимов наплавки на химический и фазовый состав сплавов. Показано влияние химического состава наплавленных никелидов титана на их твердость, жаростойкость и относительную износостойкость.*

**Ключевые слова:** Никель, титан, никелид титана, дуговая наплавка, химический состав, фаза, твердость, относительная износостойкость

*Unique properties of intermetallic alloys of the nickel-titanium system determined their potential for use in surfacing products operating at elevated temperatures under wear conditions, in a number of aggressive environments. Argon-arc surfacing with a nickel electrode wire was proposed for forming titanium nickelides on titanium. The influence of surfacing modes on the chemical and phase composition of the alloys was established. The influence of the chemical composition of the deposited titanium nickelides on their hardness, heat resistance and relative wear resistance was shown.*

**Keywords:** Nickel, titanium, titanium nickelide, arc surfacing, chemical composition, phase, hardness, relative wear resistance

УДК 621.791

**Юров В.В.,** аспирант,

**Редичкина Т.В.,** ст. преподаватель,

**Неверов В.В.,** канд. техн. наук

Липецкий государственный

технический университет

svarka\_lip@mail.ru

### **АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕДЬ-СТАЛЬ ПРИ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКЕ**

*В работе приведены результаты исследований методом электронной микроскопии дефектных сварных соединений медь-сталь, полученных при производстве медно-стальных доменных фурм. Показаны основные дефекты, выявлены причины их образования. Указаны основные приемы для их предупреждения.*

**Ключевые слова:** сварное соединение медь-сталь, дефекты, аргонодуговая сварка, доменная фурма, электронная микроскопия, сварка разнородных материалов

*The paper presents the results of electron microscopy studies of defective copper-steel welded joints obtained in the production of copper-steel lances. The main defects are shown, the causes of their formation are revealed. The main techniques for their prevention are indicated.*

**Keywords:** copper-steel welded joint, defects, argon arc welding, blast furnace tuyere, electron microscopy, welding of dissimilar materials

УДК 621.791

**Слепцов Г.Н.,** науч. сотр.,

**Слепцов О.И.,** д-р техн. наук,

**Ноев И.И.,** канд. техн. наук,

**Степанова К.В.,** науч. сотр.,

**Солдатов К.В.,** вед. инж.

Институт физико-технических проблем

Севера им. В.П. Ларионова СО РАН

slepzovgn@mail.ru

### **МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИЙ СВАРКИ ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ТЕХНИКИ\***

*В данной статье представлены результаты экспериментальных работ по оценке технологической прочности сварных соединений из сталей повышенной и высокой прочности. Обоснована методика комплексной оценки технологической прочности сварных соединений при разработке технологий сварки для горнодобывающей техники, сформированная на научно-экспериментальных исследованиях, которые необходимо проводить для получения качественного сварного соединения для сталей повышенной и высокой прочности.*

Показана и раскрыта целесообразность применения метода акустической эмиссии для усовершенствования существующих методик оценки технологической прочности сварных соединений.

**Ключевые слова:** стали повышенной и высокой прочности, технологическая прочность сварных соединений, предварительный подогрев, акустическая эмиссия

*This article presents the results of experimental work on the assessing of the technological strength of welded joints made of high- and high-strength steels. A complex methodology has been substantiated for assessing the technological strength of welded joints in the development of welding technologies for mining equipment, formed on the basis of scientific and experimental studies that must be carried out to obtain a high-quality welded joint for high- and high-strength steels. It's shown and disclosed the feasibility of using the acoustic emission method to improve existing methods for assessing the technological strength of welded joints.*

**Keywords:** high- and high-strength steels, technological strength of welded joints, preheating, acoustic emission

УДК 621.791.14

**Стаценко В.Н., д-р техн. наук,**

**Молоков К.А., канд. техн. наук**

Дальневосточный федеральный университет

[vladsta@mail.ru](mailto:vladsta@mail.ru)

### **РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ СВАРКЕ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ**

*Представлены результаты расчетных исследований температурных полей при сварке трением с перемешиванием пластины из алюминиевого сплава АМг3. Для разработанной методики использованы экспериментальные данные по удельному тепловыделению в материале под инструментом в зависимости от его окружной скорости вращения и линейного перемещения. Расчетные данные сопоставлены с экспериментальными исследованиями температурных полей, после введения поправочных коэффициентов к определению тепловыделений произведены расчеты полей изотерм в диапазоне изменения скоростей вращения инструмента 40–100 рад/с и скоростей перемещения 0,4–1,7 мм/с. Результаты расчетов показали наличие двух максимумов температур под инструментом, наибольшее значение температуры проявляется не в зоне перемешивания, в области задней кромки инструмента.*

**Ключевые слова:** сварка трением с перемешиванием, алюминиевый сплав, расчетная модель, экспериментальная проверка, скорости вращения и перемещения, температурные поля, максимумы

*The article presents the results of calculation studies of temperature fields during friction stir welding of an aluminum alloy plate AMg3. For the developed method of calculation modeling of temperature fields, experimental data on specific heat generation in the material under the tool depending on its peripheral rotation speed and linear displacement were used. The calculation data were compared with experimental studies of temperature fields; after introducing correction factors for determining heat generation, calculations of isotherm fields were made in the range of tool rotation speeds of 40–100 rad/s and travel speeds of 0,4–1,7 mm/s. The calculation results showed the presence of two temperature maxima under the tool; the highest temperature value is not in the stirring zone, but in the area of the trailing edge of the tool.*

**Keywords:** friction stir welding, aluminum alloy, calculation model, experimental verification, rotation and displacement speeds, temperature fields, maxima

УДК 621.791.92: 004.942

**Полосков С.С.**

Московский физико-технический институт (НИУ)

**Ерофеев В.А., канд. техн. наук**

Тульский государственный университет

**Шолохов М.А., д-р техн. наук**

Институт физики металлов УрО РАН

**Бузорина Д.С., канд. техн. наук, Мельников**

**А.Ю., канд. техн. наук**

Уральский федеральный университет

[darja.buzorina@yandex.ru](mailto:darja.buzorina@yandex.ru)

### **ОБ ОЦЕНКЕ ГРАНИЦ ОБЛАСТИ УСТОЙЧИВОГО ДУГОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПРОЦЕССЕ ДВУХДУГОВОЙ НАПЛАВКИ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ**

*Известно, что при двухдуговой наплавке плавящимся электродом с подачей токоведущей присадочной проволоки в отличие от дуговой сварки одним электродом сложно определить режим, на котором обеспечивается устойчивое горение дуг, так как возникает ряд дополнительных технологических параметров режима. В рамках решения проблемы выполнено экспериментальное исследование влияния скоростей подачи электродной и присадочной проволок, а также напряжения питания основной и дополнительной дуг на устойчивое дуговое взаимодействие данного процесса. В качестве критериев устойчивости процесса*

использовали значения дисперсий токов и напряжений основной и дополнительной дуг, а также количество их коротких замыканий и обрывов. Полученные результаты позволили оценить границы области устойчивого дугового взаимодействия перспективного процесса двухдуговой наплавки.

**Ключевые слова:** двухдуговая наплавка, устойчивость дугового взаимодействия дуг, плавящийся электрод, присадочная проволока, скорость подачи проволоки, напряжение дуг

*It is well known that during double-arc consumable electrode surfacing with the supply of current-carrying filler wire, unlike arc welding with a single electrode, it is difficult to determine the operating mode, which provides stable arc burning, as there is a number of additional technological parameters of the operating mode. As part of the solution of the problem, an experimental study of the influence of the feed rates of electrode and filler wires, as well as the supply voltage of the main and additional arcs on the stable arc interaction of the process was carried out. As criteria of process stability we used the values of dispersions of currents and voltages of the main and additional arcs, as well as the number of their short circuits and breaks. The obtained results allowed to estimate the boundaries of the stable arc interaction zone of the promising process of double-arc surfacing.*

**Keywords:** double-arc surfacing, stability of arc interaction between arcs, melting electrode, filler wire, wire feed rate, arc voltage

УДК 621.791.46

**Старостин Н.П., д-р техн. наук,  
Аммосова О.А., канд. техн. наук,  
Петров Д.Д., вед. инженер,  
Данзанова Е.В., канд. техн. наук,  
Тихонов Р.С., канд. техн. наук,  
Ботвин Г.В., канд. техн. наук**

Федеральный исследовательский центр  
«Якутский научный центр Сибирского  
отделения Российской академии наук»  
ammosova\_o@mail.ru

#### **СВАРКА ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ МУФТАМИ С ЗАКЛАДНЫМИ НАГРЕВАТЕЛЯМИ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ. ЧАСТЬ 1. РЕАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ФРОНТОМ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ\***

*Разработанным прототипом аппарата для сварки деталями с закладными нагревателями выполнена электромуфтовая сварка полиэтиленовых труб на открытом воздухе при температурах ниже рекомендованных нормативными документами. Предварительный подогрев и охлаждение с управлением движением фронта кристаллизации материала зон сварного шва и термического влияния осуществлялись автоматически с помощью закладного нагревателя. Сравнением временных зависимостей температур в сварных соединениях, выполненных в стандартных условиях и при низких температурах, показана корректная работа аппарата и эффективность управления тепловым процессом сварки.*

**Ключевые слова:** сварка, полиэтиленовая труба, низкие температуры, тепловой процесс, предварительный подогрев, охлаждение, управление кристаллизацией

*The developed prototype of a machine for electrofusion welding performed welding of polyethylene pipes in the open air at cold temperatures, which were below those recommended by regulatory documentation. The prototype automatically executed preheating and cooling with control of the movement of the crystallization front of the material of the weld zone and heat affected zone via an integrated heated metal coil. Comparing the time dependences of temperatures in welded joints made under standard conditions and at low temperatures shows the correct operation of the prototype and the effectiveness of controlling the thermal welding process.*

**Keywords:** welding, polyethylene pipes, low temperatures, thermal process, preheating, cooling, crystallization control

УДК 621.791

**Зернин Е.А., канд. техн. наук,  
Петрова Е.Д.**

Санкт-Петербургский государственный  
морской технический университет

**Васильев А.Ю.**

Северо-Западный аттестационный научно-  
технический центр «Энергомонтаж»

yuti\_sp@bk.ru

#### **ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ ДУГОВОЙ НАПЛАВКЕ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ СИСТЕМЫ Fe-C-Cr-Ni-Si-Mo-Mn-B-Ti**

*Рассмотрен экспресс-способ оценки равномерности распределения шихты в объеме порошковой проволоки. Приведены результаты экспериментального определения разбрызгивания при наплавке проволокой системы Fe-C-Cr-Ni-Si-Mo-Mn-B-Ti. Показано, что применение функционального покрытия значительно снижает количество брызг, которые можно удалить только механическим путем.*

**Ключевые слова:** порошковая проволока, функциональные покрытия, сварка, наплавка, разбрызгивание

*An express method for assessing the uniformity of charge distribution in the volume of flux-cored wire is considered, given. The results of the experimental determination of spatter during surfacing with wire of the Fe-C-Cr-Ni-Si-Mo-Mn-B-Ti system are presented. It has been shown that the use of a functional coating significantly reduces the amount of splashes that can only be removed mechanically.*

**Keywords:** flux-cored wire, functional coatings, welding, surfacing, spattering

УДК 669.24: 620.196.5: 621.791.669

**Исаев С.Л., асп.,**

**Муратов В.С., д-р техн. наук**

Самарский государственный технический университет

[isl231083@yandex.ru](mailto:isl231083@yandex.ru)

### **МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СТРУКТУРА СВАРНОГО ШВА ПЯНЫХ ОБОЛОЧЕК ИЗ СТАЛИ 12Х18Н10Т**

*Получен рациональный режим электронно-лучевой сварки паяных оболочек из хромо-никелевой стали 12Х18Н10Т. Исследована структура полученных образцов-имитаторов с помощью оптического микроскопа, определен химический состав сварного шва методом спектрального анализа, измерена микротвердость, выполнены испытания образцов на растяжение и изгиб. При испытании на прочность сварных швов разрыв произошел по основному материалу. Причиной образования трещин при сварке явилось попадание элементов припоя в сварной шов.*

**Ключевые слова:** электронно-лучевая сварка, хромо-никелевая сталь, паяные изделия, дефекты, структура, свойства

*A rational mode of electron beam welding of soldering shells of chromium-nickel steel 12Cr18Ni10Ti has been obtained. The structure of the obtained simulator samples was studied using an optical microscope of the weld was determined by spectral analysis, microhardness was measured, tensile, bending tests were performed on the samples. When testing the strength of welded seams, a rupture occurred in the base material. The reason for the formation of cracks during welding was the penetration of solder elements into the weld seam.*

**Keywords:** electron beam welding, chromium-nickel steel, soldered products, defects, structure, properties

УДК 621.791.725

**Романцов А.И.,**

**директор инжинирингового центра**

ОП ООО «ТМК ЭТЕРНО»

**Иванов М.А., д-р техн. наук**

Южно-Уральский государственный университет

[ivanovma@susu.ru](mailto:ivanovma@susu.ru)

### **ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ФОКУСА ПРИ ГИБРИДНОЙ ЛАЗЕРНО-ДУГОВОЙ СВАРКЕ НА РАСПОЛОЖЕНИЕ ДЕФЕКТОВ В СВАРНОМ ШВЕ**

*Использование мощного лазера приводит к существенной трансформации температурного поля при изменении положения фокуса. Изучение положения фокуса при гибридной лазерно-дуговой сварке (ГЛДС) необходимо для поиска оптимальных параметров режима сварки, обеспечивающего получения сварного соединения без внутренних дефектов. Целью исследования является оценка влияния величины фокуса при ГЛДС на расположение дефектов в сварном шве. В результате компьютерного моделирования и экспериментальных исследований установлено, что знак и величина фокуса оказывают существенное влияние на характер нагрева кромок и расположения дефектов в сварном шве.*

**Ключевые слова:** гибридная лазерно-дуговая сварка, дефекты сварного шва, положение фокуса, низколегированная сталь

*The use of a powerful laser leads to a significant transformation of the temperature field when the focus position changes. The study of the focus position at hybrid laser-arc welding (HLAW) is necessary to find the optimal parameters of the welding mode, which ensures that the welded joint is obtained without internal defects. The aim of the study is to assess the effect of the focus value in HLAW on the location of defects in the weld. As a result of computer modeling and*

*experimental studies, it was found that the sign and the magnitude of the focus have a significant effect on the nature of edge heating and the location of defects in the weld.*

**Keywords:** focus position, laser-hybrid welding, HLAW, weld defects, steel