

Альянс сварщиков Санкт-Петербурга и Северо-Западного региона

научно-технический журнал

# Мир сварки

№ 2 (54) 2019

**Тема номера: Инновации в сварке.  
WELDEX 2019 - главное событие в отрасли**

**АВИАЛЬ -  
ведущий производитель  
алюминиевой проволоки  
для сварки и защитной металлизации**



**Алюминиевая проволока для судостроения  
Марки сплавов СвАМг61, СвАМг6, СвАМг5, Св5183, Св1575, Св1587, Св1597**



Свидетельства одобрения РМРС, РРР, НИЦ Прометей





**МАСКИ  
СВАРОЧНЫЕ  
типа хамелеон**

**под вашим  
БРЕНДОМ**

**минимальный заказ:  
300 шт. одной модели**

**срок изготовления: 3 недели  
при повторном заказе: 3 дня\***

\*при наличии полиграфии на складе производителя

**товар сертифицирован**

**СДЕЛАНО В РОССИИ**

# ООО «ПТП «ЗАРЯД»

Работай с производителем. Гарантия лучшей цены!

Современный дизайн



Профессиональное оголовье

Небольшой вес изделия

Надежная защита воротниковой зоны

Легкая замена защитного стекла и светофильтра (рамочный пружинный механизм)

Специальная цена на модель WELDER Ф1 PRO

# 470 Р/шт

Узнайте стоимость других моделей WELDER

e-mail: info@ptpz.ru телефон: 8 (812) 309-35-38 или +7(921) 334-50-21



**В наличии весь модельный ряд сварочных масок под ТМ WELDER**



## МИР СВАРКИ №2(54) 2019

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА:

Главный сварщик АО «ПО»Севмаш» **Аввакумов Ю.В.**

Герой России, д.т.н., почетный гражданин Санкт-Петербурга, Президент Ассоциации судостроителей **Александров В.Л.**

Президент Российского союза выставок и ярмарок, Член Совета Санкт-Петербургской ТПП **Алексеев С.П.**

Главный сварщик НИЦ «Курчатовский институт» ЦНИИ КМ «Прометей», д.т.н. наук **Горбач В.Д.**

Профессор Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (Политех), д.т.н. **Кархин В.А.**

Директор ООО «РСЗ МАЦ», доцент Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (Политех), к.т.н. **Левченко А.М.**

Директор департамента технического развития АО «ОСК» **Ляшенко С.М.**

Зав.кафедрой «Теория и технология сварки», профессор Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (Политех), д.т.н. **Паршин С.Г.**

ИЗДАТЕЛЬ: «ИТЦ «Альянс сварщиков Санкт-Петербурга и Северо-Западного региона»

РЕДАКЦИЯ:

Главный редактор **Рубцова Н.Н.**

Заместитель главного редактора **Кляровский А.В.**

Верстка **Корниенко О.И.**

Адрес редакции: Санкт-Петербург, ул Софийская,66  
Тел.: (812) 3090368,4483775 www.welding.spb.ru

Редакция не несет ответственности за неточности в материалах, предоставленных авторами.

ОТДЕЛ РЕКЛАМЫ:

Вронская Н.А. тел.(812) 3090368

E-mail:ac@welding.spb.ru

СВИДЕТЕЛЬСТВО О РЕГИСТРАЦИИ

ПИ №ФС28428 от 26 декабря 2006 г.

Тираж 3000 экз.

## СОДЕРЖАНИЕ

### НОВОСТИ И ОТЧЕТЫ



Отчет о 15-ой международной выставке и конференции по гражданскому судостроению, судоходству, деятельности портов, освоению океана и шельфа «НЕВА 2019»

4



72 –я Ежегодная Ассамблея Международного института сварки (IIW) в Братиславе (Словакия)

7

Победа сборной России (Russia NAKS Team) в Международном конкурсе

8

### ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ



Сварочное производство. Опыт разработки применения сварочного оборудования на АО «ПО «СЕВМАШ»

10



Диффузионная и холодная сварка заменяют пайку, дуговую и контактную сварку. ООО «СКС»

16

К механизму образования структур HUMPING и их классификация

18



Повышение качества сварки и экономия ресурсов за счет применения средства от налипания сварочных брызг water based anti-spatter

23

### РЕКЛАМА

ООО «Опытный завод «АВИАЛЬ»

ООО «ПТП «ЗАРЯД»

ООО «Си Эл Инжиниринг и Ко»

Выставка «Металлообработка», 25-29.05.2020

ARROW SOLUTIONS.UK

Weldex-Россварка, 15-18.10.2019

Сварка и резка. 7-10.04.2020г. Минск, Белоруссия

ООО «АГНИ»

ООО «ВЫСОКОВАКУУМНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ»

### ОТ РЕДАКТОРА

*Определен вектор развития российского судостроения – международное сотрудничество и кооперация. В том числе, создание совместных производств на рынке российского судостроения и внедрение передовых технологий для модернизации и технического перевооружения судостроительной отрасли.*

*Особое значение приобретает модернизация сварочного производства. Определены основные направления исследований, разработок в области развития сварки, повышение уровня сварочного производства на период до 2025 года: лазерные, электронно –лучевые, аддитивные технологии, компьютерные технологии, сварочная робототехника, разработка и организация производства сварочных материалов, цифровизация производства и пути их внедрения. В этом номере мы продолжаем публиковать материалы конференции «Инновационные сварочные технологии в судостроении, производстве морской техники, строительстве береговых объектов» в программе 15-й юбилейной выставки-конференции по гражданскому судостроению НЕВА 2019, отражающие опыт применения сварочного оборудования и материалов, внедрение которых позволяет повысить качество и производительность, а также снизить издержки в сварочном производстве. Надеемся, что этот номер будет Вам интересен и полезен.*

Коллектив редакции журнала.



## ЮБИЛЕЙНАЯ 15-АЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ГРАЖДАНСКОМУ СУДОСТРОЕНИЮ, СУДОХОДСТВУ, ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОРТОВ, ОСВОЕНИЮ ОКЕАНА И ШЕЛЬФА «НЕВА 2019», С 17 СЕНТЯБРЯ 2019 ГОДА ПРОХОДИВШИЕ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ, В КВЦ «ЭКСПОФОРУМ», ЗАВЕРШИЛИ СВОЮ РАБОТУ 20 СЕНТЯБРЯ

В торжественной церемонии открытия принимали участие избранный Губернатор Санкт-Петербурга, сопредседатель организационного комитета выставки-конференции «НЕВА 2019» Александр Беглов, заместитель Министра транспорта РФ – руководитель Федерального агентства морского и речного транспорта Юрий Цветков, заместитель Министра промышленности и торговли Российской Федерации Олег Рязанцев, Президент АО «Объединенная судостроительная корпорация» Алексей Рахманов и представители зарубежных союзов и организаций.

Избранный Губернатор Санкт-Петербурга Александр Беглов отметил значимость организации судостроительной выставки именно в Санкт-Петербурге, поскольку здесь в 1704 году с закладки Адмиралтейских верфей зародилось отечественное кораблестроение, а современная судостроительная промышленность города, обладающая уникальными технологиями и потенциалом, вызывает интерес иностранных компаний с точки зрения перспективного сотрудничества и кооперации. Заместитель Министра промышленности и торговли Российской Федерации Олег Рязанцев назвал выставку успешной бизнес-площадкой, на которой демонстрируются достижения российского судостроения. Он также заметил, что на «НЕВЕ» обсуждаются перспективы развития отрасли, среди первоочередных задач которой – развитие ледокольного, крупнотоннажного грузового и пассажирского судостроения.

В этом году на площадке было собрано рекордное за все годы проведения количество экспонентов, число которых достигло 654 компаний, 243 из которых – иностранные и 411 – российские.

На площадке были сформированы национальные павильоны Норвегии, Дании, Нидерландов, компактно представлены компании Турции и Кореи. Регионы России представляли компании Севастополя, Татарстана, Дальнего Востока и Приморья.

Общая площадь выставки превысила 30 000 кв. м. На



стендах демонстрировались навигационные системы, портовые технологии и системы обработки грузов, электротехника и электроника, современные материалы и компоненты.

На выставке и в деловой программе были представлены судостроительные и судоходные компании из 29 стран, в числе которых Великобритания, Германия, Греция, Дания, Голландия, Исландия, Испания, Италия, Канада, Китай, Кипр, Норвегия, Польша, Португалия, Республика Беларусь, Республика Корея, Сенегал, страны Балтии, Турция, Швеция, Финляндия, Франция, Япония.

Выставка заняла 3 павильона – F, G, H, пассаж и межпавильонное пространство, в котором разместилась выставка маломерного судостроения – катера, яхты, быстроходные суда повышенной проходимости на воздушной подушке.

Экспоненты выставки представили достижения судостроительной промышленности, проектирования и инжиниринга, передовые технологии и оборудование для судостроения и эксплуатации судов, освоения и добычи минерально-сырьевых ресурсов океана и шельфа. Среди участников юбилейной 15-ой выставки «НЕВА 2019» – ведущие российские судостроительные компании, проектные институты, поставщики судового оборудования и судоходные компании: ОСК, «Адмиралтейские верфи», «ЦКБ «Лазурит», Крыловский государственный научный

центр, «Морские навигационные системы», ВНИИ «Прогресс», ЦТСС, МТ-Групп, «Севкабель», МСС, «Транзас» и многие другие.

Альянс сварщиков Санкт-Петербурга организовал специализированный раздел «Сварка и родственные технологии в судостроении». Среди участников раздела были представлены известные российские компании:

**ООО «Высоковакуумная вентиляция»** предлагает комплексные инженерные решения в сфере промышленной очистки воздуха;

**ООО «ГК Газстройсервис»**, занимается поставкой сварочного оборудования и материалов под торговыми марками ESAB, EWM, KOBELCO, HYUNDAI Welding для технологического перевооружения верфей;

**ООО «СиЭлИнжиниринг»** – один из лидеров в России по поставкам металлообрабатывающего и сварочного оборудования и крепежа ведущих мировых производителей.

**ООО «КРОН-СПб»** – ведущий российский поставщик всех видов сварочных материалов и оборудования, оказывает производственно-инжиниринговые услуги по размещению заказов на металлургическую продукцию;

**ООО «С.Т.Технолджи»** – производственно-торговая компания, официальный дистрибьютор компании Lincoln Electric, реализующая сварочное оборудование и сварочные материалы для различных применений;

**ООО «Редиус 168»** – российский производитель газового оборудования, серийно производит большой спектр газорегулирующего и газопламенного оборудования;

**АО «Опытный завод «Авиаль»** – ведущий российский производитель алюминиевой проволоки для сварки, холодной высадки и металлзации, производство инновационных алюминиевых сплавов системы Al-Mg-Sc для аддитивных технологий и 3D печати;

**ООО «СваркаКонтактСервис»**, занимается разработкой технологий и оборудования для диффузионной и холодной сварки меди, алюминия, серебра и металлокерамики для различных отраслей промышленности.

Деловая программа конференции «НЕВА 2019» состояла из 39 тематических мероприятий, охватывающих весь спектр актуальных для отрасли аспектов.

В технической сессии «Технологическое обеспечение проектирования, постройки и ремонта кораблей и судов» и «Инновационные сварочные технологии для судостроения» в качестве экспертов участвовали ведущие специалисты отрасли, в их числе представители АО «ОСК», АО «ЦТСС», главные сварщики ведущих российских верфей и другие. На заседании был представлен анализ состояния и перспектив развития сварочного производства в судостроительной отрасли, опыт применения сварочного оборудования для технического перевооружения судостроительных предприятий, новые прогрессивные технологии судокорпусного производства и др.



### Итоги выставки

Согласно данным статистики, по сравнению с выставкой 2017 года, на 15,7% увеличились площади, занятые стендами экспонентов, на 7,3% выросли количество представленных компаний, а общая численность посетителей составила 24720, что на 4,7 (19%) тысячи больше предыдущего количества.

В рамках деловой программы состоялось 39 мероприятий, в том числе 7 конференций, 4 семинара, 3 круглых стола, 3 технических сессии, 5 презентаций, 5 церемоний подписания соглашений.

Мероприятия выставки освещали 120 журналистов, представляющие 64 СМИ, в том числе 6 телекомпаний, 12 информационных агентств, 11 печатных и 34 отраслевых издания, 30 из которых являлись официальными инфопартнерами.

Выставка «НЕВА» является крупнейшей гражданской судостроительной выставкой в Восточной Европе и на всем постсоветском пространстве – это первая в России и входящая в пятерку крупнейших мировых выставок этой отрасли.

«Нева» является общепризнанной международной площадкой для делового сотрудничества и экспертного диалога специалистов сферы производства гражданских судов различного назначения, создания морских технических средств для освоения океана и его шельфа, включая Арктическую зону и Северный морской путь, развития судоходства на внутренних водных путях, модернизации рыбопромыслового и специализированного флота, обновления парка портовой техники.

Выставка и конференция «НЕВА» основана в 1990 году по совместному Распоряжению Минсудпрома и Минморфлота СССР, и непрерывно проводится с 1991 года. В 2013 году вышло Распоряжение Правительства Российской Федерации № 1910-р от 21 октября 2013 года о проведении выставки «Нева».

Место проведения: СПб, Петербургское ш., 64/1, КВЦ «Экспофорум»

Организаторы: ООО «НЕВА-Интернэшнл», Dolphin Exhibitions Limited

Устроитель: ООО «Экспофорум-Интернэшнл»



**Компания ООО «Си Эл Инжиниринг и Ко» предлагает на российском рынке сварочное оборудование немецких компаний «OTC DAIHEN» и «Siegmund».**

**В нашу компетенцию входят вопросы, связанные с поставкой, монтажом, наладкой сварочного оборудования, а также гарантийный и послегарантийный ремонт, поставка запасных и расходных частей, проведение обучения персонала**



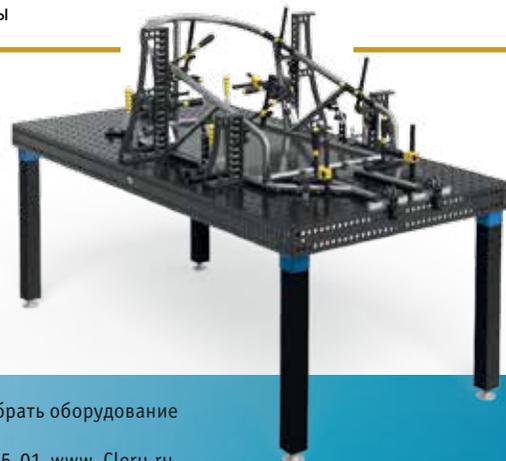
Представляем Вашему вниманию сварочные аппараты «OTC DAIHEN» серии Welbee.

Преимущества инверторов Welbee:

- Вы можете получить дугу с минимальным разбрызгиванием в диапазоне от низкого до высокого тока
- Вы можете достичь отличных результатов даже со стальными материалами с обработанной поверхностью, включая оцинкованную сталь
- Вы можете увеличить производительность наплавки и легко зафиксировать необходимую ширину шва на высокой скорости сварки.
- Вы можете значительно легко создавать красивый сварной шов с модуляцией, аналогичной сварке TIG, регулируя длину дуги и скорость подачи провода с помощью метода сварки с импульсной волной

Сборочно сварочные столы «Siegmund» помогают сэкономить Ваши деньги.

Благодаря высокому качеству сварочных столов Siegmund, Вы приобретаете инструмент, работа с которым становится более точной, а количество производственного брака сокращается. При наличии модульной системы, за короткое время можно выполнить много разнообразных задач. При этом снижается время на переоснастку, экономится место для хранения инструмента и сокращаются складские затраты



«OTC DAIHEN» также представляет линейку роботов для сварки, паллетирования, фасовки, покраски. Компания идёт в ногу с развитием роботизированной отрасли и одной из первых создала 7-ми осевого робота



Специалисты «Си Эл Инжиниринг и Ко» помогут Вам подобрать оборудование и ответят на возникшие вопросы.

г. Санкт-Петербург, ул. Рубежная 6, стр.2. Тел. (812)337-15-01, www. Cleru.ru

## 72-Я ЕЖЕГОДНАЯ АССАМБЛЕЯ МЕЖДУНАРОДНОГО ИНСТИТУТА СВАРКИ (IIW) И МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ 2019 ГОДА ПРОШЛА В БРАТИСЛАВЕ, СЛОВАКИЯ



С 7 по 12 июля 2019г. в г. Братислава (Словакия) прошла 72-я Ежегодная Международная Ассамблея и Конференция Международного Института Сварки.

Международный институт Сварки по состоянию на июль 2019 года объединяет 55 стран участниц, причем некоторые страны имеют несколько сварочных ассоциаций или организаций, совместно являющихся членами участниками.

На 72-м Ежегодном Конгрессе Международного института сварки ( IIW) в Братиславе были проведены совещания и обмен знаниями в рамках 26 технических экспертных комиссий. Главная тема Международной конференции была посвящена решениям в области автомобилестроения «Новые прогрессивные материалы и методы сварки в автомобильной промышленности».

В работе Международной Ассамблеи и Международной конференции приняли участие 800 представителей из 45 стран мира.

В приветствии г-на Петра Дурика Председателя Оргкомитета Ассамблеи отмечена важность встреч лицом к лицу и общения в 21-м веке, который предлагает множество других электронных каналов связи. «Личные встречи в рабочих группах и вечерние общественные мероприятия являются доказательством необходимости обмена научными навыками, опытом и знаниями, а также построения международных отношений для



успешных компаний членов Международного института сварки (IIW). Наша встреча в Братиславе была также очень важной с точки зрения принятия многих важных изменений», - сказал Г-н Дурик.

В работе этого крупного международного форума приняли участие представители Российского Уполномоченного Номинированного Органа по Сертификации Сварочных Производств, как полноправного представителя Российской Федерации в МИС от Российского Научно-Технического Сварочного Общества.

Информация о мероприятии доступна на сайте Ассамблеи и Конференции [www.iiw2019.com](http://www.iiw2019.com) и на сайте Международного Института Сварки - [www.iiwelding.org](http://www.iiwelding.org).

73-я Ежегодная ассамблея и Международной конференция IIW пройдет в следующем году в Сингапуре.



## ПОБЕДА СБОРНОЙ РОССИИ (RUSSIA NAKS TEAM) В МЕЖДУНАРОДНОМ КОНКУРСЕ СВАРЩИКОВ «2019 ARC CUP INTERNATIONAL WELDING COMPETITION»

С 4 по 10 сентября 2019 года в городе Ланфан (КНР) проходил международный конкурс сварщиков «2019 Arc Cup International Welding Competition». В соревнованиях приняли участие более 300 сварщиков из разных стран. По итогам соревнований национальная сборная России (Russia NAKS Team) заняла первое командное место! Поздравляем команду победителей!



Российскую Федерацию на этих соревнованиях представляла команда Russia NAKS Team, сформированная Ассоциацией «Национальное Агентство Контроля Сварки» (НАКС), в составе 37 человек, в том числе 19 сварщиков и 18 инструкторов - представителей ведущих предприятий страны в области сварочного производства:

- ПАО «Газпром»;
- ООО «СПК-Магистраль»;
- АО «ПО «Севмаш»;
- АО «Уральская Сталь»;
- АО «Средне-Невский судостроительный завод»;
- ЗАО «Трест Севзапэнергомонтаж»;
- АО «МОСГАЗ»;
- АО «Мособлгаз»;
- ПАО «Энергоспецмонтаж»;
- ООО «Кэмон-Инжиниринг»;
- ООО «ТМУ СЗЭМ»;
- Ассоциация «НАКС».

**Российская команда (Russia NAKS Team) приняла участие в семи номинациях соревнований:**

1. Ручная электродугуговая сварка;
2. Механизованная сварка;
3. Ручная аргонодуговая сварка;
4. Газовая сварка;
5. Сварка готовой конструкции с использованием четырёх способов сварки;
6. Механизованная сварка алюминия;
7. Автоматическая сварка труб.

Результаты участия российской команды:

По итогам соревнований национальная сборная России (Russia NAKS Team) заняла первое командное место.

**В индивидуальном зачете:**

- 1 место в номинации «Ручная электродугуговая сварка» –

Антон Каменских (ПАО «Газпром»);  
1 место в номинации «Газовая сварка» – Александр Тихонов (АО «МОСГАЗ»);  
1 место в номинации «Механизованная сварка алюминия» – Владимир Королев (ООО «СПК-Магистраль»);  
2 место в номинации «Механизованная сварка алюминия» – Дмитрий Архипов (ООО «СПК-Магистраль»);  
2 место в номинации «Механизованная сварка» – Владимир Королев (ООО «СПК-Магистраль»);  
2 место в номинации «Ручная аргонодуговая сварка» – Александр Попов (АО «ПО «Севмаш»);  
3 место в номинации «Сварка готовой конструкции» – Владислав Ассель (АО «Средне-Невский судостроительный завод»).

**Дипломы за выдающийся профессионализм получили:**

- в номинации «Ручная электродугуговая сварка» – Иван Шумаков (ООО «СПК-Магистраль»);
- в номинации «Механизованная сварка» – Александр Делов (СРО Ассоциация «НАКС»);
- в номинации «Ручная аргонодуговая сварка» – Иван Шумаков (ООО «СПК-Магистраль»), Антон Аффин (ПАО «Энергоспецмонтаж»), Сергей Голодов (ООО «Кэмон-Инжиниринг»), Павел Сокерин (ООО «ТМУ СЗЭМ»);
- в номинации «Газовая сварка» – Игорь Алексеев (АО «Мособлгаз»), Константин Константинов (АО «МОСГАЗ»), Станислав Волков (АО «Мособлгаз»);
- в номинации «Сварка готовой конструкции» – Дмитрий Орлов (АО «МОСГАЗ»), Дмитрий Архипов (ООО «СПК-Магистраль»);
- в номинации «Автоматическая сварка труб» – Павел Кузнецов (Ассоциация «НАКС»), и Сергей Туртунов (АО «МОСГАЗ»).

Ссылка на новость [www.naks.ru/news/](http://www.naks.ru/news/)



Тематический раздел  
**«Сварка и родственные технологии»**

Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»  
[www.metobr-expo.ru](http://www.metobr-expo.ru)  
[www.technoforum-expo.ru](http://www.technoforum-expo.ru)



21-я международная специализированная выставка

# МЕТАЛЛООБРАБОТКА

## 25–29.05.2020

«Оборудование, приборы и инструменты для металлообрабатывающей промышленности»



В рамках проекта «Наука-Технологии-Инновации Экспо» международная политехническая выставка

# ТЕХНОФОРУМ

## 21–24.10.2019

«Оборудование и технологии обработки конструкционных материалов»

Организаторы:  
**60 ЭКСПОЦЕНТР**

**20 СТАНКОИНСТРУМЕНТ**

## СВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО. ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА АО «ПО «СЕВМАШ»

А.А. Горбачева, Н.С. Евдокимова, С.Ю. Сурин, В.М. Усанов  
АО «ПО «Севмаш», г. Северодвинск, Россия

*Сварочное производство АО «ПО «Севмаш» представлено практически всеми существующими в мире технологиями сварки. Это связано с большой номенклатурой изготавливаемых конструкций, а также применяемых марок, категорий стали, сварочных материалов, используемых при строительстве военных заказов, морских платформ, объектов Ростехнадзора, Атомнадзора, изделий машиностроения и других конструкций*

В обществе насчитывается и постоянно находится в работе свыше 3-х тысяч единиц сварочного оборудования, включая уникальное, где технологии сварки реализуются на сложных инженерных объектах.

С целью решения поставленных технических задач специалистами АО «ПО «Севмаш» ведется постоянный поиск современного сварочного оборудования, осуществляется творческое и техническое сотрудничество с фирмами, готовыми разрабатывать и изготавливать сварочное оборудование на современной элементной базе, отвечающее конкретным критериям и особенностям технологии изготовления конструкций на АО «ПО «Севмаш».

1. Примерами уникального сварочного оборудования, разработанного при участии специалистов АО «ПО «Севмаш», внедренного в производство и успешно выполняющего поставленные задачи, являются установки автоматической дуговой электрогазовой вертикальной сварки: «Север-С» (рис. 1) для сварки по щелевому зазору за один проход с толщиной свариваемых деталей до 100 мм и «Север-Н» (рис. 2) для выполнения усиленных стыковых швов.

Разработанное и внедренное в



Рис. 1 – Установка «Север-С»



Рис. 2 – Установка «Север-Н»

производство в 1974 году специализированное оборудование для автоматической вертикальной электрогазовой сварки выработало свой ресурс более чем в четыре

раза, являлось физически изношенным и морально устаревшим. При этом особое беспокойство вызывал тот факт, что на российском и зарубежном рынке отсутствуют аналоги указанного оборудования, а ремонт его невозможен по причине отсутствия ЗИПа.

Решение данной проблемы было возможно лишь путем полного технического перевооружения парка указанного сварочного оборудования, что позволило бы сохранить уникальную не только в России, но и за рубежом технологию автоматической вертикальной электрогазовой сварки ответственных конструкций. Основными достоинствами данного способа сварки являются:

- снижение трудоемкости выполнения сварочных операций при обеспечении требуемого качества сварных соединений и, как следствие, снижение сроков изготовления сварных конструкций
- снижение расхода дорогостоящих сварочных материалов (примерно в 2 раза)
- минимизация деформаций сварных конструкций.

Разработанные сварочные установки представляют собой аналоги ранее применявшихся автоматов «Ритм» и «Вымпел», при этом обладают рядом конструктивных и технологических пре-



Рис. 3 – Сварочный пост АСУ-21



имуществ, новшеств. В сварочных установках реализована автоматическая система контроля уровня сварочной ванны, применены цифровые приборы контроля режимов сварки, современные источники питания инверторного типа, используется система управления на базе промышленного компьютера, контроллер и др.

Обновление парка сварочного оборудования позволило сохранить уникальную технологию автоматической вертикальной электрогазовой сварки по щелевому зазору, а применение при этом современных технических решений повысило производительность труда, что является наиболее приоритетной задачей в условиях возросшего объема заказов. Кроме того, применение современного оборудования позволило обеспечить требуемое качество сварных соединений при относительно низкой трудоемкости. Данное оборудование разработано специалистами АО «ПО «Севмаш» совместно с ООО «Крон-СПб», г. Санкт-Петербург и «Steel MEC Sald» S.R.L, Италия.

2. Аналогичная ситуация сложилась с автоматами для приварки кольцевых ребер жесткости к обечайкам прочного корпуса. Ранее сварка тавровых соединений при изготовлении шпангоутов и их приварка к основному корпусу производилась автоматической сваркой под слоем флюса сварочными автоматами АСУ-5А. Поставка автоматов про-

изводилась до 1981 года предприятием п/я М-5735, (г. Николаев). Автоматы физически устарели, вышли из строя и списаны с производства. В настоящее время ни в России, ни за рубежом нет предприятий, выпускающих сварочные автоматы типа АСУ-5А.

Автоматическая сварка под флюсом автоматами АСУ более производительный процесс по сравнению с ручной сваркой на 65%, полуавтоматической сваркой в среде защитных газов проволокой сплошного сечения на 49%, полуавтоматической сваркой в среде защитных газов порошковой проволокой на 46%.

В результате проведенного большого объема работ, данное оборудование было разработано, изготовлено в кооперации нескольких предприятий в рамках госконтракта. Поставщиком оборудования является ООО «ИТС-Инжиниринг» (г. Москва). Автомат с требуемыми характеристиками, функциями получил наименование АСУ-21 (рис. 3).

Важнейшими отличиями автомата АСУ-21 в сравнении с автоматом АСУ-5А являются: наличие цифровых приборов, позволяющих точно задавать режимы сварки, возможность установки режимов сварки непосредственно перед выполнением сварочных работ и их необходимой корректировки в процессе сварки. Также имеется возможность точной настройки сварочной головки относительно разделки сварива-

емого соединения. Указанные отличия положительно сказываются на повышении качества сварных соединений и упрощают работу сварщика.

Проведены сравнительные исследования сварных швов тавровых соединений, выполненных автоматом АСУ-5А (использованы технологические вырезы из штатных конструкций) и нового автомата АСУ-21. Результаты исследований показали более благоприятную картину формирования многопроходных швов, выполненных автоматами АСУ-21, отсутствие недопустимых дефектов, сопоставимые значения твердости всех зон сварных соединений.

Сварочные автоматы АСУ-21 – совместная разработка АО «ПО «Севмаш», ООО «ИТС-Инжиниринг», г. Москва, ПАО «Фирма СЭЛМА», г. Симферополь.

3. Универсальный сварочный комплекс с дистанционным управлением для сварки цилиндрических конструкций и таврового набора СКАТ-ДУ-010 (рис. 4). Сварочный комплекс предназначен для автоматической одно- и многопроходной сварки под слоем флюса на постоянном токе продольных и кольцевых сварных швов цилиндрических конструкций диаметром от 350 до 4250 мм, а так же стыковых швов плоскостных конструкций и угловых швов с разделкой и без разделок кромок.

Проведенные испытания сварочного комплекса СКАТ-ДУ-010 показали

широкие возможности применения его для изготовления большой номенклатуры конструкций как гражданского, так и военного назначения. Внедрение его в производство позволило снизить трудоемкость, себестоимость работ, уменьшить затраты на подготовку производства.

В настоящее время сварочный комплекс СКАТ-ДУ-010 применяется при выполнении сварки цилиндрических конструкций основных заводов.

Установка является совместной разработкой АО «ПО «Севмаш», ООО «Крон СПб», г. Санкт-Петербург. Изготовитель – компания Steel Mec Sald S.R.L., Италия.

4. Одной из важных задач, стоящих перед специалистами сварочного производства в АО «ПО «Севмаш», является освоение и внедрение в производство нового сварочного оборудования для выполнения автоматической аргодуговой сварки неповоротных стыков трубопроводов.

Целью разработки технологии и внедрения в производство комплекса орбитальной автоматической аргодуговой сварки являлась реализация правительственной задачи импортозамещения путем привлечения российских специалистов для изготовления необходимых производств сварочных автоматов для выполнения автоматической аргодуговой сварки неповоротных стыков трубопроводов.

Многолетний опыт показывает, что применение ручной сварки труб малого диаметра сопряжено со сложностями обеспечения стабильного качества сварных соединений, что особенно недопустимо в условиях агрегатной и общей сборки комплексов и их частей ввиду ограниченной контролепригодности соединений. Кроме того, соединения трубопроводов, выполненные ручной сваркой, обладают пониженным ресурсом работы.

Проведен анализ конструкции морально устаревших, физически изношенных и в настоящее время не

применяющихся в АО «ПО «Севмаш» установок «АСТС 10-42», предназначенных для выполнения автоматической аргодуговой сварки трубопроводов. Были определены недостатки автоматов и разработаны технические требования с учетом возможностей современной техники. В результате проведенных работ определен разработчик автоматов – ООО НПП «Технотрон», г. Чебоксары, который совместно со специалистами отдела главного сварщика спроектировал и изготовил в соответствии с техническими требованиями опытные образцы сварочных установок для выполнения автоматической аргодуговой сварки неповоротных стыков трубопроводов. Сварочный комплекс получил название «ОКА».

Специалистами АО «ПО «Севмаш» проведены работы по пуско-наладке и отработке технологии автоматической аргодуговой сварки неповоротных стыков труб из нержавеющей стали с использованием сварочного комплекса «ОКА»

Рис. 4. Универсальный сварочный комплекс СКАТ – ДУ – 010



Рис. 5 – Сварочный автомат «Флагман»

Сварочный комплекс «ОКА» состоит из: источника питания; пульта управления; блока управления; головки сварочной ОКА 10-45 ИД; приспособления для центровки труб; устройства для намотки проволоки; станка для заточки вольфрамовых электродов; комплекта ЗИПа и расходных материалов; соединительных кабелей.

Комплекс «ОКА» предназначен для промышленного применения при автоматической аргодуговой сварке неповоротных стыков труб диаметром от 10 до 45 мм неплавящимся электродом в среде защитного газа аргона (100% Ar) с автоматической подачей присадочной проволоки.

Технически грамотно разработанная технология орбитальной автоматической аргодуговой сварки с применением современного сварочного комплекса «ОКА» российской разработки позволяет успешно выполнять сварку конструкций трубопроводов основных заказов. Внедрение в производство принципиально новой технологии автоматической орбитальной сварки стыковых соединений трубопроводов неплавящимся электродом в среде аргона с автоматизированной пода-

чей присадочной проволоки, путем привлечения отечественных специалистов по разработке и изготовлению необходимого оборудования, позволяет повысить производительность труда, что является наиболее приоритетной задачей в условиях возросшего объема заказов. Следует отметить, что эксплуатация комплекса «ОКА» не требует привлечения высококвалифицированных электросварщиков.

5. Одной из последних разработок, внедрённых в производство на АО «ПО «Севмаш», является сварочный автомат «Флагман» (рис. 5) для сварки под слоем флюса стыковых соединений цилиндрических и конических секций на сварочных кантователях.

Большой проблемой являлась задача замены устаревших сварочных автоматов АДС-1000 производства ВНИИ ЭСО «Электрик», г. С.-Петербург, применяющихся на кантователях при изготовлении секций основных заказов. Последняя поставка данного оборудования была произведена в 80-е годы. В настоящее время предприятия ВНИИ ЭСО «Электрик» не существует. Основные особенности сварочных автоматов АДС-1000, которые

удовлетворяли эксплуатационным и технологическим требованиям «Севмаша» – это небольшой вес и возможность выполнения сварки сварочной проволокой аустенитного класса диаметром 5,0 мм, что наиболее целесообразно при выполнении сварки стыковых соединений цилиндрических секций на сварочных кантователях.

Сварочные автоматы типа АДС-1000 требовали срочной замены, т.к. устарели как морально, так и физически. Устаревшие источники питания ВДУ-1000УЗ, изношенная механическая часть оборудования, отсутствие возможности выполнения предварительной установки режимов сварки (режимы устанавливаются в процессе выполнения сварки), нет возможности их оперативной корректировки в процессе сварки, наличие стрелочных приборов - амперметра, вольтметра, спидометра, по которым невозможно отслеживать режимы сварки из-за большой погрешности показаний, и т.д.

Важнейшей особенностью новых сварочных автоматов по сравнению с предшественниками является применение цифровой индикации значений режимов сварки, их предварительная установка и возможность необходимой корректировки в процессе выполнения сварочных работ. Данная особенность позволяет контролировать режимы сварки, упрощает манипуляции параметрами сварного шва для получения нужных габаритов, повышать качество выполнения сварного соединения.

При выполнении работ по замене оборудования для сварки под слоем флюса были поставлены следующие задачи:

- сокращение сроков постройки заказов, при обеспечении необходимого качества выпускаемой продукции
- проведение анализа современного рынка сварочного оборудования и определение разработчика и изготовителя автомата

- формирование технических требований с учетом особенностей сварочного автомата, необходимых для работы на конкретных конструкциях
- изготовление опытного образца сварочного автомата
- проведение испытаний в производственных условиях АО «ПО «Севмаш»
- закупка штатного оборудования
- внедрение в производство.

Проведенный анализ рынка современного отечественного и зарубежного сварочного оборудования показал, что в основном рынок наполнен сварочными автоматами китайского производства, продающимися как под брендом фирмы производителя, так и под маркой российских предприятий: «Сварог», «Aotai», «Эллой», «Лига сварки», «Profarc», «AurograPRO», «Jasic», «EvoSpark» и др. Подобное оборудование (автоматы Т-3 с АДУ-1250 фирмы «Лига свар-

ки», МС-1000А фирмы «Эллой») неоднократно проходило испытания в условиях АО «ПО «Севмаш», в результате чего было выявлено значительное количество недостатков: нестабильность сварочного процесса, маленький клиренс трактора, перегрев кабелей и токоподвода, несоответствие правилам ПУЭ и т.д. Многолетний опыт работы специалистов АО «ПО «Севмаш» с оборудованием для автоматической сварки под флюсом показывает, что качественное оборудование, обеспечивающее стабильный процесс сварки выпускает фирма «ESAB» (Швеция). Более 20 лет в АО «ПО «Севмаш» применяются сварочные автоматы А2 и А6 фирмы «ESAB». Прямую замену сварочных автоматов АДС-1000 автоматами фирмы «ESAB» выполнить было невозможно, так как сварочные автоматы А2 имеют небольшую массу, но предназначены для сварки проволокой

диаметром до 4,0 мм, а сварочные автоматы А6 при возможности применения на них проволоки диаметром 5,0 мм имеют недопустимо большую массу (ориентировочно 110 кг). Сравнение сварочных автоматов А2, А6 и АДС-1000 приведены в таблице 1. В связи с указанными причинами была поставлена задача разработки в нового специализированного автомата на современной элементной базе для сварки под флюсом проволокой диаметром до 5,0 мм включительно, обеспечивающего высокое качество сварных соединений, высокую работоспособность, надежность при низком энергопотреблении, не имеющего аналогов на мировом рынке. При разработке нового сварочного автомата учтены следующие особенности, позволяющие проводить сварочные работы на конкретных конструкциях:

- клиренс сварочного трактора должен обеспечивать уверенное прохождение усиленных сварных швов и составлять 18-50 мм
- трактор должен иметь возможность регулирования сварочной головки в вертикальном (вверх-вниз) и радиальном положениях, а также обеспечивать регулирование в горизонтальной плоскости, перпендикулярно направлению движения трактора
- компоновка узлов трактора должна обеспечивать устойчивость трактора при движении и исключать возможность его опрокидывания
- трактор автомата должен иметь небольшой вес, т.к. при производстве работ, возникает необходимость перемещения трактора
- в связи с тем, что аустенитная сварочная проволока (особенно диаметром 5,0 мм) имеет большую жесткость, механизм подачи проволоки должен обеспечивать ее стабильную подачу при выполнении сварочных работ
- сварочный автомат должен иметь функции горячего старта и заварки кратера
- индикация параметров режимов сварки должна быть цифровой
- скорость сварки должна задаваться и фиксироваться в см/мин
- блок управления сварочным автоматом должен обеспечивать возможность предварительной установки параметров режимов сварки и их оперативное регулирование в процессе выполнения работ
- трактор должен иметь лазерный указатель для возможности обеспечения точной траектории движения при сварке
- конструкция токоподвода должна исключать его перегрев;
- система подачи флюса должна обеспечивать бесперебойную подачу флюса и исключать его застревание.

Компанией ООО «Газстройсервис» был скомпонован опытный образец и поставлен для испытаний в АО «ПО «Севмаш», сконструированный

на современной элементной базе, не имеющий аналогов на мировом рынке. Сварочный автомат получил наименование «Флагман». Автомат позволяет выполнять сварку под слоем флюса проволокой диаметром до 5,0 мм включительно, при этом обеспечивая высокое качество сварных соединений, высокую работоспособность, надежность при низком энергопотреблении. Отличительными особенностями сварочного автомата «Флагман» по сравнению с АДС-1000 являются:

- наличие управляемого тиристорного источника питания LAF 1001, выполненного на базе современных элементов электроники, при этом имеется возможность комплектации сварочного трактора с источниками питания серий LAF, TAF и Aristo 1000
- меньшая масса источника питания LAF 1001 – 330 кг (масса ВДУ-1001 составляет 850 кг)
- наименьшие габариты источника питания LAF 1001 – 646 552 1090 мм (габариты ВДУ-1001– 1150 1850 900 мм)
- более высокий КПД – 88% (КПД ВДУ-1001 составляет 82%)
- более высокая стабильность процесса сварки
- наличие электронного блока управления с удобным интерфейсом и возможностью точной регулировки режимов сварки в процессе работ.

Автомат неоднократно проходил испытания на «Севмаше» как в условиях лаборатории сварки, так и в условиях цеха. После проведения испытаний оформлялись акты с замечаниями, предложениями по совершенствованию компоновки узлов автомата, внесению дополнений в его конструкцию. Сварочный автомат «Флагман» является совместной разработкой специалистов АО «ПО «Севмаш» и ООО «Газстройсервис». В октябре 2017 года на АО «ПО «Севмаш» поступила партия сварочных автоматов «Флагман» в комплекте

с источниками питания LAF 1001 в количестве 18 единиц. Сварочные автоматы «Флагман» за период эксплуатации зарекомендовали себя как надежные автоматы. Возможность работы сварочных автоматов с проволоками диаметрами от 3,0 мм до 5,0 мм, позволила адаптировать автоматы под сварку различных конструкций. Персонал без трудностей освоил новые автоматы с достаточно простым управлением, позволяющим устанавливать требуемые режимы сварки, контролировать их во время выполнения работ и при необходимости производить их корректировку. Применение автоматов «Флагман» позволило повысить качество выполняемых сварных соединений, снизить трудоемкость.

Приведенные примеры показывают, что АО «ПО «Севмаш», для решения вопросов сварочного производства, в части оснащения современным сварочным оборудованием, разработкой и внедрением инновационных технологий, стремится использовать высокопроизводительные технологии сварки, позволяющие значительно снизить стоимость изготовления конструкций, с получением качественных, равнопрочных соединений при изготовлении корпусов АПЛ и значительно снизить стапельный период формирования заказа. В целях реализации производственных технических задач специалисты АО «ПО «Севмаш», производят постоянный мониторинг сварочного оборудования лучших мировых производителей. В результате творческого союза проектантов, изготовителей оборудования и Заказчика, в лице специалистов АО «ПО «Севмаш», и рождается принципиально новое сварочное оборудование на современной элементной базе, с системами мониторинга и автоматического управления, отвечающее конкретным производственным задачам.

Таблица 1 – сравнение технических характеристик сварочных автоматов

№	Наименование параметра	АДС-1000 «Электрик»	А2 «ESAB»	А6 «ESAB»	Флагман ООО «Газстройсервис», АО «ПО «Севмаш»
1	Масса трактора (без кассеты и флюсового бункера), кг	60	47	110	73,9
2	Клиренс, мм	55	32	32	35
3	Возможность сварки аустенитной проволокой диам. 5,0 мм	+	--	+	+
4	Наличие слайдера, обеспечивающего перемещение стойки со сварочной головкой в горизонтальной плоскости в направлении перпендикулярном направлению движения трактора	--	--	--	+
5	Наличие вертикального слайдера для возможности позиционирования сварочной проволоки в вертикальном направлении (вверх-вниз)	+	+	+	+
6	Наличие кругового слайдера для обеспечения перемещения сварочной проволоки в радиальном направлении	+	+	+	+
7	Возможность исполнения сварочной головки в левом исполнении	+	+	+	+
8	Наличие ручек на каретке сварочного трактора для удобства перемещения	+	--	--	+
9	Наличие лазерной указки	--	+	+	+
10	Источник питания	ВДУ-1001	LAF/TAF/Aristo 1000		



# К МЕХАНИЗМУ ОБРАЗОВАНИЯ СТРУКТУР HUMPRING И ИХ КЛАССИФИКАЦИИ

Продолжение статьи. Начало в №1(52) Шнеерсон В.Я., КТН

В работе кратко изложены результаты исследований по механизму формирования периодических дефектов сварных швов - структур типа Humpring и их классификации; классификация структур Humpring проведена на основании анализа структур, зарождающихся в кратерах ванн; показано, что в зависимости от места зарождения структур Humpring и их геометрии эти структуры можно разделить на пять типов, при этом каждому типу структур Humpring соответствует своя совокупность явлений, поэтому для их математического описания требуются разные математические модели; механизм зарождения структур рассмотрен на примере одного из простейших типов структур Humpring - структур, образующихся при оплавлении торца пластины; в статье приведены зависимости для режимов сварки для некоторых типов структур, при которых образуются такие дефекты формы шва.

## 3.3. Исходные структуры при зарождении структур Humpring.

Каждый элемент структур формируется не из всей, имеющейся на данный момент массы расплава ванны, а является результатом постепенного накопления в зарождающейся структуре металла, поступающего с передней стенки кратера (рис.4).

Зарождение всех типов структур Humpring происходит на передней стенке кратера ванны вдоль его центральной оси или на его боковых стенках. На рис.2 (фото 1), рис.3 (фото 1,2) исходные структуры обозначены стрелками.

Основными формами исходных Humpring-структур являются структуры, близкие по форме к ундулоидам и фигурам бочкообразной формы (см.рис.1; фото 1; рис.2, фото 1-4; рис.4) или близкие к эллипсоидам (см.рис.1, фото 5 и рис.3, фото 1).

**3.4. Форма и размеры структур Humpring.** Геометрия структур Humpring определяется формами тела структуры и впадины структуры. Форма тела структур Humpring зависит от соотношения их длины и ширины. Они могут быть соизмеримы, в этом случае они близки к эллипсоидам (рис.1, фото 5; рис.3, фото 1), (здесь имеется в виду режим устойчивого формирования структур, а не этап перехода от режима нормального формирования к режиму образования структур). Если длина структуры намного больше ее

ширины, то в этом случае они близки по форме к ундулоидам или фигурам бочкообразной формы. Это структуры типа ВСМС и ВСМС (см.рис.1, фото 1; рис.2, фото 1). Далее в статье под формой структур Humpring подразумевается тело структуры. В опытах были установлены соотношения для шага периодичности структур, максимального размера их поперечного сечения и высоты структуры.

**3.5. Структуры типа ВСМЕ являются простейшим видом структур Humpring.** На основе исследования структур этого типа можно определить основные закономерности формирования и остальных видов структур, поэтому в работе было обращено, в первую очередь, внимание на изучение именно этого вида структур. Главные результаты исследований структур типа ВСМЕ приведены ниже. Основные режимы формирования структур Humpring типа ВСМЕ при оплавлении торца образца характеризуются следующими количественными показателями (параметрами формирования): токами  $I_{np}$ ,  $I_{opt}$ ,  $I_n$  и соответствующими им мощностями дуги -  $P_{np}$ ,  $P_{opt}$ ,  $P_n$ . Параметры формирования определяют нижнюю и верхнюю границы режимов нормального формирования слоя (токи  $I_{np}$  и  $I_{opt}$ ) и нижнюю границу образования структур Humpring ( $I_n$ ) и являются чувствительными критериями влияния различных факторов процесса оплавления (сварки) на

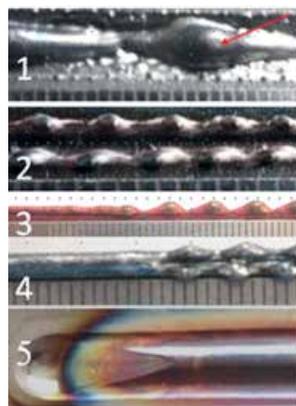


Рис.2. Структуры Humpring типа ВСМ (фото 1: структуры Humpring типа ВСМС; оплавление аргонодуговой горелкой; сталь низкоуглеродистая, 2,0 мм; ток дуги 320 А, скорость оплавления 3,0 см/с; фото 2: структуры двойного Humpring типа ВСМС; оплавление аргонодуговой горелкой; сталь низкоуглеродистая, 2,0 мм; ток дуги 200 А, скорости оплавления 3,0 см/с; фото 3: структуры Humpring типа ВСМЕ; оплавление торца пластины из меди толщиной 1,0 мм плазменной горелкой; скорость оплавления 2,8 см/с; слева - режим нормального формирования, ток дуги 85 А, справа - структуры Humpring, ток дуги 105 А; фото 4: структуры Humpring типа ВСМЕ при плазменной сварке торца пластин толщиной 1+1 мм; сталь низкоуглеродистая; скорость сварки 4,5 см/с; слева: с поперечными колебаниями дуги в магнитном поле частотой 50 Гц, индукция магнитного поля - 35 мТс; справа: без колебаний дуги; ток дуги 180 А; фото 5: режим нормального формирования; оплавление нержавеющей стали типа Х18Н9Т толщиной 2,0 мм аргонодуговой горелкой; ток дуги 240 А, скорость оплавления - 3,0 см/с)

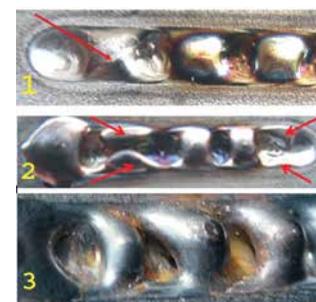


Рис.3. Структуры Humpring типа GRM (оплавление пластин аргонодуговой горелкой; фото 1: зарождение структур типа GRMC при поступлении металла в структуру через всю ширину кратера; сталь нержавеющая типа Х18Н9Т толщиной 4,0 мм; ток дуги 250 А, скорость оплавления 3,0 см/с; фото 2: зарождение структур Humpring типа GRMS при поступлении металла в структуру через боковые стенки кратера; сталь нержавеющая типа Х18Н9Т толщиной 4 мм; ток дуги 300 А, скорость оплавления 3,0 см/с; фото 3: образование впадин в структурах; сталь низкоуглеродистая толщиной 6,0 мм; ток дуги 300 А, скорость оплавления 1,0 см/с)

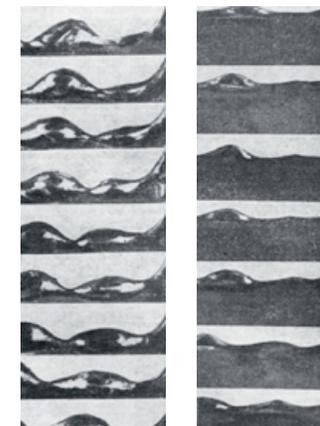


Рис.4. Процесс зарождения формирования структур Humpring типа ВСМЕ при оплавлении торца низкоуглеродистой стали толщиной 1,0 мм плазменной горелкой при токах  $I_n$  - токах образования этих структур (слева: скорость оплавления 0,3 см/с; ток 27 А; интервалы между снимками 0,3 с; справа: скорость оплавления 4,5 см/с; ток 90 А; интервалы между снимками 0,03-0,04 с)

формирование слоя и позволяют оптимизировать процесс сварки. Параметры формирования связаны со скоростью перемещения и толщиной пластины при «слабом» сжатии дуги следующими эмпирическими соотношениями:

$$I_{opt}^2 = 1,0 \times 10^3 V^n b^{2,3}; I_n^2 = 1,84 \times 10^3 V^n b^{2,3}, (1)$$

где  $V$  - скорость оплавления, см/с;  $b$  - толщина металла, мм;  $n$  - показатель степени, зависящий от толщины образца (например, для толщин 0,5 мм, 1,0 мм и 2,0 мм он равен, соответственно, 0,70; 0,87 и 1,00); коэффициенты уравнений зависят от степени сжатия дуги и др. факторов процесса. Так, при диаметре сопла 3,0 мм, расходе аргона 2,0 л/мин коэффициенты равны  $0,75 \times 10^3$  и  $1,55 \times 10^3$ .

Опытные значения параметров формирования связаны между собой следующими соотношениями:

$$I_n / I_{opt} = 1,36 \pm 0,2$$

$$I_n / I_{np} = 2,1 \pm 0,2 (2)$$

Т.е., между параметрами формирования существуют четкие коли-

чественные соотношения. Этот же вывод относится и к соответствующим им мощностям дуги. Результаты опытов и расчетов по уравнениям (1) приведены в таблице 1. Как следует из таблицы расчетные значения удовлетворительно соответствуют опытным данным.

Геометрические характеристики поперечного сечения при токах  $I_{opt}$  имеют предельные значения (рис.5). **4. Обсуждение полученных результатов**

**4.1. Особенности образования структур типа ВСМ:** ВСМЕ (рис.1, фото 1; рис.2, фото 1,3, рис.4), ВСМС (рис.1, фото 1) и типа ВСМС (рис.2, фото 2, фото 4).

4.1.1. К механизму образования структур ВСМЕ. Из рис.4 следует, что структуры образуются в результате торможения слоя металла, поступающего с передней стенки кратера. Как показано в [12,13], металл с передней стенки всегда уходит в виде тонкого слоя (толщиной порядка нескольких сотых миллиметра), независимо от режима формирования.

Геометрические характеристики поперечного сечения при токах  $I_{opt}$  имеют предельные значения (рис.5). При определенных режимах сварки геометрия кратера изменяется таким образом, что создаются условия для торможения и остановки слоя металла не в хвостовой части кратера, а в его средней части [14,15], рис.4. В результате образуется исходная структура Humpring, которая уже перемещается со скоростью, равной скорости перемещения образца. Далее происходит натекание металла на эту структуру, рост ее размеров и окончательное формирование структуры. Опыты по сдвигу металла ванны показали, что металл на этапе зарождения структур находится в жидком состоянии [15].

Этот механизм образования структур Humpring отличается от предложенного в работах [5,8]: «that humping was caused by periodic premature solidification of the thin liquid film at the bottom of the gouged region of the weld pool». Второй причиной образования исходных структур может быть следующая. При течении тонкого слоя вязкой жидкости возможно возникновение волнообразного режима. Благодаря этому механизму при определенных режимах вследствие возрастания сил поверхностного натяжения ровная поверхность пленки металла на передней стенке кратера преобразуется в волнообразную.

Мощность дуги  $P_n$  можно найти из условия остановки слоя в средней части кратера. Это условие имеет вид [12]:

$$\sin \alpha \cos(\alpha + \beta) = \sin \beta (3)$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  - углы наклона передней и задней стенок кратера.

В работе было получено следующее соотношение для напряжения дуги:

$$U = 6,5 + 10^3 b + 17V^{0,2}, (4)$$

где  $b$  - толщина образца в мм, размерность скорости в м/с. Используя это уравнение и, зная мощности дуги  $P_n$ , можно определить параметр формирования структур ВСМЕ - ток  $I_n$ ,

Таблица 1. Зависимость параметров формирования - токов  $I_{нп}$ ,  $I_{опт}$ ,  $I_{п}$  (опытные значения, расчетные значения по уравнению (1) и расчетные значения по уравнению (2) от скорости оплавления торца пластин из низкоуглеродистой стали толщиной (сверху вниз) 0,5; 1,0 и 2,0 мм плазменной горелкой (диаметр сопла 5мм, расход аргона 2Л/мин)

V, см/с	$I_{нп}$ - нижняя граница режима НФ, А	$I_{опт}$ - верхняя граница режима НФ, А	$I_{п}$ - нижняя граница режима формир.струк. ВСМЕ, А
0,3	7/6,1/ 4,5	10/9,5/6,4	12/12,9/8,9
0,6	9/7,6/5,5	13/11,8/8,2	15/16,0/11,5
1,0	12/9,1/7,6	15/14,1/11,4	18/19,1/16,0
1,6	15/10,8/9,6	17/16,7/14,4	22/22,6/20,2
2,8	17/13,1/12,1	21/20,3/18,1	24/27,5/25,4
4,5	20/15,4/14,5	25/23,9/21,7	32/32,4/30,4

V, см/с	$I_{нп}$ - нижняя граница режима НФ, А	$I_{опт}$ - верхняя граница режима НФ, А	$I_{п}$ - нижняя граница режима формир.струк. ВСМЕ, А
0,3	12/11,9/12,2	19/18,4/18,4	27/25,0/25,7
0,6	18/16,2/16,8	25/25,1/25,2	33/34,0/35,3
1,0	20/20,4/21,3	30/31,6/32	40/42,8/44,8
1,6	27/25,2/27,0	38/39,1/40,4	52/53,0/56,6
2,8	35/32,4/32,8	50/50,2/49,2	70/68,1/68,9
4,5	40/40,1/38,9	60/62,2/58,4	90/84,3/81,7

V, см/с	$I_{нп}$ - нижняя граница режима НФ, А	$I_{опт}$ - верхняя граница режима НФ, А	$I_{п}$ - нижняя граница режима формир.струк. ВСМЕ, А
0,3	30/25,0/33,4	40/38,8/50,1	58/52,6/70,2
0,6	35/35,4/47,2	53/54,9/70,8	72/74,4/99,2
1,0	38/45,8/59,2	70/70,9/88,8	95/96,1/124,4
1,6	45/57,9/70,7	90/89,7/106,0	115/121,6/148,4
2,8	58/76,6/87,1	115/118,6/130,7	160/160,9/183,0
4,5	82/97,1/99,3	145/150,4/145,5	200/204,0/208,6

определяющий режим образования этих структур.

Параметры формирования – токи  $I_{опт}$  и  $I_{нп}$  затем можно найти из связи между токами  $I_{п}$  и  $I_{опт}$  и  $I_{нп}$  (уравнение (2)). Эти значения токов близки к значениям, полученным из соотношений (1). Зная эти токи дуги  $I_{опт}$  можно затем определить и соответствующие им мощности дуги. На основании полученного соотношения для глубины проплавления [15], можно определить предельное значение высоты оплавленного слоя (которое принято равным глубине проплавления) и площадь оплавлен-

ного слоя при режиме нормального формирования. Площадь оплавленного слоя торца  $S$  при токах  $I_{опт}$  (мощности  $R_{опт}$ ) равна (ориентировочно):

$$S = 0,85 H_b \quad (5)$$

Предельное расчетное значение высоты слоя и площади оплавленного слоя в режиме нормального формирования удовлетворительно соответствует опытным данным, что подтверждает предложенный механизм формирования структур этого типа.

**4.1.2. К механизму образования структур типа ВСМС при оплавлен-**

**нии плоскости пластин** (рис.2, фото 1). Образование структур в этом случае сопровождается такими же явлениями, как и при образовании структур ВСМЕ, и при этом основная часть расплава ванны течет вдоль центральной оси кратера ванны. Условие торможения потока металла в средней части кратера, подобное соотношению (3), можно найти и при оплавлении плоскости пластин. Главным отличием ВСМС- структур от структур типа ВСМЕ является то, что размер базы, на которой формируется структура, есть переменная величина, которая зависит от ширины оплавленного слоя и от распределения металла по передней стенке кратера. В то время как при оплавлении торца (при образовании структур типа ВСМЕ) он имел значение, близкое к толщине образца.

**4.1.3. К механизму образования структур двойного Humping типа ВСМС** (рис.2, фото 2). Образование структур этого типа сопровождается следующими явлениями: (1) разделение слоя металла передней стенки на два потока; в этом случае основная часть расплава ванны течет по боковым стенкам кратера; (2) оттеснение их к боковым стенкам кратера ванны; (3) торможение и остановка этих потоков на боковых стенках кратера; (4) зарождение на них двух исходных структур; (5) рост и окончательное формирование двух рядов структур.

**4.2.Особенности образования структур Humping типа GRMC** (рис.3, фото1) **и типа GRMS** (рис.3, фото 2,3).

**4.2.1.К механизму образования структур типа GRMC** (рис.3,фото1). Механизм формирования этих структур аналогичен формированию структур типа ВСМС. Главное отличие заключается в том, что в этом случае структуры близки по форме к эллипсоиду. Такая форма структур возникает при относительно широкой ванне. Характерным для этих структур является то, что длина

структуры соизмерима с ее шириной, но на этапе перехода от режима нормального формирования к образованию структур их длина может быть больше ширины.

Образование той или иной формы структур (типа ВСМС или типа GRMC) зависит от соотношения сил поверхностного натяжения, стягивающих структуру, и сил поверхностного натяжения, удерживающих структуру на расплавленных кромках ванны.

**4.2.2.К механизму образования структур Humping типа GRMS** (рис.3, фото 2,3). На этапе зарождения структур действует примерно такой же механизм, как и при образовании структур типа ВСМС (см. п. 4.1.3. Но далее добавляются следующие явления: с ростом мощности дуги (при заданной скорости оплавления) происходит рост размеров этих структур, и при определенных размерах поперечного сечения структур они соприкасаются и сливаются (рис.3, фото 2). При этом возможно образование полостей (рис.3, фото 3).

Из пунктов 4.1 и 4.2. следует, что каждому типу структур Humping соответствует своя совокупность явлений, сопровождающих их образование. Поэтому для их математического описания требуются разные математические модели. В работах [16,17] приводятся соотношения для определения геометрических размеров структур Humping разного типа.

**5. К предотвращению образования структур Humping.** Как показали исследования, наиболее вероятной причиной зарождения структур Humping является остановка потока металла в средней части кратера ванны. Поэтому, исключив это явление, можно предотвратить образование структур Humping.

Были проведены опыты по преобразованию режима формирования структур типа ВСМЕ в режим формирования слоя с относительно ровной поверхностью. Для этого в первом случае воздействовали на поток



Рис.5. Преобразование режимов формирования оплавленного слоя при оплавлении торца низкоуглеродистой стали плазменной горелкой (скорость оплавления 0,6 см/с; фото сверху: использование отклонений дуги магнитным полем в хвостовую часть ванны; частота 50 Гц, индукция магнитного поля – 25 тТс; толщина образца 1,0 мм, ток дуги – 70 А); фото внизу: использование дополнительного расхода аргона; толщина образца 1,8 мм; диаметр сопла горелки 3,0 мм; слева: ток 40 А, расход аргона – 1,7 Л/мин; в центре: ток 50 А, расход аргона – 1,7 Л/мин; справа: ток 55 А, расход аргона 4,8 Л/мин)

металла повышенным давлением плазмообразующего газа, а во втором случае использовали периодические отклонения дуги с помощью магнитного поля в сторону хвостовой части ванны (рис.5). При этих воздействиях исключалась остановка потока металла в средней части кратера. Необходимо отметить, что, хотя образованная при этом поверхность слоя шершавая, негладкая, эти эксперименты показали, что можно исключить образование структур Humping. Эти опыты подтвердили предложенную гипотезу о возможности формирования этих структур.

Одним из методов расширения области нормального формирования шва (определяемой разностью токов ( $I_{опт}$  -  $I_{нп}$ )) и предотвращения образования структур Humping при больших значениях тока при сварке торцовых соединений (рис.2, фото 4) является применение поперечных колебаний дуги в магнитном поле. Так, при сварке пластин толщиной 1+1 мм без поля при скорости сварки 4,5 см/с параметр  $I_{опт}$  – равен 180 А (при этом необходимо использование прихваток), а применение колебаний дуги увеличивает параметр  $I_{опт}$  – до 280 А и при этом нет необходимости использования прихваток.

В заключение надо подчеркнуть, что предложенный механизм образования структур Humping не исключает возможность их формирования и за

счет механизма потери устойчивости ванны расплава, которая может иметь место при определенных режимах сварки.

*Выводы по работе*

1. Наиболее вероятным механизмом для зарождения всех типов структур Humping является торможение и остановка потока металла в средней части кратера ванны при определенных режимах сварки.

2. В зависимости от места зарождения структур Humping (по центральной оси кратера ванны или на его боковых стенках) и от соотношения между длиной структуры и ее шириной эти структуры могут быть разделены на пять типов: ВСМЕ, ВСМС, ВСМС, GRMC и GRMS.

3. Самым простым типом структур Humping являются структуры типа ВСМЕ, образованные при оплавлении торца пластины, а самым сложным типом структур являются структуры типа GRMS.

4. Каждому типу структур Humping соответствует своя совокупность явлений, сопровождающих их образование, поэтому для их математического описания требуются разные математические модели.

5. В работе предложены методы воздействия на поток металла в кратере ванны, позволяющие преобразовать процесс образования структур Humping типа ВСМЕ в формирование слоя металла с относительно ровной поверхностью.

# УСТАНАВЛИВАЕМ СТАНДАРТЫ И ПОВЫШАЕМ КАЧЕСТВО СВАРКИ



Arrow Solutions - ведущий производитель специализированных чистящих продуктов и химических средств обслуживания для всех отраслей промышленности.

Наша высококачественная продукция поставляется более чем в 50 стран, где ежедневно решает проблемы для тысяч компаний. Наша репутация в области инноваций и в производстве высочайшего качества признана многочисленными наградами, аккредитациями и одобрениями от ведущих мировых производителей.



**НОВИНКА!**

## SHIELD NF

Негорючая защита от коррозии, вытеснитель воды и легкая смазка.



## WATER BASED ANTI SPATTER

(анти-брызги для сварки) – повышает качество сварки. Позволяет исключить/минимизировать ресурсы, затрачиваемые на механическое удаление сварочных брызг. Не оказывает негативное воздействие на последующую окраску или иные защитные покрытия.



## LOTOXANE

Проверенное безопасное решение для профессионального обезжиривания! Безопасный, безводный обезжириватель. Пожаробезопасный, практически не имеет запаха. Одобрен ведущими производителями: Боинг(Boeing), Эйрбас (Airbus), Роллс-Ройс (Rolls-Royce).



Эталон очистки и технического обслуживания

Изготовлен: Arrow Solutions, Rawdon Road, Moira, Swadlincote, Derbyshire, DE12 6DA, UK.

Телефон в РФ +79214121009 . www.arrowchem.ru . info@arrowchem.ru

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СВАРКИ И ЭКОНОМИЯ РЕСУРСОВ ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВА ОТ НАЛИПАНИЯ СВАРОЧНЫХ БРЫЗГ WATER BASED ANTI-SPATTER

Сергей Белозёров, Менеджер по развитию бизнеса Arrow Solutions  
Лыков Вячеслав, заместитель Директора ООО «Техносвар КС»

*Современному промышленному предприятию для удержания лидирующих позиций в условиях ускоряющегося научно-технического прогресса важно применять передовые технологии. Игнорирование данного утверждения ведёт к технологическому отставанию, и, как следствие вытеснению конкурентами, применяющими более передовые методы. В сварочном производстве одной из таких технологий является предотвращение налипания сварочных брызг на свариваемые детали и окружающие предметы с помощью предварительной их обработки средством от налипания сварочных брызг Water based anti-spatter (далее сокращённо WBAS)*

Учитывая, что сварочные брызги при абразивной очистке полностью не удаляются, их приходится удалять вручную при помощи зубила или шлифовкой. В этой статье мы рассмотрим каким образом сократить трудозатраты и как обеспечить качественное выполнение сварочных работ.

Предотвратить появление сварочных брызг помогает современное средство, препятствующее их налипанию на свариваемые поверхности WBAS.

Препарат является водным раствором активных веществ, ингибитора коррозии и красителя для облегчения распознавания обработанных поверхностей.

Одним из несомненных преимуществ WBAS является простота его использования:

нанести неразбавленный WBAS на поверхности около места сварки. После сварки излишки WBAS можно стереть тканью или смыть водой. Если поверхности должны быть окрашены после сварки, их следует очистить и обезжирить перед нанесением краски обычным способом, как и без применения WBAS.

В результате применения WBAS удается значительно повысить качество сварных соединений и последующего лакокрасочного покрытия за счёт:

1. Значительного снижения на 80-90% сварочных брызг, сплавленных с основным металлом (см. рисунки 1 и 2). Это позволяет минимизировать, а в ряде случаев исключить последующее механическое удаление сварочных брызг шлиф машинами или иными средствами;
2. Отсутствия негативного влияния на устойчивость горения сварочной дуги и формирование сварного шва;
3. Отсутствия пор в сварном шве;

4. Не содержащая масел и силикона жидкость WBAS не приводит к ухудшению адгезии покрытия, применяемых на большинстве предприятий Российской Федерации, стран Таможенного Союза и СНГ в том числе катодозного, порошкового, гальванического.

5. Соответствия ГОСТ 9.402-2004 «Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей к окрашиванию». Где в пункте 4.4 сказано «На поверхностях изделий, подлежащих подготовке к окрашиванию, не допускаются <...> сварочные брызги...»

6. После применения WBAS на стали практически отсутствуют продукты горения (чёрный налёт), что обеспечивает лучший внешний вид по сравнению с использованием аналогичных средств.



Рисунок 1. Сварка без WBAS



Рисунок 2. Сварочный шов с применением WBAS

Для работы сварщика и обеспечения его хорошего самочувствия отмечен следующий важный момент: в процессе сварки не выделяется неприятный дым и запах, вызванный применением WBAS

В плане повышения безопасности важным является и то, что в состав WBAS не входят легковоспламеняющиеся вещества, что гарантирует безопасность его применения в процессе сварки.

Помимо основной функции WBAS служит прекрасным средством защиты сварочных горелок, препятствуя их засорению сварочными брызгами, и тем самым, снижая время простоя сварщика, затрачиваемое на их очистку. Для этого нужно просто периодически окунать сварочную горелку (А) в ёмкость с WBAS (Б) (см. рисунок 3).

Кроме того, WBAS защищает любые окружающие предметы и поверхности от налипания на них сварочных брызг, а также снижает риск их повреждения сварочными брызгами. Что особенно актуально при сварке вблизи оконных и прочих стёкол. Кому приходилось сталкиваться с дефектами на стёклах, вызванными сварочными брызгами, тот прекрасно знает насколько



Рисунок 3.

трудно (часто практически невозможно) их удалить. В заключении подчеркнём, что применение антипригарной жидкости Water based anti-spatter за счёт экономичности ее использования позволяет достичь значительной экономии ресурсов (в основном за счёт минимизации, а зачастую и полного исключения механического удаления сварочных брызг) и повышает качество сварки.

13-15 НОЯБРЯ 2019



# ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ 2019

22-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ  
ВЫСТАВКА-КОНГРЕСС

ЗАЩИТА  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ,  
ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ,  
ТРУБОПРОВОДОВ,  
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ,  
ПРОМЫШЛЕННОЙ  
АППАРАТУРЫ:

- подготовка поверхности
- защитные материалы и покрытия
- электрохимическая защита
- оборудование для нанесения покрытий
- техническая диагностика и контроль качества
- техническое обслуживание и ремонт

CORROSION.EXPOFORUM.RU

ОРГАНИЗАТОР

EXPOFORUM

СООБРАЗОВАТЕЛЬ ПАРТНЕР



ПАРТНЕР



ГАЗПРОМБАНК

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ  
МЕДИАПАРТНЕР



12+



КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР  
ЭКСПОФОРУМ  
ПАВИЛЬОН F  
ПЕТЕРБУРГСКОЕ ШОССЕ, 64/1  
+7 (812) 240 4040 (доб. 2207, 2153)

weldex  
россварка

19-я международная  
выставка сварочных материалов,  
оборудования и технологий

15-18 октября 2019

Москва, КВЦ «Сокольники»

[www.weldex.ru](http://www.weldex.ru)

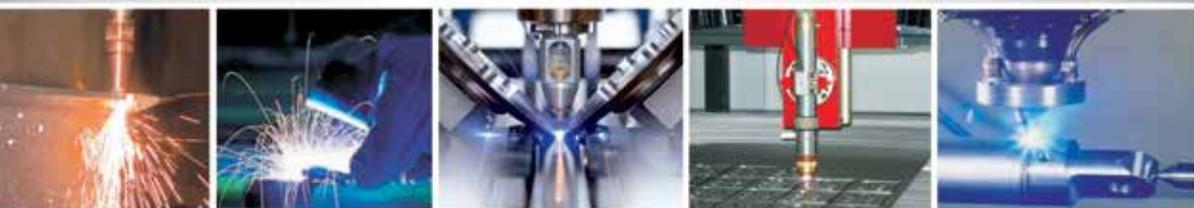
Получите билет  
по промокоду

wlx19iMIMV





20-я международная специализированная выставка оборудования, приборов и инструментов для сварки и резки  
**7-10.04.2020**



**ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ. ПОКРЫТИЯ**  
Международный специализированный салон



**МАШИНОСТРОЕНИЕ**  
Международная специализированная выставка



**ЛИТМЕТЭКСПО**  
Международная специализированная выставка

**Беларусь, Минск,  
пр-т Победителей, 20/2  
Футбольный манеж**

Организатор:



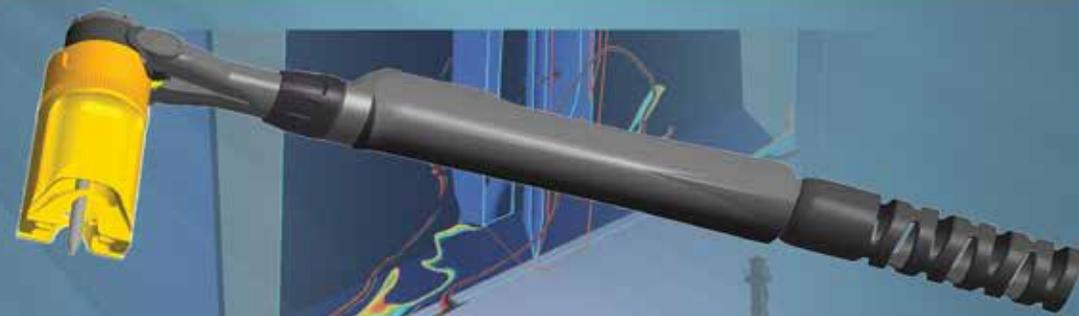
Тел.: +375 17 226 98 58  
+375 17 226 90 83  
Факс: + 375 17 226 98 58  
+375 17 226 99 36

E-mail: e\_fedorova@minskexpo.com

Генеральный  
информационный  
партнер:



® Разработка и производство сварочного инструмента  
Работаем для вас с 1991 г.



**Конструирование**

**ВАШИ ЗАДАЧИ**

**Производство**

**Исследование**

164500, Архангельская обл., г. Северодвинск, Архангельское шоссе, д. 24а  
Тел./факс: (8184) 92-04-26, 92-04-27, 8-800-700-04-26  
E-mail: agniru2014@yandex.ru; <http://www.agniru.ru>



ВЫСОКОВАКУУМНАЯ  
ВЕНТИЛЯЦИЯ



ФИЛЬМ  
НА ЗАВОД!  
СЦЕНА *Фортуна* ДУБЛЬ  
КАДР 35 8

# Чистый воздух - СВАРЩИКАМ!

+7(812) 337-30-80 [www.hv-vent.ru](http://www.hv-vent.ru)

высоковакуумные вентиляционные системы общепромышленного или взрывозащищенного исполнения  
серийное оборудование и нестандартное (по ТЗ заказчика) • стационарные и передвижные агрегаты