

Сварочные аппараты со специальными процессами MIG/MAG сварки - **идеальный** инструмент для получения **максимальной** производительности, **высокого** качества и простоты сварки



**SpeedRoot**

Сварка корня шва с высокой производительностью заполнения зазора и гарантированным образованием обратного валика заданной геометрии



**SpeedUp**

Упрощение техники сварки швов в вертикальном и потолочном положениях для повышения качества соединения



Высокопроизводительная импульсная сварка. Дозированный перенос металла обеспечивает минимальные тепловложения и отсутствие деформаций

**SpeedPulse**

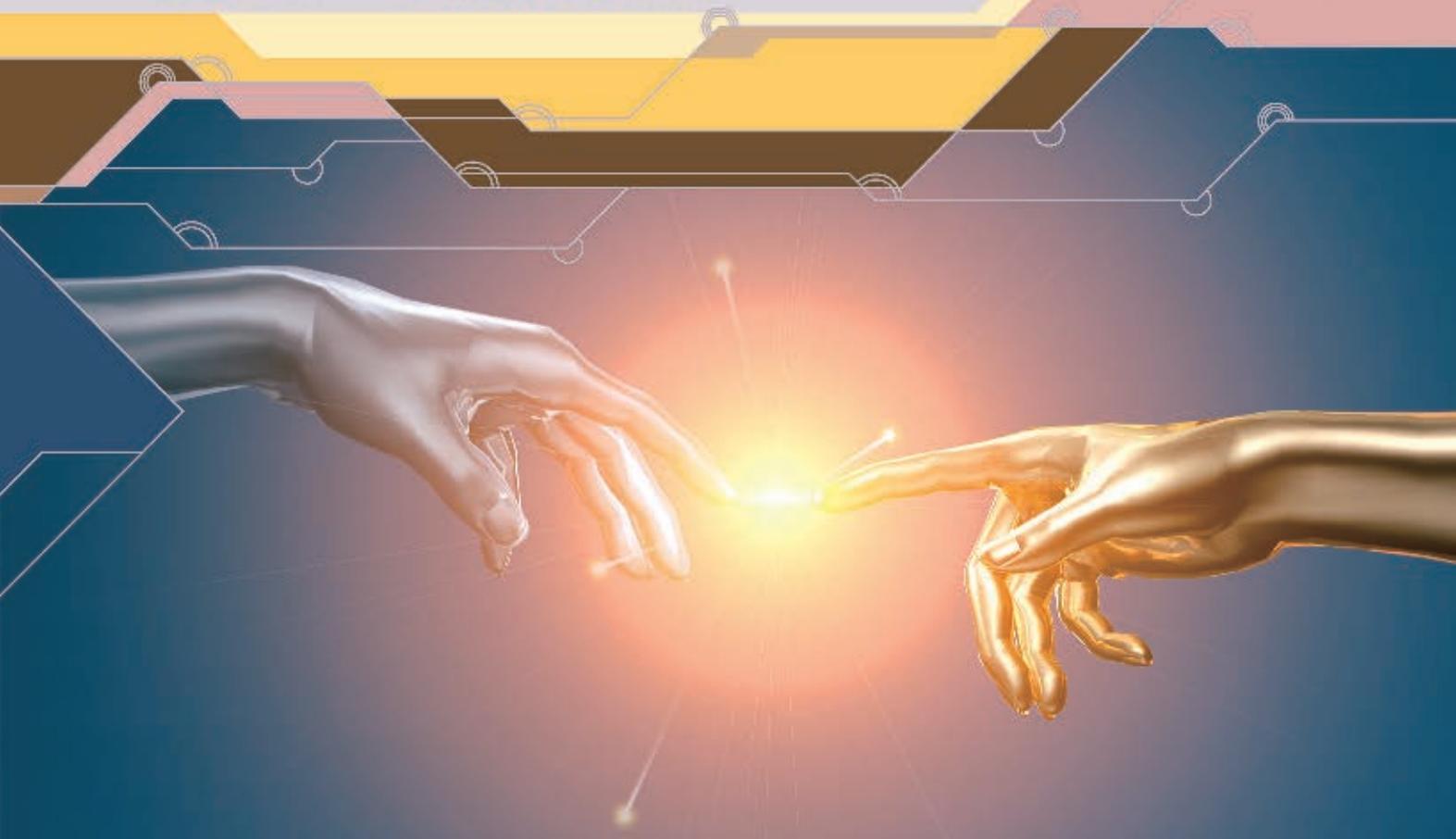


Высокое качество сварных соединений из толстолистового металла с гарантированным проплавлением корня шва. Уверенный струйный процесс переноса металла короткой дугой

**SpeedArc**



## Центр трансфера технологий Института электросварки им. Е.О.Патона



**ООО «Центр трансфера технологий Института электросварки им. Е.О.Патона»** — представитель Института электросварки им. Е.О.Патона (Украина) в России. Основной вид деятельности — внедрение научно-технических разработок и достижений прикладной науки в реальное производство.

Институт электросварки им. Е.О.Патона в советское время являлся ведущим институтом в области сварки и родственных технологий и до сих пор остается крупнейшим в мире центром создания ресурсосберегающих и конкурентоспособных технологий сварки, наплавки, резки, восстановления, нанесения защитных покрытий и специальной металлургии. Более чем за 70-летнюю историю существования Института лучшими учеными страны создан и накоплен значительный интеллектуальный, научно-технический и производственный потенциал, позволяющий на самом высоком уровне создавать современные технологии, материалы и оборудование для всех отраслей промышленности.

**ООО «Центр трансфера технологий Института электросварки им. Е.О.Патона»** предлагает технологии и услуги, направленные на оптимальное решение технических проблем с максимальным экономическим эффектом в условиях реального производства:

- технологии восстановления и продления ресурса уникальных металлоконструкций;
- проектирование и изготовление специализированного оборудования для сварочных и наплавочных работ;
- технический аудит, консалтинг применения сварочных технологий, материалов, оборудования;
- издание производственно-практического журнала «Сварщик в России», книги и брошюр по сварке и родственным технологиям.

3 (43) 2013

май – июнь

Журнал выходит 6 раз в год.

Издается с мая 2006 г.

Подписной индекс **20994**  
в каталоге «Пресса России»

Подписной индекс **К0103** в каталоге российской  
прессы «Почта России» — персональная подписка

информационно-технический журнал  
**Сварщик**®

Технологии  
Производство  
Сервис

**В России**

**3–2013**

## СОДЕРЖАНИЕ

### **Новости техники и технологий** ..... 6



### **Технологии и оборудование**

Основы разработки технологии сварки плавлением. 1. Способы сварки.  
*Г.И. Лащенко* ..... 8



Новые процессы и материалы для наплавки термо- и износостойких  
сплавов. *Г.Н. Соколов, И.В. Зорин, А.А. Артемьев* ..... 12

Безударное сжатие электродов при контактной сварке.  
*П.Д. Федоров, Н.Я. Смирнов, Д.И. Лихачев, В.И. Вайнштейн, Б.В. Федотов* ..... 18

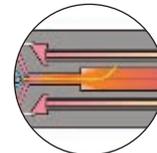


Эффективное сварочное производство — залог качества конечного  
продукта. *А.М. Ермолин* ..... 22

Плазмотронная техника. Этапы развития. *С.В. Петров* ..... 26



Газокислородные резаки для машинной резки металлических заготовок  
толщиной до 1200 мм и технологические особенности их использования.  
*В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак, С.Л. Зеленский, В.А. Белинский,  
С.Л. Василенко, Т.В. Литвинова, Т.Б. Золотопупова* ..... 32



### **Наши консультации** ..... 38

### **Зарубежные коллеги** ..... 40

### **Охрана труда**



Производственный шум. Часть 1. *О.Г. Левченко, В.А. Кулешов* ..... 42

### **Страницы истории**



Художественное литье Уралмаша. *В.И. Панов* ..... 50

**News of technique and technologies** ..... 6

**Technologies and equipment**

Bases of development of technology of fusion welding.  
1. Ways of welding. *G.I.Lashchenko* ..... 8

New processes and materials for cladding  
of heat- and wear-resistant alloys.  
*G.N.Sokolov, I.V.Zorin, A.A.Artem'ev* ..... 12

Shockless pressing of electrodes in contact welding.  
*P.D.Fedorov, N.Ya.Smirnov, D.I.Likhachov,*  
*V.I.Vaynshtein, B.V.Fedotov* ..... 18

Effective welding production is guarantee of quality  
of final product. *A.M. Ermolin* ..... 22

Plasmatron technique. Phases of development.  
*S.V.Petrov* ..... 26

Gaseous oxygen cutters for machine cutting of metal  
preparations by thickness up to 1200 mm  
and technological features of their use.  
*V.M.Litvinov, Yu.N.Lisenko, S.A.Chumak, S.L.Zelenskiy,*  
*V.A.Belinskiy, S.L.Vasilenko, S.L. Vasilenko,*  
*T.B.Zolotopupova* ..... 32

**Our consultations** ..... 38

**The foreign colleagues** ..... 40

**Labour protection**

Industrial noise. Part 1.  
*O.G.Levchenko, V.A.Kuleshov* ..... 42

**Pages of a history**

Art castings of Uralmash. *V.I.Panov* ..... 50

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-24185 от 25.04.2006, выдано Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия

**Издатель** ООО «Центр трансфера технологий Института электросварки им. Е. О. Патона»

**Главный редактор** Б. В. Юрлов

**Зам. главного редактора** В. Г. Абрамишвили, Е. К. Доброхотова

**Маркетинг и реклама** К. И. Щеголева, Т. И. Коваленко

**Верстка и дизайн** Т. Д. Пашигорова

**Адрес редакции** 119049, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 6, стр. 7, оф. 19

**Телефон** +7 499 922 69 86

**Факс** +7 499 922 69 86

**E-mail** [ctt94@mail.ru](mailto:ctt94@mail.ru)

**URL** <http://www.welder.msk.ru>

За достоверность информации и содержание рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели. Мнение авторов статей не всегда совпадает с позицией редакции.

Рукописи не рецензируются и не возвращаются. Редакция оставляет за собой право редактировать и сокращать статьи. Переписка с читателями — только на страницах журнала.

При использовании материалов в любой форме ссылка на «Сварщик в России» обязательна.

© «ЦТТ ИЭС им. Е. О. Патона», 2013

Подписано в печать 10.06.2013. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура PetersburgC.

Отпечатано в ЗАО «ТДДС-Столица-8». Тираж 3000 экз.

Заказ № П000006050 от 05.06.2013.

Издание выходит при содействии информационно-технического журнала «Сварщик»

**Учредители** Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, ООО «Экотехнология»

**Издатель** ООО «Экотехнология»

**Главный редактор** Б. В. Юрлов

**Редакционная коллегия** В. В. Андреев, Ю. К. Бондаренко, Ю. В. Демченко, В. М. Илюшенко, А. А. Кайдалов, О. Г. Левченко, П. П. Проценко, И. А. Рябцев

**Адрес редакции** 03150 Киев, ул. Горького, 66

**Телефон** +380 44 200 5361

**Тел./факс** +380 44 200 8014, 287 6502

**E-mail** [welder@welder.kiev.ua](mailto:welder@welder.kiev.ua), [welder.kiev@gmail.com](mailto:welder.kiev@gmail.com)

**URL** <http://www.welder.kiev.ua/>

**ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА**

Подписной индекс 20994  
в каталоге «Пресса России»

Подписной индекс К0103  
в каталоге российской прессы  
«Почта России» —  
персональная подписка

## ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА

### Основы разработки технологии сварки плавлением

*Г.И. Лашенко*

В продолжение предыдущей части статьи рассмотрены основные способы защиты зоны сварки. Приведены способы сварки неплавящимся электродом. Дана характеристика и области применения вольфрамовых электродов. Описаны типы переноса металла электрода в защитных газах и диапазон сварочных токов и напряжений дуги при различных типах переноса металла.

### Новые процессы и материалы для наплавки термо- и износостойких сплавов

*Г.Н.Соколов, И.В.Зорин, А.А.Артемьев*

Описана новая технология ЭШН, в которой предусмотрено использование токоподводящего кристаллизатора и широкого спектра присадочных и электродных материалов. Даны результаты анализа применяемых методов физического и математического моделирования протекающих электромагнитных и других физико-химических процессов при исследовании способов ЭШН.

### Безударное сжатие электродов при контактной сварке

*П.Д.Федоров, Н.Я.Смирнов, Д.И.Лихачев, В.И.Вайнштейн*

Рассмотрены различные приводы сжатия электродов в машинах для контактной сварки. Приведены вероятные пути решения задачи безударного соприкосновения электрода с деталью. Описана машина СМС-6, предназначенная для микросварки и пайки точных деталей, дана ее техническая характеристика.

### Газокислородные резаки для машинной резки металлических заготовок толщиной до 1200 мм и технологические особенности их использования

*В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак, С.Л. Зеленский, В.А. Белинский, С.Л. Василенко, Т.В. Литвинова, Т.Б. Золотопупова*

Описаны новые разработанные и внедренные в производство резаки РГКМ-3, РГКМ-5 для механизированной машинной резки металлических заготовок толщиной до 1200 мм. Дана их техническая характеристика и технологические возможности. Приведены результаты применения мундштуков, рассчитанных на различную толщину разрезаемых заготовок.

### Производственный шум. Часть 1

*О.Г. Левченко, В.А. Кулешов*

Рассмотрены вопросы воздействия шума на организм человека, физическая природа шума. Описаны параметры, исследование которых необходимо для защиты работающих от шума: изменение силы звука при распространении, взаимодействие звуковой волны с границами раздела сред, поглощение звука, восприятие шума человеком.

## В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ...

### Газокислородная выплавка дефектов в процессековки заготовок с использованием нового резака РПКЗ

*В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак, С.Л. Зеленский, В.А. Белинский, С.Л. Василенко, Т.В. Литвинова, Т.Б. Золотопупова*

Описан разработанный авторами новый резак для выплавки дефектов на поковках РПКЗ. Даны его технические характеристики и расчет экономической эффективности. Приведены преимущества по сравнению с резаком РПК-2 и опыт применения.

### Опыт наплавки высокопрочных алюминиевых бронз на внутренние поверхности стальных втулок

*А.И.Панфилов, В.Н.Пелешко, А.Н.Бондаренко, В.М.Илюшенко*

Приведены результаты применения специальных наплавочных материалов для нанесения на сталь слоя высокопрочной алюминиево-никелевой и марганцево-алюминиевой бронзы. Дан химический состав и механические свойства сложнoleгированных Al-бронз.

### Микроплазменное напыление покрытий

*К.А. Ющенко, Ю.С.Борисов, С.Г. Войнарович, О.М.Кислица, Е.К. Кузьмич-Янчук, А.А. Фомакин*

Описан новый способ газотермического нанесения покрытий — микроплазменное напыление (МПН). Даны технические характеристики установки МПН-004 для микроплазменного напыления последнего поколения. Приведены свойства некоторых микроплазменных покрытий.

### Электрошлаковая наплавка в секционном токоподводящем кристаллизаторе

*Ю.М.Кусков*

Описана оригинальная конструкция неплавящегося электрода — секционный токоподводящий кристаллизатор (ТПК) для электрошлаковой наплавки, разработанный в ИЭС им. Е.О.Патона. Приведены основные преимущества ТПК, опыт его использования.

### Новое оборудование для ионно-плазменного азотирования

*М.Н.Босьяков, С.В.Бондаренко, А.С.Бондаренко, Д.В.Жук, И.Л. Поболь*

Рассмотрена технология ионно-плазменного азотирования (ИПА), используемая в Беларуси. Освещен опыт модернизации зарубежного оборудования для ионно-плазменного азотирования. Описан процесс подготовки поверхности деталей перед ИПА. Приведены преимущества замены лазерного упрочнения деталей ионным азотированием.

### Производственный шум. Часть 2

*О.Г.Левченко, В.А.Кулешов*

В продолжении статьи рассмотрены такие вопросы, как нормирование шума, инфразвука и ультразвука. Дана классификация шума, допустимые его уровни. Приведена гигиеническая классификация условий труда.

... И МНОГОЕ ДРУГОЕ!

# ВНИМАНИЕ!

Продолжается **ПОДПИСКА-2013**  
на журнал «Сварщик в России».

Подписные индексы в каталогах: «Пресса России» – 20994; «Почта России» – K0103 (персональная подписка).

## Компактная стационарная высоковакуумная установка L-PAK для удаления пыли и сварочных аэрозолей

Стационарную вакуумную установку Nederman L-PAK применяют для удаления пыли и сварочных аэрозолей во многих отраслях промышленности.

Установка оборудована радиальным вентилятором, работающим от прямого привода, УЧПУ переключателем, блоком автоматики для автономной остановки и запуска, системой очистки фильтров.



Очистка фильтров двухступенчатая. При входе в систему воздушный поток снижает скорость и проходит через сепаратор и рукавные фильтры. Автоматическая очистка фильтров осуществляется обратной импульсной продувкой.

К преимуществам установки L-PAK следует отнести:

- простоту использования и обслуживания;
- компактность;
- высокую эффективность;
- наличие встроенного контроллера с программируемой логикой;
- автостарт/стоп;
- дистанционное управление.

Типичные области применения установки: сварочные цеха, мастерские по ремонту автомобилей, строительная индустрия, предприятия пищевой промышленности и др.

● #680

ООО «Вектор-Инжиниринг» (Санкт-Петербург)

Техническая характеристика:	L-PAK-150	L-PAK-250
Мощность, кВт	3	5,5
Объем воздушного потока, м <sup>3</sup> /ч	290	420
Производительность при -15 кПа, м <sup>3</sup> /ч	150	250
Максимальный вакуум, кПа	-22	-21
Площадь фильтра, м <sup>2</sup>	1,1	1,6
Срок эксплуатации фильтра, ч	5000	500
Уровень шума, дБА:		
без кожуха	72	74
с защитным кожухом	62	64
Масса, кг	110	140

## «Энергомашспецсталь» завершает изготовление элемента корпуса реактора по проекту ВВЭР-ТОИ

ПАО «Энергомашспецсталь» (ЭМСС), Краматорск, завершает изготовление фланца крышки корпуса реактора нового поколения по проекту ВВЭР-ТОИ. Фланец представляет собой кольцо, соединяющее крышку реактора с корпусом. На ВВЭР-ТОИ ЭМСС для реактора также производят детали корпуса: заготовку обечайки активной зоны; заготовку обечайки нижней зоны патрубков.

Заготовка проходит полный цикл производства. Слиток детали фланца массой 290 т был отлит из теплоустойчивой марки стали, специально разработанной научно-

исследовательским институтом ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей». Затем деталь прошла процессковки и осадки.

«Технологический процессковки был смоделирован при помощи лабораторной компьютерной программы с целью подтверждения правильности выбора технологических переходов и температурно-деформационных параметров, — пояснил начальник технического управления ПАО «ЭМСС» Владимир Панов. — Операция осадки заготовки, определяющая качество будущего изделия, требует максимально возможных нагрузок от прессы усилием 15000 т».

Особое внимание было уделено и термической обработке заготовки фланца. Специалистами «Энергомашспецстали» была применена технология термометрирования: установка термоэлектрических преобразователей в различные сечения поковки.

После ультразвукового контроля деталь пройдет механическую обработку под поставочные размеры. Масса товарной детали составит почти 74 т. Фланец отправят в Волгодонск (РФ) в филиал Петрозаводскмаш «Атоммаш», где после сборки реактора проведут полное тестирование.

● #681

www.i-mash.ru



## Многофункциональный сварочный аппарат ProPAC 350-600

Сварочные аппараты серии ProPAC фирмы HYOSUNG применяют в таких отраслях промышленности, как судостроение и тяжелое машиностроение. Концепция аппарата предполагает использование машин для ручной дуговой сварки, механизированной сварки или строжки практически в любых погодных условиях. Переключение с одного вида сварки на другой выполняют с помощью тумблера на передней панели.

Возможность использования сварочных кабелей и соединительных пакетов длиной до 120 м позволяет оборудовать стационарные сварочные посты, включающие несколько источников.

Надежность и безопасность работы обеспечивают:

- три уровня защиты платы управления от выхода из строя;
- возможность работы в сетях с колебанием сети  $\pm 15\%$ ;
- стабильная скорость подачи проволоки даже при длине соединительного пакета 120 м;
- аварийное отключение при разрыве соединительного пакета;
- система защиты трансформатора (система SCR).

Сварочные аппараты имеют плавный старт и низкий коэффициент разбрызгивания при сварке в среде защитного газа. Благодаря системе СТЕ машины ProPAC поддержива-



ют стабильную длину сварочной дуги при изменении высоты сварочной горелки или неровности свариваемого изделия. В результате сварной шов ровный и не имеет дефектов.

Через 30 с после окончания сварки срабатывает система энергосбережения, которая переводит машину в «спящий» режим и через 1–7 мин (в зависимости от нагрева аппарата) отключает вентилятор.

● #682

Промышленная группа «Дюкон»  
(Санкт-Петербург)

Техническая характеристика:			
Параметр	ProPAC-350	ProPAC-500	ProPAC-600
Входящее напряжение, В	220, 380, 440		
Потребляемая мощность, кВт	16	26	36
Сила рабочего тока (напряжение дуги, В), А:			
MIG/MAG	50–350 (15–34)	50–500 (15–45)	60–670 (15–52)
MMA	60–350 (15–34)	60–500 (15–45)	80–670 (15–52)
строжка	–	60–500 (15–45)	80–670 (15–52)
ПВ, %	60	60	100 (600 А)
Габаритные размеры, мм	375×560×730	445×660×810	490×690×850
Масса, кг	100	141	190
Масса блока подачи проволоки, кг	9		
Диаметр проволоки, мм	0,8; 1,0; 1,2	1,2; 1,4; 1,6	1,2; 1,4; 1,6

## «ВСМПО-Ависма» будет выпускать в Украине сварные трубы

Предприятие «ВСМПО Титан Украина» (Никополь) налаживает выпуск сварных титановых труб. Решение о создании производства было принято руководством корпорации «ВСМПО-Ависма» в ноябре 2012 г.

В декабре 2012 г. «ВСМПО Титан Украина» получило оборудование двух комплектов трубосварочных линий модели T 50/60 для выпуска сварных титановых труб с наружным диаметром от 12 до 60 мм и толщиной стенки от 0,4 до 2,5 мм.

В настоящее время заканчивается разработка проекта по организации сварочного производства. Пуско-наладочные работы запланированы на декабрь текущего года.



Реализация инвестиционного проекта позволит обеспечить производство особо тонкостенных сварных труб из сплавов титана длиной до 26 м. Планируется применять данный вид продукции в теплообменном оборудовании опреснительных установок и конденсаторах энергетических установок.

● #683

www.metalinfo.ru

# Основы разработки технологии сварки плавлением\*

## 1. Способы сварки

Г.И. Лашенко, канд. техн. наук, НТК «Институт электросварки им. Е.О. Патона»

*Не все способы защиты зоны сварки являются универсальными. Каждый имеет свою область рационального применения. Так, защита инертными газами целесообразна при сварке нержавеющей сталей, цветных металлов (алюминия, титана, меди и др.) и их сплавов. Защиту активными газами, газовыми смесями, содержащими  $CO_2$ , Ar,  $O_2$ , используют преимущественно при сварке углеродистых и низколегированных сталей.*

Защита парами металла базируется на том, что вследствие высокой температуры дуги металл интенсивно испаряется, и пары защищают зону сварки. По данным В.М. Иваненко и Н.М. Будника, интенсивность выделения газов при сварке проволокой диаметром 1,6–3 мм достигает 5–8 л/мин, что составляет 25–50% по отношению к расходу газа, подаваемого для защиты дуги в зону сварки. Защиту только парами металла реализуют путем дополнительного подавления вредного влияния азота и кислорода (поступающих из воздушной среды) на плотность и механические свойства металла шва за счет введения в состав проволоки дополнительных легирующих элементов (Al, Ti, Ce и др.), имеющих большое химическое сродство к вышеуказанным газам и образующих с ними прочные нитриды и оксиды с высокой температурой плавления. Способы сварки, при которых защиту дуги осуществляют только парами металла, имеют весьма ограниченное применение.

Широко распространена газшлаковая защита дуги и сварочной ванны, которую применяют при сварке электродами с покрытиями различных типов и порошковой проволокой. При сварке порошковой проволокой для улучшения качества защиты часто дополнительно используют активные, инертные газы и газовые смеси на их основе.

Сварка по слою флюса находит применение при соединении алюминия и в некоторых других случаях. Для шлаковой защиты (сварка под слоем флюса) используют

плавленные и агломерированные флюсы различной основности.

По химическому составу шлакообразующей части оксидные флюсы могут быть разделены на кислые, нейтральные и основные. Оксидные флюсы состоят из оксидов металлов и могут содержать до 10% фтористых соединений. Их преимущественно применяют для сварки углеродистых и низколегированных сталей. Флюсы солевого типа состоят из фтористых и хлористых солей металлов, а также из других, не содержащих кислород химических соединений. Их используют для сварки активных металлов, таких как алюминий, титан и др. Флюсы солеоксидного типа состоят из фторидов и оксидов металлов и преимущественно применяются при сварке и наплавке низколегированных сталей.

Питание дуги осуществляют постоянным и переменным током. При питании плавящегося электрода постоянным током на прямой полярности (анод (плюс) на изделии) глубина проплавления оказывается меньше, чем при сварке на обратной полярности (катод (минус) на изделии).

При сварке модулированным током дугу питают импульсами. Выделяют два вида сварки модулированным током: импульсно-дуговую и пульсирующей дугой (рис. 2). При импульсно-дуговой сварке обеспечивается управляемый перенос электродного металла. Сварку выполняют на двух энергетических уровнях, соответствующих действию импульса тока (высокий уровень) и паузы (низкий уровень), когда сила тока либо равна нулю, либо имеет небольшое значение. Форма импульса тока, как правило, прямоугольная или близкая к ней (скорость нарастания силы тока не более 10 кА/с), частота следования импульсов  $f$  более 25 Гц.

Сварка пульсирующей дугой позволяет активно влиять на механические свойства сварного соединения за счет термоциклического воздействия на сварочную ванну и зо-

\* Продолжение. Начало в №2–2013.

ну термического влияния. Параметры режима сварки: время нарастания  $t_n$  и спада  $t_c$  тока соизмеримы со временем импульса  $t_i$  и паузы  $t_p$  (рис. 2, в). Скорость изменения силы тока не более 10 кА/с, а частота следования импульсов  $f$  менее 25 Гц.

Многие характеристики процесса сварки в защитных газах зависят от типа переноса металла электрода, который оказывает существенное влияние на различные технологические характеристики сварочной дуги, например, на тепловой баланс, пространственную устойчивость дуги, интенсивность протекания металлургических реакций в зоне сварки, потери на угар и разбрызгивание, а также на глубину проплавления, параметры и форму сварных швов.

Основными типами переноса металла электрода в защитных газах являются мелко- или крупнокапельный с короткими замыканиями (КЗ) дугового промежутка; мелко- или крупнокапельный без КЗ дугового промежутка; струйный процесс и вращательно-струйный.

Тип переноса металла определяется защитной средой, диаметром и химическим составом электрода, силой сварочного тока и напряжением дуги, а также другими параметрами.

Для каждого типа переноса металла электрода есть свой диапазон значений силы сварочного тока и напряжения дуги (рис. 3).

В последние годы разработан ряд процессов сварки плавящимся электродом с использованием переноса металла с КЗ: STT (фирма Lincoln Electric); CMT (фирма «Фрониус»); Cold Ark (фирма EWM); Fast Root (фирма Kemppi); ВКЗ (НПО «СЭЛМА-ИТС») и др. Все эти процессы реализуют путем программирования питания дуги с наличием обратных связей.

Питание дуги переменным током имеет свои преимущества. Оно значительно экономичнее с точки зрения расхода электроэнергии. Сварка переменным током чувствительна к магнитному дутью. Переменный ток по своему технологическому воздействию на ванну подобен воздействию модулированного тока с частотой 50 Гц, что позволяет улучшить структуру металла шва. Но есть и недостатки: пониженная устойчивость горения дуги, повышенное разбрызгивание металла и насыщение его газами.

Снижение промышленной частоты сварочного тока ниже 50 Гц позволяет оптимизировать эффект модуляции, а его повышение более 50 Гц — повысить устойчивость го-

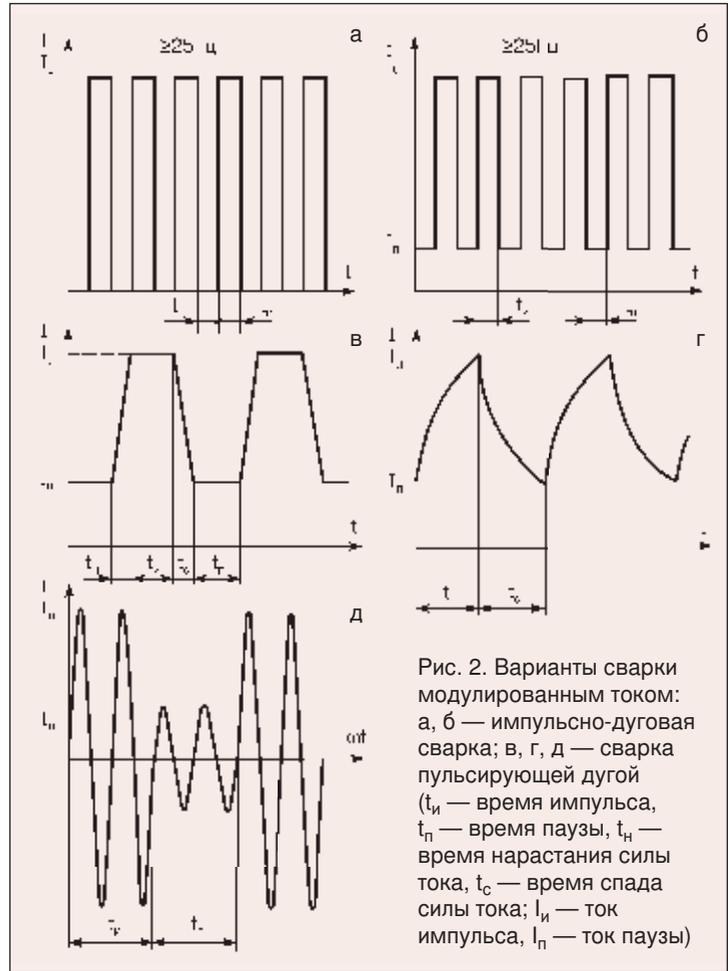


Рис. 2. Варианты сварки модулированным током: а, б — импульсно-дуговая сварка; в, г, д — сварка пульсирующей дугой ( $t_i$  — время импульса,  $t_n$  — время паузы,  $t_n$  — время нарастания силы тока,  $t_c$  — время спада силы тока;  $I_i$  — ток импульса,  $I_n$  — ток паузы)

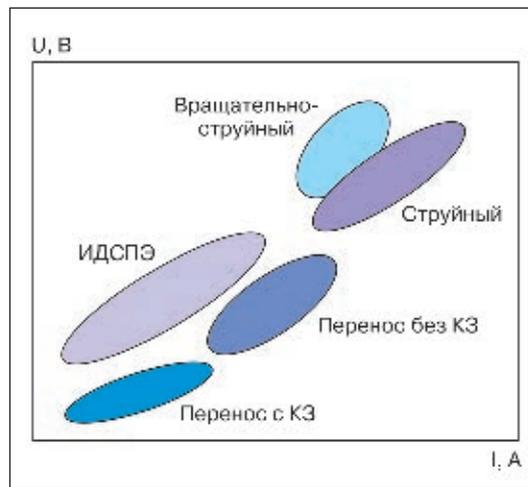


Рис. 3. Диапазон сварочных токов и напряжений дуги при различных типах переноса металла

рения дуги. Последнего также достигают путем использования специальных устройств.

Среди способов дуговой сварки плавящимся электродом наиболее широко применяют однодуговую сварку. Менее распространена двух-, трех-, четырех- и пятидуговая сварка. Увеличение количества дуг позволяет не только повысить производительность, но и существенно расширить технологические возможности сварки плавлением.

При количестве дуг две и более можно использовать проволоку разного диаметра и химического состава, чередовать сплошную и порошковую проволоку, применять различные схемы питания дуг, комбинировать процессы переноса металла, в более широких пределах регулировать термический цикл, течение металлургических процессов в ванне и ее кристаллизацию, разрабатывать эффективные технологии сварки тонкого и толстого листа.

В качестве неплавящихся электродов для сварочных процессов применяют главным образом вольфрамовые, значительно реже — угольные и медные с оксидной вставкой. Сварку вольфрамовым электродом выполняют в инертных газах (аргон, гелий или смеси этих газов).

Вольфрамовые дуги могут быть с катодным пятном и без него или так называемые нормальные дуги.

Дуга с пятном имеет несколько повышенное, примерно на 10%, напряжение (катодное и общее) и на 10–20% большую температуру столба дуги. Температура катода в дуге с пятном ниже температуры поверхности электрода нормальной вольфрамовой дуги, где катодное пятно занимает всю сферическую поверхность электродного стержня.

Получению пятна на катоде способствует введение в качестве добавки к вольфраму 1,5–3,0% оксидов активирующих элементов (тория, лантана, иттрия), лучший теплоот-

вод (меньший выход) электрода и более острая заточка. В этом случае блуждание пятна отсутствует, повышается общая устойчивость дуги, заточенный конец не оплавливается и обеспечивает сжатие дуги у катода.

Стойкость вольфрамового электрода в первую очередь определяется плотностью тока. Большое влияние оказывают род тока и полярность при постоянном его значении. Особенно мала стойкость при сварке на постоянном токе обратной полярности. Это связано с двумя причинами: на аноде выделяется большее количество теплоты, чем на катоде, боковой нагрев электрода затрудняет отвод теплоты с его торца. В связи с этим сварку вольфрамовым электродом обычно ведут или на переменном токе, или на постоянном токе прямой полярности. Характеристика основных способов сварки неплавящимся электродом приведена в *табл. 2*.

Аргонодуговая сварка постоянным током прямой полярности характеризуется максимальной проплавливающей способностью, и ее применяют для соединения изделий из углеродистых, легированных сталей, меди, никеля, титана и ряда других металлов и сплавов.

Сварку переменным током наиболее часто используют при изготовлении конструкций из алюминиевых и магниевых сплавов.

Использование в качестве защитного газа гелия повышает энергетические характеристики дуги. Горение дуги в гелии проис-

**Таблица 2. Основные способы сварки неплавящимся электродом**

Наименование и условное обозначение	Характеристика и область применения
СН-1. Сварка вольфрамовым электродом на постоянном токе прямой полярности в аргоне	Стабильный процесс на силе тока до 600 А. Доля тепловой мощности, вводимой в изделие, 40–90%, потери на нагрев электрода примерно 5%, лучевые потери от столба дуги 7–35%. Пониженная термическая нагрузка на электрод. Применяют для сварки углеродистых легированных сталей, меди, никеля, титана и ряда других металлов и сплавов
СН-2. Сварка вольфрамовым электродом на постоянном токе прямой полярности в гелии или смеси гелия с аргонem	По сравнению с аргонодуговой сваркой проплавливающая способность в 1,5–2,0 раза выше, тепловложение в 1,5–2,0 раза меньше, лучше механические и эксплуатационные свойства сварных соединений, выше производительность. Применяют для сварки меди и конструкций ответственного назначения из высокопрочных термически упрочняемых и нагартованных алюминиевых сплавов, а также сплавов других металлов
СН-3. Сварка вольфрамовым электродом на постоянном токе прямой полярности в азоте	По сравнению с аргонодуговой сваркой применение азота способствует увеличению тепловой мощности дуги. Используют при сварке меди и медных сплавов
СН-4. Сварка вольфрамовым электродом на постоянном токе прямой полярности в аргоне с подачей холодной присадки	Присадочная проволока подается в головную часть сварочной ванны. Количество присадочного металла выбирают исходя из условия обеспечения требуемой доли участия присадочного металла в образовании шва. Используют при сварке по зазорам, а также для заполнения разделки кромок при многослойной сварке сталей, алюминиевых и других сплавов
СН-5. Сварка вольфрамовым электродом на постоянном токе прямой полярности в аргоне или гелии погруженной дугой	Теплота дуги используется более эффективно, значительно увеличивается ее проплавливающая способность, Повышается производительность. Применяют для однопроводной сварки нержавеющей сталей, титановых и алюминиевых сплавов

ходит при более высоком напряжении (в 1,4–1,7 раза выше, чем в аргоне). Применение гелия и аргоногелиевых смесей целесообразно в тех случаях, когда требуется повысить проплавляющую способность дуги без увеличения силы сварочного тока.

Для расширения диапазона свариваемых толщин и типов материалов, увеличения производительности сварки вольфрамовым электродом, повышения постоянства проплавления и качества шва в целом разработаны различные промышленные способы сварки: с присадочной проволокой (холодной или горячей), пульсирующей дугой, погруженной дугой, с использованием флюсов-активаторов, несколькими дугами, трехфазной дугой, с наложением магнитных полей.

В последние годы для сварки, наплавки, пайки, оплавления и других процессов используют оксидный порошковый катод, схема которого показана на рис. 4. Он представляет собой медный водоохлаждаемый держатель, в глухое отверстие которого запрессована активная порошкообразная вставка. В ее состав входят порошки металлов (циркония или гафния), другие химические соединения и технологические добавки. Диаметр глухого отверстия 3–5 мм.

Первое включение дуги с порошкообразным катодом необходимо выполнять в кислородсодержащей газовой атмосфере. При этом активная вставка окисляется и на ней образуется оксидная эмиссионная пленка, служащая в дальнейшем жидким эмиттером катодного электронного тока. В последующем оксидный катод можно использовать при горении как на воздухе, так и в любом активном или инертном газе.

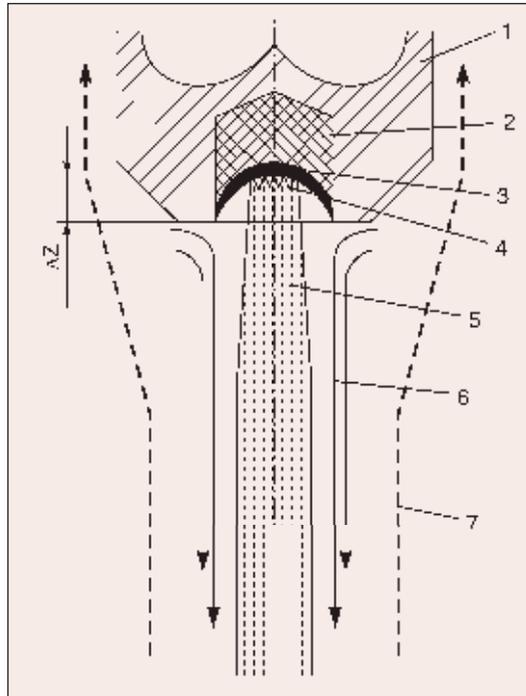


Рис. 4. Схема оксидного порошкового катода: 1 — медный водоохлаждаемый держатель; 2 — активная вставка; 3 — жидкая эмиссионная пленка; 4 — катодное пятно; 5 — столб дуги; 6 — струи ниспадающего катодного дутья; 7 — струи восходящего конвективного потока воздуха;  $\Delta Z$  — заглубление катодного пятна (по В.И. Лакомскому)

Дуговой разряд отличается высокой самостабилизацией. Эффект самостабилизации четко проявляется начиная с силы тока дуги 300–325 А. Без дополнительного сопла, стабилизирующего потока газа или магнитного поля можно получить дугу длиной 150 мм. При этом скорость интенсивных газовых потоков от катода к аноду (катодное дутье) достигает  $10^2$  м/с. ● #684

### Компания «РМ-Стил» освоила производство новых марок стали

В рамках реализации программы по освоению производства полосоульбового профиля из новых марок стали компания «РМ-Стил» совместно с ЦНИИ конструкционных материалов «Прометей» в 2012 г. провела работу по изготовлению и испытанию новых образцов профиля. ЦНИИ «Прометей» выполнил опытно-конструкторские работы для последующего изготовления горячекатаного несимметричного полосоульбового профиля в соответствии с действующими государственными стандартами.

Компания «РМ-Стил», в свою очередь, успешно изготовила опытные образцы из высокопрочной и маломангнитной стали. В 2013 г. в ходе продолжения совместной работы планируется освоение производства профиля из высокопрочных марок стали. Профиль из этой стали активно применяется для изготовления корпусов кораблей, атомных ледоколов, танкеров и другой морской техники. Полосоульбовый профиль применяется для внутрикорпусных работ при строительстве судов гражданского и военного назначения, поэтому основными потребителями продукции являются отечественные и зарубежные судостроительные и судоремонтные предприятия.

В основе собственного производства — сталепрокатный комплекс, комплекс дробеструйной обработки и покраски. Производство успешно прошло сертификацию основных классификационных обществ: Российского Речного Регистра, Российского Морского Регистра Судоходства, Det Norske Veritas (Норвегия), Bureau Veritas (Франция), Lloyd's Register (Великобритания), Germanischer Lloyd (Германский Ллойд). Получен сертификат ISO 9001.



www.steelsite.ru

# Новые процессы и материалы для наплавки термо- и износостойких сплавов

Г.Н. Соколов, д-р техн. наук, И.В. Зорин, А.А. Артемьев, кандидаты техн. наук, Государственный технический университет (Волгоград)

При исследовании технологических способов электрошлаковой наплавки применяли методы физического и математического моделирования протекающих электромагнитных и других физико-химических процессов. Структуру, микроморфологию и элементный состав наплавленного металла изучали с помощью оптической (цифровой микроскоп Axiovert 40 MAT), электронной (растровый двулучевой электронный микроскоп Quanta 3D FEG) и атомно-силовой (сканирующий зондовый микроскоп Solver PRO-M) микроскопии. Микрорентгеноспектральный анализ проводили с помощью энергодисперсионного спектрометра (Genesis EDAX) в режиме использования сигналов вторичных электронов и электронов обратного рассеяния. Рентгеноструктурный анализ фазового состава металла проводили в медном излучении на дифрактометре ДРОН-3М.

Износостойкость наплавленного металла при нормальной и высоких температурах оценивали по результатам склерометрических испытаний на разработанном склерометре (Пат. РФ 87018), (рис. 1). Нагрузка на алмазные инденторы Роквелла и Виккерса составляла 4,5 Н. Топографию полученных на наплавленном металле треков от индентора анализировали по их двух- и трехмерным изображениям, а также по профило-

граммам сечений треков, используя компьютерную программу Image Analysis. Критерием износостойкости  $k$  при постоянной нормальной нагрузке на индентор может служить показатель, обратно пропорциональный полному объему  $V_d$  деформированного индентором металла на участке длиной 10 мм:  $k = 10^3/V_d$ .

Для наплавки объектов, работающих при температурах 1000–1200 °С, эффективны жаропрочные сплавы с матрицей на основе алюминид никеля  $Ni_3Al$ , которые применяют в авиакосмической промышленности как конструкционный материал для изготовления лопаток газотурбинных двигателей. Для получения сплавов подобного типа в виде наплавленного электрошлаковым способом металла разработаны порошковая (Пат. РФ 2254219) и композиционная (Пат. РФ 2274536) проволоки.

Новые, обладающие более широкими технологическими преимуществами процессы ЭШН в токоподводящем кристаллизаторе, реализуются при включении токоподводящей секции кристаллизатора и вводимого в шлаковую ванну второго неплавящегося графитового электрода, имеющего на рабочем торце сферическую полость, в двухконтурную схему электропитания шлаковой ванны постоянным током (Пат. РФ 2232669) (рис. 2).

Устойчивый электрошлаковый процесс, равномерное и качественное формирование наплавленного металла обеспечиваются при оптимальном соотношении силы тока с пологого электрода и секции кристаллизатора. Это позволяет получить в шлаке под полым электродом высокотемпературную область с максимальной температурой до 3500 °С, что дает возможность быстро и качественно расплавлять композиционную проволоку и другие наплавочные материалы, содержащие разнородные по физико-химическим свойствам металлические компоненты. При взаимодействии электромаг-

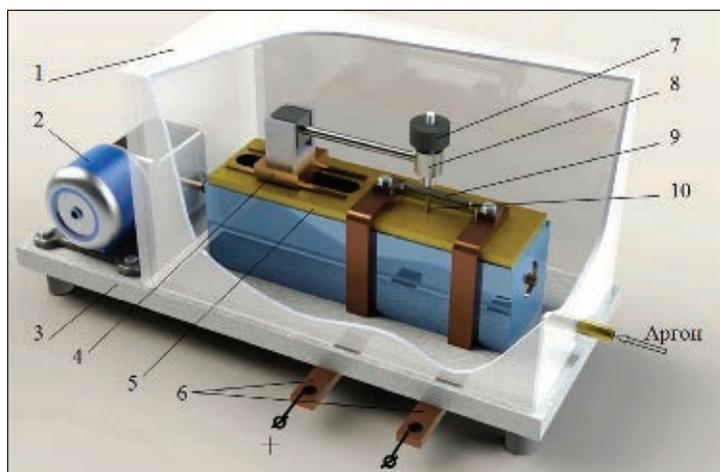


Рис. 1. Склерометр: 1 — герметичный корпус; 2 — привод каретки; 3 — основание; 4 — каретка; 5 — электро- и теплоизолирующая панель; 6 — токоподвод; 7 — нагрузка на индентор; 8 — кронштейн; 9 — индентор; 10 — образец наплавленного металла

нитных и тепловых полей от двух источников теплоты в шлаковой ванне образуется торообразный быстро движущийся высокотемпературный поток. Это способствует увеличению по сравнению с обычным процессом ЭШН времени пребывания металлических капель в шлаковой ванне и повышает вероятность приближения системы «шлак—металл» к равновесному состоянию, при котором металлургические реакции доходят до конца.

При анализе модели движения шлака с каплями металла установлено, что во вращающихся вокруг оси электрода двух торообразных потоках шлака формируется небольшая по величине результирующая сила, которая, влияя на движение шлака, позволяет увеличить время жизни металлических капель, что повышает эффективность их металлургической обработки (рис. 3). С учетом квадратичной зависимости от скорости течения шлакового расплава расчетное значение давления, оказываемого потоком шлака на поверхность металлического расплава, становится почти в десять раз меньше по сравнению со значением при ЭШН проволочным электродом. В результате формируется плоская межфазная поверхность на границе «шлак—металл» без образования на ней характерного для традиционных способов ЭШС и ЭШН кратера, влияющего на качество наплавленного металла.

Другим способом получения направленно ориентированного наплавленного металла на основе легированного алюминидом никеля является дуговая наплавка в аргоне с использованием композиционной электродной проволоки. Микроструктура наплавленного металла показана на рис. 4. Наполнитель такой проволоки содержит различные компоненты и порошки металлов, равномерно распределенные по поперечному сечению проволоки, что обеспечивает стабильное существование дуги. Конфигурирование расчетного состава композиционной проволоки осуществляли путем варьирования способов введения исходных компонентов в состав проволоки с помощью разработанной программы AlMe-Wire-Lab (А. с. 2010616144 РФ). Расчет производили исходя из требуемой массы проволоки заданного диаметра и площади поперечного сечения для типа жаропрочного наплавленного металла с химическим составом, % по массе: 0,2–0,4 С; 3,0–3,2 W; 2,5–3,0 Мо; 1,8–2,0 Zr; 4,1–4,4 Cr; 1,8–2,0 Та; 10,5–11,2 Al; Ni — остальное.

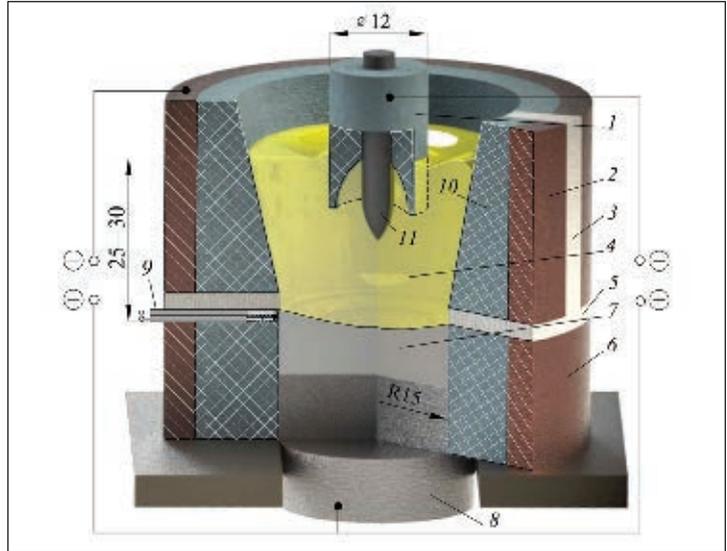


Рис. 2. Схема ЭШН: 1 — полый графитовый электрод; 2 — токоподводящая секция; 3 — изолятор в технологическом разъеме; 4 — шлаковая ванна; 5 — электроизолирующий слой; 6 — формирующая секция; 7 — ванна расплавленного металла; 8 — изделие; 9 — термопара; 10 — графитовая футеровка; 11 — композиционная проволока

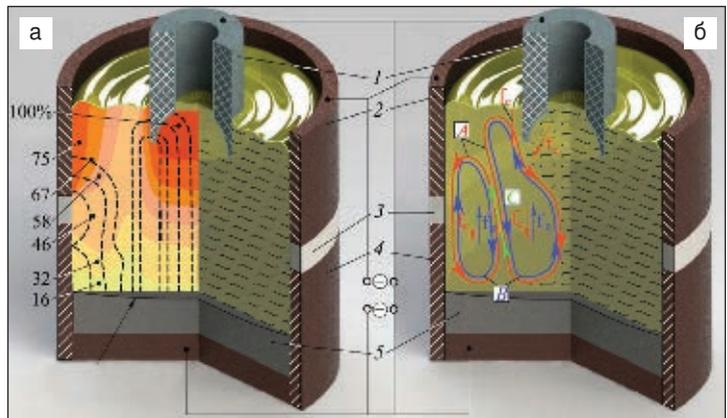


Рис. 3. Распределение полей потенциала (а) и тока (б) при двухконтурной схеме питания шлаковой ванны постоянным током: 1 — полый электрод; 2 — токоподводящая секция; 3 — изолятор; 4 — формирующая секция; 5 — изделие (сплошная — линии напряжения, штриховая — линии тока); А — потоки шлакового расплава, инициируемые электрическим полем токоподводящей секции и полого электрода; В — направление гидравлического подпора; С — потоки тепловой конвекции

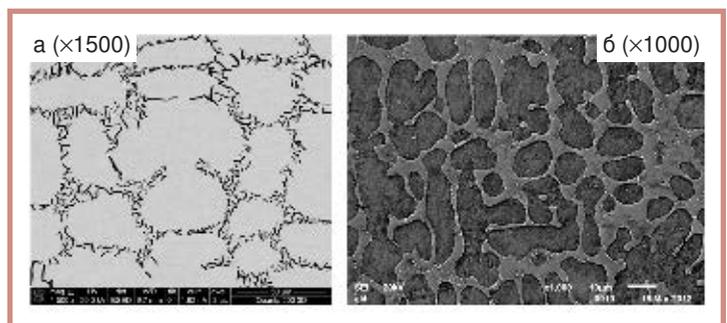


Рис. 4. Микроструктура металла на основе алюминидом никеля, наплавленного электрошлаковым способом в ТПК (а) и автоматической дуговой наплавкой в аргоне (б)

Анализ результатов склерометрических испытаний показывает, что наибольшим значением показателя износостойкости  $k$  обладают сплавы на основе никеля и алюминид никеля  $Ni_3Al$  (рис. 5), что можно объяснить повышенными значениями их термостабильности и сопротивления термодинамическому воздействию.

Гетерогенная структура сплава 80X4H74Ю10M3B3Ц2 состоит из пластичной матрицы на основе  $\gamma-Ni_3Al$ ,  $\gamma$ -фазы и карбидов, равномерно распределенных в ней, что обуславливает превосходное сопротивление наплавленного металла деформированию при повышенных температурах — до 1200°C.

ЭШН с использованием горизонтальной схемы обеспечивает качественное формирование наплавленного металла с небольшой долей участия в нем металла изделия, что позволяет получить прогнозируемые сварочно-технологические и эксплуатационные свойства покрытия уже в первом слое наплавки.

Новая технология ЭШН (Пат. РФ 2397851), в которой предусмотрено исполь-

зование токоподводящего кристаллизатора (ТПК) и широкого спектра присадочных и электродных материалов, обеспечивает повышенное качество тонкого (от 3 мм) и широкого (до 60 мм) слоя наплавленного металла за счет управления тепловыми процессами, а также циркуляционными течениями в шлаковой ванне. В конструкции ТПК (Пат. РФ 82615) используется кольцеобразный диэлектрический элемент, расположенный в проточке формирующей секции, который влияет на характер растекания тока в шлаке с токоподводящей секции кристаллизатора (рис. 6, а). Данный прием позволяет переместить высокотемпературную область в шлаке, сформированную вблизи поверхности токоподводящей секции кристаллизатора, непосредственно к металлическому расплаву. Плотность тока в этой области в 2,5–3 раза выше, чем в остальном объеме шлака. Это приводит к повышению температуры расплава и уменьшению поверхностного натяжения на межфазных границах, а также способствует качественному формированию тонкого слоя наплавленного металла (рис. 6, б).

Результаты физического моделирования топологии полей тока и напряжения, а также распределения плотности тока в модельной среде показали, что для создания равномерно распределенного теплового поля в осевом сечении шлаковой ванны необходимо использовать два неплавящихся полых электрода, расположенных на расстоянии между их центрами, равном  $l = (1,7...2,5) d_{\text{Э}}$ . При этом вокруг электродов в электролите формируются частично перекрывающиеся зоны с повышенной плотностью тока, что способствует созданию в шлаковой ванне единой высокотемпературной области. В приэлектродном объеме шлака, ограниченном полусферой с диаметром  $(1,5...1,8) d_{\text{Э}}$ , обеспечиваются оптимальные условия для плавления электронейтральной подаваемой через полость электрода порошковой проволоки (ПП), которая с целью упрочнения наплавленного металла может содержать тугоплавкие твердые компоненты.

Исследовали возможность получения абразивостойкого наплавленного металла, армированного частицами диборида титана  $TiB_2$ , а также ультрадисперсными карбонитридами  $TiCN$ , вводимыми в сварочную ванну через наполнитель ПП. Результаты металлографического анализа показали, что в структуре наплавленного металла

Рис. 5. Зависимость показателя износостойкости наплавленного металла  $k$  от температуры  $T$  испытаний

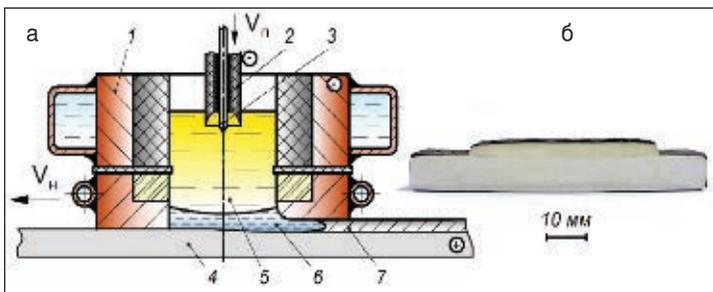
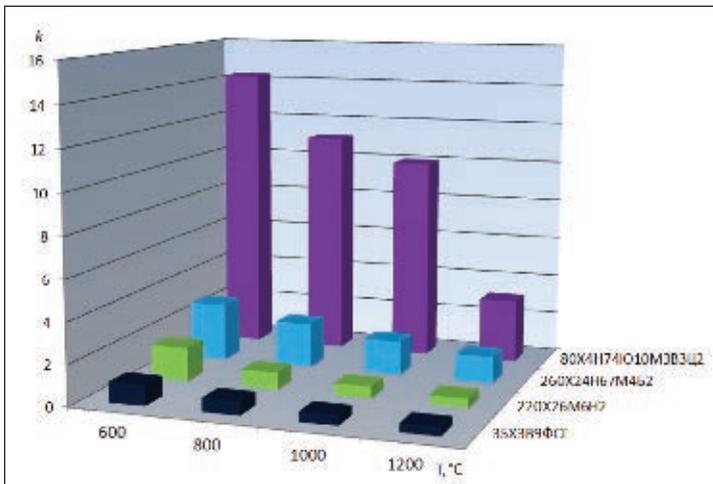


Рис. 6. Схема ЭШН в горизонтальном положении плоских поверхностей изделий (а) и макросечение наплавленного металла (б): 1 — водоохлаждаемый кристаллизатор; 2 — два полых графитовых электрода, расположенных перпендикулярно к сечению шлаковой ванны; 3 — присадочная ПП; 4 — изделие; 5 — шлаковая ванна; 6 — металлическая ванна; 7 — наплавленный металл

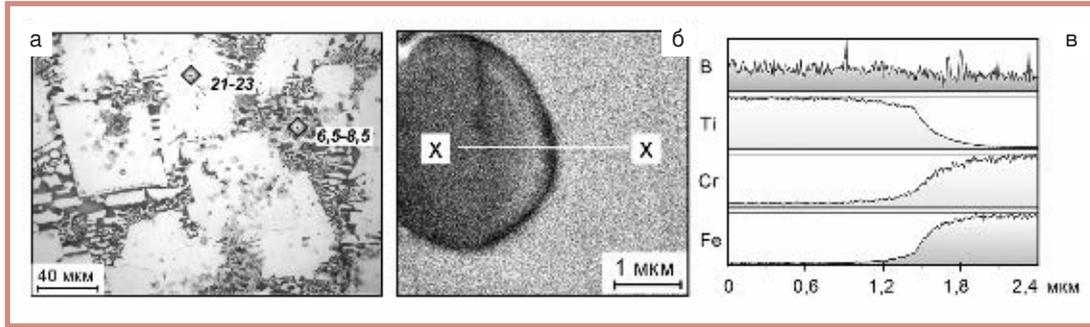


Рис. 7. Микроструктура металла, наплавленного ПП 200Х10Н4, содержащей 25% по массе  $TiB_2$  (а); включение  $TiB_2$  в металле (б); распределение химических элементов в сечении борид (Fe,Cr)В — борид  $TiB_2$  по оси хх (в)

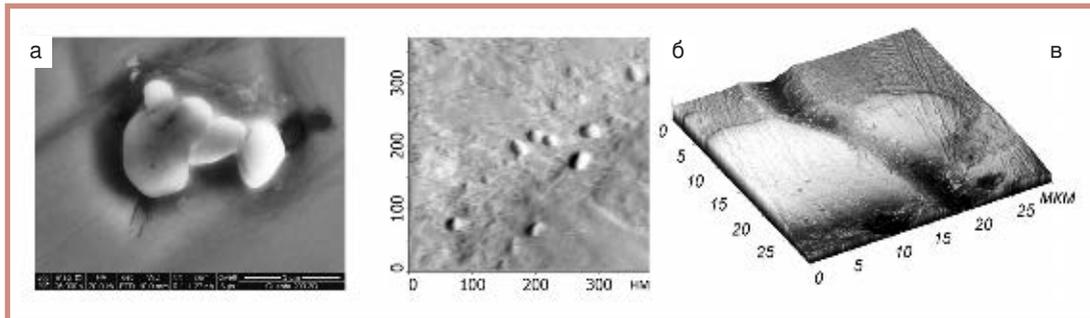


Рис. 8. Изображение колонии частиц  $TiCN$  (а); топография металла, модифицированного наноразмерными частицами  $TiCN$  (б); топография скрайбированной поверхности композиционного наплавленного металла с частицей  $TiB_2$  (в)

присутствуют равномерно распределенные включения округлой формы с микротвердостью 33,5–35 ГПа, что соответствует микротвердости  $TiB_2$ . Частицы диборида и карбонитрида титана служат центрами кристаллизации в матричном расплаве, вокруг которых образуются крупные первичные кристаллиты других боридов и карборидов (рис. 7, а). Распределение легирующих элементов в зоне взаимодействия частицы  $TiB_2$  с образовавшимся вокруг нее боридом (Fe,Cr)В (рис. 7, б, в) свидетельствует о протекании диффузионных процессов в переходной зоне протяженностью около 0,8 мкм с образованием прочной химической связи между этими боридами.

Установлено, что пребывание ультрадисперсных частиц  $TiCN$  в металлическом расплаве приводит к их частичному растворению и коагуляции с последующим образованием колоний укрупненных до 1–3 мкм частиц неправильной формы (рис. 8, а). В то же время в наплавленном металле содержатся включения размером от 15 до 50 нм, что косвенно может свидетельствовать о сохранении в нерастворенном виде некоторого количества наноразмерных частиц  $TiCN$ , служащих центрами кристаллизации для других тугоплавких соединений.

Склерометрические испытания наплавленного металла показали, что при скрайбировании поверхности микрошлифа упрочняющие частицы  $TiB_2$  оказывают существенное сопротивление его движению. При этом на поверхности упрочняющей частицы отсутствуют следы растрескивания и выкрашивания (рис. 8, в), что свидетельствует о достаточной прочности самой частицы и ее надежном закреплении в матрице сплава. В реальных условиях столкновение частиц  $TiB_2$  и абразива должно приводить к разрушению последнего вследствие его меньшей твердости.

Формирование сложной композиционной структуры с высокой объемной долей упрочняющих фаз способствует увеличению относительной износостойкости наплавленного металла по сравнению с износостойкостью стали 45 в отожженном состоянии до 12,5, а по сравнению с износостойкостью металла, наплавленного дугвым способом проволокой ПП–АН170М (ПП–Нп 150Х15Р3Т2), она повышается почти в пять раз. Результаты выполненных исследований легли в основу разработки состава ПП (Пат. РФ 2397851) для электрошлаковой наплавки деталей машин и инструмента абразивностойким сплавом системы легирования С–Cr–Ni–Ti–В. ● #685

# ГАЗОПЛАМЕННАЯ АППАРАТУРА ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ МАРКИ НОРД-С®

ГАЗОПЛАМЕННАЯ АППАРАТУРА,  
ПРОВЕРЕННАЯ ВРЕМЕНЕМ!

КАЧЕСТВО ПО ДОСТУПНОЙ ЦЕНЕ!



Полная информация  
у официальных дилеров,  
в специализированных  
магазинах и на сайте:  
**www.nord-s.com**

Сделано в России. Не содержит китайских комплектующих.  
Вся продукция сертифицирована.  
НОРД-С® - зарегистрированный товарный знак (знак обслуживания)

МЕХАНИЧЕСКИЙ  
ЗАВОД  
**малъ**



## ПАО «ЗАПОРОЖСТЕКЛОФЛЮС»

Украинское предприятие ПАО «Запорожский завод сварочных флюсов и стеклоизделий» является на протяжении многих лет одним из крупнейших в Европе производителей сварочных флюсов и силиката натрия. На сегодняшний день мы предлагаем более 20 марок сварочных флюсов.

На заводе разработана и внедрена Система управления качеством с получением Сертификатов TUV NORD CERT GmbH на соответствие требованиям стандарта ISO 9001:2008 и Государственного предприятия Научно-технический центр «СЕПРОЗ» при ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины на соответствие требованиям ДСТУ ISO 9001:2009 (ISO 9001:2008, IDT).

Благодаря тесному сотрудничеству с ИЭС им. Е. О. Патона завод освоил производство сварочных флюсов **двойным рафинированием расплава**. Этот наиболее прогрессивный способ варки флюсов, защищенный патентами, существенно улучшил сварочно-технологические свойства флюсов при сохранении благоприятного соотношения качества и цены.



Продукция сертифицирована в НАКС, УкрСЕПРО, Системе Российского Морского Регистра судоходства, Госстандарте России, TUV Nord.



**СВАРОЧНЫЕ ФЛЮСЫ**  
для автоматической и полуавтоматической сварки и наплавки углеродистых и низколегированных сталей.

АН-348-А, АН-348-АМ, АН-348-АП, АН-47, АН-47ДП, АН-60, АН-60М, АН-20С, АН-20П, АН-26С, АН-26П, АН-67, ОСЦ-45, ОСЦ-45М.  
(ГОСТ 9087-81, ТУ У 05416923.049-99, ГОСТ Р 52222-2004).

**СИЛИКАТ НАТРИЯ РАСТВОРИМЫЙ, силикатный модуль от 2,0 до 3,5.**  
Широко применяется для изготовления жидкого стекла и сварочных электродов.

Нашим предприятием освоено промышленное производство специальных плавящих продуктов-шлаков для использования в шихте при производстве керамических флюсов, порошковых проволок и других сварочных материалов.  
**Марка MS** – марганцевый шлак, индекс основности по Бонишевскому менее 1,0.  
**Марка CS** – шлак нейтрального типа с рафинирующими свойствами, индекс основности по Бонишевскому 1,1.  
**Марка AR** – шлак алюминатно-рутилового типа с хорошими сварочно-технологическими свойствами, индекс основности по Бонишевскому 0,6. Размер частиц: 0,05–0,63 мм (50–630 микрон) Влажность: не более 0,025% при 200°С.

**Наша цель — более полное удовлетворение Ваших потребностей  
в качественных и современных сварочных материалах.**

ПАО «Запорожстеклофлюс»  
Украина, 69035, г. Запорожье,  
ГСП-356, ул. Диагональная, 2.  
Отдел внешнеэкономических  
связей и маркетинга

Тел.: +380 (61) 289-0353; 289-0350  
Факс: +380 (61) 289-0350; 224-7041  
E-mail: market@steklo.zp.ua  
http://www.steklo-flus.com

Официальный представитель ПАО «Запорожстеклофлюс» по реализации флюсов сварочных на территории Российской Федерации  
**ЗАО «ЕвроЦентр», г. Москва.** Отгрузка со складов Москвы, Курска.  
Тел. (495) 646-2755, 988-3897 — Коваленко Людмила Викторовна, Кащавцев Владимир Викторович, Кащавцев Юрий Викторович



## Агрегаты с блоками снижения напряжения холостого хода и переключением полярности дуги.



- приводной двигатель Д-144 либо Д-242;
- блок срабатывает при касании электродом детали и подает на дугу высокое напряжение генератора. Блок прекращает подачу высокого напряжения после окончания сварки, а также при выходе из строя собственных элементов;
- индикаторы и органы тестирования позволяют перед началом работы убедиться в исправности блока снижения напряжения, индикаторы информируют о наличии сварочного напряжения на электроде, а также предупреждают о переходе в режим блокировки;
- возможна установка предпускового подогревателя двигателя;
- блоки не изменяют характеристики агрегатов, степени взаимовлияния постов, диапазон климатического применения, радиус действия и не влияют на сварочные свойства.

Технические характеристики (соответствуют требованиям ГОСТ Р МЭК 60974-1):

Время снижения напряжения, с	0,8 (0,5; 0,6 по заказу)
безопасное пониженное напряжение, В	12
Время срабатывания, с	0,06
Чувствительность (сопротивление сварочной цепи, вызывающее срабатывание), Ом	200

## Агрегат для сварки и плазменной резки АДПР-2х2501В.



- 2 поста по 250 А ручной дуговой сварки;
- плазменная резка металлов;
- трехфазный генератор электропитания (6 кВт, 400В);
- встроенный компрессор с системой подготовки сжатого воздуха: фильтры, ресивер, спиртовой предохранитель от замерзания;
- ручной плазматрон воздушного охлаждения, с контактным зажиганием дуги, длина кабель-шланга 20 или 30 м;
- термопенал для сушки электродов;
- возможность поставки на шасси.

Технические характеристики:	Д-144	Д-242
<b>Режим сварки:</b>		
Количество постов сварки	2	
Номинальный сварочный ток, А (при ПН-60%)	250/400*	
Номинальное рабочее напряжение, В	30	
Пределы регулирования сварочного тока, А	30-250/50-400*	
Напряжение холостого хода, В	90	
<b>Режим резки:</b>		
Максимальная толщина разрезаемого листа стали, мм	25	
Ток резки при напряжении на дуге 100В, А	80	
Напряжение холостого хода, В (несниженное/сниженное)	250/50	
<b>Общие данные:</b>		
Тип охлаждения двигателя	воздушный	жидкостный
Габаритные размеры агрегата на раме, мм	2420x1000x1300	2650x1000x1580
Масса агрегата, кг	1150	1400

\* характеристики при параллельной работе на одну дугу

Завод сварочного оборудования ЗАО "УРАЛТЕРМОСВАР"

620017, Россия, Екатеринбург, ул. Московская, д.49, оф.67  
тел/факс: +7 (343) 376-46-80, 203-14-57, 203-14-58, 203-14-59  
[www.uraltermosvar.ru](http://www.uraltermosvar.ru) [uraltermosvar@mail.ru](mailto:uraltermosvar@mail.ru)

Выставочные салоны-магазины "МИР СВАРКИ"

Екатеринбург, ул. Куйбышева, 4 (343) 203-17-56  
Новосибирск, ул. Жуковского, 123 (383) 227-21-33 (сервис)  
Тюмень, ул. Магнитогорская, 4/3 (3452) 307-947 (сервис)

# Безударное сжатие электродов при контактной сварке

П.Д.Федоров, Н.Я.Смирнов, Д.И.Лихачев, ЗАО «Технолог-С», В.И.Вайнштейн, ЗАО НПК «Северная Заря», Б.В.Федотов, СПбГПУ (Санкт-Петербург)

*Усилие сжатия электродов является одним из основных параметров режима при контактной сварке. Другим важнейшим параметром является сварочный ток.*

Усилие сжатия электродов обеспечивает начальный контакт между деталями и удерживает от выплеска расплавленный металл сварной точки при протекании сварочного тока. В сложных циклах усилие сжатия электродов можно использовать для предварительного обжатия деталей перед сваркой, а также для проковки повышенным усилием с целью предотвращения образования пор и раковин при остывании металла. Кроме того, усилие сжатия электродов может изменяться по заданной программе во время прохождения сварочного тока. Эти вопросы освещены как в справочной литературе (требуемая величина усилия сжатия и проковки в зависимости от материала и толщины свариваемых деталей), так и в научно-технических журналах (сварка с переменным усилием).

Скорость электрода в момент его касания свариваемой детали не регламентирована, однако подразумевается, что она должна быть по возможности минимальной. С этой целью, например, в машинах с пневмоприводом усилия сжатия конструктивно предусматривают дроссели, позволяющие регулировать скорость перемещения привода и минимизировать силу удара электрода о деталь. Но при снижении скорости снижается и производительность, при этом чем больше рабочий ход электрода, тем ниже будет производительность. Поэтому на практике стараются сделать рабочий ход электрода возможно меньшим, а скорость привода снижают до компромиссного уровня между производительностью и приемлемой силой удара электрода.

В машинах контактной сварки используют различные приводы для сжатия электродов: гравитационный; мускульной силы человека; пневматический; гидравлический; пружинный; кулачковый; электромагнитный; электромашинный.

При гравитационном приводе калиброванный груз давит через систему рычагов на верхний электрод.

Мускульную силу человека используют либо при нажатии на педаль, либо для сжатия рукой рычагов сжатия электродов.

Пневматический привод создает усилие сжатия электродов в пневмоцилиндре благодаря сжатию воздуха, подводимому от цеховой магистрали либо от автономного компрессора. Этот тип привода является в настоящее время доминирующим в машинах контактной сварки благодаря относительной простоте, надежности и удобству в эксплуатации.

Гидравлический привод по своему действию аналогичен пневматическому, но рабочим агентом является не сжатый воздух, а масло. В гидроприводах используется повышенное давление (до 20 МПа), что позволяет уменьшить габаритные размеры цилиндров по сравнению с габаритными размерами пневмопривода, в котором давление обычно не превышает 1 МПа. Поскольку жидкость несжимаема, гидроприводы позволяют фиксировать положение в заданной точке, в отличие от пневмоприводов, которые работают «до упора». Гидроприводы при контактной сварке применяют в подвесных клещах для точечной сварки и в мощных машинах для стыковой сварки оплавлением (в частности, трубо- и рельсо-сварочных).

Пружинный привод используют в машинах малой мощности. Пружина создает рабочее усилие, возврат электрода может производиться различными способами — возвратной пружиной, электромагнитом, мускульной силой и др.

Кулачковый привод в машинах для точечной сварки используют в основном в автоматах, работающих с высокой производительностью и с небольшим ходом электродов. В движение кулачки приводит обычно электромотор. Кулачок воздействует на рычаг, который передает перемещение и усилие на сварочный электрод. При этом

предъявляются повышенные требования к точности свариваемых деталей.

Электромагнитный привод иногда используют для создания сварочного усилия при контактной сварке. К его недостаткам следует отнести зависимость тягового усилия электромагнита от зазора в магнитной цепи, т. е. от пути, пройденного сварочным электродом.

Электромашинный привод в последние годы получает все большее применение, в частности, в клещах для роботизированной сварки. В качестве движущей силы используют линейные электродвигатели либо вращающиеся с преобразованием вращающегося движения в линейное посредством передачи «винт-гайка».

Для чего требуется безударное приложение усилия для сжатия электродов?

- Для уменьшения силы удара при соприкосновении электрода с деталью. Удар вызывает повышенный износ электрода и гнезда электрододержателя, создает дополнительную нагрузку на узлы привода сжатия — подшипники, направляющие.
- Удар электрода приводит к механической деформации поверхности детали под электродом, что особенно нежелательно при расположении электрода со стороны лицевой поверхности детали.
- При сварке деталей малых размеров без жестких кондукторов возможно смещение деталей от удара.
- В угольных или графитовых электродах, применяемых при пайке электросопротивлением на машинах контактной сварки, в случае удара хрупкие рабочие части могут разрушаться.
- При сварке деталей хрупкие элементы, находящиеся вблизи зоны сварки (например, металл-стеклянный спай), могут не выдержать приложенной нагрузки.
- При микросварке удар электрода вызывает вибрацию (колебательные движения) нижней консоли, что ведет к образованию выплесков и снижению стабильности качества сварного соединения.
- В других случаях, когда соударение электрода с деталью может привести к необратимым последствиям.

Можно ли обеспечить безударное соприкосновение электрода с деталью?

Если речь идет не о сварке уникальных изделий, где важны результат и качество, а о любом промышленном производстве, где производительность является одним из важнейших показателей, то ответ будет отрица-

тельным. Поэтому целесообразно говорить о минимизации скорости перемещения электрода при его соприкосновении с деталью.

Рассмотрим вероятные пути решения задачи.

Найдем идеальный вариант.

1. Время рабочего хода электрода должно быть минимальным и не снижать производительности.

2. В момент соприкосновения электрода с поверхностью детали скорость электрода должна быть равна нулю. Скорость можно задавать как переменную с приходом к нулевой в заданной точке перемещения. Скорость может меняться плавно либо ступенчато: высокая маршевая и замедляющаяся на последнем участке пути. Некоторые из перечисленных типов привода позволяют с различной степенью точности приводить электрод в заданную точку с нулевой скоростью. Но будет ли эта точка действительно местом соприкосновения электрода с деталью, даже при условии нулевой погрешности в позиционировании?

Вероятность очень мала. И причин тому немало:

- толщина детали имеет допуск;
- форма поверхности детали может отклоняться от теоретической в пределах допуска;
- рабочая поверхность электрода после каждой сварки изнашивается.

Даже этих трех причин достаточно для того, чтобы перейти от идеального варианта к поиску приемлемого решения.

Одним из способов является упоминавшееся приведение в заданную точку неизнашиваемой подвижной части, например, электрододержателя. Расположение точки задается таким образом, чтобы рабочая поверхность электрода остановилась на минимальном расстоянии от поверхности детали. После этого к электроду (приводу) прилагают рабочее усилие. Благодаря инерционности привода электрод не успеет набрать большую скорость до касания с деталью. Пример точного приведения в заданную точку — использование механизма «мальтийский крест».

Другие способы, как правило, основаны на использовании обратной связи от каких-либо датчиков:

- положения (линейного, углового),
- оптического (видимого зазора между электродом и деталью),
- электрического (контакта между электродом и деталью) и др.

Эти способы используют, иногда в комбинации с другими, в реальных машинах для контактной сварки.

В машинах для контактной сварки, разрабатывавшихся во ВНИИЭСО (Институте сварки России), стремились уменьшить массу подвижной части привода, для чего делали пружинные развязки, использовали диафрагменные и сильфонные приводы и т. п. Например, в мощных рельефных конденсаторных машинах МРК-160, ПРК-12002, МРК-12001 был применен диафрагменный привод, в машине МРК-3201 — поршневой пневмопривод с «плавающей» диафрагмой.

Эти традиции сотрудники института соблюдают и в новых условиях. Так, в машине для контактной микросварки типа МТЧ-5.05, разработанной и выпускаемой ЗАО «Технолог-С», для минимизации усилия при соприкосновении электродов с деталями реализованы многие из перечисленных принципов: приведение механизма сжатия в заданную точку по программе, пружинная развязка, максимально возможное уменьшение массы подвижных частей, контроль усилия сжатия. На *рис. 1* показана сварочная головка машины МТЧ-5.05.

Основные элементы сварочной головки — корпус и привод сжатия. Привод включает: электропривод; муфту; шариковинтовую пару; концевой датчик; датчик усилия; пружинную развязку; электроды и хобот.



Рис. 1.  
Сварочная  
головка  
машины  
МТЧ-5.05

В качестве электропривода используют шаговый двигатель с ШИМ-драйвером. После перемещения сварочной головки на маршевой скорости в исходную точку с управлением по количеству шагов аппаратура управления переходит на управление по сигналу с датчика усилия.

Пружинная развязка служит для снижения инерционности привода, что является существенным технологическим фактором при сварке деталей малых толщин, особенно при рельефной микросварке (например, сварка стержня с пластиной).

Шарико-винтовая пара обеспечивает безлюфтовое преобразование вращательного движения вала шагового двигателя в линейное перемещение электрода.

Для повышения динамичности привода использована линейная направляющая с циркулирующими шариками

Работает привод следующим образом. При нажатии на педаль пуска сварки блок управления запускает электропривод. Вращательный момент электропривода через муфту подается на винтовую пару с размещенным на ней датчиком усилия и преобразуется в поступательное движение верхнего электрода. Верхний электрод закрепляется в колодке, которая размещена на направляющем устройстве, связанном через пружинную развязку с датчиком усилия и винтовой парой. В момент касания электродов электропривод снижает скорость, и дальнейшее сжатие до необходимого усилия происходит через пружинную развязку. При достижении заданной величины усилия сжатия электродов контролируемого по сигналу с датчика усилия, электропривод останавливается и блок управления пропускает через сжатые детали сварочный ток. После прохождения сварочного цикла электропривод поднимает верхний электрод на заданное расстояние или до срабатывания концевой датчика.

Машина МТЧ-5.05 имеет инверторный источник сварочного тока и микропроцессорное управление. Более подробно с характеристиками машины МТЧ-5.05 можно ознакомиться в предыдущих номерах журнала «Сварщик» (№2 — 2012) и «Сварщик в России» (№2 — 2012).

Самый, пожалуй, совершенный способ приложения усилия с минимальной силой удара реализован в машинах малой мощности, многие десятилетия выпускавшихся в мире. Это машины типа СМС (сварочно-монтажный стол) и ССП (стол сварочный с

**Техническая характеристика машины СМС-6:**

Привод механизма сжатия . . . . .	Ножной
Пределы плавного регулирования усилия сжатия, Н . . . . .	50–250
Производительность, сварок/мин, не менее . . . . .	20
Напряжение питания, В . . . . .	220±22
Потребляемая мощность, кВА, не более . . . . .	3
Вылет электродов, мм . . . . .	60
Максимальный рабочий ход, мм . . . . .	50
Величина регулировки рабочего хода, мм . . . . .	50
<b>Габаритные размеры, мм:</b>	
длина . . . . .	990
ширина . . . . .	690
высота . . . . .	1230
Масса (без источника питания), кг, не более . . . . .	70



Рис. 2. Машина СМС-6 с источником ИП-1.2

пылезащитой). Привод сжатия в этих машинах ножной. Визуальный контроль хода электрода выполняет сварщик. В данном случае все зависит от мастерства человека, который может учесть погрешности, зазоры, люфты в механизмах и в свариваемых деталях.

В настоящее время ЗАО «Технолог-С» выпускает машины СМС-6 (рис. 2), предназначенные для микросварки и пайки точных деталей: элементов реле, проволочных выводов с контактными лепестками, контактов с контактодержателями и других изделий из цветных и черных металлов и сплавов.

В комплект машины входит конденсаторный источник или источник переменного тока с блоком управления, обеспечивающим отсчет времени сварки в полупериодах сети (дискрет 0,01 с), в отличие от серийной аппаратуры управления (РКС, РВИ, РЦС, РКМ), в которой все выдержки производятся в периодах сети (дискрет 0,02 с). Можно использовать и другие источники или аппаратуру управления, в том числе микропроцессорную, с функциями контроля, индикации величины и формы сварочного тока.

● #686

**World Steel Association опубликовал рейтинг крупнейших производителей стали в мире**

World Steel Association публикует рейтинг крупнейших производителей стали в мире. Согласно объемам выплавки за 2012 г., первое место с результатом 716,5 млн. тонн стали занимает Китай. На втором — Япония, отчитавшаяся о производстве 107,2 млн. тонн стали.

Россия (70,4 млн. тонн стали) находится на пятой строчке списка после США (88,7 млн. тонн) и Индии (77,6 млн. тонн). Украина в рейтинге десятая с результатом в 33 млн. тонн. Из металлургических компаний на первое место WSA ставит ArcelorMittal — объем выплавки стали составил за 2012 год 93,6 млн. тонн. Затем идут японская Nippon Steel and Sumitomo (47,9 млн. тонн), китайские Hebei Steel (42,8 млн. тонн) и Baosteel (42,7 млн. тонн), следом по рейтингу — южнокорейская меткомпания POSCO (39,9 млн. тонн). Шестое-восьмое место заняли китайские компании со средним показателем объемов производства 30 млн тонн: это Wuhan Group — 36,4 млн тонн, Shagang Group — 32,3 млн тонн и Shougang Group — 31,4 млн тонн.

На 18-й строчке — Evraz plc. (15,9 млн. тонн), на 19-й — «Северсталь» (вместе с немецкой ThyssenKrupp и китайской Benxi Steel по 15,1 млн. тонн), на 20-й — НЛМК (14,9 млн. тонн), на 26-й — ММК с результатом в 13 млн. тонн и на 28-й строчке Metinvest — 12,5 млн тонн.

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



NEW

# Эффективное сварочное производство — залог качества конечного продукта

А.М. Ермолин, ООО «ДельтаСвар» (Екатеринбург)

*Компания «ДельтаСвар» приглашает к сотрудничеству в области оптимизации сварочного производства. Используя знания и опыт наших специалистов и сервис-инженеров, а также оборудование ведущих мировых производителей, мы можем дать экспертную оценку и предложить комплексное решение по модернизации сварочного производства «под ключ».*

Производственное предприятие — единая система, все составляющие которой должны работать слаженно, в противном случае теряется ее эффективность. Современные технологии механической обработки резко повысили качество и скорость изготовления деталей и узлов. Сборка и сварка — следующий технологический этап на пути к конечному изделию, ведь для эффективного производства недопустимо снижение качества и производительности работ. Специфика работ на участке сборки и сварки предполагает наличие большего числа людей, в отличие от заготовительного производства.



Роботизированная сварочная ячейка АВВ



Установка для сварки кольцевых швов PEMA

Следовательно, для повышения эффективности технологических операций сборки и сварки основной акцент следует сделать на улучшении условий труда персонала, а также максимально сократить ручной труд.

Для создания высокоэффективного производства компания «ДельтаСвар» рекомендует использовать системный подход — «все из одних рук», включающий полное техническое перевооружение основного парка оборудования и вспомогательных средств, а также планирование решений по реорганизации рабочих мест.

**Проектирование сварочного участка и подбор оборудования.** На первом этапе проектирования сварочного участка необходимо подобрать оборудование и оснастку с учетом конструкторских и технологических параметров для каждого изделия. В нашем арсенале мощные быстроперенастраиваемые и высокопроизводительные автоматические комплексы — идеальное решение по модернизации сварочного производства.

Специальные роботизированные системы для тяжелых условий работы и гибкие роботизированные ячейки обеспечат безопасную работу, эргономичность, высокое качество и высокую производительность.

Использование оборудования для механизации и автоматизации сварочных работ — сварочных кареток, роликовых опор, позиционеров, сварочных колонн и прочего — обеспечивает рост производительности и качества сварки, а также гарантирует безопасность работы, повышает качество продукции и мотивацию персонала.



Сварочный стол и оснастка TEMPUS

Грамотный выбор сварочной оснастки не только существенно повышает уровень механизации и автоматизации сварочных работ, но и позволяет снизить операционные издержки. Всем известно, чем меньше времени требуется для сборки изделия, тем выше производительность сварочных работ.

**Защита рабочей среды.** На втором этапе необходимо позаботиться о состоянии рабочей среды. Пыль и дым, образующиеся при проведении различных работ, не только вредят здоровью работников и снижают производительность, но и негативно влияют на окружающую среду.

Оборудование для обеспечения безопасности труда и защиты людей должно безупречно функционировать. ООО «ДельтаСвар» предлагает эффективные решения по созданию чистого воздуха на рабочих постах от ведущего немецкого производителя – компании ТЕКА.

Мобильные вытяжные и фильтровентиляционные агрегаты ТЕКА дают возможность легко приспособиться к часто меняющимся условиям проведения работ. Разработанные на основе передовых технологий в области вытяжного и фильтровентиляционного оборудования, эти установки дают возможность проводить длительную очистку воздуха от сухой пыли и дыма, а также других вредных производственных выбросов, таких как масляный туман.

Высокопроизводительные стационарные системы дают возможность удалять и фильтровать загрязненный воздух одновременно с нескольких рабочих участков. Системы приточно-вытяжной вентиляции особенно успешно применяют для очистки воздуха в рабочих цехах с высокой концентрацией дыма и пыли. Система направленных диффузоров обеспечивает циркуляцию чистого воздуха от фильтровентиляционной системы и приток загрязненного воздуха к фильтру системы. Таким образом происходит постоянная очистка всего воздушного потока, и концентрация сварочного дыма в рабочей зоне уменьшается. При этом каждую установку наши технические специалисты разрабатывают в соответствии с индивидуальными потребностями каждого заказчика.

**Рабочее место сварщика.** Для разграничения цеха на отдельные рабочие зоны и организации одиночных рабочих мест применяют сварочные перегородки и ограждения.

Перегородки и ограждения со сварочными шторами защищают работающих от опасного прямого и отраженного инфракрасного и ультрафиолетового излучений, а перегородки и ограждения с теплозащитными звукопоглощающими картриджами обеспечивают защиту от высоких температур, огня и шума.

Отдельные перегородки могут быть легко соединены друг с другом, что позволяет создавать необходимую планировку для ограждения рабочих зон, например, организации сварочной кабины.



Вытяжные и фильтровентиляционные агрегаты ТЕКА



Система приточно-вытяжной вентиляции ТЕКА



Перегородки и ограждения со сварочными шторами

*Правильно разработать комплексное решение по оснащению вашего сварочного производства «под ключ» помогут специалисты компании «ДельтаСвар».*

● #687

*Публикуется на правах рекламы.*

**DeltaSVAR** ООО «ДельтаСвар»  
 620017, г. Екатеринбург, ул. Фронтových бригад, 18/2, оф. 315  
 тел.: +7 (343) 384-71-72, +7 (343) 389-09-51  
 E-mail: info@deltasvar.ru. [www.DeltaSVAR.ru](http://www.DeltaSVAR.ru)



Украина, 49083, г. Днепропетровск  
пр. им. Газеты «Правда» 29, к. 603  
т. (0562)347 009, (056)790 0133  
тел./факс (056) 371 5242  
E-mail: remmash\_firm@ukr.net

## Разработка и изготовление оборудования

### для механизированной дуговой наплавки

**PM-9** —  
установка  
автоматической  
дуговой  
наплавки  
гребней  
железнодорожных  
колесных пар



**PM-15** —  
универсальная  
установка  
автоматической  
дуговой наплавки  
деталей горного  
оборудования

**ИЗРМ-5** —  
универсальная  
установка  
автоматической  
дуговой наплавки  
малогобаритных  
цилиндрических  
деталей



# НАВКО- ТЕХ

Automatic machines and robots for arc welding

## Автоматические установки и роботы для дуговой сварки и наплавки



УСТАНОВКИ ДЛЯ СВАРКИ  
ПРЯМОЛИНЕЙНЫХ ШВОВ

УСТАНОВКИ ДЛЯ СВАРКИ  
КОЛЬЦЕВЫХ ШВОВ

РОБОТотехнологические  
КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ СВАРКИ

СВАРОЧНАЯ АППАРАТУРА



Украина, Киев

Тел.: +38 044 456-40-20

Факс: +38 044 456-83-53

<http://www.navko-teh.kiev.ua>

E-mail: [info@navko-teh.kiev.ua](mailto:info@navko-teh.kiev.ua)

12+



13-я международная специализированная выставка  
**МАШИНОСТРОЕНИЕ.  
МЕТАЛЛООБРАБОТКА.**  
**Казань**

**25-27  
сентября  
2013**

8-я специализированная выставка  
**ТехноСварка**

При поддержке Президента  
и Правительства Республики Татарстан

[www.expomach.ru](http://www.expomach.ru)  
[www.svarkaexpo.ru](http://www.svarkaexpo.ru)

Выставочный центр "Казанская ярмарка"

Россия, 420059, г. Казань,

Оренбургский тракт, 8,

тел/факс: +7 (843) 570-51-16,

570-51-11 (круглосуточно), факс: 570-51-23

e-mail: [pdv@expokazan.ru](mailto:pdv@expokazan.ru), <http://www.expokazan.ru>



КАЗАНСКАЯ  
ЯРМАРКА



Производственная база ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» это единственный на Украине комплекс с полным технологическим циклом изготовления порошковых проволок мощностью до 5000 тн/год.

*Качество продукции подтверждается количеством партнеров*

03680, г.Киев, Украина,  
ул.Боженко 15, оф.303,507  
тел. (044) 200-86-97  
факс(044) 200-84-85  
office@veldtec.ua  
www.veldtec.ua



**Представители:**

ООО «ТМ.Велтек»  
Российская федерация,  
г.Белгород, ул.Сумская 20  
тел.: +7(4722) 300-708  
тел.: +7 (4722) 22-21-21

ООО «СМИТ»  
Россия, 248009, г.Калуга,  
ул.Габричевское шоссе, 60А  
тел.: +7 (4842) 75-04-02  
факс: +7 (4842) 77-02-86

ЗАО «ОСК»  
Республика Беларусь, 220073  
г.Минск, ул.Гусовского 2А, оф.4/1  
тел.: +375 (017) 290-87-85

ООО «ПП-ТЕХНОЛОГИИ»  
Россия, 241035, г.Брянск  
ул.Литейная, 11  
тел.: +7 (4832) 57-27-07



- ▶ Сварочное оборудование и аксессуары
- ▶ Газовое оборудование для резки и сварки
- ▶ Средства индивидуальной защиты
- ▶ Средства технической химии
- ▶ Твердая и мягкая пайка
- ▶ Шлифовальные материалы
- ▶ Пилы и лентопильные станки
- ▶ Сварочное оборудование и подсобные комплектующие
- ▶ Сварочные материалы

**Дистрибьюторы:**

ООО "Изотерм"  
г. Калининград,  
ул. Орудийная, 105  
тел./факс (4012) 59 75 81

ООО НПП СварТехно  
398007 г.Липецк, ул. Студеновская, 126  
Телефоны:  
(4742) 28-45-45; 27-37-36  
info@svartehno.ru; svartehno@bk.ru

ООО "Альфа Арс Групп"  
8-915-102-80-39  
+7(49646) 5-05-76  
+7(49646) 5-01-16  
Pys@metizi.ru1

ООО "Профессионал групп"  
г. Саратов, ул. Соколовая 129 / 141  
8 (8452) 33-07-01, 33-07-02, 33-28-18  
office@s-svarka.ru; 3220177@mail.ru  
s-svarka.ru



«РИВАЛ-РХЦ» ул. Польна 140В,  
87-100 Торунь, Польша,  
т. +7 911 860 99 52  
т. +48 56 66-93-820  
ф. +48 56 66-93-805  
export@rywal.com.pl  
www.rywal.eu

**НАША ПРОДУКЦИЯ ПОД ТОРГОВЫМИ МАРКАМИ MOST™ И GOLD™ СЕРТИФИЦИРОВАНА НАКС.**

# Плазмотронная техника. Этапы развития

С.В. Петров, д-р техн. наук, Институт газа НАН Украины

*Статья является результатом обобщения многолетнего опыта автора по разработке плазменного электродугового оборудования, а приведенные положения и выводы вытекают из успешных проектов и отражают лишь собственное мнение без претензии на бесспорность. В данном случае речь пойдет о плазмотронной технике применительно к реализации так называемых родственных сварке процессов и технологий.*

Начнем анализ с успешного развития в бывшем СССР процесса плазменного напыления с использованием в качестве плазмообразующего газа смеси воздуха с горючим углеводородным газом (метаном, пропан-бутаном). Оно ознаменовалось серийным выпуском аппаратуры — сначала «Украина», затем «Киев-7», которая получила широкое распространение. Серийное производство установки плазменного напыления «Киев-7» мощностью 80 кВт в количестве 300 шт. в год было организовано в 1985 г. на Барнаульском аппаратурно-механическом заводе. Ей предшествовала установка высокопроизводительного плазменного напыления «Украина», которая создавалась в начале 1980-х годов совместно Институтом газа НАН Украины и ДонНИИчерметом для нужд предприятий черной металлургии.

В разработке аппарата «Киев-7» принимали участие ИЭС, Институт газа (Киев), ВНИИавтогенмаш (Москва). Основным элементом установки — плазмотрон ПУН-1 (плазмотрон универсальный напылительный) разработан Институтом газа и ИЭС. Плазмотрон выполнен по трехэлектродной схеме с одиночной удлиненной межэлектродной вставкой. На создание установки «Киев-7» с доведением ее до промышленного образца ушло в общей сложности два года. Параллельно в НПО «ВИСП» (Киев) было создано комплектное оборудование для нанесения плазменных покрытий, которое включало полуавтоматы для абразивоструйной обработки деталей модели 487 р и 2201П, для плазменного напыления модели 15В-Б и 320 1 П, а также оплавления плазменных покрытий с нагревом токами высокой частоты модели 220 СМ. Уже более 25 лет эти плазменные комплексы для на-

пыления защитных покрытий работают на различных предприятиях.

В развитие доказанных и проверенных на практике технологии и оборудования для плазменного напыления на базе установки «Киев-7» в начале 1990-х годов Институтом газа был разработан плазмотрон для сверхзвукового высокопроизводительного напыления мощностью 160 кВт, который, по существу, был развитием идеологии плазмотрона ПУН-1. В ИЭС под указанный плазмотрон разработали проект установки плазменного напыления «Киев-С». Был проведен большой объем испытаний, которые показали, что такая аппаратура гарантирует лучшее качество газотермических покрытий, экономична, надежна и доступна для широкого потребителя. Однако тогда, в период спада производства эта передовая разработка оказалась невостребованной.

Возросший интерес к технологии плазменного поверхностного упрочнения был связан с проблемой изнашивания колес подвижного железнодорожного состава. На железных дорогах в начале 1990-х годов наблюдалось катастрофическое изнашивание гребней колес и боковых поверхностей рельсов. Глубинные причины этого явления однозначно не были вскрыты, поскольку проблема бокового износа обостряется при неконтролируемом изменении целого ряда параметров пути и подвижного состава. Из-за нехватки колес железная дорога находилась перед угрозой остановки движения. Технология плазменного поверхностного упрочнения стала радикальным средством наиболее быстрого и дешевого решения проблемы как повышенного изнашивания колес, так и снижения прямых эксплуатационных расходов железных дорог.

На базе плазмотрона ПУН-1 научно-производственное предприятие «ТОПАС» разработало двухмодульную установку высокопроизводительной поверхностной закалки УВПЗ-2М (рис. 1). Процессы плазменного напыления и поверхностного упрочнения предъявляют различные требования к плазмотрону. В первом случае генери-



Рис. 1. Установка высокопроизводительной поверхностной закалки УВПЗ-2М: а — процесс напыления; б — модули установки

руемая струя плазмы должна обеспечить эффективные разгон и разогрев напыляемого дисперсного материала, во втором — заданный из условий требуемых размеров и структуры упрочненной зоны термический цикл нагрева и охлаждения компактного материала. Плазмотрон доработали исходя из известных критериальных зависимостей теплообмена, математического моделирования процесса упрочнения и экспериментальной оптимизации. В 1996 г. технология плазменного поверхностного упрочнения прошла опытную эксплуатацию в локомотивных депо Львов-Запад и Киев пассажирский. Сравнение плазменно упрочненных гребней с упрочненными стандартными способами при одинаковых условиях эксплуатации показало двукратное снижение темпов изнашивания гребней. После этого было принято решение о расширении масштабов использования технологии плазменного поверхностного упрочнения гребней колесных пар.

В 1997 г. был организован серийный выпуск установок УВПЗ-2М. Все установки работали в условиях типовых депо, поэтому оборудование и технология полностью обеспечивали гарантированное улучшение всех механических характеристик упрочненного колеса. Кроме того, на базе плазмо-

трона ПУН-1 научно-производственное предприятие «ТОПАС» разработало аппаратуру для плазменного напыления, построенную на унифицированной блочно-модульной основе «ТОПАС 40», «ТОПАС 80», «ТОПАС 160». Установка плазменного напыления «ТОПАС 40» была укомплектована плазмотронами мощностью 40 кВт в ручном и машинном исполнениях для напыления внешних и внутренних поверхностей (рис. 2). Плазмотрон выполнен с одиночной межэлектродной вставкой и рекуперативным охлаждением, может работать на дозвуковом и сверхзвуковом режимах. Для напыления можно использовать порошковые материалы и проволоку. Установка плазменного напыления «ТОПАС 80» со сверхзвуковым плазмотроном мощностью 80 кВт в машинном исполнении предназначена для эксплуатации в составе механизированных и автоматизированных комплексов. Установка плазменного напыления «ТОПАС 160» со сверхзвуковым плазмотроном мощностью 160 кВт в машинном исполнении предназначена для эксплуатации в составе механизированных и автоматизированных комплексов. Может быть использована во всех случаях, когда необходимо высококачественное покрытие при высокой производительности — до 50 кг/ч. Для реали-

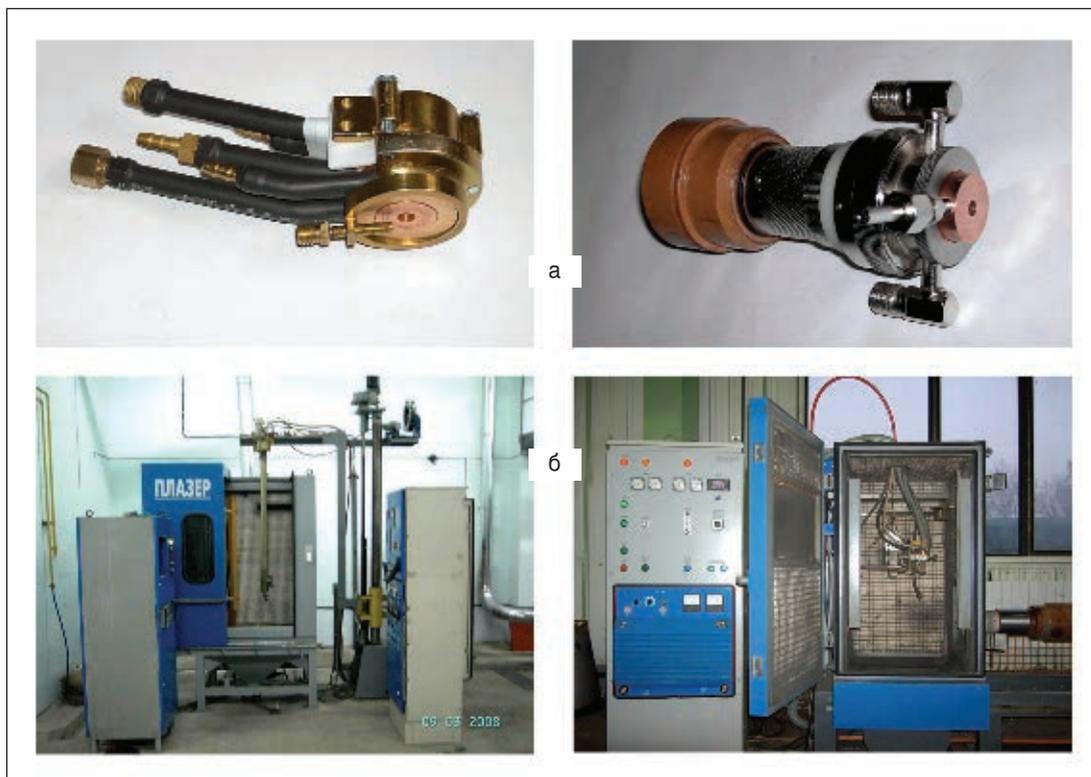


Рис. 2. Плазматроны для внутреннего и наружного напыления (а) в установках плазменного напыления «ТОПАС 40» в составе полуавтоматов для напыления ООО «Оберт» (б)

зации технологии плазменного напыления с использованием установок «ТОПАС 40», «ТОПАС 80», «ТОПАС 160» ОАО «УкрИСП», затем ООО «Оберт» (Киев) разработали полуавтоматы камерного типа с программным управлением, состоящие из камеры напыления и аспирационной установки. Управление полуавтоматами осуществляется с помощью систем ЧПУ.

В последние годы на базе плазматрона ПУН-1 наиболее высокий уровень аппаратного исполнения реализован в установках плазменного напыления защитных по-

крытий PLAZER 80 со сверхзвуковым плазматроном мощностью 80 кВт и PLAZER 160 со сверхзвуковым плазматроном мощностью 160 кВт (рис. 3).

Приведенный неполный перечень технологических плазменных установок в их развитии на базе плазматрона ПУН-1 свидетельствует о том, что разработка новых аппаратных модификаций является относительно простой инженерной задачей. Если двадцать лет тому назад на разработку уходили годы труда больших коллективов, то в современных условиях задача решается



Рис. 3. Установка плазменного напыления PLAZER 160 со сверхзвуковым плазматроном мощностью 160 кВт

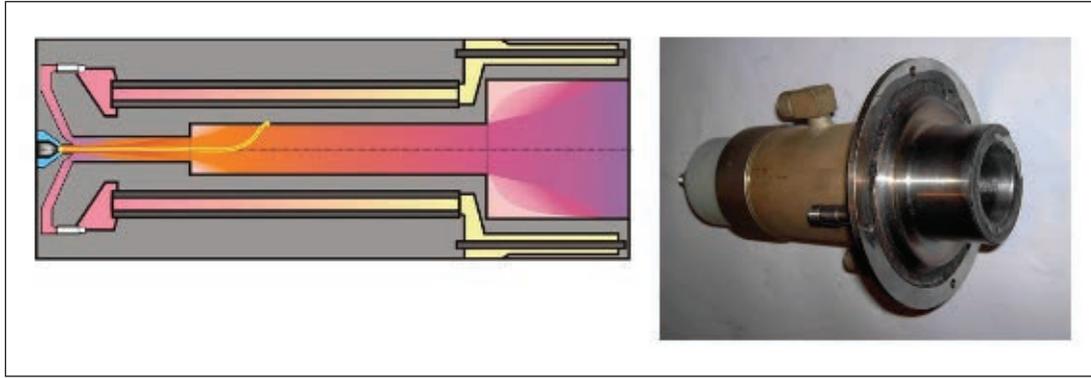


Рис. 4. Моделирование парового плазмотрона и плазмотрон мощностью 120 кВт

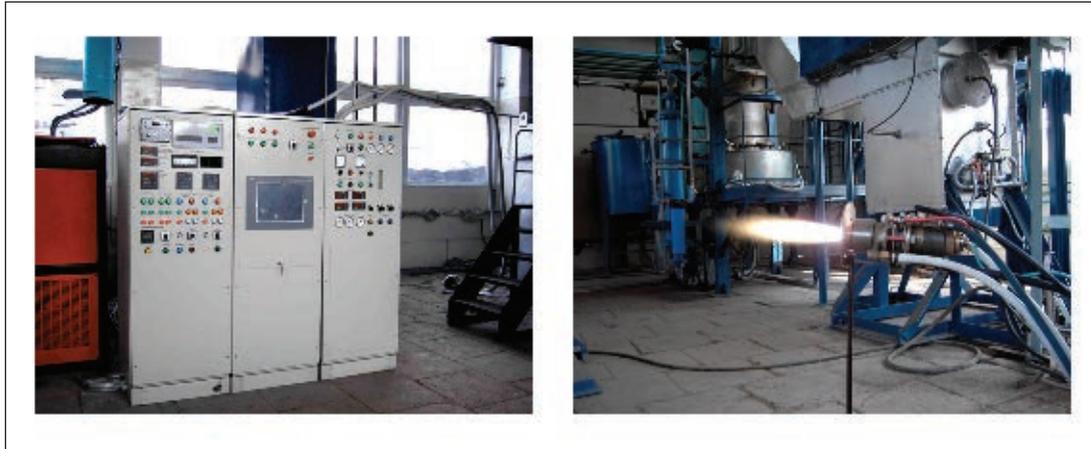


Рис. 5. Аппаратура для установки плазменной переработки отходов с паровым плазмотроном

небольшой группой специалистов в течение нескольких месяцев. Значительно сложнее обстоит дело с разработкой принципиально новых плазменно-дуговых устройств.

Рассмотрим два подхода к решению двух разных задач с помощью плазменных технологий. Первый подход был реализован при создании комплекса для переработки опасных и вредных отходов с помощью электродуговой плазмы. Особое внимание было уделено плазмотрону как главному наукоемкому элементу технологической схемы, в которой требуется плазмотрон мощностью 120 кВт, работающий на воздухе и водяном пару. Основными требованиями к такому плазмотрону являются максимально возможный ресурс непрерывной работы, высокая надежность и простота в эксплуатации. Кроме того, такой плазмотрон должен одинаково эффективно работать на различных плазмообразующих средах — от чистого воздуха (кислорода) до чистого водяного пара в широком диапазоне регулирования вкладываемой электрической мощности. Сначала были выполнены приближенные оценочные расчеты с использова-

нием известных критериев подобия, затем разработана специальная программа для расчета параметров. Основная проблема в том, что режим течения в канале плазмотрона турбулентный. А турбулентное течение — наиболее сложная область физики и инженерии и во многих случаях не поддается математическому описанию. По существу, на ламинарной модели было получено множество различных зависимостей с иллюстрациями вида (рис. 4).

Однако конструкторы и технологи при разработке плазмотрона практические рекомендации от достаточно большого объема выполненных расчетов не получили. В дальнейшем потребовалось несколько лет проб и ошибок, чтобы создать работающий промышленный паровой плазмотрон в первоначальном внешнем виде. Вся система энергообеспечения такого плазмотрона с компьютерным управлением (рис. 5) была разработана и изготовлена в считанные месяцы и осталась без изменений.

Второй подход был реализован при создании высокопроизводительного (50 кг/ч) комплекса непрерывного производства по-

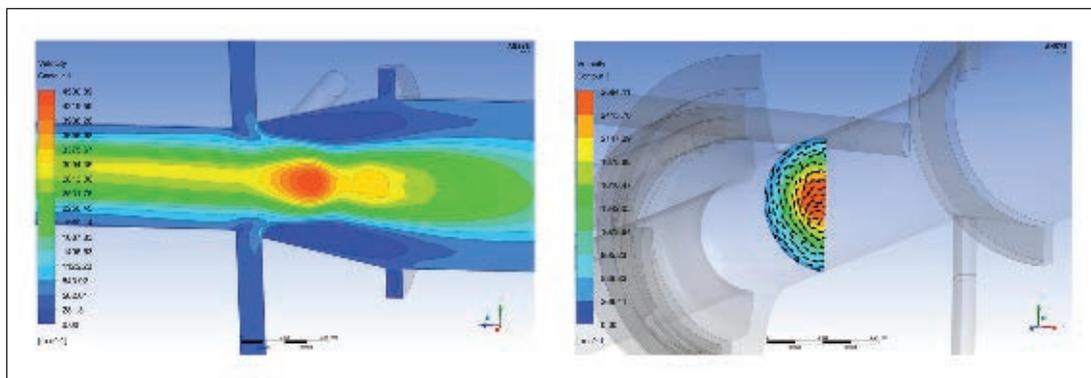


Рис. 6. Прямое численное моделирование турбулентного течения и теплообмена в водородном плазмотроне мощностью 150 кВт

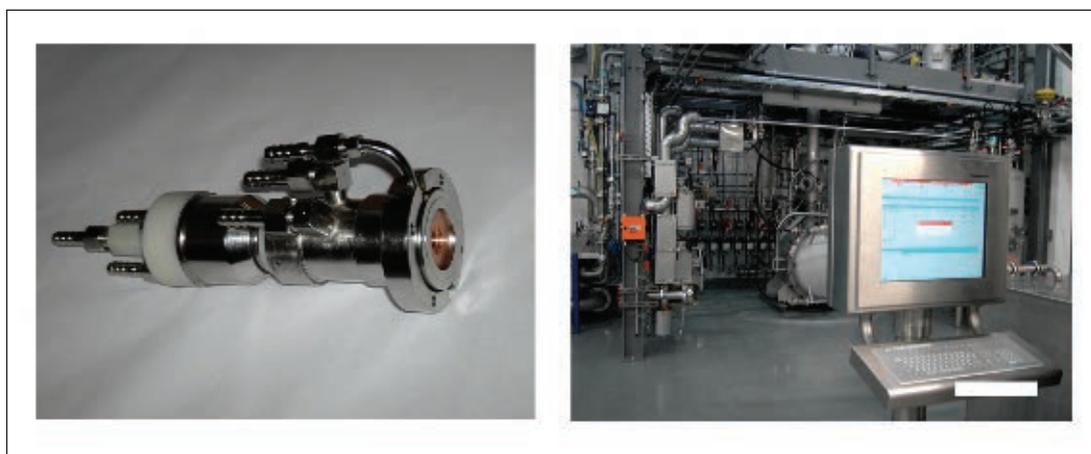


Рис. 7. Водородный плазмотрон с системой управления установкой непрерывного получения высокочистого поликристаллического кремния

ликристаллического кремния солнечного качества плазмохимическим пиролизом кремнийсодержащего газа прекурсора. Как и в предыдущем случае, особое внимание было уделено плазмотрону как главному элементу технологической схемы, в которой требуется плазмотрон мощностью 150 кВт, работающий на водороде. Как альтернатива математическому моделированию для более реалистичного описания характеристик плазмотрона было использовано полное 3D моделирование, в котором за основу была взята программа FLUENT® для вычисления динамики течений (the computational fluid dynamics CFD). Расчеты выполнены в предположении локального термодинамического и термохимического равновесия. Получены полные поля температур, скоростей и тепловых потоков в плазмотроне и реакторе (рис. 6). На этой основе были разработаны плазмотрон и система управления (рис. 7).

Требования к плазмотрону применительно к производству солнечного кремния чрезвычайно высоки. В первую очередь, это

обеспечение высокой чистоты продукта и минимизация примесей. В электродуговых плазмотронах невозможно полностью исключить эрозию материала электродов, но задача в том, чтобы снизить ее до уровня, обеспечивающего содержание в полученном кремнии вольфрама и меди не более 5 ppbw. С использованием CFD 3D моделирования удалось обеспечить работу термоэмиссионного катода в режиме рециркуляции, а анода — с диффузной привязкой разряда, что позволяет выполнить вышеуказанное условие. Известно, что водородная дуга по своей природе чрезвычайно неустойчива, вероятно самопроизвольное потухание. Очевидно, что это свойство водородной дуги вступает в конфликт с требованием к реактору непрерывного производства кремния. Благодаря реалистичной картине процессов в плазмотроне и реакторе стало возможным спроектировать и изготовить плазмотрон, удовлетворяющий вышеуказанным требованиям.

Преимущество систем плазменной обработки материалов — это высокая энергетическая эффективность, низкие массо-габа-

ритные показатели оборудования, высокие скорости технологических процессов. Долгое время плазменная обработка считалась пригодной лишь для периодических процессов. Но сейчас ее начинают применять и в непрерывных процессах, причем сфера их использования постепенно расширяется. Сегодня плазмотроны мощностью до 500 кВт уже могут надежно работать около тысячи часов. Очевидно, что такой ресурс вполне достаточен для использования плазменной технологии в многотоннажных непрерывных производствах.

Несмотря на большое многообразие предлагаемых конструктивных решений, накопленный расчетный и экспериментальный материал, промышленная эксплуатация продемонстрировала, что число электродуговых плазмотронов ограничено. Основная проблема, которая ставила в тупик не только разработчиков плазмотронов, но и инженеров, занятых устройствами с течением различных сред, это турбулентность. Ее появление вызывает радикальные изме-

нения в течении — широкий ряд физических воздействий от желательных до вредных. Флуктуации всех параметров потока, связанные с турбулентностью, повышают напряжения Рейнольдса по усредненному течению. Для широкого практического использования при оценочном описании турбулентных величин наиболее удачной моделью турбулентности считается  $k-\epsilon$  модель. В ней используется система двух нелинейных диффузионных уравнений — для массовой плотности турбулентной энергии  $k$  и скорости диссипации турбулентной энергии  $\epsilon$ . При анализе основная проблема состоит в выборе эмпирических констант  $k-\epsilon$  модели для описания достаточно широкого класса сжимаемых турбулентных течений в присутствии дугового разряда. Вместе с тем, прямое численное моделирование с использованием доступных коммерческих программ позволяет более осознанно подойти к правильному выбору геометрии дугового канала, системы охлаждения и материалов плазмотрона.

● #688

## «СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ» в рамках выставки



# СТАНКОСТРОЕНИЕ

15-18 октября 2013 Крокус Экспо, Москва

при поддержке Торгово-Промышленной палаты РФ и Московской торгово-промышленной палаты



### Тематика выставки:

- Оборудование для термической обработки (сварки, резки, пайки, наплавки);
- Оборудование для термической газовой и плазменной резки металла;
- Лазерная сварка, резка, наплавка;
- Дуговая и аргоновая сварка металла;
- Контактная сварка. Оборудование и технологии;
- Клепка металла и других материалов. Оборудование, технологии, материалы;
- Ковка металла. Оборудование для создания неразъемных соединений.

Современное оборудование от ведущих компаний

Организатор  
выставки:



ООО «Райт Солюшн»

info@stankoexpo.com

+7 (495) 988-27-68

www.stankoexpo.com

Генеральный информационный партнер



# Газокислородные резаки для машинной резки металлических заготовок толщиной до 1200 мм и технологические особенности их использования

В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак, ООО «НИИПТмаш-Опытный завод», С.Л. Зеленский, В.А. Белинский, С.Л. Василенко, ПАО «НКМЗ», Т.В. Литвинова, Т.Б. Золотопупова, ДГМА (Краматорск)

До начала 2000-х годов для механизированной машинной резки металлических заготовок толщиной до 1200 мм наиболее широко применяли резак РГМ-9, установленный на УОПП-1, и резак «Стрела», который и в настоящее время используют на многих предприятиях. Лучшие зарубежные аналоги, например резак Gigant фирмы Messer Grissheim, несмотря на многочисленные попытки их внедрения, не прижились. При эксплуатации этих резаков необходимо выдерживать высокие требования к качеству кислорода и горючего газа, а давление кислорода и горючего газа в цеховых магистралях должно быть не ниже соответственно 1,5 и 0,1 МПа. Кроме того, их использование подразумевает высокую культуру производства. Цена зарубежных аналогов на порядок выше по сравнению с ценой резака РГМ-9, а заметных преимуществ при работе они не показывали.

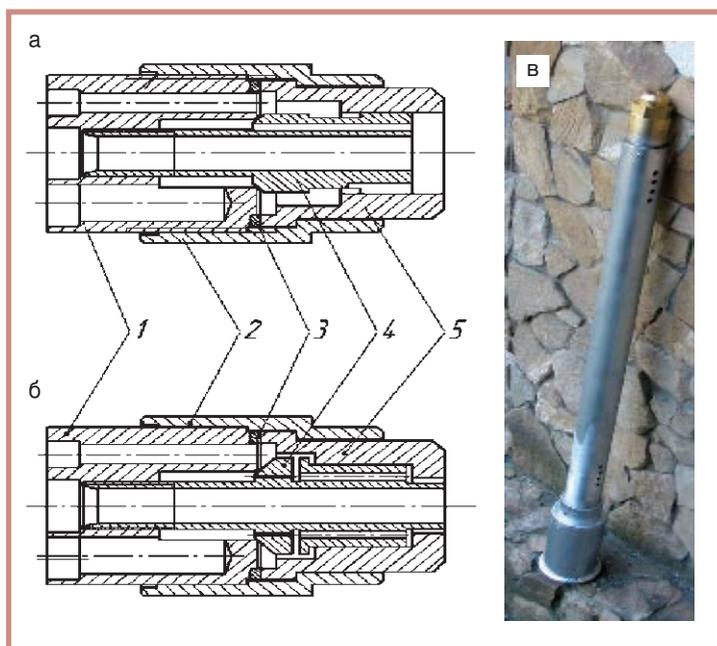


Рис. 1. Газокислородный резак РГКМ-3 для резки заготовок толщиной до 1200 мм: а — комплект мундштуков внешнего смешивания рабочих газов; б — комплект мундштуков внутрисоплового смешивания рабочих газов; в — внешний вид резака, ниппельная группа закрыта подвижным кожухом

В последние годы назрела необходимость создания новых машинных резаков для резки металлов большой толщины с целью замены физически изношенных резаков РГМ-9 и резаков других марок, производство которых прекратилось. На рынке появились резаки «Донмет-516», которые эксплуатируют на МК им. Дзержинского, и резаки РГКМ-3, разработанные авторским коллективом настоящей статьи, внедренные на ПАО «НКМЗ», АО «Азовэлектросталь», «Интерпайп НТЗ», МК им. Серова, «Уралмаше» и других предприятиях.

Резаки РГКМ-3 выпускают в двух вариантах:

- внутрисоплового смешивания рабочих газов с принудительным водяным охлаждением — для разделительной резки поковок и слитков, нагретых до температуры 800°С, и фигурной вырезки деталей из плоских поковок;
- внешнего смешивания рабочих газов без принудительного охлаждения для разделки крупных заготовок на габаритные куски.

Конструкция резака РГКМ-3 с мунштуками внутрисоплового и внешнего смешивания рабочих газов показана на рис. 1.

Рабочая часть резака РГКМ-3 включает головку 1, накидную гайку 2, уплотнительное кольцо из отожженной меди 3, внутренний мундштук 4 и наружный мундштук 5. При замене мундштуков, рассчитанных на другую толщину, необходимо открутить накидную гайку 2, снять наружный мундштук 5 и кольцо 3, выкрутить внутренний мундштук 4, затем вкрутить другой внутренний мундштук, рассчитанный на толщину заготовки, которую необходимо резать, установить кольцо 3 и наружный мундштук 5, зафиксировать их накидной гайкой 2. Поскольку внутренний и наружный мундшту-

ки затягиваются с большим усилием, эти операции производят в специальной мастерской. Это долгий и трудоемкий процесс, поэтому оператор машины газовой резки (МГР) зачастую устанавливает на резак мундштуки, рассчитанные на максимальную толщину заготовки (1200 мм), и работает с ними постоянно. При резке заготовок толщиной от 300 до 800 мм имеет место неоправданно завышенный расход кислорода и горючего газа, при этом ширина реза увеличена.

Работа резака с мундштуками внешнего смешивания показана на *рис. 2*, резака с мундштуками внутрисоплового смешивания — на *рис. 3*. Техническая характеристика резака приведена в *таблице*.

В настоящее время в копровом цехе НКМЗ работают две машины для кислородной резки крупногабаритного металлолома, снабженные резаками внешнего смешивания РГКМ-3. Их используют много лет, они безопасны, надежны и долговечны. Однако их комплектуют системой мундштуков, рассчитанной на максимальную толщину разрезаемой заготовки 1200 мм, и при резке заготовок меньшей толщины расходы энергоносителей и ширина реза соответствуют максимальным значениям, что снижает эффективность использования оборудования.

Было принято решение разработать и внедрить газокислородный резак внешнего смешивания, в котором замена мундштуков непосредственно на машине не вызывала бы затруднений, занимала мало времени и не требовала высокой квалификации газорезчика. Учитывая постоянный рост цен на



Рис. 2. Разделка крупногабаритного металлолома резаком РГКМ-3 с мундштуками внешнего смешивания на эстакаде копрового цеха



энергоносители, было решено повысить КПД резака (снизить расход кислорода и природного газа в пересчете на 1 т переработанного лома минимум на 10%) за счет изменений его конструкции на основе наработок, полученных при эксплуатации резака РГКМ-3.

Рис. 3. Резак РГКМ-3 с мундштуками внутрисоплового смешивания. Разделка передельных слитков толщиной 1200 мм на габаритные куски

Таблица. Техническая характеристика резаков

Параметр	Резак РГКМ-5, мундштуки:			Резак РГКМ-3, мундштуки:		
	№3	№2	№1	№3	№2	№1
Максимальная толщина разрезаемого металла (по паспорту/фактическая), мм	1200/1500	800/1200	500/700	1200/1200	800/800	500/500
Давление в цеховой магистрали, не менее, МПа:						
кислорода	0,9					
природного газа	0,065					
Давление перед резаком, МПа:						
режущего кислорода	0,35–0,45					
подогревающего кислорода	0,25–0,45					
природного газа	0,02–0,04					
Расход, не более, м <sup>3</sup> /ч:						
режущего кислорода	190	140	60	200	150	65
подогревающего кислорода	22	15	6	25	20	7
природного газа	26	18	8	30	25	9

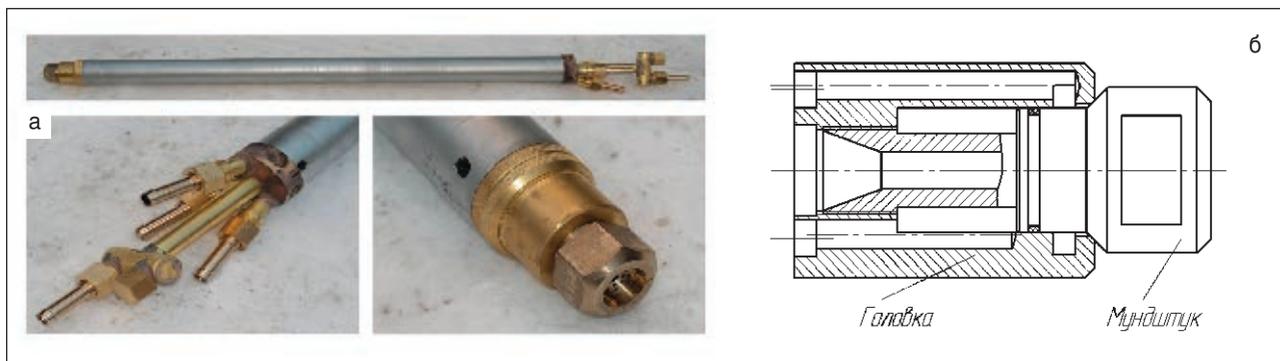


Рис. 4. Газокислородный резак РГКМ-5 для резки металлических заготовок большой толщины: а — внешний вид; б — головка резака РГКМ-5 с быстросменными моноблочными мундштуками (представлен вариант резака с воздушной завесой: вокруг пламени и полости реза формируется конусообразный поток воздуха, который защищает МГР от пыли и шлака, а также охлаждает резак)

Такой резак был создан — это газокислородный резак РГКМ-5 (рис. 4, а). Он имеет моноблочное исполнение мундштука, каналы для режущего кислорода, подогревающего кислорода и горючего газа рассчитаны и расположены так, что герметичность необходимо обеспечить только между каналами для горючего газа и окружающей атмосферой по одной контактной поверхности.

Рабочая часть резака РГКМ-5 (рис. 4, б) включает головку и моноблочный мундштук. При подготовке оборудования для резки заготовки заданной толщины достаточно один мундштук заменить другим, необходимым в данном случае. Это легко сделать прямо на машине в течение 2–3 мин. Оператор МГР получает возможность при резке заготовок различной толщины постоянно использовать мундштуки, обеспечивающие оптимальный расход энергоносителей, при этом получается минимальная для данной толщины ширина реза.

Из таблицы следует, что резак РГКМ-5 в отличие от резака РГКМ-3 имеет значительный запас мощности, это позволяет при одном и том же расходе энергоносителей

разрезать заготовки большей толщины, чем заявленные в паспорте, т.е. это снижает расход энергоносителей в расчете на 1 т переработанного лома (повышает КПД резака).

С целью выяснения технологических возможностей резака РГКМ-5 в копровом цехе завода производили резку заготовок различной степени сложности разными мундштуками (№1, №2 и №3), причем мундштуки меняли прямо на МГР по мере поступления заготовок.

На рис. 5 показана резка шейки прокатного вала из стали 60ХН диаметром 600 мм мундштуком №1, который рассчитан на 500 мм разрезаемой толщины. Мундштук №1 имеет большой запас мощности, режет заготовку без отставания линии реза (допускается отставание на 10–20% от толщины), и толщина заготовки 600 мм — не предел.

С использованием мундштука №1 можно решить и более сложные задачи. На рис. 6 показана продольная резка шайбы из стали 30Х13 толщиной 500 мм, выполненная с помощью перемещения машины по рельсам. Этот мундштук так же успешно применяли при резке поковки толщиной



Рис. 5. Резка шейки прокатного вала диаметром 600 мм, сталь 60ХН, резаком РГКМ-5, мундштук №3: а — процесс резки; б — полость реза



Рис. 6. Продольная резка шайбы, сталь 30X13, толщиной 500 мм



Рис. 7. Поковка толщиной 600 мм группы металлоотходов Б57 (20X12ВНМФ). Резка мундштуком №1



Рис. 8. Резка прокатного валка диаметром 1300 мм, сталь 60ХН резакотом РГКМ-5, мундштук №2

600 мм из группы металлоотходов Б57 — сталь 20X12ВНМФ (рис. 7). Возможность резки мундштуком №1 некоторых марок высоколегированных сталей с их вязким и высокотемпературным шлаком говорит о том, что факел резака имеет достаточно высокую температуру по его длине.

Мундштук №2 рассчитан на толщину заготовок до 800 мм, но, чтобы выяснить его возможности, была выполнена резка бочки прокатного валка диаметром 1300 мм из стали 60ХН (рис. 8). Зафиксировано прорезание на глубину 1200 мм. Образовавшаяся перемычка толщиной 100 мм была легко ликвидирована ручным резакотом.

На рис. 9 показана резка мундштуком №2 скрапины толщиной 800 мм с содержанием неметаллических включений до 20–40%, расположенных неравномерно по ее объему. Горизонтально расположенный резак перемещался снизу вверх.

С использованием мундштука №2 была также произведена резка слитка диаметром 1700 мм (рис. 10). Было прорезано 1400 мм по толщине, недорезанный остаток толщиной 300 мм устранил ручным резакотом.

Чугунный «козел» (чугун, застывший в разливочном ковше или в полезном объеме доменной печи) диаметром 1500 мм и длиной 2000 мм обычно разделяют на куски вручную с помощью кислородного копыя. Попытка резать его на МГР резакотом РГКМ-5



Рис. 9. Резка скрапины по толщине 800 мм мундштуком №2



Рис. 10. Резка слитка диаметром 1700 мм мундштуком №2

с мундштуком №2 закончилась успешно. Последовательность операций была следующая: горизонтально расположенным резакотом с торца заготовки рабочим перемещением машины по рельсам сделано три надреза, затем в специальном приямке с помо-

Рис. 11. Газокислородная резка чугунного «козла» диаметром 1500 мм и длиной 2000 мм из группы металлоотходов А26 резаком РГКМ-5 с мундштуком №2



Рис. 12. Кислородная резка слитков диаметром 1500 мм из низколегированных марок сталей резаком РГКМ-5 с мундштуком №3



щью подъемного крана образовавшиеся пластины отбили от тела «козла», после чего его вернули к МГР и дорезали остаток (рис. 11). Поскольку температура воспламенения чугуна выше, чем температура плавления, и воспламенять приходится жидкий металл, то при врезке (начале резки) необходимо хорошо прогреть место врезания, затем постоянно поддерживать высокую температуру фронтальной части полости реза. Характеристики факела мундштука №2 соответствуют этим требованиям.

Определить предельную толщину заготовки, которую можно резать с помощью мундштука №3, рассчитанного на толщину

1200 мм, не удалось. Слитки диаметром 1500 мм были многократно разрезаны без заметного отставания линии реза (рис. 12).

По предварительным расчетам замена резаков РГКМ-3 на резаки РГКМ-5 в копровом цехе ПАО «НКМЗ» позволит:

- снизить потребление энергоносителей (кислород и природный газ) соответственно на 12 и 8%;
- снизить безвозвратные потери металла за счет уменьшения ширины реза, упростить подбор нужного мундштука для заданной толщины;
- повысить эксплуатационные качества резака и его ремонтоспособность. ● #689

Join together.

SCHWEISSEN  
& SCHNEIDEN



ВСЕМИРНАЯ ВЫСТАВКА  
СВАРКА РЕЗКА НАПЛАВКА

16.-21.09.2013 ЭССЕН, ГЕРМАНИЯ

MESSE ESSEN GmbH

Тел. +49(0)201-72 44-800

visitors@schweissen-schneiden.com

www.schweissen-schneiden.com

**Познакомьтесь** вблизи с более чем 1 000 экспонентами и специалистами со всего мира.  
**Узнайте** о новаторских решениях в областях сварки, резки и наплавки.  
**Воспользуйтесь** превосходными деловыми шансами там, где бьётся живой пульс отрасли.  
Ваша отрасль встречается в Эссене. **Не оставайтесь в стороне!**



Если у Вас возникли вопросы по технологии сварки, организации рабочих мест сварщиков, правильному выбору сварочных материалов и оборудованию, Вы можете отправить письмо в редакцию журнала по адресу: 03150 Киев, а/я 52 или позвонить по телефону (044) 200 80 88. На Ваши вопросы ответит кандидат технических наук, Международный инженер-сварщик (IWE) Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

**Расскажите, пожалуйста, о свойствах стали HARDOX 400 и областях ее применения.**

**В.В. Колисниченко (Киев)**

Производитель стали HARDOX 400 — шведская компания SSAB Oxelosund. Химический состав и механические характеристики приведены соответственно в *табл. 1* и *2*.

Сочетание высокой прочности и вязкости достигается благодаря оригинальному и сбалансированному химическому составу стали, а также уникальному технологическому процессу упрочнения (закалка + отпуск).

Сталь HARDOX 400 устойчива к любым видам изнашивания при трении, ударе, при трении скольжения, к деформационному изнашиванию. Сталь легко обрабатывается механически, принимает необходимые формы при обработке давлением, хорошо разрезается термическими способами резки, а также сваривается всеми известными методами.

Газопламенную резку стали HARDOX 400 толщиной до 10 мм выполнить так же просто, как и резку обычных конструкционных сталей. Резка толстых листов требует особого

внимания. В случае с толстыми листами появляется опасность замедленного растрескивания по кромке реза в период от 48 ч до нескольких недель после проведения резки. Предварительный нагрев перед резкой является лучшим способом устранения опасности растрескивания. Температура предварительного нагрева зависит от толщины листа, например для толщины 60–80 мм она составляет 150°C, а при толщине более 80 мм — повышается до 175°C. Еще один способ исключения растрескивания — пониженная скорость резки. Данный способ можно использовать в качестве альтернативы, однако он менее надежен. Для увеличения надежности возможно сочетание обоих способов одновременно.

Независимо от того, используются ли вышеупомянутые способы исключения растрескивания, режим замедленного охлаждения снижает опасность растрескивания по кромке реза. Замедленного охлаждения можно достичь, если сразу же после резки горячие заготовки сложить друг на друга и накрыть их теплоизоляционным покрытием.

Последующий нагрев заготовок после резки также является одним из способов,

**Таблица 1. Химический состав стали HARDOX**

Толщина проката, мм	Массовая доля элементов, %									Углеродный эквивалент $C_{эв}$
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	
3–10	0,14	0,70	1,60	0,025	0,010	0,30	0,25	0,25	0,004	0,33
10–20	0,14	0,70	1,60	0,025	0,010	0,50	0,25	0,25	0,004	0,37
20–32	0,18	0,70	1,60	0,025	0,010	1,00	0,25	0,25	0,004	0,48
32–45	0,22	0,70	1,60	0,025	0,010	1,40	0,50	0,60	0,004	0,57
45–51	0,22	0,70	1,60	0,025	0,010	1,40	0,50	0,60	0,004	0,57
51–80	0,27	0,70	1,60	0,025	0,010	1,40	1,00	0,60	0,004	0,65
80–130	0,32	0,70	1,60	0,025	0,010	1,40	1,50	0,60	0,004	0,73

$C_{эв} = C + Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Cu+Ni)/15$ .

**Таблица 2. Механические характеристики стали HARDOX**

Толщина, мм	Механические характеристики				
	Твердость HRC <sub>3</sub>	Предел прочности $\sigma_B$ , МПа	Предел текучести $\sigma_{0,2}$ , МПа	Относительное удлинение $\delta_5$ , %	Работа удара KCV <sub>-40°C</sub> , Дж
20	370–430	1250	1000	10	45

позволяющих исключить растрескивание. Температура нагрева должна быть в пределах 150–250°C, а период выдержки — не менее 5 мин на 1 мм толщины листа.

Наилучшим способом исключения растрескивания является использование гидроабразивной резки.

Для стали HARDOX 400 наиболее важные параметры процесса сварки — это температура предварительного подогрева и температура между проходами, погонная энергия, присадочные материалы, последовательность сварки и размер зазора в стыке. Применение правильной температуры предварительного подогрева и соблюдение температуры между проходами обеспечивают недопущение холодных трещин благодаря минимизации содержания водорода в швах. Рекомендованная температура подогрева и проходов зависит от толщины свариваемого металла, например при толщине 50 мм она составляет 175°C. При повышенной влажности и сниже-

нии температуры окружающей среды ниже плюс 5°C температуру подогрева следует увеличить на 25°C. Для сварки стали HARDOX 400 используют, как правило, низколегированные низководородные (менее 5 мл водорода на 100 г металла) присадочные материалы, выбор которых зависит от прочности стали и толщины проката. Допускается использование высоколегированных материалов.

Хорошая свариваемость и обрабатываемость стали HARDOX 400 делают ее весьма перспективным конструкционным материалом для изготовления горного дробильно-сортировочного оборудования, кузовов карьерных самосвалов, загрузочно-разгрузочных устройств, бункеров, систем пульпопроводов, ковшей экскаваторов и т. д. Следует отметить широкую практику использования стали HARDOX 400 вместо стали 10ХСНД в сварнолитой конструкции ковшей шагающих экскаваторов, что дает увеличение объема ковша на 10%. ● #690

ПОЗДРАВЛЯЕМ!



## Борису Владимировичу ЮРЛОВУ – 60 лет

6 июля 2013 г. исполняется 60 лет Борису Владимировичу Юрлову, известному специалисту сварочного производства, заместителю директора по экономике и маркетингу Института электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины, кандидату технических наук, международному инженеру-сварщику, вице-президенту Общества сварщиков Украины, главному редактору журналов «Сварщик» и «Сварщик в России».

Выпускник сварочного факультета Киевского политехнического института 1976 г. — Б.В.Юрлов был направлен на работу в ИЭС им. Е.О. Патона, где прошел путь от инженера до старшего научного сотрудника.

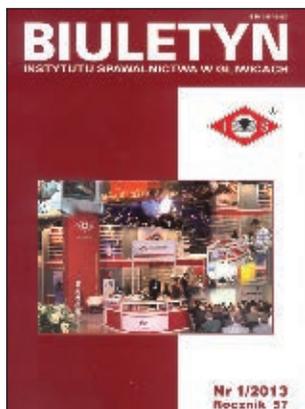
Его научно-техническая деятельность была посвящена исследованию металлургических процессов при ручной дуговой сварке углеродистых и низколегированных сталей, разработке новых марок покрытых электродов и технологии их производства. Автор ряда марок электродов для сварки низкоуглеродистых, низколегированных сталей нормальной и повышенной прочности, применяемых для изготовления ответственных конструкций в судостроении, подвижного железнодорожного состава, морских плавучих буровых платформ, эксплуатируемых при низких климатических температурах.

В 1998 г. Борис Владимирович успешно реализовал свою идею издания информационно-технического журнала для специалистов сварочного производства. В этом году журнал «Сварщик» отметил свое пятнадцатилетие, и благодаря активным усилиям Б.В. Юрлова издание стало источником полезной информации для широкого круга специалистов не только в Украине, но и в России, Белоруссии (журналы «Сварщик в России» и «Сварщик в Белоруссии»).

Сегодня основным направлением деятельности Б.В. Юрлова как заместителя директора ИЭС им. Е.О. Патона является разработка и реализация маркетинговой стратегии продвижения научно-технической продукции, созданной в институте, на внутреннем и внешних рынках.

**От всей души поздравляем Бориса Владимировича с юбилеем, желаем ему здоровья, счастья, благополучия, творческого долголетия и успехов!**

*Совет Общества сварщиков Украины, редколлегия, редакционный совет и редакция журнала «Сварщик»*



## Содержание журнала «Biuletyn Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach» (Польша) №1–2013

### Исследования

**M. ST. Weglowski, C.Hamilton.** Исследование процесса модификации поверхности трением (Friction Stir Processing)

**S.Stano, M.Banasik, M.Urbanczyk.** Влияние положения лазерный луч — проволока по отношению к свариваемому материалу и скорости подачи проволоки на стабильность процесса лазерной сварки с присадочным материалом

**P.Gotkowski, R.Jachym, H.Fryc, D.Fryc.** Исследование технологии выполнения контактных точечных соединений, применяемых

в конструкции подузлов кузовов железнодорожных вагонов

**A.Lisiecki, D.Janicki, A.Grabowski, K.Golombek.** Свойства композитных слоев Ti/TiN, выполненных методом in situ с использованием диодного лазера большой мощности

**О.К. Маковецкая.** Ситуация на рынке основных конструкционных материалов и сварочной техники Японии



## Содержание журнала «Przegląd Spawalnictwa» (Польша) №1–2013

**Z.Mirski, D.Majewski.** Спаиваемость титана в условиях газо-пламенной пайки под флюсом

**G.Gontarz.** Интерметаллические покрытия Fe-Al, выполненные способом TIG AC

**J.Zimmerman, D.Golanski, T.Chmielewski, W.Wloainiski.** Цифровая модель для анализа напряжений в системе покрытие-основа при нанесении покрытий термическими методами

**M.Winnicki, A.Malachowska, A.Ambroziak.**

Цифровое моделирование процесса Low Pressure Cold Spray

при нанесении покрытия из олова на алюминиевую основу

**J.Grzes.** Фрактальный анализ качества покрытия  $Al_2O_3-Cr$

**P.Cegielski, A.Kolasa, D.Golanski, N.Sarnowski, A.Oneksiak.** Инновационное конструкционное решение в промышленном оборудовании для автоматизации сварочных процессов

**M.Kruczynski.** Сенсоры и система слежения на роботизированных сварочных установках

**K.Arkadiusz.** Влияние ультразвуковых вибраций на структуру и прочность покрытия наплавленного алюминиевым сплавом 2017A



## Содержание журнала «Sudura» (Румыния) №3–2012

Компьютерное приложение для сертификации сварочных процессов и аттестации сварщиков. **R.Lahnsteiner**

Контроль сварных конструкций с использованием 3D систем. **L.Mistodie, N. Joni, C.Rusu**

Обучение на Международных европейских технических курсах по сварке с помощью видеоконференции. **D.Dehelean**

Возможности оптимизации системы управления качеством в сварочном производстве. **P.Tenchea**

Технологические аспекты управления TIG сваркой труб из нержавеющей стали в защитных газах. **M.Burca, D.Tunea, T.Aurel, I.Balea**



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
«ИЭС им. Е.О. Патона»



ПАТОН ЭКСПО  
ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВЫСТАВКИ

# ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВЫСТАВКИ ПАТОН ЭКСПО 2013



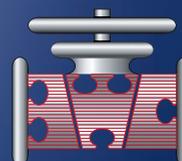
Киев

15–17 октября 2013

ВЦ «КиевЭкспоПлаза»



Сварка.  
Родственные  
технологии



Трубопроводный  
транспорт



Неразрушающий  
контроль

## ПРИ СОДЕЙСТВИИ:



Национальная  
Академия наук  
Украины



Национальная  
акционерная компания  
«Нафтогаз Украины»



Общество сварщиков  
Украины



Ассоциация  
промышленного  
арматуростроения  
Украины



Украинское Общество  
неразрушающего  
контроля и технической  
диагностики



Киевская Торгово-  
промышленная  
палата

Входной «билет» — Ваша визитка!

## ОДНОВРЕМЕННО В ВЦ «КиевЭкспоПлаза» ПРОЙДУТ СЛЕДУЮЩИЕ ВЫСТАВКИ:

- Международный форум «Наука. Инновации. Технологии»
- Международная специализированная выставка комплексного обеспечения лабораторий LABComPIEX
- Проволока и метизы
- Трубы и фитинги
- Листовой металл
- Инженерия поверхности

ОРГАНИЗАТОР: Научно-технический комплекс  
«Институт электросварки им. Е.О. Патона»

т./ф. +38 044 200-80-89

[www.paton-expo.kiev.ua](http://www.paton-expo.kiev.ua)

# Производственный шум. Часть 1

О.Г. Левченко, д-р техн. наук, В.А. Кулешов, Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины

*Сварочные технологии, несмотря на их постоянное совершенствование, продолжают оставаться источниками многих опасных и вредных производственных факторов, в том числе и акустического шума. С психофизиологической и социоэкономической точек зрения, шум — это любой нежелательный звук, наносящий вред здоровью человека, мешающий восприятию полезных сигналов и снижающий его работоспособность. В структуре профессиональной заболеваемости такой вид «шумовой болезни», как тугоухость, вместе с заболеваниями органов дыхания, опорно-двигательного аппарата и с вибрационной болезнью составляют ведущую группу профессиональных заболеваний работников промышленности.*

**Воздействие шума на организм человека.** Проявление вредного воздействия шума на человека весьма разнообразно и не ограничивается только органом слуха. Шумовая болезнь характеризуется рядом симптомов: наряду со снижением слуховой чувствительности нарушается работа нервной, сердечно-сосудистой и других систем организма. Тем не менее, оценка приемлемости шума основана, в первую очередь, на выявлении воздействия шума на органы слуха человека. Степень повреждения органов слуха зависит от многих факторов: временного характера протекания шумового процесса и его продолжительности, уровня шума и его частотного состава, индивидуальной чувствительности человека и его стажа работы, а также сочетания воздействия других вредных производственных факторов. Но только уровень шума и его продолжительность определяют границы безопасного действия шума.

При безопасных уровнях шума снижение чувствительности органов слуха выражается во временном повышении порога слышимости, которое исчезает после окончания шумового воздействия. Кратковременное снижение остроты слуха под воздействием шума с полным восстановлением после его прекращения расценивают как слуховую адаптацию и рассматривают как нормальную физиологическую реакцию организма на шум. Например, при воздействии постоянного шума в течение 10 мин с частотной полосой 1200–2400 Гц и уровнем звукового давления (УЗД) 100 дБ непосредственно после прекращения шума чувствительности слуха понижается. И если раньше порог слышимости на частоте 4000 Гц был 5 дБ, то после шумового воздействия звук надо усилить до 20 дБ, чтобы его услышать. Однако такое понижение слуха продолжится

не более получаса, после чего порог слышимости восстанавливается. Увеличение времени воздействия шума и повышение его уровня увеличивают сдвиг порога слышимости и удлиняют период восстановления. Если тот же шум длился 100 мин, но уже с уровнем 100 дБ, порог слышимости на частоте 4000 Гц превысит 30 дБ, а для восстановления нормального слуха потребуется 36 ч.

Длительное воздействие на слух человека интенсивного шума, превышающего **предельно допустимый уровень (ПДУ)**, приводит к тугоухости — необратимой потере слуха, характеризуемой постоянным повышением порога слышимости вплоть до полной потери слуха. ПДУ шума — это уровень фактора, который при ежедневной работе, но не более 40 ч в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у лиц, обладающих сверхчувствительностью. Как правило, оба уха страдают одинаково. Тугоухость развивается постепенно, и в первые годы работы в условиях шума рабочие не замечают снижения слуха, хотя при этом нередко жалуются на головную боль, шум в голове и раздражительность. Почти всегда наибольший сдвиг порога слышимости наблюдается на более высокой частоте, чем частота шума, вызвавшего сдвиг. Наиболее поражающей оказывается область частот от 2000 до 5000 Гц, где чувствительность органа слуха наивысшая. На начальной стадии тугоухости снижение слуха на 10 дБ практически неощутимо, поскольку речевые частоты 500–2000 Гц еще не поражены. Со временем наступает субъективное ощущение понижения слуха в речевом диапазоне звуковых частот, и оно фиксируется при снижении слуха на 20 дБ. И уже при 10-летнем стаже работы риск полной потери слуха составляет 10% в условиях 90 дБА шумового воздействия, 30% — при 100 дБА и 50% — при 120 дБА.

ПДУ шума зависит от его частотного состава и временного характера протекания шумового процесса. Согласно «Санитарным нормам производственного шума, ультразвука и инфразвука» (ДСН 3.3.6.037-99), ПДУ непрерывного шума характеризуется эквивалентным уровнем шума с частотной коррекцией А и равен 80 дБА. В инфразвуковом диапазоне ПДУ равен 105 дБ во всех октавных полосах частот, а в ультразвуковом — он, например, равен 88 дБ в октавной полосе со среднегеометрической частотой 31,5 кГц и не превышает

110 дБ для всех частот выше 63 кГц. ПДУ на рабочих местах для импульсного и тонального шумов на 5 дБ ниже соответствующих значений для постоянного шума.

Исследования показали, что уровень шума, который на протяжении рабочего дня не превышает ПДУ, не представляет опасности для органов слуха человека. Такой шум, в первую очередь, утомляет. В подобной шумовой среде падает производительность труда, чаще возникают производственные ошибки, появляются связанные с усталостью головные боли, раздражительность и прочие неприятные симптомы. Чем громче шум, тем короче должна быть продолжительность его воздействия. Время безопасного воздействия непрерывного шума сокращается в два раза при каждом превышении его ПДУ на 3 дБА при условии, что суммарная акустическая энергия или доза шума, воздействующая на человека, та же. Не следует находиться более 4 ч в шумовой среде с уровнем 83 дБА, более часа — при уровне 89 дБА. Но уже звук силой 140 дБ, вызывая боль в ушах, практически неприемлем.

Задолго до наступления тугоухости у человека нарушается работа нервной системы. Изменения в работе нервной системы обусловлены ее тесными связями со слуховым органом. В свою очередь, нарушения в работе нервной системы вызывают расстройство в работе различных органов и систем организма. Наблюдаются чувство тяжести и шума в голове, возникающее к концу работы, повышенная раздражительность и слезливость, нарушение сна, быстрая утомляемость, понижение аппетита, неспособность сконцентрировать внимание, снижение памяти. Изменения сердечно-сосудистой системы на начальных стадиях воздействия шума сопровождаются неприятными ощущениями и ноющими болями в области сердца. Функциональные сдвиги, возникающие в системе кровообращения под влиянием интенсивного шума, со временем могут привести к стойким изменениям сосудистого тонуса, способствующим развитию гипертонической болезни. Наличие в спектральном составе шума дискретных тонов, особенно ультразвукового или инфразвукового диапазона частот, усиливает вредное действие шума. Органы человека имеют собственную резонансную частоту, и под воздействием звука такой же частоты работа органа может быть нарушена вплоть до полной остановки. Самыми опасными считаются частоты от 6 до 9 Гц.

Примерно 10% людей имеют повышенную чувствительность к шумовому воздействию, и, следовательно, нарушение здоровья у них наступает раньше. Установлено, что это, как правило, эмоционально неустойчивые люди. Болезненные изменения, возникающие в условиях шума, являются реакцией организма на воздействие многих раздражителей. Частота и выраженность их в значительной

Таблица 1. Частотные диапазоны звука в воздухе

Название диапазона	Диапазон частот, Гц
Ультразвук	$(15-20) \cdot 10^3 - 10^9$
Диапазон слышимости	16–20000
Инфразвук	0–16

мере зависят от наличия других сопутствующих факторов, от тяжести и напряженности труда. Например, в условиях действия интенсивного шума повышенная эмоциональность усиливает тенденцию к сосудистой гипертонии.

Таким образом, вредное воздействие шума на человека определяется рядом физических факторов, природа которых и основные понятия рассмотрены ниже.

**Физическая природа шума.** В современной науке под шумом понимают беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью временной и спектральной структуры: механические (звук, вибрация), электромагнитные (свет, радиоволны, тепловые колебания) и смешанного типа — их сочетания. В настоящем обзоре рассмотрены исключительно механический шум в воздушных и жидких средах, в которых, как правило, и проводят сварку. Источниками механического шума в сплошной среде являются любые процессы, вызывающие локальные изменения или колебания термомеханических величин (температуры, давления, плотности и др.), которые затем звуковыми волнами переносятся в невозмущенную часть среды.

Термином «звук» обычно обозначают слуховые ощущения человека, вызываемые действием упругих колебаний на орган слуха человека. Хотя человек слышит звук частотой от 16–20 Гц до 15–20 кГц (пределы диапазона изменяются в зависимости от индивидуальных различий), обычно **диапазон слышимости** принимается равным 16 Гц — 20 кГц. В широком смысле понятие «звук» охватывает весь существующий частотный диапазон упругих волн. Принято называть волну с частотой ниже и выше диапазона слышимости, соответственно, **инфразвуком** и **ультразвуком** (табл. 1).

Распространение волн в жидкостях и газах описывается нелинейными уравнениями аэрогидродинамики. Состояние среды в звуковой волне характеризуется избыточным или **звуковым давлением**  $p$  (Па), равным разности между давлением в звуковой волне и давлением в невозмущенной среде, плотностью среды  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>) и вектором скорости колебаний частиц  $\vec{v}$  (м/с).

Большинство реальных звуковых процессов имеют невысокую амплитуду и частоту, и на не слишком больших расстояниях влиянием вязкости и теплопроводности среды можно пренебречь. Такая среда считается упругой, и звуковые волны в ней называют упругими. Действительно, величины,

характеризующие упругие волны, как правило, очень малы (на пороге слышимости звуковое давление равно  $2 \cdot 10^{-5} \text{ Н/м}^2 = 0,2 \text{ ГПа}$ , а на болевом пороге слышимости —  $2 \cdot 10^2 \text{ Н/м}^2 = 0,02 \text{ МПа}$ ; при этом смещение частиц в волне составляет от  $10^{-9}$  до  $1,0 \text{ мм}$  на частоте звука  $1000 \text{ Гц}$ ). В классической акустике поведение упругих звуковых волн в однородной среде довольно точно описывается линейными волновыми уравнениями. А это означает, что волны распространяются независимо друг от друга, и в звуковом поле действует принцип суперпозиции. Усиление или ослабление волн при их наложении друг на друга при одновременном распространении в пространстве порождает такие явления, как интерференция и дифракция волн.

Простейшими звуковыми волнами являются волны, обладающие пространственной симметрией: плоские, сферические и цилиндрические. Параметры таких волн, помимо времени  $t$ , зависят только от расстояния  $r$  до источника звука. Волны более сложных форм, при определенных условиях, часто можно рассматривать как их комбинации.

Любая **плоская волна** имеет плоский фронт бесконечной протяженности. В действительности, неограниченных плоских волн не бывает. Но для практических оценок волну с протяженностью фронта порядка десяти длин волн можно считать приблизительно плоской. В плоской волне отношение звукового давления к скорости частиц одинаково во всех точках звукового поля и называется акустическим или **волновым сопротивлением среды**  $p/v = \rho c$ . Волновое сопротивление в воздухе плотностью  $1,21 \text{ кг/м}^3$  при нормальных атмосферных условиях (температуре  $20^\circ\text{C}$  и атмосферном давлении  $10^5 \text{ Па}$ ) равно  $416 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2)$ , а в воде значительно больше —  $149 \cdot 10^4 \text{ кг/(с}\cdot\text{м}^2)$ .

**Сферическая волна** с увеличением расстояния от источника звука убывает пропорционально  $1/r$ . Структура **цилиндрической волны** существенно сложнее структуры плоской и сферической волны, но на больших расстояниях от оси симметрии ослабевает с расстоянием приблизительно как  $1/\sqrt{r}$ .

Поскольку форма волны влияет на ее затухание в пространстве, на практике важно ее определять хотя бы приближенно. Если источник звука имеет размеры, во много раз превышающие длину излучаемой волны, то вблизи источника звуковое поле можно считать плоским. Но вдали от источника звуковое поле следует рассматривать как сферическое. С другой стороны, при малых размерах источника звука звуковое поле имеет сферический или цилиндрический фронт.

**Гармоническая волна.** На практике в большинстве случаев произвольные колебания частицы в каждой точке среды могут быть представлены с помощью преобразования Фурье в виде суммы или интеграла гармонических колебаний разных частот.

Поэтому вместо изучения волн с произвольной зависимостью от времени можно изучать только гармонические волны, законы излучения, распространения, отражения, поглощения которых намного проще, чем для волн с иной зависимостью от времени. Другая практическая причина состоит в том, что человек по-разному реагирует на звуки различных частот, поэтому для оценки шумового воздействия необходимо проводить его частотный анализ.

Звуковое давление  $p(x,t)$  в плоской гармонической волне имеет вид  $p(x,t) = A_p \sin(kx - \omega t + \varphi)$ , где  $A_p$ ,  $\omega$ ,  $k$ ,  $\varphi$  — соответственно амплитуда, угловая (циклическая) частота, волновое число и начальная фаза колебаний, значения которых постоянны. Такой звук называется **чистым тоном**, и его **частота** и **период** определяются соотношениями  $f = 1/T = \omega/2\pi$ , **длина волны**  $\lambda = 2\pi/k$ , полная фаза  $kx - \omega t + \varphi$  и **скорость волны**  $c = f/k = \lambda/T$ . В воздухе при нормальных условиях скорость звука равна  $344 \text{ м/с}$ , и длина звуковой волны изменяется от  $17 \text{ мм}$  до  $22 \text{ м}$ .

Особенностью упругих волн является перенос энергии без перемещения вещества. Перенос энергии в звуковом поле в данной точке характеризуется **интенсивностью звука**  $I$ ,  $\text{Вт/м}^2$ , и **плотностью звуковой энергии**  $w$ ,  $\text{Дж/м}^3$ . Интенсивность звука в данной точке в выбранном направлении определяют как среднюю звуковую энергию, проходящую в этой точке в единицу времени через единицу площади поверхности, перпендикулярной к выбранному направлению. Плотность звуковой энергии  $w$  равна усредненной по времени энергии волны в данной точке.

Для плоских и сферических звуковых волн интенсивность или **сила звука**  $I = \overline{p^2}/\rho c$ , где  $\overline{p^2}$  — среднеквадратическое или эффективное значение звукового давления, определяемое как

$$\overline{p^2}(t) = \frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt.$$

Величину  $\overline{p^2}$  называют также **средней мощностью звука**, так как она связана с его энергетическими характеристиками.

Поскольку эффективное давление  $\overline{p^2}$  (именно его измеряют на практике для оценки параметров шума) гармонической волны в каждой точке среды равно половине квадрата ее амплитуды:  $\overline{p^2} = A_p^2/2$ , то **плотность звуковой энергии**  $w = \overline{p^2}/\rho c^2 = I/c$ .

**Изменение силы звука при распространении.** Для защиты от шума необходимо знать причины, изменяющие параметры звуковой волны при ее распространении. Изменения происходят вследствие расширения звукового поля, взаимодействия волны с встречающимися на пути преградами и поглощения ее средой.

Область среды, в которой распространяются звуковые волны, называют **звуковым полем**, звуко-

вое поле в безграничном пространстве — **свободным акустическим полем**. Процесс формирования звукового поля в помещении связан с явлениями реверберации (многократного отражения) и диффузии (рассеивания). Звуковое поле, состоящее из большого числа отраженных волн с различными направлениями, в результате чего плотность звуковой энергии одинакова по всему полю, называют **диффузным акустическим полем**.

**Расширение фронта звуковой волны.** При распространении звуковой волны в идеальной однородной среде ослабление силы звука вызвано расширением звукового фронта, что приводит к увеличению объема звукового поля, а, следовательно, к снижению плотности звуковой энергии. Вдали от источника звука его интенсивность будет снижаться пропорционально примерно  $1/r^2$  для сферической волны, а для цилиндрической примерно  $1/r$ . Плоская же волна распространяется без изменений. Поэтому удвоение расстояния распространения волны снижает интенсивность сферической волны в четыре раза, а цилиндрической только в два раза.

**Взаимодействие звуковой волны с границами раздела сред.** Основные особенности поведения звуковой волны на границе раздела двух акустических сред рассмотрим на примере нормального падения плоской гармонической волны на плоскую неподвижную границу раздела двух сред. На границе раздела двух однородных сред с акустическими сопротивлениями  $R_1 = \rho_1 c_1$  и  $R_2 = \rho_2 c_2$  (волна падает из среды 1 в среду 2) возникают отраженная и проходящая волны. Для интенсивности звука  $I$  коэффициенты отражения  $K_{\Gamma}$  и прохождения  $K_{\Pi}$  (отношение энергии отраженной волны и, соответственно, проходящей волны к энергии падающей волны) определяются только относительным волновым сопротивлением  $\xi = R_2/R_1 = \rho_2 c_2/\rho_1 c_1$  и равны  $K_{\Gamma} = 4\xi/(1 + \xi)^2$ ,  $K_{\Pi} = (1 - \xi)^2/(1 + \xi)^2$ . Их значения не зависят от того, из какой среды и с какой частотой падает звуковая волна на границу раздела. Из этого следует, что при равенстве акустических сопротивлений отражения нет, и звуковая волна проходит через границу, как если бы ее не было. Если же  $R_2/R_1 \gg 1$  (падение на достаточно жесткую стенку), то происходит почти полное отражение волны, так же как и в другом предельном случае при падении на достаточно мягкую стенку  $R_2/R_1 \ll 1$ . Напри-

мер, для границы раздела «воздух-вода» относительный коэффициент волнового сопротивления  $\xi = 3600$  (тогда как для границы раздела вода-воздух  $\xi = 2,7 \cdot 10^{-4}$ ) и через границу проходит лишь 0,001 часть энергии падающей волны, остальная часть отражается. Другими словами, почти вся энергия остается в той среде, из которой волна падает на границу раздела сред при выполнении условия  $R_2/R_1 \gg 1$  или  $R_2/R_1 \ll 1$ .

**Поглощение звука.** В реальной среде потеря энергии волн происходит также вследствие ее диссипации, т.е. перехода звуковой энергии в тепловую из-за действия сил вязкости и теплопроводности, действием которых на малых расстояниях обычно пренебрегают. Хотя диссипативные силы очень малы по сравнению со звуковым давлением, именно длительное действие таких сил приводит к окончательному угасанию распространяющихся звуковых волн. Угасание гармонической волны описывается экспоненциальным законом. Для характеристики временного поглощения экспоненциальный закон имеет вид  $p(t) = p_0 \exp(-\alpha t)$ , где  $\alpha$  — временной коэффициент поглощения звука. Заметим, что вследствие свойства экспоненциальности доля поглощаемого звука постоянна на одинаковых отрезках пробега независимо от расстояния до источника звука. В диссипативной среде коэффициент поглощения  $\alpha$  волны частотой  $\omega$  связан с параметром вязкости среды зависимостью  $\alpha \sim \omega^2 \eta$ . Таким образом, в вязкой среде высокие частоты поглощаются сильнее, вот почему вдали от источника звук воспринимается более низким.

**Восприятие шума человеком.** Описание воздействия звукового поля на человека в величинах физических параметров интенсивности и давления крайне неудобно. Ухо безболезненно улавливает звуки, интенсивность которых может различаться в 100 триллионов раз ( $10^{14}$ ). Такой широкий диапазон восприятия звука обусловлен тем, что органы чувств человека реагируют не на изменение амплитуды входного воздействия, а на изменение величины его логарифма. Об этом прямо говорит психофизиологический закон Вебера-Фехнера: интенсивность ощущения пропорциональна логарифму интенсивности стимула. Поэтому для характеристики уровня звука принята логарифмическая шкала величин, поскольку по ней изменение уровня звука на одну единицу означает изменение интенсивнос-

Таблица 2. Таблица суммирования уровней

D, дБ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
A, дБ	3	2,5	2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

ти звука в 10 раз. Логарифмическую единицу силы звука назвали «бел» (Б) в честь изобретателя телефона Александра Белла (1847–1922). Однако оказалось, что практичнее пользоваться десятыми долями бела — децибелами (дБ). Заметим, что децибел — величина относительная: 0 дБ соответствует значению  $10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>. Предельный уровень тонального звука, вызывающий болевые ощущения, равен 140 дБ, или 100 Вт/м<sup>2</sup> (правда, встречаются и такие значения для болевого порога, как 10 и даже 1 Вт/м<sup>2</sup>).

Для оценки силы звука используют следующие параметры. **Уровень интенсивности звука**  $L_I = 10 \lg(I/I_0)$ , где  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>. **Уровень звукового давления (УЗД)**  $L_p = 10 \lg(\bar{p}^2/p_0^2)$ , где пороговое значение  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па. **Уровень звуковой мощности** источника шума  $L_W = 10 \lg(W/W_0)$ , где  $W_0 = 10^{-12}$  Вт. Величины  $I_0$ ,  $p_0$  и  $W_0$  называются **опорными уровнями**, соответственно,  $L_I$ ,  $L_p$  и  $W_0$  и являются международно признанными.

Среднее значение квадрата звукового давления в некоторой точке звукового поля, состоящего из волн разной частоты, равно сумме величин средних квадратов звуковых давлений отдельных волн, пришедших в эту точку. Суммарный уровень звукового давления данной точки, генерируемый  $n$  источниками с уровнями звукового давления чистых тонов  $L_{i1}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  в данной точке, определяется соотношением

$$L_{L, \text{сум}} = 10 \lg \left( \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{i1}} \right).$$

Если уровни одинаковы  $L_i = L_p$ , то  $L_{\text{сум}} = L_p + 10 \lg(n)$ . Два чистых тона разной частоты, но имеющие одно и то же среднеквадратическое значение звукового давления, создают общий уровень звукового давления всего на 3 дБ больше, чем уровень звукового давления одного из них. Из формулы легко получить простое правило суммирования уровней звука двух различных волн (табл. 2). Здесь  $D$  — разность двух складываемых уровней,  $A$  — добавка к более высокому уровню, необходимая для получения суммарного уровня. При разности уровней звука больше 10 дБ вкладом более слабой волны можно пренебречь.

Характеристика шума в децибелах не дает полного представления о силе его воздействия, так как звуки, имеющие одну и ту же интенсивность, но разную частоту, на слух воспринимаются как неодинаково громкие: имеющие низкую или очень большую частоту (вблизи верхней границы воспринимаемых частот), ощущаются как более тихие по сравнению со звуками, находящимися в средней зоне.

Громкость звука — субъективное восприятие силы звука. Громкость главным образом зависит от амплитуды и частоты звуковых колебаний. Единицей абсолютной шкалы громкости является **сон**. Громкость  $N$  в 1 сон — это громкость непрерывного чистого тона частотой 1 кГц, создающего УЗД 40 дБ. Звук громкостью 2 сона типичный слушатель воспринимает как вдвое более громкий, чем звук в 1 сон.

Уровень громкости звука  $L_N$  — другой оценочный параметр звука, единица измерения которого — **фон**. Он численно равен УЗД (дБ), создаваемого синусоидальным тоном частотой 1 кГц такой же громкости, как и измеряемый звук (равногромким данному звуку). Уровень громкости в фонах не пропорционален изменению громкости звука. Звуки с уровнями громкости 20 и 40 фон не отличаются по громкости в два раза. Установлено, что для чистых тонов увеличение уровня громкости  $L_N$  на 10 фон приблизительно соответствует удвоению громкости  $N$  в сонах и имеет вид  $N = 2^{(L_N - 40)/10}$ . На рис. 1 показано семейство кривых рав-

Рис. 1. Зависимость уровня громкости от уровня звукового давления и частоты

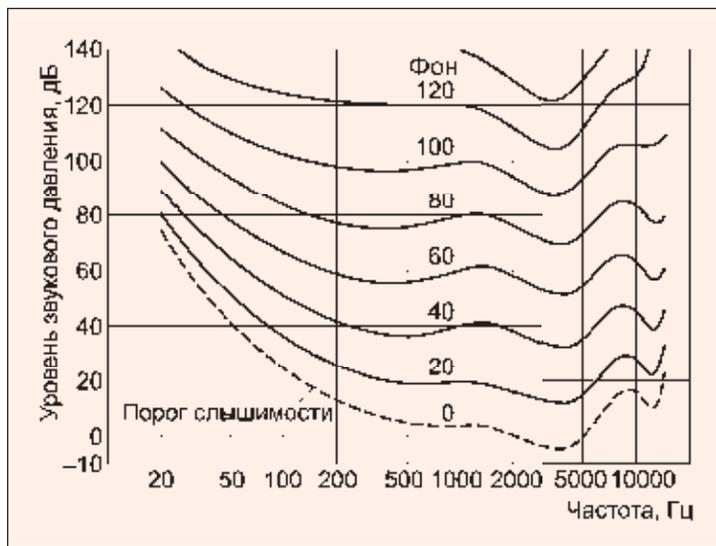


Таблица 3. Поправки частотной характеристики А в октавных полосах частот

Частота, Гц	16	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Коррекция $\Delta L_A$ , дБ	80	42	26,3	16,1	8,6	3,2	0	-1,2	-1,0	1,1

ной громкости, называемых также изофонами. Они представляют собой графики стандартизированных зависимостей УЗД от частоты при заданном уровне громкости. С помощью этой диаграммы можно определить уровень громкости чистого тона какой-либо частоты, зная уровень создаваемого им звукового давления.

При исследовании шумов обычно слышимый диапазон разбивают на полосы частот и определяют звуковое давление, интенсивность или звуковую мощность, приходящиеся на каждую полосу. Как правило, спектр шума характеризуется уровнями названных величин, распределенными по октавным полосам частот. Как и интенсивности звука, частоты измеряют в логарифмическом масштабе, поскольку человек оценивает изменение частоты в соответствии с логарифмической, а не линейной шкалой. Но поскольку диапазон частот намного короче, чем диапазон интенсивностей, масштабирование не десятичное, а двоичное.

**Октава** в акустике — безразмерная единица частотного интервала между нижней  $f_H$  и верхней  $f_B$  частотами, логарифм отношения которых  $\log_2(f_B/f_H) = 1$ . Более детальное исследование шума проводят в третьоктавных полосах частот, для которых  $\log_2(f_B/f_H) = 1/3$ . Октавная или третьоктавная полоса обычно задается среднегеометрической частотой  $f_{сг} = (f_H \cdot f_B)^{1/2}$ . Стандартные **октавные среднегеометрические частоты** имеют следующие значения, Гц: 2, 4, 6, 8, 16, 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000, 31500, 63000 и т. д.

При измерении уровня шума неравномерную чувствительность человеческого уха к звукам разных частот приходится корректировать с помощью специальных частотных фильтров, измеряя так называемый взвешенный уровень звука, который приблизительно соответствует восприятию человеческого уха. Полученная в результате измерений величина имеет размерность дБА. Здесь буква А означает, что взвешенный уровень звука получен с использованием частотной характеристики А. Корректированный уровень звукового давления  $L_A$  называется уровнем звука и определяется соотношением  $L_A = L - \Delta L_A$  (табл. 3). Уровень звука представляет собой результирующий УЗД

во всем диапазоне слышимых частот с поправками частотной характеристики А.

Хотя характеристика дБА не отражает точно физиологическую реакцию человеческого организма, простота измерения делает ее очень удобной при практическом применении. Например, удвоение громкости приблизительно соответствует усилению уровня шума на 10 дБА или увеличению давления в три раза.

Воздействие непостоянного шума на человека описывают две характеристики шума — **эквивалентный (по энергии) уровень звука**  $L_{Аэкв}$  (дБА) и доза шума  $D$  ( $\text{Па}^2 \cdot \text{ч}$ ).

$L_{Аэкв}$  определяется как уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет то же самое среднее квадратическое звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного интервала времени

$$L_{Аэкв} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T \left( \frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt,$$

где  $p_A(t)$  — текущее значение среднего квадратического звукового давления с учетом коррекции «А» шумомера;  $T$  — время действия шума, ч.

**Доза шума** или звуковое воздействие  $D$  ( $\text{Па}^2 \cdot \text{ч}$ ) — интегральная величина, учитывающая акустическую энергию, воздействующую на человека, за определенный период времени, и определяемая по формуле

$$D = \int_0^T p_A^2(t) dt.$$

Следует отметить, что с физической точки зрения эквивалентный уровень и доза являются аналогами и возможен их взаимный пересчет, однако в физиолого-гигиеническом отношении эти два параметра отличаются принципиально: эквивалентный уровень определяется по логарифмической шкале в децибелах от порога восприятия, а доза — в долях от допустимой дозы, являющейся порогом вредного воздействия, и оцениваются в линейных величинах. Эквивалентный уровень отражает среднее значение уровня шума за смену, а доза характеризует суммарную энергию шума за смену.

● #691

# ХІІ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2013

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ



**МЕТАЛЛО-  
ОБРАБОТКА**

МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИЕ  
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ



**УКРПЛАСТ  
ТРЕХ**

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ  
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА  
И ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТИКА



**ГИДРАВЛИКА  
ПНЕВМАТИКА**



**УКРПРОМ  
АВТОМАТИЗАЦИЯ**

ПРОМЫШЛЕННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ



**ОБРАЗЦЫ, СТАНДАРТЫ,  
ЭТАЛОНЫ, ПРИБОРЫ**

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ,  
ЛАБОРАТОРНОЕ И ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ



**БЕЗОПАСНОСТЬ  
ПРОИЗВОДСТВА**

СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ, БЕЗОПАСНОСТЬ  
РАБОЧЕЙ ЗОНЫ



**УКРМАШ  
ТРЕХ**

ПРОМЫШЛЕННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ ОБОРУДОВАНИЕ



**УКРВТОР  
ТРЕХ**

КОМПЬЮТЕРНАЯ ТЕХНИКА,  
ОБОРУДОВАНИЕ



**ПОДШИПНИКИ**



**УКРСВАРКА**

ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ  
И МАТЕРИАЛЫ



**ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ  
СКЛАДСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**



**СУБКОНТРАКТЫ**

РАЗВИТИЕ МЕХАНИЗМОВ ПО СОТРУДНИЧЕСТВУ

Генеральные  
информационные партнеры:



Технический партнер:



**ОРГАНИЗАТОР**

Международный выставочный центр

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

Министерства промышленной политики Украины

Украинской Национальной Компании "Укрстанкоинструмент"

**19-22**

**НОЯБРЯ 2013 г.**



+38 044 201-11-65, 201-11-56, 201-11-58

e-mail: [lilia@iec-expo.com.ua](mailto:lilia@iec-expo.com.ua)

[www.iec-expo.com.ua](http://www.iec-expo.com.ua)

[www.tech-expo.com.ua](http://www.tech-expo.com.ua)

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР**

Украина, Киев, Броварской пр-т, 15

М "Левобережная"



# weldex РОССВАРКА

13-я Международная выставка  
сварочных материалов, оборудования и технологий

8 – 11 октября 2013 года  
Москва, КВЦ «Сокольники»

+7 (495) 935 81 00

Более 250 компаний из 20 стран мира!



Всё для сварки, резки и наплавки!

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

получите электронный билет на сайте [www.weldex.ru](http://www.weldex.ru)

Организатор:



Восстает группа компаний ПЕ

Тел: +7 (495) 935 81 00

E-mail: [weldex@ite-cxpro.ru](mailto:weldex@ite-cxpro.ru)

При поддержке:

Министерства Промышленности и Торговли РФ  
Трансительства Москвы  
Торгово-промышленной палаты РФ  
Трансительства Московской обл. и  
Московской Торгово-промышленной палаты

При содействии:



ММАГС



Генеральный  
информационный партнер:



Журнал  
«Сварочное производство»

К 80-летию Уралмашзавода

## Художественное литье Уралмаша

В.И. Панов, д-р техн. наук, ОАО «Уралмашзавод» (Екатеринбург)

*Наряду с изготовлением прокатных станов, карьерных и шагающих экскаваторов, бурового, дробильно-размольного и другого оборудования для тяжелого машиностроения, Уралмашзаводом было освоено и производство художественного литья самых разнообразных форм.*

Еще в довоенные годы, когда всемирно известный завод художественного литья в г. Касли практически закрыли, металлурги Уралмаша освоили его продукцию. С этой целью из Каслей были привезены модели скульптур классиков Клодта, Лансере, формовочные материалы, инструмент, лаки и др., приглашены рабочие различных специальностей. Один из образцов каслинского литья был подарен Максиму Горькому, за что Уралмашзавод получил письменную благодарность писателя (оригинал письма хранится в Музее истории завода). В 1944 г. в Москве камерная скульптура «Охота на кабана» была преподнесена личному представителю президента США Рузвельта в честь победы над гитлеровской Германией.

В послевоенные годы изготовление художественного литья продолжалось — фронтонные фигуры рабочих разных специальностей, установленные на зданиях Свердловска; ограды скверов и многое другое. В честь 250-летия нашего города были изготовлены и установлены на здании Свердловского горсовета (ныне Екатеринбургской мэрии) 2 барельефа, посвященные В.И. Ленину и Я.М. Свердлову, а также П.П. Бажову, автору «Малахитовой шкатулки». Было выполнено художественное оформление фасада здания Театра юного зрителя (крупногабаритные венецианские маски «Скорби», «Радости» и др.) и прилегающей к нему площади (фонтан и др.). Выпускали металлурги и церковные колокола. Специалисты высоко оценили уровень их звучания.

В 1983 г. в честь 50-летия Уралмашзавода на бульваре Культуры был создан мемориальный комплекс. Для этой цели отлиты стела с барельефами, отражающими историю завода; «Капсула времени»; 11 макетов отечественных и зарубежных орденов, которыми награжден Уралмашзавод, и др. За-

вершал мемориал памятник легендарному разведчику, Герою Советского Союза Н.И. Кузнецову. Этот монумент был создан по решению Свердловского обкома КПСС.

Николай Иванович Кузнецов работал в конструкторском отделе завода, где он, общаясь со специалистами из Германии, совершенствовал знание немецкого языка.

Лито-сварной памятник был открыт 9 мая 1984 г.

Впервые сварщики завода были привлечены к художественному литью еще в 1968 г. К 50-летию ВЛКСМ на фронтоне городского Дворца молодежи предполагались бетонные барельефы, отражающие комсомольские будни советских девушек и юношей. Однако из соображений прочности и безопасности художественное оформление было выполнено из алюминиевого сплава, для чего потребовалась сварка в среде аргона (электросварщик Н.М. Ушаков).

На фоне описанных событий казалось, что изготовление подобных металлоконструкций носит единичный характер. Но начиная с 1995 г. металлургическому производству Уралмашзавода стали поручать изготовление и других крупногабаритных станковых скульптур. Я отвечал за сборочно-сварочные работы.

В преддверии 50-летия Победы над Германией ветераны Великой Отечественной войны и труженики тыла выступили с предложением об увековечении памяти маршала Г.К. Жукова, который командовал войсками Уральского военного округа с 1948 по 1953 гг. Судьба этого памятника во многом напомнила трудную судьбу «маршала Победы». Нашлись могущественные противники его изготовления и установки в Екатеринбурге. Часть технического руководства завода сомневалась в возможности его выполнения на предприятии и для этого были основания. Крупногабаритные монументы представляют собой сложные инженерные сооружения. Необходимо обеспечить общую устойчивость памятника, стойкость при разных видах нагрузок. Основной и наплавленный металлы не должны быть восприимчивы к температурным напряжениям в диапа-



Уралмашевцы — участники создания памятника Г.К. Жукову. В первом ряду (слева направо): четвертый — скульптор К.В. Грюнберг, пятый — директор металлургического завода «Уралмаш» В.Л. Гурьянов

зоне температур от минус 50°С до плюс 50°С, они не должны составлять гальванические пары, иначе неизбежна электрохимическая коррозия. Необходимо предусмотреть удаление конденсатной влаги, скапливающейся внутри памятника, и защиту его корпуса от удара молнии. Сварка бронз связана с образованием трещин и пористости. Короче говоря, чисто металлургическим и сварочным проблемам несть числа. Кроме этого, необходимы были многочисленные согласования со службами города. Но надо отдать должное директору металлургического завода ОАО «Уралмаш» В.Л. Гурьянову, который проявил принципиальность, инженерную смелость и взял на себя личную ответственность за своевременное и качественное изготовление памятника.

Памятник состоял из 120 литых заготовок, которые надо было соединить в монолит с помощью ручной дуговой сварки. Сварку выполняли электродами, разработанными специалистами отдела главного сварщика. Материал — алюминиевожелезистомарганцовистая бронза. Опыта изготовления элементов столь сложной формы и их соединения в единую конструкцию на заводе не было. Технологическую оснастку, оптимальные решения и многое другое надо было решать на ходу. Проблемы возникали постоянно.

Скульптор К.В. Грюнберг — потомственный уралмашевец, порой приходил в отчаяние: «Памятник сделать не удастся!». Злопыхатели были довольны. Утром скульптор приходил в цех, видел, что очередная проблема успешно преодолена, вставал на колени и благодарил Бога за ум, сноровку и мастерство уралмашевских умельцев.

Первоначально предполагалась, что памятник будет постепенно наращиваться путем приварки отдельных частей. Но от этого плана пришлось отказаться, ведь дело имело с отливками, которые сложно подгонять друг к другу. Основные проблемы были связаны с непредсказуемым формоизменением свариваемых заготовок: то возникали зазоры до 120 мм, то приходилось «расширять» выполненные швы и сваривать их вновь. Поэтому пришлось собрать весь памятник на прихватках, прочность которых должна быть достаточной при многочисленных кантовках. Смещенный центр тяжести, наличие выступающих частей и другие причины могли вызвать падение памятника, его поломку. На отдельные элементы памятника воздействовали нагрузки, многократно превышающие те, которые будут воздействовать после его установки. Это осложняло процесс изготовления, но явилось дополнительной проверкой прочности уже

сваренных элементов. Обстановка была крайне нервной: вдруг что-то случится, ведь памятник создавался на народные средства, деньги боевых товарищей маршала, уралмашевцев. Микеланджело принадлежат слова: «Хороша та скульптура, у которой, если скатить ее с горы, не обломится ни одна ее часть». Неверие многочисленных «оппонентов» в прочность сваренных швов довело меня до такого состояния, что на глазах самого высшего начальства я заставил поставить конную фигуру массой 17 т на голову маршала и продержать памятник в таком положении 30 мин. После этого все вопросы отпали сами собой.

Монтаж памятника на месте его установки был поручен тресту «Уралстальконструкция». В цехе завода появился бригадир монтажников, на счету которого было много престижных работ. После его долгих неудачных попыток перевозки конной статуи в специальном контейнере от завода к штабу УралВО, уралмашевцы продемонстрировали свой «класс». Они выполнили работу буквально за 5 мин.

Это только часть проблем. Критические ситуации при перевозке памятника в том числе и под мостом Транссибирской железнодорожной магистрали, в процессе сварочных монтажных работ возле штаба УралВО преследовали нас буквально на каждом шагу.

Приобретенный опыт был успешно реализован при изготовлении других памятников.

Мемориал «Черный тюльпан» (скульптор К.В. Грюнберг) установлен на площади Российской



Завершение сварочных работ на памятном знаке «Архангел Михаил». Слева направо: сборщик П.К. Дроздов, электросварщики Л.И. Жуков, В.К. Харитонов, В.Н. Пospelов, руководитель работ В.И. Панов



Монумент основателям города Екатеринбурга Василию Татищеву и Вильгельму де Геннину (скульптор П.П. Чусовитин)

армии. Он является местом встречи участников локальных войн. Городская молодежь собирается возле монумента Основателям города Екатеринбурга Василию Татищеву и Вильгельму де Геннину (скульптор П.П. Чусовитин).

В честь 200-летия со дня рождения А.С. Пушкина на Уралмаше были изготовлены три памятника. Один из них (скульптор О.В. Шестопал) установлен в Бишкеке у входа в Славянский университет, другой — в Екатеринбурге на площади Любви возле Российского профессионально-педагогического университета (реконструкция К.В. Грюнберга гипсовой модели В. Мухиной). Памятник скульптора Г.А. Геворкяна стал визитной карточкой мемориального Литературного квартала Екатеринбурга.

23 сентября 2000 г. Патриарх Всея Руси Алексий II освятил мемориальные доски и фигуру Архангела Михаила (скульпторы Ю.В. Крылов и Л.В. Пузаков) храма Рождества Христова, построенного на средства Уралмашзавода и по его проекту. Это событие было приурочено к 2000-летию христианства и 1000-летию крещения Руси.

Кроме этого, на Уралмаше были изготовлены многометровые кресты, их шарообразные основания, паникадила и др.

В честь 300-летия металлургии Урала был изготовлен памятник «Петр и Акинфий Демидов» (скульптор К.В. Грюнберг), установленный возле всемирно известной «падающей башни» в столице демидовской империи (Невьянск). Материалом для памятника стал серый чугун. К.В. Грюнберг так объяснил свое решение. «Приведу исторический факт. Раньше в Каслях отливали в одну заливку цепочки — так они ценились намного дороже платиновых. Купцы носили их на самых своих дорогих одеждах, не гнушались показаться с ними за границей — в Англии и во Франции. Памятник посвящен великому делу — 300-летию металлургии на Урале. Чугун лется прекрасно, но монтировать отливки, сварить отдельные фрагменты скульптуры в единое целое трудно, ибо чугун хрупок, как стекло».

Общая протяженность сварных швов — около 140 м, их толщина 20–40 мм, жесткий сварочный контур. «Друзья» куда только не писали жалобы. По их мнению, авантюрист Панов взялся сварить «на холодно» чугун, который подвергается только декоративной сварке, и что вся эта затея с треском

провалится. Одного не учли «критиканы», что в свое время я прошел выучку у одного из создателей холодной сварки чугуна В.А. Батманова. К тому же хорошо знал работы другого крупнейшего уралмашевского специалиста В.Е. Волынка по восстановлению разрушенных толстостенных чугунных деталей, выполненные еще в конце 1930-х годов. У меня большой опыт ремонтной сварки толстостенного чугунного корпусного оборудования для производства соды. С отменным сварщиком по чугуну Л.К. Мотошковым, обрубщиками В.И. Поповым и В.С. Русаковым была устранена сквозная трещина (толщина металла 90 мм, протяженность 1500 мм) в станине прокатного стана. В свое время вместе с Леонидом Карповичем пришлось устранять сквозную трещину и в чугунной станине скиповой лебедки доменной печи 2700 при температуре воздуха минус 20°C. Так что решение по холодной сварке памятника было принято не на пустом месте. Для достижения поставленной цели были специально созданы железоникелевые электроды, а также использовались медноникелевые электроды уралмашевской разработки.

Особого внимания заслуживает эпопея создания монумента «Семья Романовых» (скульптор К.В. Грюнберг), расположенного на месте «расстрельной комнаты»; портретов канонизированных святых; баз и капителей колонн Храма на Крови. Этому монументу скульптор посвятил около 10 лет: «Я хотел передать чувства людей, которые по ступенькам, шаг за шагом, спускаются в ад, в ту самую расстрельную комнату, где их ждет смерть. Они еще этого не знают, но чувствуют и обреченно идут к своей судьбе. И Николай несет на руках своего сына, своего больного ребенка царевича Алексея». На освящение Храма на Крови прибыло почти все руководство Русской православной церкви. Среди приглашенных — Галина Вишневская и Мстислав Ростропович.

Выше перечислены только крупные работы, которые от-



Памятник «Петр и Акинфий Демидов». На заднем плане — «падающая башня»

мечены премией ОАО «Уралмаш» по науке и технике, наградами Екатеринбургской епархии и др. Благодарственными письмами губернатора Свердловской области отмечены участники уникальной работы по восстановлению чугунной художественной ограды усыпальницы героев Крымской войны адмиралов П.С. Нахимова и В.А. Корнилова, покоящихся во Владимирском соборе Севастополя. Заказ на ее изготовление поступил от командования Черноморского флота РФ.

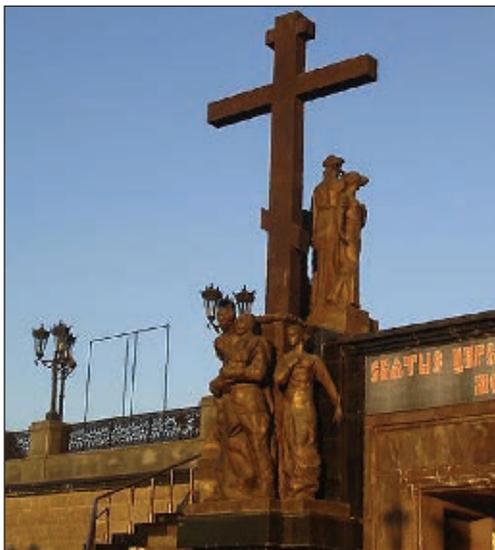
Не менее интересная работа — изготовление чугунных лафетов трофейных пушек XIX века для памятника «Слава русского оружия» (Артиллерийский музей, Санкт-Петербург).

Глубоко чтят уралмашевские умельцы и память легендарных директоров Уралмашзавода. Б.Г. Музруков возглавлял наш завод во время войны. Памятник расположен недалеко от заводских проходных. Памятник О.И. Белоненко установлен в Москве.

Все художественное литье Уралмашзавода принято художественными комиссиями без замечаний. Заводу индивидуального тяжелого машиностроения удалось при воплощении гипсовых отливок в металле в полной мере сохранить особенности «пластического мышления» разных авторов и сохранить выразительность создаваемых образов. Вот мнение К. В. Грюнберга: «Все сделано отлично. Я не удивляюсь, что на Уралмаше выросло новое поколение умельцев — рукастых,

знающих, которые буквально с полуслова, с полувзгляда все понимают. Я не перестаю восторгаться людьми, которые могут сделать все».

И здесь следует отметить, наряду с металлургами, электросварщиков Леонида Ивановича Жукова, Виктора Георгиевича Харитоновича, Виктора Николаевича Поспелова, Виктора Сергеевича Тюлькина, Ивана Константиновича Белова, Александра Николаевича Белашапкина, сборщиков Петра Константиновича Дроздова, Сергея Саватеевича Решеткова и многих других. ● #692



Монумент «Семья Романовых» (скульптор К.В. Грюнберг)

# Сервисная карточка читателя

Без заполненного  
формуляра  
недействительна

Для получения дополнительной информации о продукции/услугах, упомянутых в этом номере журнала:

- обведите в Сервисной карточке индекс, соответствующий интересующей Вас продукции/услуге (отмечен на страницах журнала после символа «#»);
- заполните Формуляр читателя;
- укажите свой почтовый адрес;
- отправьте Сервисную карточку с Формуляром по адресу: **119049, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 6, стр. 7, оф. 19, «Сварщик в России».**

613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624  
625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636  
637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648  
649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660  
661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672  
673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684  
685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696

Ф. И. О. \_\_\_\_\_  
Должность \_\_\_\_\_  
Тел. ( \_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_  
Предприятие \_\_\_\_\_  
Подробный почтовый адрес: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2013 г.  
\_\_\_\_\_

## Формуляр читателя

Ф. И. О. \_\_\_\_\_  
Должность \_\_\_\_\_  
Тел. ( \_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_  
Предприятие \_\_\_\_\_  
Виды деятельности предприятия \_\_\_\_\_  
Выпускаемая продукция / оказываемые услуги \_\_\_\_\_  
Руководитель предприятия (Ф. И. О.) \_\_\_\_\_  
Тел. \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_  
Отдел маркетинга / рекламы (Ф. И. О.) \_\_\_\_\_  
Тел. \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_  
Отдел сбыта / снабжения (Ф. И. О.) \_\_\_\_\_  
Тел. \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_

Заполняется печатными буквами

## Тарифы на рекламу на 2013 г.

На внутренних страницах		
Площадь	Размер, мм	Стоимость, руб.
1 полоса	210×295	20000
1/2 полосы	180×125	10000
1/4 полосы	88×125	5000
На страницах основной обложки		
Страница	Размер, мм	Стоимость, руб.
1 (первая)	215×185	45000
8 (последняя)	210×295 (после обрезки 205×285)	30000
2		28000
7		26000
На страницах внутренней обложки		
Страница	Размер, мм	Стоимость, руб.
3, 1 полоса	210×295	25000
4, 1 полоса	210×295	23000
3 и 4, 1/2 полосы	180×125	12000
5 и 6, 1 полоса	210×295	22000
5 и 6, 1/2 полосы	180×125	11000

**Изготовление оригинал-макета**

- 10% стоимости рекламной площади

**Статья на правах рекламы**

- 1 стр. — 7500 руб.

**Прогрессивная система скидок**

Количество подач	2	3	4	5	6
● Скидка	5%	10%	13%	17%	20%

Тарифы на рекламу универсальные для журналов «Сварщик в России» и «Сварщик» (Украина). При размещении рекламно-информационных материалов одновременно в журналах «Сварщик» и «Сварщик в России» предоставляется скидка 5%.

**Требования к оригинал-макетам**

**Для макетов «под обрез»:**  
формат журнала после обрезки 205×285 мм; до обрезки 210×295 мм; **внутренние поля для текста и информативных изображений не менее 20 мм.**

**Цветные:** TIF CMYK 300 dpi или EPS Illustrator for PC 5–11, include placed images (CMYK 300 dpi или bitmap 600 dpi, текст в кривых), или CorelDraw 9–12, текст в кривых.

**Сопроводительные материалы:** желательна распечатка с названием файла и точными размерами макета. Размеры макета должны точно соответствовать вышеуказанным.

**Носители:** CD-ROM, или DVD, или флэш-диск.

Подача материалов в очередной номер — до 15-го числа нечетного месяца (например, в № 6 — до 15.11).

Руководитель рекламного отдела: **В. Г. Абрамишвили**  
тел./ф.: +380 44 200-80-14, +380 50 413-98-86 (моб.)  
e-mail: welder.kiev@gmail.com  
www.welder.kiev.ua, www.welder.msk.ru



**ВСЕ ДЛЯ СВАРКИ.**

# ЭКОТЕХНОЛОГИЯ

**Официальный дистрибьютор  
Опытного завода сварочных материалов  
Института электросварки им. Е.О. Патона**

- **Покрытые электроды марки АНО-36, АНО-21, АНО-21У, АНО-6У, АНО-4, АНО-4И, МР-3**

для сварки переменным током низкоуглеродистых сталей с временным сопротивлением разрыву до 450 МПа.

- **Покрытые электроды марки УОНИ-13/45, УОНИ-13/55**

с улучшенными характеристиками для сварки постоянным и переменным током (от трансформаторов типа СТШ-СГД) низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву до 490 МПа и стержней арматуры сборных железобетонных конструкций из стали классов А-II, А-III.

- **Покрытые электроды марки АНВМ-1** для сварки и наплавки постоянным током высокомарганцевых сталей типа 110Г13, 60Х5Г10Л, 30Г18Х4: ремонт переводов стрелочных, крестовин, ножей и зубьев ковшей экскаваторов, щек камнедробилок, бронеплит; экономнолегированный, устойчивый к ударному износу наплавленный металл типа 30Г20Т; эффективная, экономически оправданная замена электродов марок ННИ-49Г, ОЗЛ-6 ЦНИИ-4, ЭА-981/15.



- **Самозащитная порошковая проволока ПП-АНВМ-1**

**и ПП-АНВМ-2** для механизированной сварки и наплавки высокомарганцевых сталей типа 110Г13, 60Х5Г10Л, ОХ14АГ12М и 30Г18Х4: ремонт переводов стрелочных, крестовин, ножей и зубьев ковшей экскаваторов, щек камнедробилок, бронеплит; «залечивание» дефектов литья, наплавка деталей и узлов из углеродистой стали; экономнолегированный, устойчивый к ударному износу наплавленный металл типа 30Г20Т и 15Х10Г20Т.

**Сварочные электроды ОЗСМ ИЭС им. Е. О. Патона — это стабильное качество и высокая производительность сварки.**

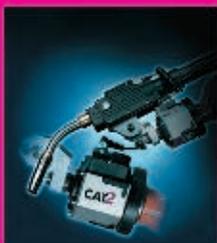
Киев, 03150, ул. Антоновича (Горького), 62 E-mail: sales@et.ua

т./ф. +380 44 287-2716, 200-8050, 289-2181,  
200-8056 (многоканальный)

**WWW.ET.UA**

TECHNOLOGY FOR THE WELDER'S WORLD.

## ROBO



**ABICOR**  
**BINZEL®**



**IBG**  
GROUP



**ООО «АБИКОР БИНЦЕЛЬ Сварочная Техника»**  
129343, г. Москва, ул. Уржумская, д. 4  
Тел.: (495) 221-84-81, 221-84-82, факс: 510-64-70  
E-mail: binzel-abicor@yandex.ru

**[www.binzel-abicor.com](http://www.binzel-abicor.com)**