

Производственно-технический журнал

СВАРЩИК

№ **4** 2016

В РОССИИ

технологии — производство — ремонт

TECHNOLOGY FOR THE WELDER'S WORLD

Чистое решение



RAV GRIP & FES200
**Преимущество
при удалении
сварочного дыма**

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



**ABICOR
BINZEL®**

www.binzel-abicor.com

4 (62) 2016

Журнал выходит 6 раз в год.

Издается с мая 2006 г.

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

Подписной индекс **E20994**
в каталоге Агентства «Книга-Сервис»

Подписной индекс **K0103** в каталоге
русской прессы «Почта России» —
персональная подписка

Производственно-технический журнал

СВАРЩИК

№ 4 2016

В РОССИИ

СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологий 4



Технологии и оборудование

Расчет и проектирование ручных кислородных резаков
специального назначения.

В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко 6



Технологии и материалы

Нанесение покрытий из износостойко-коррозионно-жаростойких
материалов электроискровым методом.

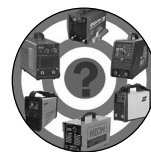
Е.К. Фень 14



Электролитно-плазменная обработка поверхности сварочной проволоки.

Н.М. Воропай 16

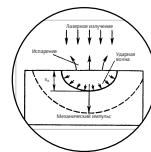
Наши консультации 22



Технологии послесварочной обработки

Лазерная и ударно-лазерная послесварочная обработка
металлоконструкций.

Г.И. Лашенко 26



Сварочное оборудование

Автоматы АДЦ 628 УЗ.1 и АДЦ 629 УЗ.1

для орбитальной сварки трубопроводов 29



Охрана труда

Применение динамического программирования для планирования
управленческих решений по охране труда на предприятии.

О.Г. Левченко, Ю.А. Полукаров 33



Страницы истории

Институт электросварки им. Е.О. Патона
и государственное планирование

развития сварочной науки, техники и производства. Начало пути.

А.А. Мазур, В.И. Снежко 35



News of technique and technologies 4

Technologies and equipment

Calculation and designing of manual oxygen cutters of special purpose.

V.M. Litvinov, Yu.N. Lysenko 6

Technologies and materials

Deposition of coverings of abrasion-corrosion-heat-resistant materials by the electric-spark method.

E.K. Fen' 14

Electrolytic-plasma treatment of surface of welding wire.

N.M. Voropay 16

Our consultations 22

Technologies of post welding treatment

Laser and shock-laser post welding treatment of the metal constructions.

G.I. Lashenko 26

Welding equipment

Automatic systems ADC 628 U3.1 and ADC 629 U3.1 for orbital welding of pipelines 29

Labour protection

Use of dynamic programming for planning of management decisions on labor protection at the enterprise.

O.G. Levchenko, Yu.A. Polukarov 33

Page of history

The E.O. Paton Electric Welding Institute and state planning the development of welding science, technology and production. The beginning of the path.

A.A. Mazur, V.I. Snezhko 35

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»,
ООО «Специальные сварочные технологии»

Тел. моб. +7 903 795 18 49

E-mail ctt94@mail.ru

Главный редактор В. Д. Позняков

Зам. главного редактора В. Г. Абрамишвили

Редакторы Р. С. Сухоход
О. А. Трофимец

Верстка и дизайн А. В. Рябов

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.

Подписано в печать 27.09.2016. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура PetersburgC. Отпечатано в ЗАО «ТДДС-Столица-8».

Заказ № П000010003 от 27.09.2016. Тираж 1000 экз.

Издание выходит при содействии производственно-технического журнала «Сварщик»

Учредители Институт электросварки им. Е. О. Патона НАНУ,
ООО «Технопарк ИЭС им. Е. О. Патона»

Издатель НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» НАНУ

Главный редактор В. Д. Позняков

Зам. главного редактора

Редакционная коллегия В. Г. Абрамишвили
В. А. Белинский, Ю. К. Бондаренко,
А. В. Вавилов, Ю. В. Демченко,
В. М. Илюшенко, Г. И. Лашенко,
О. Г. Левченко, В. М. Литвинов,
Л. М. Лобанов, А. А. Мазур,
В. И. Панов, П. П. Проценко,
С. В. Пустовойт, И. А. Рябцев

Адрес редакции 03150, Киев, а/я 337

Телефон +380 44 200 5361

Тел./факс +380 44 200 8018, 200 8014

E-mail welder.kiev@gmail.com
trofimets.welder@gmail.com

URL <http://www.welder.stc-paton.com>

Подписка-2016

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

Подписной индекс **E20994**
в каталоге Агентства «Книга-Сервис»

Подписной индекс **K0103**
в каталоге российской прессы
«Почта России» — персональная подписка

Расчет и проектирование ручных кислородных резаков специального назначения

В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко

На примере шести различных газокислородных резаков специального назначения представлен модульный принцип их проектирования, позволяющий учитывать конкретные условия эксплуатации изделия, вплоть до антропометрических данных газорезчика. При проектировании этих резаков использованы новые технические решения, защищенные патентами, позволившие значительно улучшить их технические характеристики и экономические показатели. Увеличилась также долговечность и повысилась безопасность их работы. Положительный эффект применения резаков специального назначения получен за счет того, что поток газов подогревающего пламени разгоняется до скорости, соизмеримой со скоростью режущей струи, и в одном направлении с ней; при этом струя режущего кислорода истекает в среду, состоящую из смеси горючего газа с подогревающим кислородом. Предложен алгоритм расчета конструкций ручных кислородных резаков специального назначения, получены формулы и константы, необходимые для их расчета.

Нанесение покрытий из износ-коррозионно-жаростойких материалов электроискровым методом.

Е.К. Фень

Предложен электроискровой метод нанесения износ-коррозионно-жаростойких покрытий для упрочнения или восстановления рабочих поверхностей деталей. Он применяется, когда требуется нанесение небольшого количества материала покрытия на малую площадь детали. Разработано несколько видов материалов для электроискрового метода нанесения покрытий. Исследованы физико-механические свойства полученных покрытий и приведены данные испытаний на изнашивание. Электроискровой метод нанесения покрытий и полученные материалы могут найти широкое применение в различных сферах современной техники, детали машин которой работают при износе и коррозии в условиях высоких температур.

Электролитно-плазменная обработка поверхности сварочной проволоки.

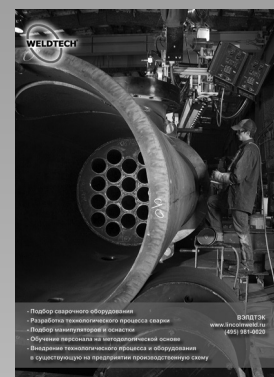
Н.М. Воропай

Предложена электролитно-плазменная обработка (ЭЛПО) поверхности сварочной проволоки, при которой электрохимическое растворение сопровождается электроэрозионным и кавитационным снятием поверхностного слоя металла. Интенсивность обработки в этом случае резко возрастает и улучшаются сварочные свойства проволоки. Описана технология применения ЭЛПО для: стальной сварочной проволоки, сварочной проволоки из алюминия и его сплавов, из меди и его сплавов. Представлена двухнитевая установка ЭП-145 для ЭЛПО и приведены ее технические характеристики. Описан прибор ПДС-2М для контроля качества сварочной проволоки после обработки ЭЛПО. Отмечено, что ПДС-2М может работать как при ЭЛПО поверхности сварочной проволоки, так и в составе автономного оборудования.

Лазерная и ударно-лазерная послесварочная обработка металлоконструкций.

Г.И. Лашенко

Описаны возможности лазерного излучения применительно к снижению остаточных напряжений в сварных конструкциях. Рассмотрены технологии лазерной и ударно-лазерной послесварочной обработки металлоизделий и металла при использовании в качестве источника оплавления границ лазерного луча. Приведены схемы процессов, развивающихся в материале под воздействием ударной волны и механического импульса. Исследован метод лазерного упрочнения поверхности (лазерный наклеп), где эффект упрочнения достигается за счет механической энергии в холодном состоянии, производимой ударной волной. Отмечены эффективность лазерного наклепа: при обработке сварных соединений из конструкционных сталей 09Г2С, 12Х18Н10Т; для улучшения усталостных характеристик соединений из алюминиевого сплава А 6061-Т6.



Горелки серии MB EVO PRO – NEW: Старт по всему миру!

В начале октября 2016 г. компания ABICOR BINZEL представила серию MB EVO PRO – абсолютно новую концепцию в разработке сварочных горелок, дизайне и функциональности. Уникальная эргономика, являющаяся результатом кропотливых исследований, дает сварщику ощущение уверенного контроля, позволяя почувствовать себя единым целым с горелкой. Положение и конструкция кнопки, шарнирное соединение гарантируют оптимальный баланс и комфортную работу в любой сварочной позиции.

Горелки серии MB EVO PRO с воздушным охлаждением оснащаются облегченным шланговым пакетом «BIKXR LW» для большего комфорта и снижения усталости сварщиков. Эти факторы оказывают благоприятное влияние на качество сварного шва.

Горелки серии MB EVO PRO устанавливают новый уровень «производительности горелки в соотношении с ее

весом». Усовершенствованная система охлаждения и тщательно подобранные материалы акцентируют внимание на горелках MB EVO PRO с жидкостным охлаждением. Улучшенное охлаждение передней части увеличивает срок службы расходников и позволяет задействовать резервы мощности, то есть осуществлять сварку на более высоких токах.



<http://www.svarka74.ru/>

● #955

Уникальное сварочное оборудование компаний ООО «Наука и Техника» и ООО ПКФ «Техно-ГСК»



В каталоге пополнение ассортимента сварочного оборудования: Российский завод-изготовитель ООО «Наука и Техника», г. Рязань, разработал и производит, а ООО ПКФ «Техно-ГСК» реализует машины контактной точечной сварки серий МТР-073 и МТ-093.

Модель МТР-073 с радиальным ходом верхнего электрода относится к классу машин средней мощности со сварочными токами 12–16 кА. МТР-073 постоянно совершенствуется, учитывая опыт эксплуатации более 400 таких машин в различных условиях во многих регионах России, Беларуси, Украины, Казахстана. При модернизации учтены требования и пожелания заказчиков, добавлены новые возможности.

Модель МТ-093 не имеет аналогов в мире. Это более производительные машины, чем машины серии МТР-073 с линейным ходом верхнего элект-

рода, оснащенные мощным электромагнитным приводом сжатия электродов. Они имеют большие сварочные токи и способны выполнять различные задачи по контактной сварке изделий из листового металла, профиля, проволоки и арматуры на производственных предприятиях, в условиях интенсивного производства. Машины МТ-093 могут быть интересны как для крупных, так и для малых предприятий.

Модели машин контактной точечной сварки МТР-073 и МТ-093 автономны: не требуется дополнительных подключений, таких как сжатый воздух, вода, сток воды. Система автономного охлаждения встроена в корпус машины. Необходима только промышленная электрическая сеть в 380 В. Машины оснащены оригинальным регулятором контактной сварки РКС-073–6. Это собственная разработка, представляющая собой целую микропроцессорную систему управления, которая позволяет легко и быстро настроить машину на работу с максимальной производительностью при высоком качестве сварки. Есть функция запоминания 10 программ сварки, одно-импульсный и много-импульсные режимы, другие полезные функции.

<http://www.elec.ru/>

#956

АО «АЭМ-ТЕХНОЛОГИИ» ЗАВЕРШИЛО СВАРКУ КОРПУСА РЕАКТОРА ДЛЯ БЛОКА № 2 БЕЛОРУССКОЙ АЭС

В Волгодонском филиале АО «АЭМ-технологии» (входит в машиностроительный дивизион «Росатома» — «Атомэнергомаш») завершен ключевой этап по сварке замыкающего кольцевого шва, соединяющего два полукорпуса реактора для второго блока Белорусской АЭС.

После завершения сборки верхнего и нижнего полукорпусов реактора, специалисты предприятия приступили к сварке завершающего кольцевого шва. Продолжительность операции составила 10 дней при непрерывном подогреве зоны сварного шва до 200 градусов. После завершения сварочных операций корпус реактора помещен в печь, где в течение двух суток пройдет термическую обработку. Затем специалисты проведут весь спектр контрольных операций сварного шва, включая рентгенографическую дефектоскопию.

«Технология сварки кольцевых швов хорошо отработана специалистами Волгодонского филиала. Операция прошла в штатном режиме. Впереди ряд важных этапов изготовления изделия, включающих механическую обработку и нарезку резьбы на отверстиях под шпильки главного разъема, а также контрольную сборку с внутрикорпусными устройствами. На сегодня мы работаем строго по утвержденным графикам», — сообщил директор по производству Виталий Шишов.

Параллельно с изготовлением самого корпуса реактора на заводе изготавливают внутрикорпусные устройства к нему, а также крышку реактора и верхний блок.

Реактор представляет собой вертикальный цилиндрический корпус с эллиптическим днищем, внутри которого размещаются активная зона и внутрикорпусные устройства. Сверху реактор герметично закрыт крышкой с установленными на ней приводами механизмов и устройств регулирования и защиты реакторов, и патрубками для вывода кабелей датчиков внутриреакторного контроля. Крепление крышки к корпусу осуществляется шпильками. В верхней части корпуса имеются патрубки для подвода и отвода теплоносителя, а также аварийного подвода теплоносителя при разгерметизации контура.

Белорусская АЭС — проект по строительству атомной электростанции типа АЭС-2006, он реализуется в 18 км от Островца (Гродненская область, Республика Беларусь). Проект реакторной установки станции разработан входящим в «Атомэнергомаш» АО «ОКБ Гидропресс», осуществляющим авторский надзор и конструкторское сопровождение. Первый энергоблок планируется ввести в эксплуатацию в 2018 г., второй — в 2020 г.

<http://www.aemtech.ru/>

● #957

Портативные сварочные аппараты

Компания АВАНТ (г. Москва) предлагает своим посетителям сварочные инверторы российского производства для «умельцев». Представлены аппараты для ручной дуговой сварки нескольких линеек («Best Mini», «УМЕЛЕЦ», «ХОЗЯИН», «GLOBUS»), которые дополняют друг друга, перекрывают весь спектр возможных требований и могут удовлетворить потребности как профессиональных сварщиков, так и просто любителей мастерить своими руками. Среди представленных аппаратов можно выбрать свой, разработанный для выполнения сварочных работ на производстве, стройке, в авторемонтной мастерской или гараже, на даче. Это не только поддержка местного производителя, но и достойное, выгодное приобретение.

«Best Mini» — серия миниатюрных, легких и довольно мощных цифровых аппаратов для MMA-сварки с микропроцессорным управлением. Best Mini (Best Mini 160, BestMini 180, BestMini 200, BestMini 220) разработаны для работы в сетях с пониженным напряжением: способны вести сварочные работы при напряжении от 140 В.

«УМЕЛЕЦ» — высокопроизводительные инверторы для опытных любителей и профессионалов. Отличаются высоким показателем рабочего цикла (ПВ) — до 100% для моделей «Умелец» Best 160-RUS и Best 180-RUS при работе электродом Ø 3,2 мм. Работают от 160 В. Обеспечивают стабильные показатели при входном напряжении от 180 до 260 В.

«ХОЗЯИН» — аппараты эконом-класса, предназначенные для выполнения сварочных работ небольшого объема. Ими спокойно могут пользоваться сварщики без достаточного опыта. Аппараты просты в эксплуатации, единственная настраиваемая характеристика — сила тока.

«GLOBUS» — профессиональная серия инверторов MMA — сварки марки BestWeld. Отличаются более высоким рабочим циклом (ПВ), возможностью более точной настройки сварочного тока, большей устойчивостью к воздействию пыли (аппарат легко продувается). Работают в диапазоне входного напряжения от 185 до 255 В.

<http://www.avantcom.ru/>

● #958

Расчет и проектирование ручных кислородных резаков специального назначения

В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко, ООО «НИИПТмаш – Опытный завод» (Краматорск)

Ручные резаки Р1 и РЗ, выпускаемые серийно согласно ГОСТ 5191–79, на предприятиях тяжелого машиностроения используются во вспомогательных операциях в цехах металлоконструкций и в ремонтных целях. При производственной необходимости эти резаки удлиняют, изменяют угол наклона головки, рассверливают отверстие режущего сопла и используют при удалении прибылей литья на отливках в фасонолитейных цехах или разделке крупного металлолома на габаритные куски в копровых цехах. Все это делается с нарушениями правил техники безопасности и часто приводит к несчастным случаям.

Чтобы исключить эти явления, ООО «НИИПТмаш – Опытный завод» 10 лет занимается разработкой и внедрением ручных газокислородных резаков специального назначения. Все инжекторные резаки состоят из шести узлов (модулей):

1 – муфты, соединяющие резак с резиноканевыми рукавами;

2 – вентиль для подачи и регулировки горючего газа;

3 – вентиль для подачи и регулировки подогревающего кислорода;

4 – запорно-регулирующее устройство для подачи режущего кислорода;

5 – смесительный узел;

6 – головка в сборе с подогревающим мундштуком и режущим соплом.

У резаков внутрисоплового и внешнего смешивания горючего газа с подогревающим кислородом смесительный узел отсутствует.

Первые пять модулей универсальны, применимы для резаков любого назначения, а последний модуль, головка в сборе, определяет специализацию резака. В зависимости от мощности резака, внутри каждого модуля можно предусмотреть типоразмерный ряд, в котором узлы отличаются друг от друга величинами расчетных и габаритных размеров, а принципиальная схема узлов остается неизменной.

Пожелания заказчиков о внесении изменений в конструкцию резака, не меняя его рабочих характеристик, приводят к постоянным изменениям в чертежах и дезорганизуют производство.

Ручные резаки специального назначения являются уникальными изделиями, которые изготов-

ливаются мелкими партиями, и их можно и нужно адаптировать к конкретным условиям заказчика, учитывая даже антропологические данные газорезчиков.

Принимая во внимание пожелания заказчиков и, учитывая особенности собственного производства, был принят модульный принцип проектирования ручных резаков специального назначения, при котором рабочая документация на изготовление каждого модуля резака разрабатывается отдельно. Затем, в зависимости от условий и запросов заказчика, komponуется и собирается необходимое изделие.

Модуль 1. Муфты, соединяющие резак с газоподводящими рукавами. На рис. 1, сверху, представлена классическая модель разъемного соединения, состоящего из ниппеля 1, сферический конец которого подтягивается с помощью накидной гайки 2 к конической поверхности штуцера резака 3, припаянного к трубке резака 4. Резьба на штуцере и гайке для присоединения к резаку кислородного шланга – М16х1,5, рукава горючего газа – М16х15ЛН. Модуль разработан в трех вариантах под рукава Ду6, Ду9 и Ду12 с правой резьбой и в трех вариантах под Ду6, Ду9 и Ду12 с левой резьбой.

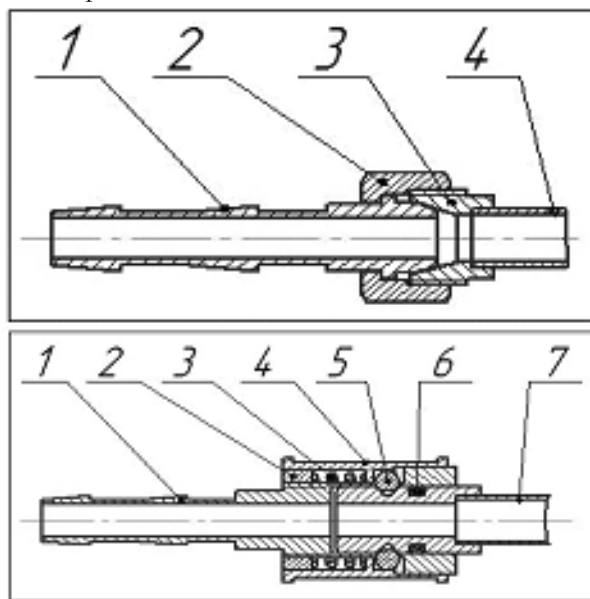


Рис 1. Модуль 1. Муфты, соединяющие резак с газоподводящими рукавами

На рис. 1, внизу, представлен разъем, позволяющий быстро и без гаечных ключей отсоединить резак от рукава. Конструкция разъема не позволяет ошибочно присоединить кислородный рукав к штуцеру горючего газа на резке, так как они имеют разные линейные размеры.

На ниппель 1 хомутами крепится резиновый рукав. В рабочем положении гайка 2 удерживает пружину 3 в разряженном состоянии. Кожух 4 удерживает шарик 5 в кольцевой проточке штуцера резака 7, прикрывая его сверху. Герметичность соединения обеспечивает резиновое кольцо 6, расположенное в кольцевой проточке штуцера 7. Если оттянуть кожух 4 в сторону ниппеля 1, шарик 5 освобождается и выходит из кольцевой проточки штуцера 7, рукав отсоединяется от резака.

Три варианта разъема, под рукава Ду6, Ду9 и Ду12 обеспечивают присоединение кислородных шлангов, еще три разъема под рукава Ду6, Ду9 и Ду12 — присоединение к резаку шлангов горючего газа (табл. 1).

Таблица 1. Муфты, соединяющие резак с подводящими рукавами

Модуль 1. Муфты, соединяющие резак с подводящими рукавами	Исполнение под рукава:		
	Ду 6	Ду 9	Ду 12
1.1 Штуцер с правой резьбой	1.1.1.	1.1.2.	1.1.3.
1.2 Штуцер с левой резьбой	1.2.1.	1.2.2.	1.2.3.
1.3 Быстрый разъем для кислородного рукава	1.3.1.	1.3.2.	1.3.3.
1.4 Быстрый разъем для рукава с горючим газом	1.4.1.	1.4.2.	1.4.3.

Модуль 2. Вентили для пуска и регулировки подогревающего кислорода. Точность и плавность регулировки количества подогревающего кислорода обеспечивается за счет малого шага резьбы (до 1,5) в шпindelной группе и конуса на конце шпинделя в его запорной части. Барашек 1 (рис. 2, слева) неподвижно закреплен на посадочном месте шпинделя 3, который вворачивается в сальниковую гайку 2. Гайка 2 вворачивается в корпус вентили 4. Седло вентили выполнено в главном корпусе смесительного узла, к которому припаян корпус вентили 4.

Вентиль подогревающего кислорода выпускается в трех исполнениях: с диаметрами седла 3, 5 и 6 мм, рассчитанных на разные расходы (табл. 2).

Таблица 2. Вентили для пуска и регулировки подогревающего кислорода

Модуль	Исполнение, диаметр седла, мм		
	3	5	6
2. Вентиль подогревающего кислорода	2.1	2.2	2.3

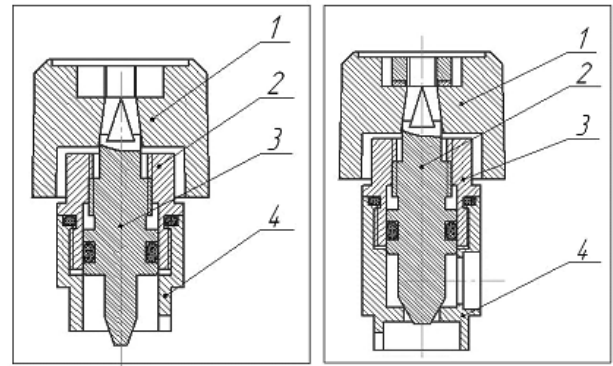


Рис. 2. Модуль 2. Вентиль подогревающего кислорода – слева. Модуль 3. Вентиль горючего газа – справа

Модуль 3. Вентили для пуска и регулировки горючего газа. На рис. 2, справа, представлен вентиль для пуска и регулировки количества горючего газа. Седло выполнено в корпусе вентили 4, припаянного к главному корпусу смесительного узла. Резьба шпindelной группы крупнее, чем у вентили подогревающего кислорода (2,0), что позволяет быстро перекрыть подачу газа. Барашек 1 неподвижно закреплен на посадочном месте шпинделя 2, который вворачивается в сальниковую гайку 3, что вворачивается в корпус 4.

Вентиль горючего газа также выпускается в трех исполнениях: с диаметрами седла 4, 7 и 8 мм, рассчитанных на разные расходы (табл. 3).

Таблица 3. Вентиль для регулировки и пуска горючего газа.

Модуль	Исполнение, диаметр седла, мм		
	4	7	8
3. Вентиль горючего газа	3.1	3.2	3.3

Модуль 4. Запорно-регулирующие устройства для подачи режущего кислорода. Запорно-регулирующее устройство для подачи режущего кислорода является ответственным узлом любого резака. Оно должно быть долговечным, надежным и простым в обслуживании. На выбор заказчика разработаны четыре группы таких устройств:

- вентиль с плавающим штоком (без вращения) и внутренней резьбой на корпусе (рис. 3, справа);
- вентиль с плавающим штоком и наружной резьбой на корпусе (рис. 3, слева);
- рычажный клапан с параллельным расположением корпуса и разомкнутой системой рычагов (рис. 4);
- рычажный клапан в блоке с вентилями для подогревающего кислорода и горючего газа для резаков внутрисоплового и внешнего смешения (рис. 5).

Вентили первой и второй группы модуля 4 работают одинаково. Барашек 1 и переходник 2 соединены со штоком 4 с помощью разрезной шайбы и штифта так, что при вращении барашка 1

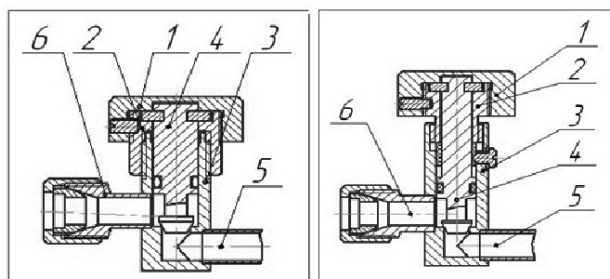


Рис. 3. Модуль 4, первая группа: вентиль с плавающим штоком и внутренней резьбой на корпусе – справа. Модуль 4, вторая группа: вентиль с плавающим штоком и наружной резьбой на корпусе – слева

шток 4 не вращается, а получает осевое перемещение. У первой группы вентиля корпус 3 имеет внутреннюю резьбу с шагом 2, у второй – корпус 3 имеет наружную резьбу с шагом 3,5. Кислород поступает к вентилю через трубку резака 5, а выходит из вентиля через штуцер 6.

Вентили первой и второй групп выпускаются в трех исполнениях: первой – с седлами 4, 5, 6 мм, второй – с седлами 7, 8, 9 мм (табл. 4).

Таблица 4. Запорно-регулирующие устройства для подачи режущего кислорода

Модуль 4. Запорные устройства для режущего кислорода.	Исполнение, диаметр седла, мм					
	4	5	6	7	8	10
4.1. Вентиль с внутренней резьбой на корпусе	4.1.1	4.1.2	4.1.3			
4.2. Вентиль с наружной резьбой на корпусе				4.2.1	4.2.2	4.2.3
4.3. Клапан с фиксацией положения рычага					4.3.1	4.3.2
4.4. Клапан без фиксации положения рычага					4.4.1	4.4.2
4.5. Клапан в блоке с вентилями для подогрева газов					4.5.2	4.5.3

Третью и четвертую группы модуля 4 представляет рычажный клапан с параллельным расположением корпуса и разомкнутой системой рычагов (рис. 4). Он выпускается в двух вариантах: с фиксацией положения рычага (модуль 4.3.) и без фиксации (модуль 4.4.) Рычажный клапан изготавливается с диаметрами седла 8, 9 и 10 мм.

Корпус клапана 2 соединен с главным корпусом смесительной камеры 3 с помощью втулки и паяных швов. Седло клапана 1 соединено с корпусом клапа-

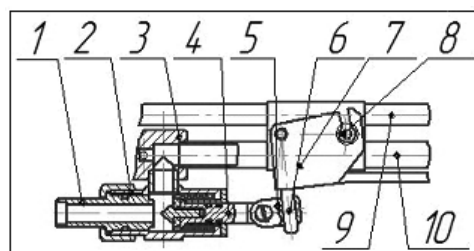


Рис. 4. Модуль 4, третья группа: рычажный клапан с параллельным расположением корпуса и разомкнутой системой рычагов

на 2 накидной гайкой. Подпружиненный шток клапана 4 подвижно соединен с рычагом 7 с помощью кулисы 5 и направляющей 6. На боковой стороне рычага 7 предусмотрен фиксатор 8. Рычаг 7 крепится к подводящим трубкам резака 9 и 10.

Пятую группу модуля 4 представляет рычажный клапан в блоке с вентилями для подогревающего кислорода и горючего газа для резаков (трехтрубные резаки) внутрисоплового и внешнего смешения (рис. 5).

Рычажный клапан (рис. 5), конструктивно не отличается от клапана третьей группы. Он расположен под основанием вентиляционного блока 4. К основанию 4 припаяны два корпуса 3 вентиля с сальниковыми гайками 2 и шпинделями 1. По конструкции эти вентили не отличаются от вентиля второго модуля.

Рычажный клапан в блоке с вентилями выпускается в двух исполнениях: седло клапана 10 мм, седла вентиля подогревающего кислорода и горючего газа – 8 мм; седло клапана 8 мм, седла вентиля подогревающего кислорода и горючего газа – 8 мм (табл. 4).

Модуль 5. Смесительный узел. Смесительный узел выпускается в двух вариантах: инжектор 3 с одним отверстием вкручивается в смесительную камеру 1 (рис. 6, вверху), а инжектор 3 с тремя отверстиями вкручивается в главный корпус 4 (рис. 6, внизу). В первом случае смесительный узел используется в резаках малой мощности, во втором – в резаках большой мощности. Оба варианта рассчитываются совместно с модулем 6 по формулам табл. 5.

Смесительные узлы модуля 5 используются только в инжекторных резаках, их расчет производится совместно с расчетом мундштуков и сопел.

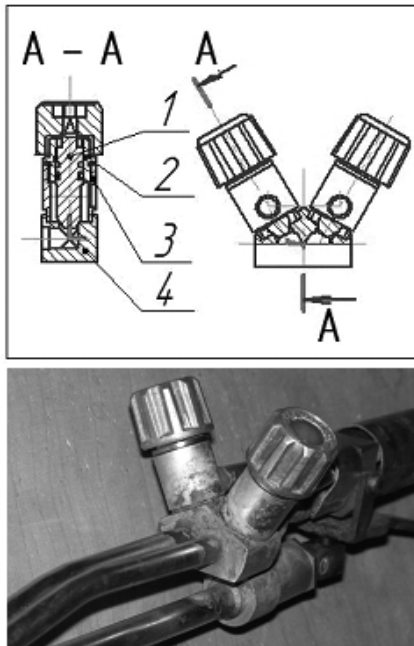


Рис. 5. Модуль 4, пятая группа: рычажный клапан в блоке с вентилями для подогревающего кислорода и горючего газа для резачек внутрисоплового и внешнего смешения

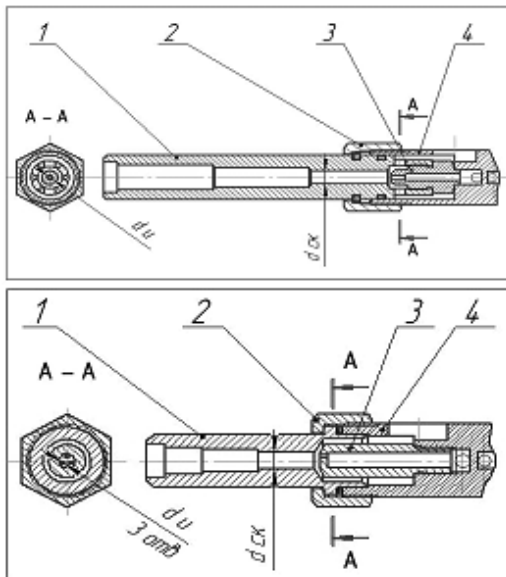


Рис. 6. Модуль 5. Смесительный узел: для резачек малой мощности – сверху; для резачек большой мощности – внизу

Расчет сводится к определению диаметра (d_u), количества отверстий инжектора (n) и диаметра смесительной камеры (d_{ck}).

Смесительный узел состоит из смесительной камеры 1, накидной гайки 2, инжектора 3 и главного корпуса 4. Подогревающий кислород разгоняется в отверстиях инжектора 3 и попадает в отверстие смесительной камеры 1, увлекая за собой горючий газ, где смешивается с последним за счет разницы их скоростей. Образовавшаяся горючая смесь окончательно перемешивается в диффузоре смесительной камеры за счет торможения потока.

Модуль 6. Головка в сборе с мундштуком и режущим соплом. Для предприятий тяжелого машиностроения были разработаны и внедрены шесть ручных резаков специального назначения:

- для вырезки корня сварного шва и снятия фасок под сварку – Р1ШСП;
- для кислородной резки прибылей литья толщиной до 500 мм – РЗ-ФЛЦ;
- для кислородной резки крупного лома толщиной до 500 мм на шихту – ТОРН-Р;
- для кислородной резки крупного лома и прибылей литья толщиной до 600 мм – Р6-ФЛЦ;
- для кислородной резки высоколегированных сталей и чугуна толщиной до 1000 мм внешнего смешения – Р7-ФЛЦ;
- для выплавки дефектов на поковках непосредственно под прессом – РПКЗ.

Модуль 6.1. Головка резака для вырезки корня сварного шва и снятия фасок под сварку, Р1ШСП.

Благодаря мундштуку оригинальной формы и малым размерам головки (рис. 7), резак Р1ШСП успешно используется при вырезке корня сварного шва и снятии фасок под сварку. Он хорошо зарекомендовал себя также при срезке шляпок заклепок и головок заржавевших болтов при демонтаже старых металлоконструкций.

Режущее сопло 2 и мундштук 3, вкрученные в головку 1, образуют три участка для разгона горючей смеси (сечения А-А, Б-Б и В-В, рис. 7) и один участок для перераспределения потоков из шлицевых каналов в кольцевой выходной канал, позволяющий разделить факел подогревающего пламени на две составляющие (основной факел с высокой скоростью истечения горючей смеси и вспомогательный факел с малой скоростью) для привязки основного факела к торцу мундштука.

Подогревающее пламя, имеющее высокую скорость потока, меньше возмущает струю режущего кислорода и хорошо обжимает ее по всей длине, улучшая режущие свойства и защищая от балластных газов окружающей среды [1, 2]. Наличие двух шлицевых разгонных участков в несколько раз увеличивает площадь контакта холодной горючей смеси с внутренней поверхностью мундштука и наружной поверхностью сопла, гарантируя надежный отвод тепла. Основная часть тепла факела резака выделяется на определенном расстоянии от сопла и мундштука и потому не разогревает их. Головка в сборе с мундштуком и соплом в процессе резки остается холодной.

На рис. 8 представлен резак Р1ШСП в статическом состоянии – сверху, и в процессе резки заготовки толщиной 100 мм – внизу.

Элементами, соединяющими модули между собой, являются латунные трубки $\varnothing 8 \times 1$

Резак Р1ШСП, собранный из этих модулей, при равных расходах рабочих газов показывает мощность на 30 % больше, чем серийный резак Р1.

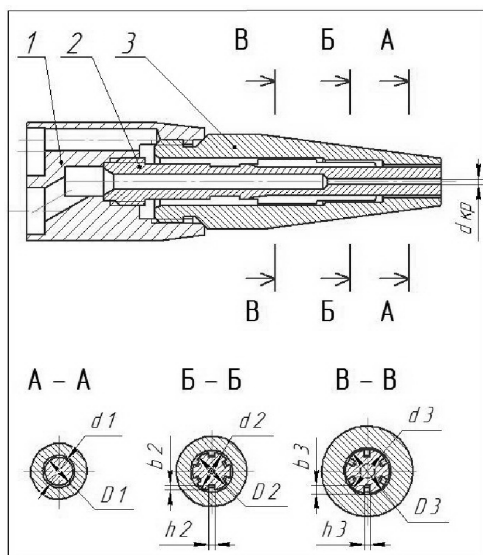


Рис. 7. Модуль 6.1. Головка резака Р1ШСп для вырезки корня сварного шва и снятия фасок под сварку

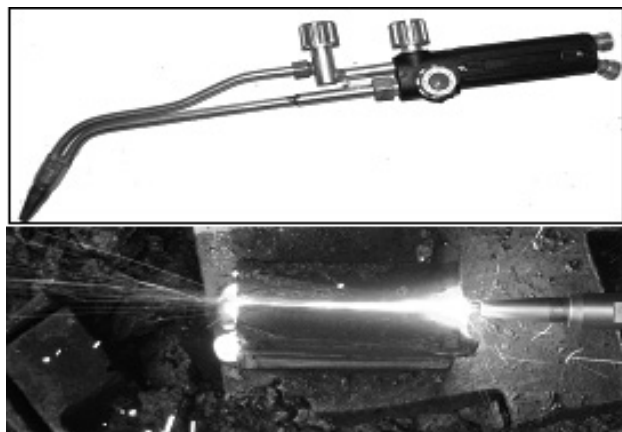


Рис. 8. Резак Р1ШСп: в статическом состоянии – вверху; в работе – внизу

Расчет как резака Р1ШСп, так и модулей 6.2–6.6 производится по формулам табл. 5 и заключается в определении их линейных размеров, приведенных в табл. 6.

Модуль 6.2. Головка резака для кислородной резки прибылей литья толщиной до 500 мм – РЗ-ФЛЦ в сборе с соплом и мундштуком.

В головку 1 последовательно вкручиваются режущее сопло 2 и мундштук 3. Сопло 2 и головка 1 уплотняются по торцевым поверхностям, предотвращая перекося сопла относительно мундштука при многократной сборке. Мундштук 3 и головка 1 уплотняются по конической поверхности мундштука, которая садится в седло головки.

Режущее сопло и мундштук совместно образуют два разгонных участка: кольцевой выходной участок и шлицевой внутренний участок (сечение А-А, рис. 9). Между этими участками находится участок для перераспределения потоков горючей смеси, который позволяет получить два наложенные друг на друга факела: основной высокоскоростной, для

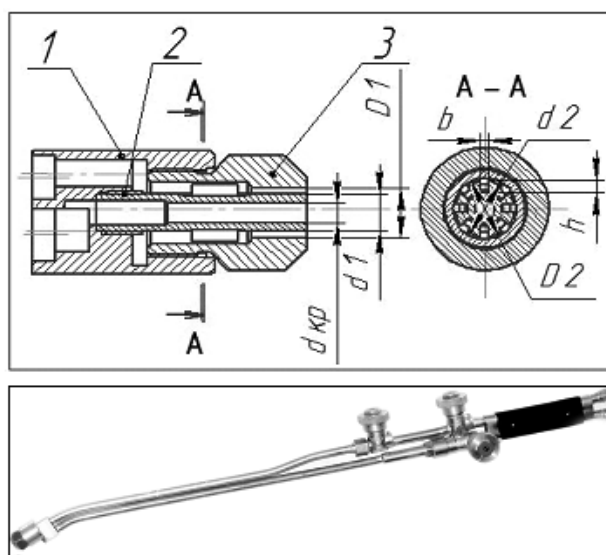


Рис. 9. Модуль 6.2. Головка в сборе резака для кислородной резки прибылей литья толщиной до 500 мм – вверху; общий вид резака РЗ-ФЛЦ – внизу

защиты и обжата режущей струи кислорода, и дополнительный с низкой скоростью потока, для привязки основного факела к мундштуку.

Элементами, соединяющими модули между собой, являются латунные трубки Ø 10х1.

Модуль 6.3. Головка в сборе резака для кислородной резки крупного лома толщиной до 500 мм на шихту – ТОРН-Р.

Головка в сборе с режущим соплом и мундштуком образует два шлицевых разгонных участка (А-А и Б-Б, рис. 10), и один выходной кольцевой участок, между которыми имеется участок для перераспределения потоков горючей смеси внутри головки. Уплотнение между соплом 2 и головкой 1 происходит с помощью резинового кольца согласно ГОСТ 9833–73, а уплотнение между мундштуком 3 и головкой 1 – по конической поверхности мундштука, которая садится в седло головки. Многолетний опыт использования резиновых колец для уплотнения сопел и мундштуков в резаках ТОРН-Р, Р6-ФЛЦ и Р7-ФЛЦ показал, что они долговечны и надежно обеспечивают плотность между соединяемыми деталями. Использование резиновых колец для уплотнения мундштуков и сопел позволяет уменьшить габариты головки, что важно при кислородной резке металлических заготовок больших толщин, т.к. это приводит к уменьшению ширины реза.

Площадь поперечного сечения шлицевых каналов на участке Б-Б (F_3) больше площади поперечного сечения шлицевых каналов на участке А-А (F_2), которая больше площади поперечного сечения кольцевого выходного канала (F_1). В головке резака отсутствуют карманы, тормозящие поток газовой смеси.

Элементами, соединяющими модули между собой, являются латунные трубки Ø 10х1.

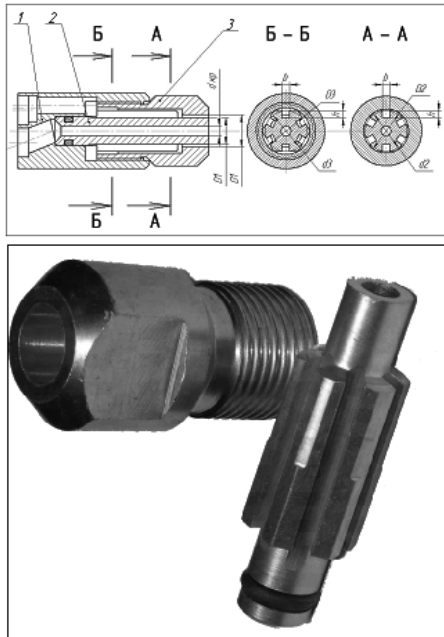


Рис. 10. Модуль 6.3. Головка в сборе резака для кислородной резки крупного лома толщиной до 500 мм – сверху; режущее сопло с мундштуком резака ТОРН-Р – внизу

Модуль 6.4. Головка в сборе резака для кислородной резки крупного лома и прибылей литья толщиной до 600 мм – Р6-ФЛЦ.

Конструктивно и функционально модуль 6.4. подобен модулю 6.3. и его расчет производится аналогично. Модуль 6.4. совместим с теми же модулями, что и модуль 6.3.

В отличие от других резаков специального назначения в модуле 6.4. (рис. 11) уменьшено количество шлицов разгонных участков внутри головки в сборе, с одновременным увеличением суммарной площади их поперечного сечения. Это приводит к улучшению технологичности изготовления резака и увеличению его мощности. Уплотнение режущего сопла 2 и головки 1 происходит по торцевым поверхностям. Режущее сопло 2 зажато между головкой 1 и мундштуком 3 и при откручивании мундштука 3 извлекается из головки 1 (рис. 11). Уплотнение между мундштуком и головкой осуществляется с помощью резинового кольца согласно ГОСТ 9833–73.

Более мощное, чем у резаков РЗ-ФЛЦ и ТОРН-Р, пламя позволило расширить диапазон толщин заготовок, разрезаемых резаком Р6-ФЛЦ до 600 мм.

Модуль 6.5. Головка в сборе резака Р7-ФЛЦ внешнего смешения для кислородной резки высоколегированных сталей и чугуна толщиной до 1000 мм.

По сути, модуль 6.5. (рис. 12) представляет собой максимально облегченный вариант головки машинного резака РГКМ-5 аналогичного назначения. Внешнее смешивание газов подогревающего пламени и большое количество выходных отверстий в моноблочном мундштуке, имеющих

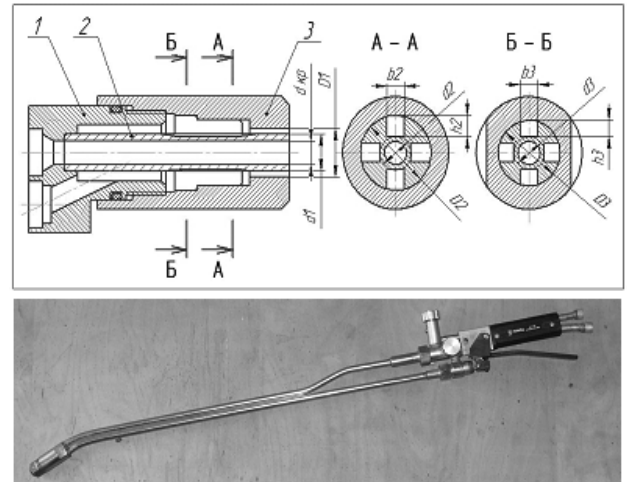


Рис. 11. Модуль 6.4. Головка в сборе резака для кислородной резки крупного лома и прибылей литья толщиной до 600 мм – сверху; общий вид резака Р6-ФЛЦ – внизу

значительную длину, обеспечивают эффективное охлаждение головки 1 в сборе с мундштуком 2. В этих условиях уплотнение между каналами для горючего газа и подогревающего кислорода с помощью резинового кольца целесообразно, т.к. значительно упрощает конструкцию головки и улучшает качество и надежность уплотнения. Герметичности между каналами для режущего и подогревающего кислорода не требуется, достаточно резьбового соединения мундштука с головкой. Герметичность между каналами для горючего газа и окружающей атмосферой осуществляется конической посадкой мундштука в седло головки.

Газокислородный резак Р7-ФЛЦ разработан для осуществления способа кислородной резки по патенту [2] и принцип его работы можно узнать из описания изобретения.

Элементами, соединяющими модули между собой, являются латунные трубы $\varnothing 12 \times 1$.

Модуль 6.6. Головка резака РПКЗ для выплавки дефектов на поковках непосредственно под прессом.

Модуль 6.6. (рис. 13) включает мундштуки внутренний 3 и наружный 4, которые поджимаются к головке 1 с помощью накидной гайки 2. Уплотнение между мундштуками производится по их торцевым поверхностям. Выплавка дефектов совершается при ковочных температурах заготовки, поэтому мощность подогревающего пламени у него в несколько раз меньше, чем у резака для разделительной резки с одинаковым размером отверстий для режущего кислорода. При выплавке дефектов на поковках центральную струю кислорода формируют с большим углом раскрытия, а факел подогревающего пламени – коротким, но с большим пятном нагрева. Этим объясняются особенности расчета резака РПКЗ.

Элементами, соединяющими модули между собой, являются латунные и стальные трубы $\varnothing 12 \times 1$.

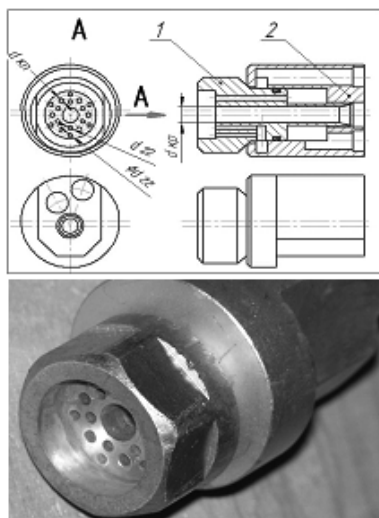


Рис. 12. Модуль 6.5. Головка в сборе резака для кислородной резки высоколегированных сталей и чугуна толщиной до 1000 мм – сверху; общий вид головки в сборе резака Р7-ФЛЦ – внизу

Расчет конструкций ручных кислородных резаков специального назначения.

В работе [3] предложена формула, связующая расход режущего кислорода и толщину заготовки при кислородной резке металлов больших толщин.

$$V_{кр} = 178,2 \cdot \delta^2 + 15,84 \cdot \delta \quad (1)$$

Основное уравнение газодинамики, преобразованное для расчета резаков и горелок и записанное с помощью символов, принятых в газопламенной обработке металлов, выглядит так:

$$V_{кр} = \mu_B \cdot \omega \cdot d^2 (P+1), [м^3/ч] \quad (2)$$

где: $V_{кр}$ – расход режущего кислорода, $м^3/ч$; μ_B – коэффициент, зависящий от физических констант газа, для кислорода $\mu_B = 0,44$; ω – коэффициент, зависящий от соотношения давлений кислорода до и после сопла. Если $P \geq P_{крит.} = 0,83 \text{ кг/см}^2$, то $\omega = 1$; P – давление кислорода перед соплом, $кг/см^2$; d – диаметр сопла, мм.

Для формулы 2 приняты ограничения, вытекающие из следующих условий: кислородная струя из сопла истекает в воздушную атмосферу; окружающий воздух неподвижен; скорость потока кислорода перед входом в сопло равна нулю; статическое давление струи кислорода на выходе из сопла равно атмосферному давлению; скорость потока подогревающего пламени определяется скоростью распространения его факела и значительно меньше скорости звука.

Данные ограничения позволили получить формулу, которая дает результат, согласующийся с прямыми замерами в диапазоне разрезаемых толщин заготовок до 300 мм.

Резаки специального назначения, рассчитанные по методике, использующей формулу 2, после экспериментальной проверки показывали разночтения между прямыми замерами и расчетными данными, и требовали корректировки размеров расчетных каналов.

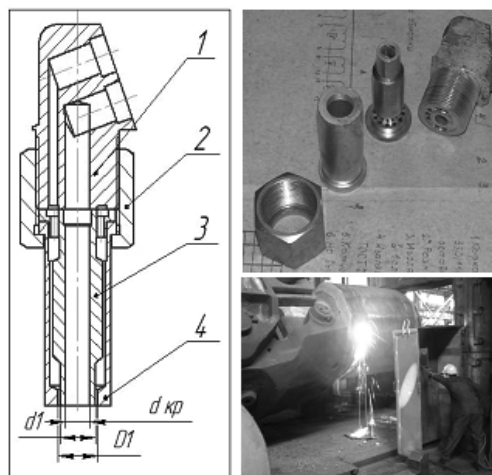


Рис. 13. Модуль 6.6. Головка в сборе резака РПКЗ для выплавки дефектов на поковках – слева; детали модуля – справа сверху; процесс выплавки дефектов на поковке под прессом усилием 10000 тс – справа внизу

Новые технические решения, защищенные патентами [1; 2; 4], использованные при проектировании ручных резаков специального назначения, позволили значительно улучшить их технические характеристики и экономические показатели. Увеличилась также долговечность и повысилась безопасность их работы. Однако, эти же технические решения изменили представления о роли факторов, влияющих на процесс резки, в частности, о функциях подогревающего пламени, что привело к необходимости корректировки существующей методики расчета резаков.

Положительный эффект применения рассматриваемых резаков специального назначения получен за счет того, что поток газов подогревающего пламени разгоняется до скорости, соизмеримой со скоростью режущей струи [1, 2]. При этом изменились условия процесса кислородной резки: струя режущего кислорода истекает в среду, состоящую из смеси горючего газа с подогревающим кислородом и движущуюся в одном с ней направлении; скорость потока газа перед входом в сопло больше нуля.

Этим объясняется расхождение результатов у резаков специального назначения, рассчитанных по формуле 2, с результатами, полученными прямыми замерами.

Экспериментальным путем были получены поправочные коэффициенты: K_1 , учитывающий влияние окружающей атмосферы на струю режущего кислорода и K_2 , учитывающий падение статического давления в движущемся потоке рассматриваемого газа перед соплом. С учетом этих коэффициентов формула 2 принимает вид:

$$V_{кр} = \mu_B \cdot \omega \cdot d^2 (P+1) K_1 K_2 \quad (3)$$

$$\text{или } d_{кр} = \sqrt{\frac{2 V_{кр}}{\mu_B \omega (P+1) K_2 K_1}} \quad (4)$$

Значения поправочных коэффициентов K_1 и K_2 для различных резаков представлены в *табл. 5*. В ней собраны формулы и константы, которые необходимы для расчета газокислородных резаков специального назначения. Все формулы *табл. 5* привязаны к диаметру выходного канала для режущего кислорода, $d_{кр}$.

Расчет резаков сводится к следующему:

1. Задается толщина заготовки (δ), которую необходимо резать ручным кислородным резаком.
2. По формуле 1 определяется расход режущего кислорода ($V_{кр}$).

Таблица 5. Сводная таблица для расчета резаков модуля 6.

Показатель	Модули		
	6.1. Р1ШСП	6.2. РЗ-ФЛЦ	6.3. ТОРН-Р
K_1	1,25	1,05	1,05
K_2	1,15	0,93	0,9
$d_{кр}$	$\sqrt[3]{\frac{V_{кр}}{\mu B \omega (P+1) K_1 K_2}}$		
$F_1/F_{кр}$	7,2	2,63	1,69
d_1	$d_{кр} + 4$	$d_{кр} + 4$	$d_{кр} + 4$
D_1	$\sqrt{8,2 d_{кр}^2 + 8 d_{кр} + 16}$	$\sqrt{3,63 d_{кр}^2 + 8 d_{кр} + 16}$	$\sqrt{2,69 d_{кр}^2 + 8 d_{кр} + 16}$
$F_2/F_{кр}$	11	3,02	2,65
$n_{ш2}$	6	8	6
b_2	1	2	2,5
h_2	$0,9 d_{кр}^2$	$0,12 d_{кр}^2$	$0,1 d_{кр}^2$
d_2	$1,8 d_{кр}^2 + d_{кр} + 4$	$0,24 d_{кр}^2 + d_{кр} + 4$	$0,2 d_{кр}^2 + d_{кр} + 4$
D_2	$d_2 + 0,2$	$d_2 + 0,4$	$d_2 + 0,6$
$F_3/F_{кр}$	17	-	3,77
$n_{ш3}$	6	-	6
b_3	1	-	2,5
h_3	$1,39 d_{кр}^2$	-	$0,1 d_{кр}^2$
d_3	$2,78 d_{кр}^2 + d_{кр} + 4$	-	d_2
D_3	$d_3 + 0,1$	D_2	$1,15 d_3$
$F_{ск}/F_{кр}$	6,24	1,66	1,04
$n_{ск}$	1	1	1
$d_{ск}$	$2,5 d_{кр}$	$1,29 d_{кр}$	$1,02 d_{кр}$
$F_{и}/F_{кр}$	1,0	0,148	0,145
$n_{и}$	1	3	3
$d_{и}$	$d_{кр}$	0,222 $d_{кр}$	0,22 $d_{кр}$

Показатель	Модули		
	6.4. Р6-ФЛЦ	6.5. Р7-ФЛЦ-ВС	6.6. РПКЗ
K_1	1,05	1,25	1,0
K_2	0,9	1,2	1,0
$d_{кр}$	$\sqrt[3]{\frac{V_{кр}}{\mu B \omega (P+1) K_1 K_2}}$		
$F_1/F_{кр}$	1,32	-	0,53
d_1	$d_{кр} + 3$	-	$d_{кр} + 3,5$
D_1	$\sqrt{2,32 d_{кр}^2 + 6 d_{кр} + 9}$	-	$\sqrt{1,53 d_{кр}^2 + 7 d_{кр} + 12,25}$
$F_2/F_{кр}$	2,77	-	-
$n_{ш2}$	4	-	-
b_2	4	-	-
h_2	$0,136 d_{кр}^2$	-	-
d_2	$0,27 d_{кр}^2 + d_{кр} + 3$	-	-
D_2	$d_2 + 0,2$	-	-
$F_3/F_{кр}$	3,6	-	-
$n_{ш3}$	4	-	-
b_3	4	-	-
h_3	$0,177 d_{кр}^2$	-	-
d_3	$0,35 d_{кр}^2 + d_{кр} + 3$	-	-
D_3	$d_3 + 0,2$	-	-
$F_{ск}/F_{кр}$	1,124	-	0,47
$n_{ск}$	1	-	1
$d_{ск}$	$1,06 d_{кр}$	-	$0,69 d_{кр}$
$F_{и}/F_{кр}$	0,145	-	0,05
$n_{и}$	3	-	1
$d_{и}$	$0,22 d_{кр}$	-	$0,225 d_{кр}$
$n_{ск} F_{ск}/F_{кр}$	-	0,56	-
$n_{ск}$	-	6	-
$d_{ск}$	-	$0,305 d_{кр}$	-
$n_{и} F_{и}/F_{кр}$	-	0,67	-
$n_{и}$	-	12	-
$d_{и}$	-	$0,236 d_{кр}$	-

3. По формуле 4 определяется диаметр выходного канала для режущего кислорода ($d_{кр}$).

4. По формулам *табл. 5* определяются все расчетные значения линейных размеров, указанные при описании каждой группы модуля 6.

Таблица 6. Линейные размеры и другие параметры, используемые для расчета конструкций ручных кислородных резаков специального назначения

Обозначение	Наименование
K_1	коэффициент, учитывающий влияние окружающей атмосферы на струю рассматриваемого газа
K_2	коэффициент, учитывающий падение статического давления в движущемся потоке рассматриваемого газа перед соплом
$d_{кр}, F_{кр}$	диаметр и площадь поперечного сечения отверстия режущего сопла
$d_1; D_1; F_1$	внутренний, наружный диаметры и площадь поперечного сечения кольцевого выходного отверстия для горючей смеси
$n_{ш2}, n_{ск}, n_{и}$	количество шлицев разгонного участка, количество отверстий смесительной камеры и инжектора
$b_2; h_2; d_2; D_2; F_2$	ширина и высота шлицев второго разгонного участка, внутренний и наружный диаметр кольцевой щели второго разгонного участка, суммарная площадь поперечного сечения каналов второго разгонного участка
$b_3; h_3; d_3; D_3; F_3$	ширина и высота шлицев третьего разгонного участка, внутренний и наружный диаметр кольцевой щели третьего разгонного участка, суммарная площадь поперечного сечения каналов третьего разгонного участка
$d_{ск}, F_{ск}$	диаметр и площадь поперечного сечения отверстия смесительной камеры
$d_{и}, F_{и}$	диаметр и площадь поперечного отверстия инжектора
$n_{кр}, n_{и}, n_{ск}$	количество выходных отверстий для кислорода подогревающего и для горючего газа в резаках внешнего смешения
$F_{кр}, F_{и}, d_{кр}, d_{и}$	площадь поперечного сечения и диаметры выходных отверстий для кислорода подогревающего и для горючего газа в резаках внешнего смешения

Литература

1. Пат. 29654 UA, МПК В 23 К 7/00 Газокислородный резак / Ю.Н. Лысенко, В.М. Литвинов, С.А. Чумак, Е.К. Цвентух, С.Л. Василенко, О.И. Коровченко, С.Г. Красильников. - № u200709167; заявл. 10.08.2007; опубл. 25.01.2008; Бюл. №2. 5 с. : ил.
2. Пат. 92865 UA, МПК F23C 7/00. Способ кислородной резки металлов больших толщин / В.М. Литвинов, О.И. Волошин, К.П. Шаповалов, В.А. Белинский, С.Л. Василенко, О.И. Коровченко. - № u2014 02889; заявл. 21.03.14; опубл. 10.09.14, Бюл. №17. - 3 с.
3. Литвинов В.М. Критерии оценки эффективности оборудования для кислородной резки металлов больших толщин / В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак, В.В. Капустин, С.П. Зеленский, В.А. Белинский, С.Л. Василенко, Т.Б. Золотопупова // Сварщик, 2014, № 6, С. 16-19.
4. Пат. 15678 UA, МПК F 23 D 14/02 Резак для ручной газокислородной резки металла / В.М. Литвинов, С.Г. Красильников, С.А. Чумак, С.Л. Василенко, О.И. Коровченко, Е.К. Цвентух. - № u2006 00039; заявл. 03.01.2006; опубл. 17.07.2006, Бюл. №7. 2 с. : ил.

Нанесение покрытий из износостойко-коррозионно-жаростойких материалов электроискровым методом

Е. К. Фень, канд. техн. наук, НТУУ «КПИ» и Институт проблем материаловедения НАНУ (Киев)

В современной технике имеется большая номенклатура деталей, работающих в значительном диапазоне температур — от отрицательных до 1000–1200 °С, рабочие поверхности которых нуждаются в упрочнении или восстановлении износостойко-коррозионно-жаростойкими покрытиями. Для нанесения таких покрытий предложен электроискровой метод, где площадь напыления довольно невелика. Разработано несколько видов материалов для электроискрового метода нанесения покрытий.

При восстановлении изношенных и упрочнении новых изделий, для различных условий работы деталей машин требуется точный подбор своего, определенного химического состава материала покрытия и метода его нанесения. Поэтому, актуальной задачей является разработка новых материалов покрытий и метода их нанесения. В данной работе рассмотрена возможность применения электроискрового метода нанесения покрытий. Сверхзвуковые (плазменный и электродуговой), обычный плазменный и детонационный методы напыления покрытий рассмотрены в работах [1–3].

Электроискровой метод применяется там, где требуется нанесение небольшого количества материала покрытия, когда площадь детали обычно не более 8–10 см². Пористость таких покрытий составляет менее 1 %.

При электроискровом методе применяют установки марок ЭФИ-23М, ЭФИ-25М, ЭФИ-46А, разработанные Институтом прикладной физики академии наук республики Молдова (ИПФ АНРМ) [4]. Они делятся на две группы: «чистового» (ЭФИ-46А) и «грубого» (ЭФИ-25М) легирования, а также сочетающие в себе как «чистовое» так и «грубое» легирование (ЭФИ-23М), имея для этого I–II–III режима, которые были использованы в данной работе. Рабочие режимы установок ЭФИ разных марок указаны в их паспортных данных. Толщина слоя покрытий (в зависимости от марки установки) составляет 120–300 мкм. Образцы перед нанесением покрытий очищают от грязи и обезжиривают.

Разработан ряд материалов для износостойко-коррозионно-жаростойких покрытий (на них получены соответствующие документы), химический состав которых и их процентное соотношение в разных вариациях сплавов, подобраны на основе Ni-Cr-Al-Y-Sc [5] с добавками других металлов (Co, Ti, La, Cu) и металлоидов (B, Si) [6]. Данные ма-

териалы покрытий в процессе их нанесения выступают в качестве анода, а в качестве подложки (катода) могут быть использованы токопроводящие материалы из разных составов сталей и сплавов: сталь 55, 40Х, ЭИ598.

Разработанные материалы на основе Ni-Cr-Al-Y-Sc получали способом расплавления данной основы с другими материалами (с температурой плавления между собой не более 200–300 °С) в индукционной печи в вакууме и распылением их в защитной атмосфере высокоочищенного азота на установке марки «УРС-40» ИПМ НАНУ.

Исследованы физико-механические свойства покрытий: твердость, микротвердость, интенсивность изнашивания при сухом трении скольжении, при износе на фреттинг и прочность сцепления с основой.

Металлографические исследования, проведенные на микроскопе «Neophot-2», показали, что микроструктура износостойко-коррозионно-жаростойких покрытий имеет слойный («чешуйчатый») характер.

Рентгеноструктурные исследования, проведенные на дифрактометре ДРОН-3,0 в монохроматизированном MoK α излучении показали, что основу покрытий составляет γ -твердый раствор хрома в никеле с добавками других металлов и металлоидов, т.е. покрытия различных составов являются однородными пресыщенными твердыми растворами.

Микротвердость (H_p) сплавов измеряли на приборе ПМТ-3 (ГОСТ 9450–76), она составляет 5,0–6,5 ГПа в зависимости от состава сплава, а твердость по Роквеллу (HRA) измерялась на приборе ТК-201 (ГОСТ 9013–75) и составляет 65–68 ед., в зависимости от материала покрытия, при шероховатости поверхности шлифа $R_a = 0,32–0,16$ (ГОСТ 2789–73).

Интенсивность изнашивания при сухом трении скольжении без смазки на воздухе исследуемых покрытий, проводили на машине трения УМТ-1 (ГОСТ 26614–85) при нагрузке $P = 1$ МПа, скорости скольжения $V = 0,5$ м/с, температуре $T = 20$ °С, она составляет 18–23 мм³/1000 м·см² в зависимости от состава сплава и процентного соотношения между собой его компонентов. Контртелом служил вольфрамовый сплав марки ВК-20 (ГОСТ 3882–74).

Коэффициент трения для всех исследуемых материалов покрытий при испытании их на воздухе, при сухом трении скольжении без смазки, не превышает 0,2–0,25 и зависит главным образом от состава и свойств оксидных пленок, образующихся

при трении; и мало зависит от скорости скольжения и нагрузки, вследствие преобладания окислительного износа. Образующиеся пленки оксидов (вторичных структур) на поверхности покрытий являются как бы сухой смазкой и были изучены на электронографе ЭМР-100.

Испытание на износ при фреттинге на воздухе проводили на машине трения марки МФК-1 разработки НАУ [7] при нагрузке $P = 20$ МПа, амплитуде виброперемещения $A = 0,1$ мм, частоте колебаний $f = 30$ Гц, температуре испытаний $T = 20$ °С, базе испытаний $N = 5 \cdot 10^5$ циклов, с использованием пары образцов с одноименным покрытием, после доводки толщины покрытия до 200 мкм, при шероховатости поверхности $R_a = 0,63-0,32$. Износ при фреттинге для данных покрытий составляет 17–22 мкм.

Химическим и рентгеноспектральным анализом установлено, что в условиях сухого трения скольжения на воздухе материал подложки существенно не влияет на закономерность трения и износа износ-коррозионно-жаростойких покрытий.

Прочность сцепления покрытий с основой определяли методом «конусного штифта» на разрывной машине МР-5, с диаметром иглы в основании 2,0 мм [8]. Для разных составов покрытий и подложек (толщина слоя покрытия 200–250 мкм) она составляет 62–75 МПа.

Электроискровой метод нанесения покрытий и полученные материалы для покрытий могут найти широкое применение в различных сферах современной техники, детали машин которых работают при износе и коррозии в условиях высоких температур.

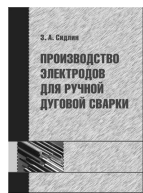
Литература

1. Фень Е. К. Износо- и жаро-износостойкие материалы покрытий для сверхзвукового плазменного и электродугового напыления // Сварщик. — 2011. — № 1. — С. 32–35.
2. Фень Е. К. Нанесение покрытий на основе композиционных порошковых материалов плазменным напылением // Сварщик. — 2015. — № 6. — С. 8–9.
3. Фень Е. К. Нанесение покрытий из композиционных порошковых материалов детонационным методом // Сварщик. — 2016. — № 2. — С. 8–10.
4. Самсонов Г. В., Верхотуров А. Д., Бовкун Г. А., Сычев В. С. Электроискровое легирование металлических поверхностей. — Киев: — Наук. думка, 1976. — 219 с.
5. Фень Е. К. Перспективное использование скандия при создании жаро-износостойких газотермических покрытий // Тугоплавкие соединения. Получение, свойства и применение. — Киев. — ИПМ НАНУ, 1999. — С. 114–117.
6. Фень Е. К. Влияние добавок из различных материалов на физико-механические свойства покрытий на основе Ni-Cr при газотермическом напылении // Сварщик. — 2012. — № 3. — С. 16–18.
7. Голего Н. Л., Алябьев А. Я., Шевеля В. В. Фреттинг-коррозия металлов. — Киев: Техніка, 1970. — 271 с.
8. Шаривкер С. Ю., Ляшенко Б. А., Ришин В. В., Астахов Е. А. Исследование прочности сцепления детонационно-напыленных покрытий // Проблемы прочности. — 1973. — № 3. — С. 35–38.

● #960

Техническая литература

Тел.: +38 (044) 200-80-14, 200-80-18



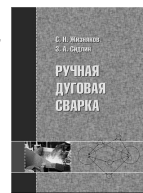
З. А. Сидлин. Производство электродов для ручной дуговой сварки. 2009. — 464 с.

Детально описаны все стадии технологического процесса производства металлических покрытых электродов для ручной дуговой сварки, применяемые материалы и оборудование. Даны теоретические основы процессов, протекающих как при изготовлении, так и при применении электродов. Особое внимание уделено вопросам обеспечения качества продукции.

Для инженерно-технического персонала, сварщиков и рабочих электродных производств.

С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин. Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология. 2006. — 360 с.

Рассмотрены физико-металлургические процессы при ручной дуговой сварке покрытыми электродами. Даны характеристики и классификация электродов, представлена номенклатура промышленных марок, источники питания и другое оборудование. Изложены рекомендуемые технологии сварки сталей, чугуна и цветных металлов и их особенности. Рассмотрены дефекты сварных соединений и причины их образования, а также вопросы ремонтной сварки.



Г. И. Лашенко. Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом. 2006. — 384 с.



Рассмотрены структурные схемы способов дуговой сварки сталей плавящимся электродом (ДСПЭ) и общие вопросы свариваемости сталей. Изложены современные представления об энергетической эффективности процесса, формировании швов, производительности и экологических показателях ДСПЭ. Приведены современные способы сварки с применением различных защитных сред, позволяющие регулировать тепловложение в свариваемое изделие, улучшающие формирование металла шва и повышающие производительность сварки. Приведены сведения о гибридных и комбинированных способах дуговой сварки плавящимся электродом.

E-mail: welder.kiev@gmail.com trofimets.welder@gmail.com URL: <http://www.welder.stc-paton.com/>

Электролитно-плазменная обработка поверхности сварочной проволоки

Н. М. Воропай, д-р техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ (Киев)

Эффективность применения механизированной дуговой сварки в значительной степени зависит от качества подготовки поверхности сварочной проволоки. В зависимости от технологии изготовления и условий хранения на ней могут быть технологическая смазка и смазочные вещества, оксиды и продукты химического травления, адсорбированная влага и консервационные покрытия. Для улучшения сварочных свойств проволоки ее поверхность подвергают трудоемким операциям механической очистки, химической обработки или омеднения.

Механическая очистка и омеднение не обеспечивают полного удаления загрязнений поверхности металла и снижают его коррозионную стойкость. Традиционные электрохимические способы характеризуются относительно низким рабочим напряжением (до 70 В) и малой производительностью. Повышение напряжения более 90 В изменяет типичный ход электрохимического процесса, приводит к выделению пузырьков газа и испарению электролита. В результате вокруг электрода образуется парогазовая оболочка. Происходит пробой и ионизация оболочки, возникают электрические разряды. На этой стадии сила тока практически не изменяется. Процессы, протекающие в электролите при наличии ионизации, называют электролитно-плазменной обработкой (ЭЛПО), при которой электрохимическое растворение сопровождается электроэрозионным и кавитационным снятием поверхностного слоя металла. Интенсивность обработки в этом случае резко возрастает.

Обработка стальной сварочной проволоки. Изучались влияние состава, концентрации и температуры электролита, величины рабочего напряжения на вольт-амперные характеристики процесса ЭЛПО. В экспериментах использовали проволоку марки Св-08Г2С Ø 2 мм. Образцы проволоки обрабатывали в водных растворах ортофосфорной кислоты, едкого натра, сернокислого и углекислого натрия при напряжении до 200 В. В растворах серной, соляной и азотной кислот обработку не проводили ввиду их высокой агрессивности и выделения вредных веществ. Источником постоянного тока, как правило, служил однофазный двухполупериодный выпрямитель.

Качество обработки поверхности оценивали по внешнему виду проволоки, содержанию в ней водорода, величине контактного сопротивления и сва-

рочно-технологическим свойствам проволоки. Содержание водорода определяли методом вакуумной экстракции. Контактное сопротивление измеряли по схеме двойного моста с четырьмя зажимами. Склонность обработанной поверхности проволоки к коррозии оценивали по результатам ускоренных испытаний — выдержке образцов над 3%-ным водным раствором хлористого натрия при температуре 298 К. Для испытания сварочно-технологических свойств проволоки, обработанной различными способами, сваривали образцы из низколегированной стали постоянным током в углекислом газе. Вольт-амперные характеристики электролитно-плазменного процесса свидетельствуют, что в растворах щелочи и ортофосфорной кислоты этот процесс наступает при более низких напряжениях, чем в растворах сульфата и карбоната натрия (рис. 1). При использовании таких растворов сила тока стабилизируется, начиная с напряжения 140 В. Возникают периодические электрические разряды.

Наибольшая скорость снятия металла достигается в растворах ортофосфорной кислоты (рис. 2). Для растворов NaOH, сернокислого и углекислого натрия указанный показатель в 2,5–13 раз ниже. Ортофосфорная кислота обеспечивает быстрое

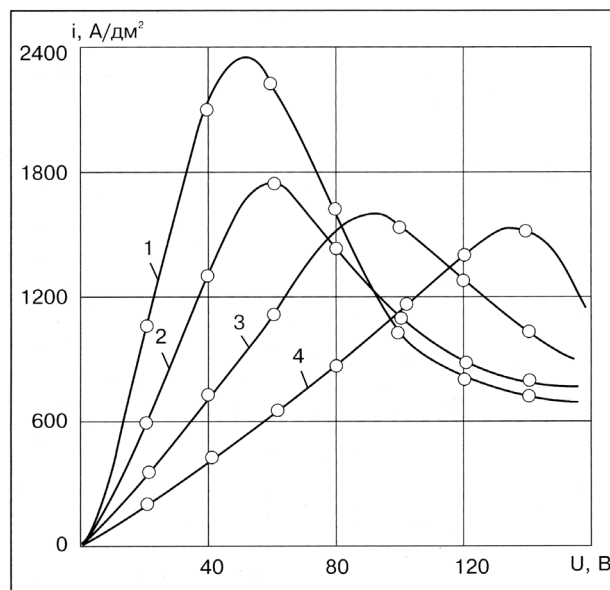


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики ЭЛПО сварочной проволоки Св-08Г2С: 1 – 40 %-ный раствор NaOH; 2 – 75 %-ный раствор H_3PO_4 ; 3 – 16 %-ный раствор Na_2CO_3 ; 4 – 16 %-ный раствор Na_2SO_4

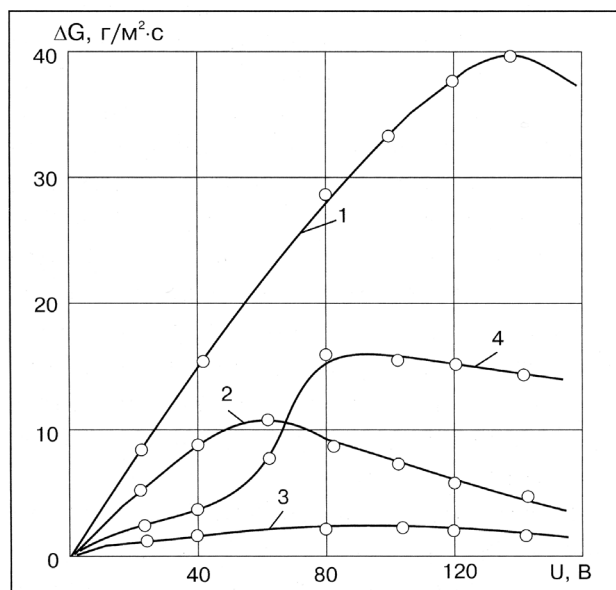


Рис. 2. Влияние напряжения на скорость снятия металла при температуре раствора 298 К: 1 – 40 %-ный раствор NaOH; 2 – 75 %-ный раствор H_3PO_4 ; 3 – 16 %-ный раствор Na_2CO_3 ; 4 – 16 %-ный раствор Na_2SO_4

и полное удаление с поверхности проволоки технологической смазки и продуктов коррозии, чего нельзя достичь при использовании других растворов. Следовательно, в качестве рабочего раствора для электролитно-плазменной обработки наиболее целесообразно использовать ортофосфорную кислоту.

Таблица 1. Влияние способа обработки поверхности проволоки Св-08Г2С на ее сварочно-технологические свойства

Способ обработки	Напряжение, В	Плотность тока, А/дм ²	Содержание водорода в 100 г проволоки, мл	Контактное сопротивление, Ом·10 ³	Скорость коррозии, (г/(см ² ·ч))·10 ³	Время очистки, с
Без обработки	–	–	6,5–7,8	109–122	7,1–7,5	–
ЭХО	20	120	3,3–3,8	6,1–8,5	2,9–3,2	15,0
ЭЛПО	140	850	2,6–2,8	31,2–36,4	1,5–2,1	0,7

Скорость снятия металла существенно зависит от напряжения на электродах и концентрации ортофосфорной кислоты (рис. 2, 3). При повышении напряжения до 130–140 В скорость снятия металла плавно возрастает, а затем падает; с повышением концентрации кислоты скорость линейно возрастает, причем в области концентрации свыше 60 % она увеличивается более интенсивно (рис. 3, кривая 2).

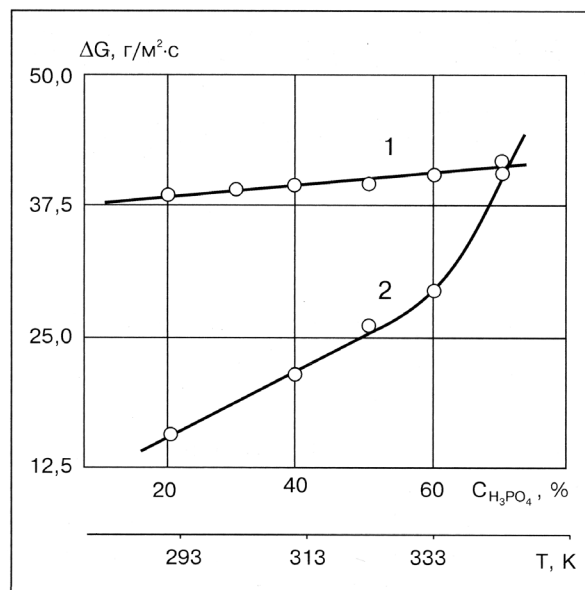


Рис. 3. Зависимость скорости снятия металла от температуры – кривая 1 и концентрации C – кривая 2 – ортофосфорной кислоты при напряжении 140 В

Влияние температуры раствора на скорость снятия металла незначительно (рис. 3, кривая 1), что позволяет проводить ЭЛПО в широком интервале температур (293–352 К) практически без изменения качества обработки. В этом отношении ЭЛПО имеет несомненные преимущества по сравнению с электрохимической.

Анализ зависимостей, приведенных на рис. 4, показывает, что удельные затраты электроэнергии минимальны при ЭЛПО в концентрированных растворах ортофосфорной кислоты; при этом достигается наибольшая производительность процесса. Следовательно, разработанная технология ЭЛПО стальной сварочной проволоки включает такие операции: обработку в ортофосфорной кислоте, промывку в холодной воде, нанесение антифрикционного слоя из водного раствора стеарата натрия, сушку проволоки.

Результаты сравнительных испытаний неочищенной сварочной проволоки Св-08Г2С свидетельствуют, что содержание остаточного водорода в проволоке и контактное сопротивление после ЭЛПО снижаются в 2–3 раза (табл. 1). ЭЛПО обеспечивает полное удаление с поверхности проволоки технологической смазки, оксидов и ржавчины. При этом на проволоке формируется тонкий и плотный оксидный слой, заметно повышающий ее коррозионную стойкость. Наличие антифрикционной пленки толщиной около 0,1 мкм облегчает скольжение проволоки по направляющим каналам сварочного аппарата и исключает прилипание проволоки к токоподводящему мундштуку при сварке. По сравнению с традиционной электрохимической очисткой при

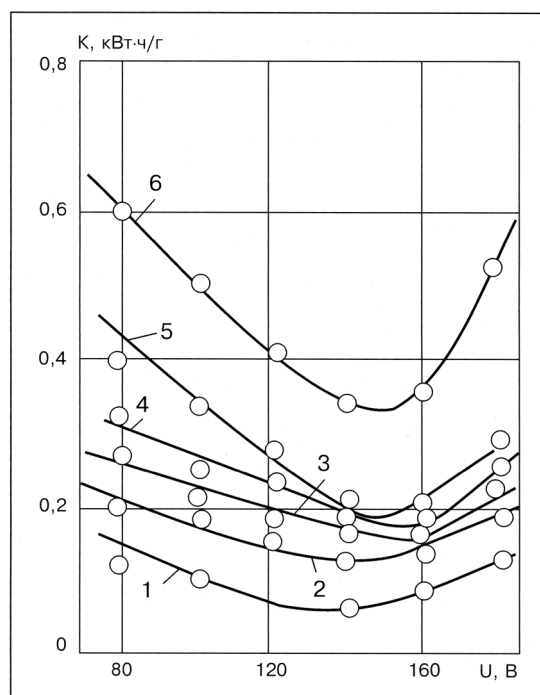


Рис. 4. Зависимость затрат электроэнергии от напряжения при концентрации ортофосфорной кислоты ($T=298\text{ K}$): кривые 1 – 6 – 75, 60, 50, 40, 30, 20 % соответственно

ЭЛПО производительность возрастает в 15–20 раз. Это позволяет существенно уменьшить рабочую длину ванны ЭЛПО, упростить условия эксплуатации оборудования и снизить расход технологических материалов.

Обработка сварочной проволоки из алюминия и его сплавов. Поверхность сварочной проволоки из алюминия и алюминиевых сплавов обычно обрабатывают химическим травлением в растворе щелочи с последующим осветлением в растворе азотной кислоты. После такой обработки на поверхности проволоки образуется относительно рыхлый слой оксидов, склонных к последующему утолщению и гидратации. Механическая обработка алюминиевой сварочной проволоки алмазным инструментом предусматривает удаление поверхностного слоя металла толщиной 0,1–0,2 мм, что приводит к безвозвратным потерям 10–20 % проволоки. Скальпированную проволоку упаковывают в инертной атмосфере в герметичную тару, а затем в заваренные полиэтиленовые мешки и картонные коробки. Технологическая себестоимость перечисленных операций соизмерима со стоимостью исходной заготовки. Наиболее экологична технология электролитно-плазменной обработки сварочной проволоки.

Исследовано влияние формы кривой напряжения и состава электролита на производительность процесса и качество ЭЛПО. Использовали сварочную проволоку марок Св-А5, Св-АМц, Св-АМг6 и Св-АК5 Ø 2 мм. Образцы проволоки при обработ-

ке подключали к аноду в растворах ортофосфорной кислоты. Растворы серной, соляной и азотной кислот не испытывали ввиду их высокой агрессивности, а растворы солей и щелочей — из-за образования толстой оксидной пленки на поверхности проволоки. В качестве источника питания для ЭЛПО использовали выпрямители с однофазной двухполупериодной (ОДСВ) и трехфазной (ТСВ) системой выпрямления. В ходе испытаний ОДСВ и ТСВ сравнивали по таким показателям:

- форме вольт-амперной характеристики процесса ЭЛПО;
- скорости снятия металла с поверхности проволоки;
- средней высоте неровности;
- толщине оксидной пленки на поверхности проволоки.

Установлено, что вольт-амперные характеристики ЭЛПО при ОДСВ и ТСВ практически идентичны (рис. 5). Форма кривой напряжения оказывает значительное влияние на производительность ЭЛПО и качество поверхности обработанной проволоки. По сравнению с ТСВ система ОДСВ обеспечивает двухкратное увеличение производительности ЭЛПО, способствует уменьшению на порядок толщины оксидной пленки и средней высоты неровностей на поверхности проволоки. На осциллограммах тока и напряжения видно, что при ТСВ в течение каждого полупериода наблюдаются две стадии процесса: электрохимическая и электролитно-плазменная. Обе стадии по длительности примерно равны. При ОДСВ основное снятие материала происходит на электрохимической стадии. Элек-

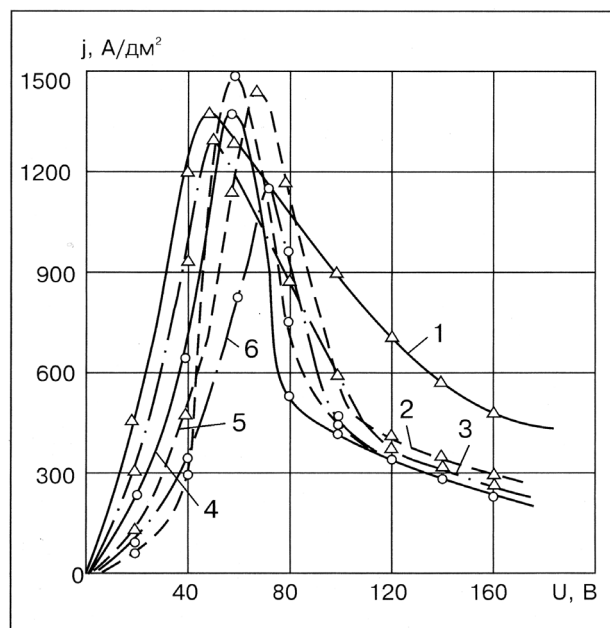


Рис. 5. Зависимость плотности тока от напряжения процесса ЭЛПО сварочной проволоки Св-АМг6: кривые 1–3 – ОДСВ; 4–6 – ТСВ; 1,4 – 60 % H_3PO_4 ; 2, 5 – 70 %; 3, 6 – 85 %

тролитно-плазменная стадия связана с депассивацией поверхности металла. Система ОДСВ по сравнению с ТСВ обеспечивает значительно большую скорость снятия металла (рис. 6). Кроме того, на электрохимической стадии происходит полирование поверхности проволоки, что способствует снижению уровня шероховатости и уменьшению толщины оксидной пленки. Полученные результаты опытов показывают, что в качестве источника питания для ЭЛПО сварочной проволоки из алюминия целесообразно использовать выпрямитель с однофазной двухполупериодной схемой выпрямления.

С повышением концентрации ортофосфорной кислоты с 30 до 80 % скорость снятия металла при ЭЛПО возрастает с 12 до 32 г/(м²·с). Температура электролита незначительно влияет на скорость снятия металла, что позволяет вести ЭЛПО в широком интервале температур. Сравнительные испытания сварочных свойств проволоки из алюминиевых сплавов, подвергнутой ЭЛПО, подтвердили ее высокое качество. Универсальность технологии ЭЛПО позволила использовать одно и то же оборудование для обработки поверхности стальной сварочной проволоки и проволоки из алюминиевых сплавов. При создании промышленных установок для электролитно-плазменной обработки сварочной проволоки разработана оптимальная конструкция токоподвода в рабочие ячейки, обеспечивающая передачу больших плотностей тока на поверхность проволоки и минимальное электроэрозионное разрешение элементов токоподвода.

Обработка сварочной проволоки из меди и ее сплавов. Для электрохимической обработки меди

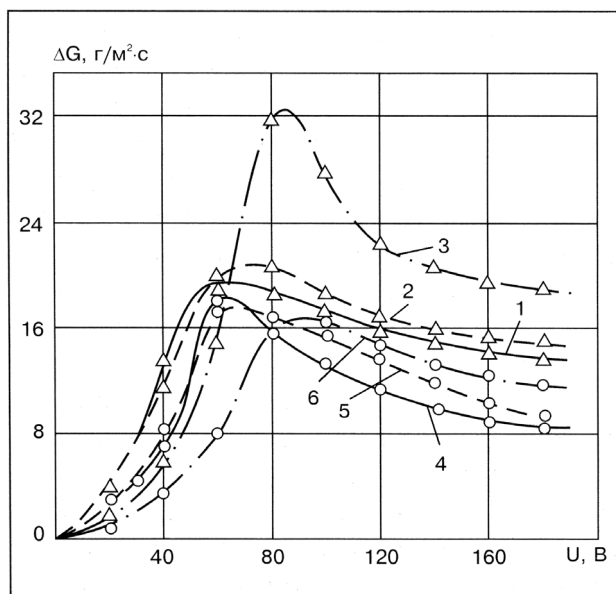


Рис. 6. Зависимость скорости снятия металла от формы кривой напряжения процесса ЭЛПО сварочной проволоки Св-АМг6 в растворах ортофосфорной кислоты: кривые 1-3 – ОДСВ; 4-6 – ТСВ; 1,4 – 60 % H_3PO_4 ; 2, 5 – 70 %; 3, 6 – 85 %

и ее сплавов широко применяют фосфорно-хлористые электролиты, однако они имеют существенный недостаток – высокую токсичность, вызванную наличием хромового ангидрида CrO_3 . Для такого процесса характерна большая длительность обработки и увеличение содержания остаточного водорода в металле. Для ЭЛПО поверхности сварочной проволоки из меди и ее сплавов разработан электролит, содержащий ортофосфорную кислоту и небольшие добавки поверхностно активных веществ. Сварочную проволоку Св-БрАМц9-2 обрабатывают при относительно малой температуре электролита (20–60 °С), удаляя слой металла толщиной 3–5 мкм. Плотность тока и скорость снятия металла в данном случае также зависят от напряжения на электродах и концентрации электролита (рис. 7, 8). С повышением напряжения до 80 В плотность тока и скорость снятия металла увеличивается при любой концентрации электролита. Дальнейшее повышение напряжения уменьшает эти показатели. Максимальная скорость снятия металла достигается в растворе 60 %-ной ортофосфорной кислоты. При обработке проволоки в турбулентном потоке электролита время очистки снижается до 0,3–0,5 с. Затраты электроэнергии на снятие металла при ведении процесса ЭЛПО в 60 %-ном растворе ортофосфорной кислоты при напряжении до 90 В минимальны.

Проволока Св-БрАМц9-2 в исходном состоянии обычно покрыта толстым слоем оксида алюминия и ее контактное сопротивление достаточно велико (580–600 Ом·10³). ЭЛПО снижает величину контактного сопротивления примерно в 70 раз (до 7–8 Ом·10³). При этом поверхность проволоки

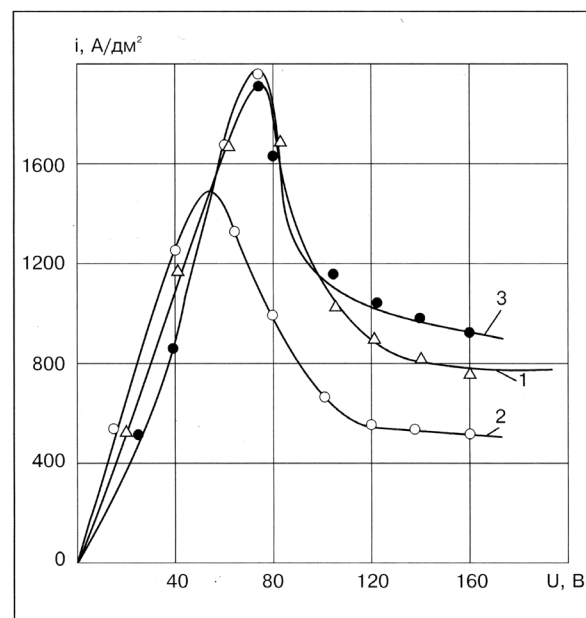


Рис. 7. Вольт-амперные характеристики ЭЛПО сварочной проволоки Св-БрАМц9-2: кривые 1 – 3 – 85, 60 и 40 % соответственно

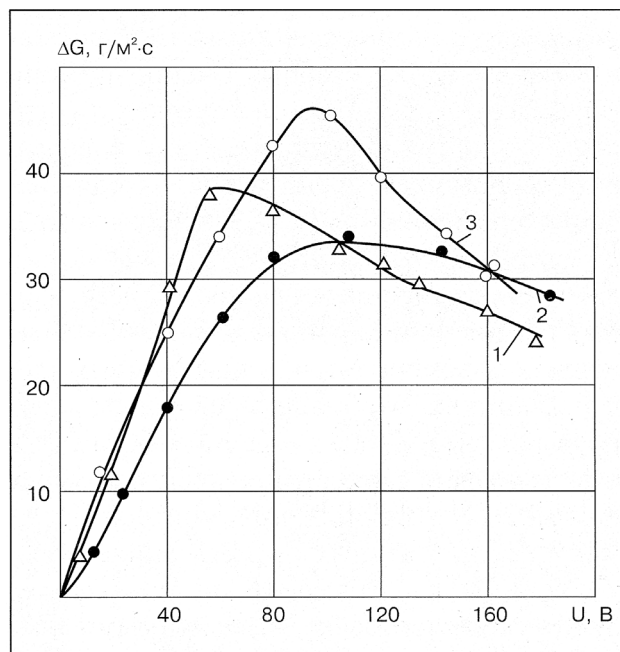


Рис. 8. Зависимость скорости снятия металла от напряжения процесса ЭЛПО: кривые 1 – 3 – 85, 60 и 40 % соответственно

после ЭЛПО не окисляется в течение длительного времени, а содержание остаточного водорода остается постоянным (в 1,5 раза ниже, чем у проволоки в исходном состоянии).

Оборудование для электролитно-плазменной обработки. Для электролитно-плазменной обработки используют двухнитевую установку ЭП-145, технические характеристики которой приведены в табл. 2.

Таблица 2. Технические характеристики установки ЭП-145

Потребляемая мощность, кВт	<60
Вместимость бака электролита (ортофосфорной кислоты плотностью 1,5–1,6 т/м³), м³	0,3
Скорость обработки проволоки, м/с	0,5–1,0
Сила тока, А	400–500
Расход воды, м³/ч	<6,0
Производительность для проволоки Ø 2 мм, кг/ч	168
Диаметр проволоки, мм	1,2–3,0
Габаритные размеры, м	10х4х1,8

Установка ЭП-145 включает: размоточное и противообрывное устройства, правильные ролики, электролитную ячейку, устройство электроконтактной суши, намоточное устройство, теплообменник, систему циркуляции электролита, шкаф и пульт управления, источник питания. Основной операцией данной технологии является ЭЛПО в ячейке с жидкостно-твердотельным токоподводом. Сущность данного процесса заключается в замыкании циркулирующим электролитом

разрядного промежутка между электродом ячейки (катодом) и проволокой. На границе поверхности проволока – электролит возникают плазменные дуги, благодаря которым на высоких скоростях движения происходит качественная очистка проволоки.

Ячейка состоит из электролитной ванны, двух промывочных каналов, выфрезерованных в текстолитовом корпусе, и двух текстолитовых откидных крышек, герметизирующих ванну и каналы при работе установки. Ванна ячейки снабжена нержавеющей катодом с пустотелым токоподводом. В торцах ванны расположены карманы. В крышке ванны размещены четыре патрубка подачи воздуха для удаления с проволоки избытка кислоты.

Теплообменник предназначен для охлаждения электролита. Он размещен на двух опорах и снабжен патрубками для подачи и слива кислоты и воды. В рабочем режиме электролит циркулирует следующим образом. Ортофосфорная кислота насосом из бака подается в коллектор, а затем в приемный патрубок теплообменника. Через внутренний канал токоподвода электрода электролит поступает в ванну ячейки, омывает нити проволоки и через торцевые отверстия стекает в сливные камеры ячейки, откуда по двум шлангам самотеком поступает в бак. При сливе в бак струя электролита замыкает контакты реле заполнения циркуляционной системы, сигнализируя о включении намоточного устройства. Охлаждающая вода подается в ванну промывки ячейки, в межтрубное пространство теплообменника охлаждения выпрямителя и устройство электроконтактной суши. Напорные трубопроводы подачи воды снабжены реле протока РПИ-20, отключающим установку при отсутствии воды. Электрооборудование установки состоит из силового трансформатора (например, ТДФЖ-1002), выпрямителя, электродвигателя насоса, электродвигателя намоточного устройства, аппаратуры управления, регулирования, защиты, контроля и сигнализации.

На установке ЭП-145 производят подготовку поверхности различных марок стальной сварочной проволоки и сварочной проволоки из алюминиевых сплавов.

Прибор ПДС-2М для контроля качества сварочной проволоки. Дефекты металлургического происхождения (оксидные пленки, закаты, раковины, расслоения) сварочной проволоки приводят к недопустимым дефектам в металле шва. Непостоянство геометрических размеров по длине проволоки, овальность поперечного сечения и шероховатость поверхности вызывают изменения силы сварочного тока, что нарушает равномерность формирования швов.

Для обнаружения скрытых дефектов свароч-

ной проволоки, в частности, из алюминиевых сплавов, при непрерывной ЭЛПО разработан прибор ПДС-2М (рис. 9), принцип действия которого состоит в сравнении электрических свойств контролируемой проволоки 2 с поверхностью такой же проволоки 1, не имеющей дефектов.

Конструктивно прибор выполнен из двух отдельных блоков: электронного блока 4 и датчика 3, соединенных между собой посредством двух коаксиальных кабелей с разъемами. Отклонение индикаторного прибора пропорционально величине контролируемого дефекта. Линейное движение проволоки обеспечивает намоточное устройство 6. Выходное напряжение подается на самопишущий прибор 5 (рис. 9). Технические характеристики ПДС-2М приведены в табл. 3.

Таблица 3. Технические характеристики ПДС-2М

Точность определения глубины залегания дефектов, % от диаметра проволоки, не менее	3
Скорость протяжки проволоки, м/с	0,2–1,0
Диаметр контролируемой проволоки, мм	12–4,0
Масса, кг: прибора датчика	1,5 0,8
Габаритные размеры, мм	255x215x65

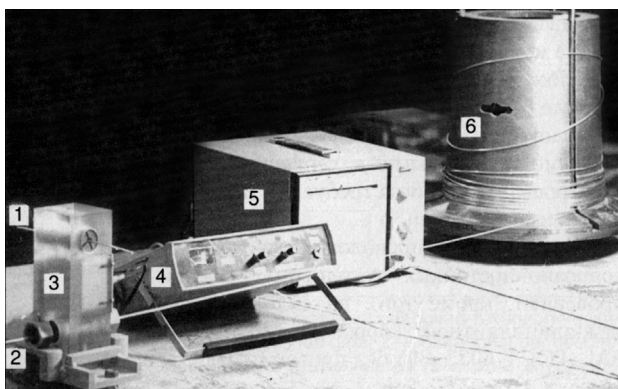


Рис. 9. Прибор ПДС-2М контроля качества сварочной проволоки: 1 – эталонный образец проволоки; 2 – контролируемая проволока; 3 – датчик; 4 – электронный блок; 5 – самописец; 6 – намоточное устройство

Таблица 4. Результаты контроля качества сварочной проволоки Св-Амг6 прибором ПДС-2М

Номер образца	Характер дефекта проволоки	Контроль		Место расположения дефекта	Размеры дефектов по металлографическому контролю, мм	
		Визуальный	Показания прибора, %		Длина залегания	Глубина залегания
1	Без дефектов	–	2,0	–	–	–
2	Оксидная пленка	Не обнаружены	30; 22	Внутри проволоки	16; 34	0,8; 0,5
3	Закат	–	75	–	80	1,2
4	Поры	–	20	–	0,3	0,5
5	Расслоение	Обнаружено	100	Внутри проволоки с выходом на поверхность	60	15
6	Риски	–	10; 25	На поверхности проволоки	25; 300	0,05; 0,45
7	Локальный перегрев	Язвы на поверхности	10	–	10	0,1
8	Уменьшение сечения	–	20	–	15	0,15
9	Увеличение сечения	–	15	–	10	0,10

Примечание. Образец 1 – сварочная проволока Св-Амг6 Ø 2 мм.

Регистрирующим прибором служит стрелочный микровольтметр, расположенный на передней панели. В качестве исполнительного органа используют систему остановки протяжки проволоки, звуковой сигнал либо краскоотметчик. Промышленная проверка контроля качества сварочной проволоки из алюминиевых сплавов показала, что прибор четко фиксирует дефекты типа оксидных пленок и отклонения от геометрических размеров проволоки (табл. 4). В зависимости от характера, места расположения и размеров дефектов показания прибора находятся в пределах 5–100 % шкалы. Последующий визуальный и металлографический контроль подтвердил качественную и количественную корреляцию между характером, размерами дефектов и значениями зарегистрированного показания прибора.

Возможность регулировки чувствительности и порога срабатывания прибора позволяет устанавливать в широких пределах величину минимально возможного дефекта. Прибор может работать как при электролитно-плазменной обработке поверхности сварочной проволоки, так и в составе автоматического оборудования.



Если у Вас возникли вопросы по технологии сварки, организации рабочих мест сварщиков, правильному выбору сварочных материалов и оборудования, Вы можете отправить письмо в редакцию журнала: e-mail: demuv@ukr.net, позвонить по тел. +38(044) 200 80 88. На Ваши вопросы ответит кандидат технических наук, Международный инженер-сварщик (IWE) Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

Расскажите, пожалуйста, о газодинамическом напылении порошковых материалов

А. Демидович (г. Сарны).

Метод холодного газодинамического напыления (ХГН) используется с целью восстановления поверхности изделий, упрочнения и защиты металлов от коррозии, повышения тепло- и электропроводности и т.п. Технология ХГН расширяет возможности газотермического напыления и позволяет формировать покрытия при пониженных температурах, что важно для изделий и материалов, не допускающих воздействия высоких температур.

Технологии газотермического и газодинамического напыления используются для нанесения покрытий на поверхность металлов и изделий. Объединяет оба этих метода то, что для покрытия используются порошковые материалы. При газотермическом напылении попадающие на подложку частицы имеют высокую температуру, обычно выше температуры плавления материала. В газодинамической технологии на подложку наносятся частицы с более низкой температурой, но имеющие очень высокую скорость (500–1000 м/с).

Распыляемые материалы — полимеры, карбиды, металлы — образуют термобарьерные, износ- и коррозионностойкие покрытия, которые выдерживают воздействия химически активных сред, высокие тепловые нагрузки. В качестве напыляемых (расходных) материалов используются мелко- и ультрадисперсные порошки с размером частиц 0,01–0,5 мкм.

Суть метода ХГН состоит в нанесении на обрабатываемую поверхность порошков металлов (или их смесей с керамическими порошками) с помощью сверхзвуковых потоков воздуха. Частицы напыляемого порошка ускоряются сверхзвуковой струей газа и направляются на покрываемую поверхность. При этом температура процесса существенно меньше температуры плавления материала частиц.

Путем изменения режимов работы оборудования можно наносить однородные покрытия, либо создавать композиционные покрытия из механической смеси порошков. Можно также изменять твердость, пористость и толщину напыляемого покрытия.

Структура покрытий представляет собой однородный металлический слой (в случае покрытий, создаваемых из одного металла) либо металлический слой, структурированный частицами другого металла или керамики. Возможно нанесение нескольких слоев разнородных покрытий различных (заданных) толщин каждого из слоев.

Метод ХГН обеспечивает получение покрытий высокого качества при использовании относительно легкоплавких ма-

териалов (Zn, Al, сплавы карбидов с металлами с большой долей металлической матрицы), что не позволяет использовать данный метод для защиты от износа в условиях эрозии, агрессивных сред при высоких температурах.

Конструкция оборудования обеспечивает создание воздушного сверхзвукового потока, введение в этот поток частиц напыляемого порошкового материала и ускорение этих частиц до скоростей, достаточных для эффективного формирования металлических покрытий с высокими эксплуатационными характеристиками.

К настоящему времени выпускается несколько модификаций оборудования для ручного или автоматизированного нанесения покрытий. Известным производителем промышленного оборудования для газодинамического напыления является «Обнинский центр порошкового напыления» (РФ).

По сравнению с термическими способами, газодинамический метод обладает рядом преимуществ:

- покрытие наносится в воздушной атмосфере при нормальном давлении, при любых значениях температуры и влажности атмосферного воздуха;
- при нанесении покрытий оказывается незначительное тепловое воздействие на покрываемое изделие (изделие в зоне нанесения покрытия не нагревается выше 100–150 °С), что исключает возникновение внутренних напряжений в изделиях и их деформацию, а также окисление материалов покрытия и детали;
- технология нанесения покрытий экологически безопасна (отсутствуют высокие температуры, опасные газы и излучения, нет химически агрессивных отходов, требующих специальной нейтрализации);
- при воздействии высокоскоростного потока напыляемых частиц происходит очистка поверхности от технических загрязнений, масел, красок и активация кристаллической решетки материала изделия;

- поток напыляемых частиц является узконаправленным и имеет небольшое поперечное сечение. Это позволяет, в отличие от традиционных газотермических методов напыления, наносить покрытия на локальные (с четкими границами) участки поверхности изделий;
- возможно нанесение многокомпонентных покрытий с переменным содержанием компонентов по его толщине;
- возможно нанесение различных типов покрытий с помощью одной установки;
- возможно использование оборудования не только в стационарных, но и в полевых условиях.

Единственным недостатком газодинамического напыления является возможность нанесения покрытий только из относительно пластичных металлов, таких как медь, алюминий, цинк, никель и др.

Область применения метода ХГН:

Ремонт дефектов деталей из легких сплавов. Устранение повреждений деталей из легких сплавов, прежде всего алюминиевых или алюминий-магниевого, возникающих как в процессе их производства, так и в процессе эксплуатации, является наиболее эффективным направлением применения этой технологии. Важно подчеркнуть, что низкая энергетика процесса позволяет устранять дефекты и повреждения даже тонкостенных деталей, восстановление которых другими способами оказывается просто невозможным. Причина — отсутствие нагрева обрабатываемой детали (деталь не нагревается выше 100–150 °С), а следовательно, и отсутствие окисления напыляемого материала и подложки, отсутствие тепловых деформаций изделия и внутренних напряжений.

Ремонт отливок. В производстве отливок из легких сплавов технология ХГН применяется для устранения дефектов литья (свищи, каверны, раковины) в тех случаях, когда они не влияют на прочностные характеристики изделия, но нарушают их герметичность, требуемые геометрические параметры или товарный вид. Экономическая эффективность ремонта возрастает, если дефекты являются скрытыми и обнаруживаются только на этапе механической обработки.

Устранение механических повреждений. Повреждения деталей, сопровождающиеся изменением их геометрических размеров, возникают как в процессе производства, так и в процессе эксплуатации деталей в составе механизмов. Это повреждения, связанные с уменьшением массы металла — коррозий-

ные повреждения, износ, сколы, прогары, трещины, пробоины и др. Технология газодинамического напыления используется для устранения повреждений при выполнении ремонтно-восстановительных работ автотракторной, авиационной, железнодорожной, военной техники, сельскохозяйственных машин, технологического оборудования и т.п. Отдельным направлением применения ХГН является восстановление геометрических размеров деталей и узлов газоперекачивающих аппаратов магистральных газопроводов.

Восстановление посадочных мест подшипников. Восстановление посадочных мест подшипников позволяет облегчить традиционную технологию ремонта и ее трудоемкость. Покрытия наносятся непосредственно на изношенную поверхность; процесс «наращивания» металла унифицируется в силу того, что покрытия могут наноситься на любые металлы, из которых могут быть изготовлены подшипниковые щиты.

Герметизация течей жидкостей и газов. Технология позволяет устранять течи рабочих газов и жидкостей в случаях, когда невозможно использование герметиков: для ремонта сосудов, работающих под давлением или при низких и высоких температурах (элементов криогенных систем, систем охлаждения, трубопроводов, теплообменников и т.п.).

Нанесение электропроводящих покрытий. Технологическая простота нанесения покрытий на любую металлическую, керамическую или стеклянную основу обуславливает их применение в производстве различных электротехнических изделий. Технология ХГН используется для создания контактных площадок заземления корпусов различного электротехнического оборудования, омеднения токопроводящих шин печей-электролизеров в производстве алюминия, соединительной арматуры силовых токонесущих цепей, нанесения токовыводов на стеклянные и керамические изделия, изготовления подслоев под пайку керамических изоляторов.

Антифрикционные покрытия. Весьма эффективным оказывается применение новой технологии для устранения локальных повреждений (сколов, царапин, задигов и т.п.) поверхностей скольжения, например, на штоках гидроцилиндров, путем нанесения покрытий на дефектные места. Использование этого способа позволяет продлить ресурс штоков и избежать сложной процедуры их замены.

Антикоррозионные покрытия. Пленки из алюминия и цинка защищают поверхности от коррозии лучше, чем лакокрасочные и многие другие металлические покрытия. С помощью напыления цинка или алюминия удается приостановить коррозию в местах появления «жучков» на крашенных поверхностях кузовов автомобилей. Возможно также нанесение антикоррозионных алюминиевых, цинковых и алюмоцинковых покрытий на внешнюю и внутреннюю поверхность труб диаметром от 100 мм и более, длиной до 12 м.

Кроме упомянутых выше направлений, эффективно применение газодинамической технологии и оборудования для обеспечения защиты от высокотемпературной коррозии, предотвращения «схватывания» в силовых резьбовых соединениях, герметизации теплообменников и хладоагрегатов, корпусов электрооборудования, создания светоотражающих технических и декоративных изделий.

Можете ли Вы назвать вероятную причину разрушения оплетки из проволоки стали марки AISI 304 (08X18H10) Ø 0,2 мм на гофрированном сварном металлоукаве? Оплетка в условиях эксплуатации обрела соломенный цвет – характерный цвету побежалости при нагреве от теплоносителя до температуры не более 200 °С. На ее поверхности обнаружены продукты коррозии в виде хаотично распределенных точек диаметром 0,2–0,5 мм коричневого цвета. В местах их массового сосредоточения наблюдается самопроизвольное распушивание оплетки и разрушение до масштабов отказа. Для проволоки из оплетки без следов коррозии и проволоки в исходном состоянии это не характерно.

Чичера Д. В., г. Мариуполь

По всем обозначенным признакам, с высокой вероятностью так проявляется действие питтинговой коррозии (ПК). Питтинговая (точечная) коррозия относится к локальным видам коррозии металла, носит случайный характер во времени и пространстве, при протекании которой разрушение сосредотачивается в отдельных точках на поверхности. Материальный эффект коррозии (потеря массы) почти полностью обусловлен растворением металла в этих точках. При слиянии нескольких точек и относительно небольшой их глубине наблюдается язвенная коррозия.

ПК характеризуется такими основными понятиями и терминами.

Потенциал питтингообразования — $E_{\text{пит}}$ (потенциал пробоя, критический потенциал ПК, потенциал активирования), например: минимальное значение потенциала при котором возникает ПК для стали 08X18H10 определенном в 0,1 М NaCl составляет 0,45–0,60, для стали X18H12M2T 0,75–0,85, а для стали X18H12M3T — 1,4–1,5.

Эквивалент стойкости против ПК — сумма содержания в стали хрома, молибдена и азота. ЭСП = % Cr + 3,3 (% Mo) + 16 (% N).

Критическая (минимальная) концентрация аниона-активатора — $C_{\text{кр}}$. $C_{\text{кр}}$, ниже которой ПК не возникает в конкретной среде и температуре ≤ 60 °С = 30 п.п.м.

Активирующие анионы — анионы, присутствие которых в коррозионной среде при определенных условиях порождает ПК (Cl^- , Br^- , I^- , HS^- , CNS^- , ClO_4^-). Наиболее агрессивным является ион хлора (Cl^-). Ему уделяется наибольшее внимание, так как он является основным компонентом большинства природных растворов, в числе которых важное место занимает и морская вода.

Ингибиторы ПК — анионы (NO_3^- , SO_4^{2-} , OH^- , CO_3^{2-} и другие), присутствие которых в среде вызывает замедление, подавление или предотвращение ПК.

Критическая плотность тока — $i_{\text{кр}}$, вызывающая ПК. Например, $i_{\text{кр}}$ у стали 08X18H10 ≈ 5 мкА/см², у стали X18H12M2T при таких же условиях ≈ 10 мкА/см², а у стали X18H12M3T ≈ 100 мкА/см².

Условия, необходимые для возникновения и протекания ПК:

- пассивированный металл и пассивирующая среда;

- наличие в рабочем растворе анионов-активаторов в количестве превышающем $C_{\text{кр}}$ и температуру > 60 °С;
- наличие в растворе окислителя, способного сместить потенциал коррозии до потенциала питтингообразования, зародить и развить питтинги на пассивированной поверхности;
- отсутствие хотя бы одного из вышеперечисленных условий делает ПК не возможной. Следовательно, в рассматриваемом случае имело место наличие условий для возникновения ПК, например, при хранении, транспортировке или в рабочих условиях.

Влияние различных факторов на стойкость против ПК.

Увеличение концентрации галоидного иона вызывает смещение $E_{\text{пит}}$ в отрицательную сторону, причем $E_{\text{пит}}$ прямо пропорционален логарифму аниона ($E_{\text{пит}} = A - B \lg [\text{Cl}^-]$: $A = 0,168\text{В}$, $B = 0,088\text{В}$ в нейтральном NaCl).

Величина pH. Для стали 08X18H10 при pH = 1–5, $E_{\text{пит}} = 0,4 + 0,03 \text{ pH}$. В сильнощелочных растворах влияние pH более значительно.

Химический состав стали. Наибольшее воздействие на ПК оказывают углерод, молибден, хром и никель.

Углерод отрицательно влияет на стойкость против ПК. Это связано с формой его нахождения в твердом растворе. Низкое содержание углерода в стали способствует повышению стойкости против ПК.

Молибден повышает $E_{\text{пит}}$ сталей всех структурных классов и уменьшает количество питтингов, значительно увеличивает $i_{\text{кр}}$.

Хром. Сильно выраженное положительное влияние хрома на сопротивляемость ПК вызвано его стойкостью против активирования ионами хлора.

Никель. Легирование никелем приводит к увеличению $E_{\text{пит}}$.

Известные данные сопоставления стойкости против ПК и скорости ПК в 10% $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ относят сталь 08X18H10 к последней 5-й группе коррозионной стойкости со скоростью $V_{\text{кор}} = 19 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. Стали с более высоким содержанием никеля, хрома и молибдена находятся в 1-й и 2-й группах с показателем $V_{\text{кор}} \leq 2,5 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Неметаллические включения (НВ). Образование питтингов происходит только у частиц НВ, в подавляющем случае это оксисульфиды. Металл вокруг НВ обладает повышенной растворимостью, скорость которой может быть в 100 раз выше чем скорость растворения стали. Это может быть вызвано локальной деформацией, либо активирующим действием продуктов растворения НВ. Локальная деформация металла вокруг НВ возникает из-за различия коэффициентов термического расширения металлов и НВ. Она и порождает появление структурно-химических дефектов и приводит к повышению электрохимической активности металла. Однако не наличие НВ, а присутствие в растворе необхо-

димой концентрации ионов-активаторов и наличие достаточно высокого потенциала коррозии является необходимым для локальной активации пассивного металла и возникновения ПК. НВ лишь облегчают процесс зарождения питтингов и оказывают влияние на параметры ПК.

Структура и термическая обработка. Принято считать, что аустенитная структура более устойчива против ПК. Установлено уменьшение $E_{\text{пит}}$ на 60–90 мВ при появлении в аустенитной структуре δ -феррита (при термической обработке) и мартенсита (при деформации). Зависимость стойкости против ПК от термической обработки определяется влиянием последней на повышение или уменьшение гетерогенности стали. Полностью гомогенная структура наиболее стойкая против ПК (даже с учетом наличия в ней неметаллических включений). Термическая обработка, приводящая к структуре других фаз ухудшает стойкость против ПК, прежде всего из-за возможного возникновения участков, объединенных хромом и молибденом. Поэтому аустенитизация при достаточно высоких температурах, приводящая к растворению избыточных фаз — желательный вид термической обработки для повышения стойкости против ПК.

Холодная деформация (прокаткой или волочением) проволоки из стали AISI 304 сопровождается образованием мартенсита, что приводит к уменьшению $E_{\text{пит}}$ при 50% деформации на 0,3–0,4 В.

Температура среды повышает скорость ПК. $E_{\text{пит}}$ смещается в отрицательную сторону. Стойкость против ПК оценивается критической температурой питтингообразования.

Состояние поверхности. Грубо обработанная поверхность, задиры, закаты, вмятины, остатки загрязнений повышают гетерогенность поверхности и облегчают возникновение концентрационных неоднородностей,

микрощелей и предопределяют большую склонность к ПК. Устранение технологических дефектов и загрязнений путем тонкой шлифовки и полировки с последующей пассивировкой способствует повышению стойкости к ПК.

Принимая во внимание вышеизложенное, для определения безопасных условий эксплуатации оплетки из стали AISI 304 или подбора возможного варианта ее замены рекомендуем выполнить специальный комплекс исследований в профильном институте, например, ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ.

Единичный случай разрушения оплетки изделия в производственных условиях из стали AISI 304 (08X18H10), не обладающей высокой стойкостью против ПК, позволяет рекомендовать Вам, до принятия решения о целесообразности проведения комплекса исследований, самостоятельно сосредоточиться на выборе методов и средств борьбы с ПК. Для этого необходимо:

- уточнить уровни электрохимической обстановки технологического процесса, в котором используется продукция;
- предусмотреть устранение застойных зон воздушных масс;
- не допускать контакта проволоки и продукции с разнородными материалами;
- обратить внимание на герметичность упаковки проволоки и готовой продукции при ее хранении и транспортировке;
- обеспечить чистоту и качество поверхности в технологическом процессе изготовления оплетки;
- не допускать совместного хранения проволоки и готовой продукции с реактивами, содержащими активирующие анионы;
- при заказе проволоки из стали AISI 304 предъявлять требования по МКК.

● #962

АО «АЭМ-ТЕХНОЛОГИИ» ОБНОВИЛА БОЛЬШУЮ ТЕРМИЧЕСКУЮ ПЕЧЬ



Компания АО «АЭМ-технологии» провела капитальный ремонт большой газовой термической печи, которая располагается в сборочно-сварочном производстве филиала АО «АЭМ-технологии» — «Петрозаводскмаш». Кирпичную футеровку заменили на современный материал — керамоволокно, вместо горелок, которые работали на пропан-бутане в постоянном режиме, установили импульсные высокоскоростные горелки на природном газе. Печь теперь управляется от компьютера, пламя разжигается автоматически. За безопасность работы печи отвечает система газового контроля.

«Сокращение энергозатрат на прогрев футеровки, уменьшение тепловых потерь за счет теплоизоляции высокого качества, а также переход на более дешевый природный газ в совокупности дали огромный экономический эффект. Если раньше за самый короткий режим термообработки сжигали газа на сумму около 500 тыс рублей, то после выполнения работ по модернизации печи на самом длинном режиме сжигаем газа примерно на 50 тыс», — поясняет преимущества

обновленной печи руководитель группы штамповых, кузнечно-термических и заготовительных работ «Петрозаводскмаша» Наиль Закиров.

В термической печи производится термообработка деталей для придания металлу определенных механических свойств. Данная печь предназначена для термической обработки выпускаемого на «Петрозаводскмаше» крупногабаритного оборудования для атомной отрасли, нефтегазовой и нефтехимической промышленности. Максимальный размер деталей, которые можно поместить в печь — 7,5 м в высоту и ширину, 17 м в длину. Модернизация оборудования была произведена в рекордно короткие сроки — 3,5 месяца. Кроме того, после модернизации максимальная температура нагрева печи стала выше — 950 °С вместо 700 ранее. Это значит, что кроме высокотемпературного отпуска теперь можно выполнять и нормализацию деталей.

<http://www.aemtech.ru/>

Лазерная и ударно-лазерная послесварочная обработка металлоконструкций

Г. И. Лашенко, канд. техн. наук, НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» НАНУ (Киев)

Лазерное излучение достаточно широко используют для осуществления технологических операций сварки, наплавки, напыления, резки, термической обработки, маркировки и др. Менее известны возможности лазерного излучения применительно к снижению остаточных напряжений в сварных конструкциях и повышению их служебных характеристик.

В сварочной практике получила распространение аргонодуговая обработка, которую обычно используют для создания плавного перехода от шва к основному металлу путем оплавления границ шва неплавящимся вольфрамовым электродом в среде аргона [1]. К основным достоинствам аргонодуговой обработки относят:

- возможность уменьшения концентрации напряжений и повышения работоспособности сварных соединений из низколегированных и термически улучшенных сталей относительно простым способом;
- выполнение обработки в любых доступных местах сварной конструкции во всех пространственных положениях при сравнительно низких энергетических и капитальных затратах;
- повышение прочности оплавленного металла при достаточно высокой пластичности;
- устранение дефектов в виде микроподрезов, наплывов и измельчение неметаллических включений;
- уменьшение концентрации водорода в обработанном металле в 2–2,5 раза;
- перераспределение остаточных напряжений и снижение их общего уровня примерно на 20–25%.

Улучшения результатов обработки и повышения характеристик можно ожидать при использовании в качестве источника оплавления границ лазерного луча. Авторы [2] проводили эксперименты по оплавлению непрерывным СО₂-лазером участков зоны перехода от шва к основному металлу на сварных соединениях из стали СтЗсп. Лазерный луч с вводимой мощностью 2 кВт и диаметром 1 мм сканировался со скоростью от 1 до 4 м/мин. Показано, что лазерная обработка снижает уровень напряженно-деформированного состояния, существенно не изменяя состав и не внося дополнительную дефектную микроструктуру.

Упомянутая технология требует дополнительных исследований по подбору режимов для различных типов сталей, толщин и условий нагружения. Авторы отмечают, что проводимые работы направлены на создание портативной ла-

зерной установки для обработки элементов конструкций, подвергнутых различным температурным и силовым нагрузкам, а также для повышения долговечности эксплуатации дорожно-транспортной техники в послеремонтный период.

Можно предположить, что описанная технология окажется эффективной применительно к изготовлению особо ответственных сварных узлов из различных материалов.

В последние годы в мире активизировались работы по исследованию и применению ударно-лазерной обработки (лазерного наклепа) для различных целей.

В основу этой технологии положено давно известное явление возникновения ударной волны и механического импульса в металлах при лазерном облучении [3].

Современные квантовые генераторы позволяют получать гигантские световые импульсы с чрезвычайно малой длительностью (10^{-8} – 10^{-10} с), обеспечивающие плотность мощности излучения 10^{11} – 10^{12} Вт/см² и более. Таким образом время воздействия лазерного излучения в импульсе приближается к времени релаксации и энергия не успевает отводиться в глубину металла. Чрезвычайно высокая концентрация энергии в микрообъеме поверхностного слоя приводит к переходу вещества в плазменное состояние. При расширении плазмы возникают очень большие, как при взрыве, давления и может образоваться ударная волна; она возникает в том случае, если время воздействия излучения меньше времени распространения ударной волны. Тогда давление в поверхностном слое очень велико, а в глубине материала оно резко падает. Неравномерность распределения давления и является, собственно, причиной возникновения ударной волны.

Для большинства твердых тел (толщиной около 10 мм) время распространения ударных волн составляет 10^{-5} с. В этом слу-

чае облучение импульсами длительностью менее чем 10^{-6} – 10^{-7} с может приводить к возникновению ударной волны.

Кроме ударной волны при облучении импульсом длительностью 10^{-8} с на материал может действовать механический импульс. Он возникает в результате быстрого перевода вещества в плазменное состояние и его испарения в окружающее пространство.

Схема процессов, развивающихся в материале под воздействием ударной волны и механического импульса, представлена на *рис. 1*. Совместное действие ударной волны и механического импульса вызывает изменение структуры облучаемого материала. В некоторых случаях возможно разрушение обрабатываемого материала.

Соотношение размеров и расположение зон в поверхностном слое низкоуглеродистой стали после совместного действия ударной волны и механического импульса схематически изображены на *рис. 2*.

Прежде всего, на поверхности образуется конусообразный кратер из-за испарения части металла. В интервале энергий импульса 10–35 Дж глубина кратера достигает 0,45 мм, а отношение диаметра основания к глубине составляет 1,7–2,9.

У поверхности кратера в тонком слое глубиной до 20 мкм образуется зона расплава, которая после кристаллизации имеет мартенситную структуру с высокой твердостью (7600 МПа). Под зоной расплава — зона термического влияния (ЗТВ) толщиной до 20 мкм.

Следующая зона — зона механического влияния (ЗМВ), она превосходит по размерам остальные зоны и имеет ширину до 700–750 мкм. Микротвердость ферритных зерен в этой зоне, благодаря образованию двойников, повышается до 2300 МПа (исходная 1700 МПа). Свойства именно ЗМВ используют при ударно-лазерном упрочнении (лазерном наклепе) с целью улучшения тех или иных служебных характеристик изделий.

Лазерное упрочнение поверхности (лазерный наклеп) обеспечивается ударной волной большой амплитуды, которая генерируется в лазерной плазме при помощи лазерных импульсов высокой энергии. Эффект упрочнения достигается за счет механической энергии в холодном состоянии, производимой ударной волной, а не термическим нагревом поверхности излучением лазера, как в случае лазерной закалки [4]. В случае лазерного наклепа поверхность обрабатываемой детали (*рис. 3*) покрывают слоем-поглотителем (слой краски или пленки, которая хорошо поглощает лазерное излучение), непрозрачным для лазерного луча. Затем добавляют слой прозрачного для лазерного излучения материала, это может быть вода или другая жидкость, текущая по поверхности детали. Течение должно быть ламинарным, не иметь пузырьков и видимых завихрений.

При взаимодействии с поверхностью лазерная энергия поглощается внутри слоя-поглотителя, происходит его испарение и формируется факел пламени. Давление в изолированной плазме быстро возрастает, вызывая ударную

волну, которая проходит в материал детали через остаток непрозрачного слоя и выходит наружу через слой прозрачного материала.

Непрозрачный слой-поглотитель может быть сформирован из различных материалов — сухая или влажная краска, черная пленка, металлическая фольга, все они позволяют реализовать номинально одинаковые давления.

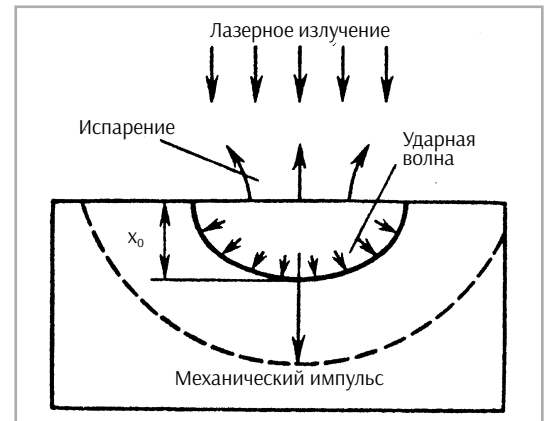


Рис. 1. Схема процессов при ударно-лазерном упрочнении

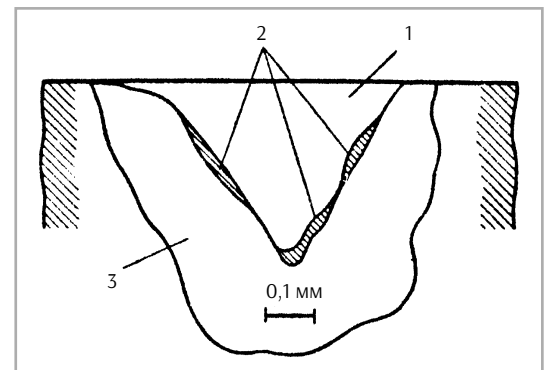


Рис. 2. Строение поверхностного слоя низкоуглеродистой стали после воздействия лазерного импульса с энергией $W_{\text{и}} = 35$ Дж и длительностью $\tau_{\text{и}} = 10^{-8}$ с: 1 — кратер; 2 — зоны расплава и термического влияния; 3 — зона механического влияния

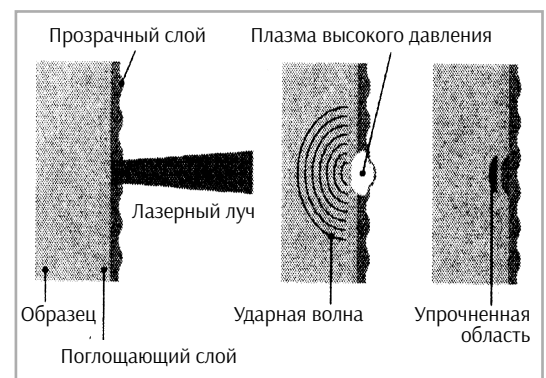


Рис. 3. Схема лазерного наклепа

Прозрачный слой изолирует плазму от атмосферы и служит отражателем акустической волны для создания более мощной ударной волны. Самый простой прозрачный слой — ламинарный поток воды. При этом следует еще раз подчеркнуть, что вода используется не для охлаждения, а для изоляции плазмы от атмосферы (легко сжимаемой). В этом случае давление, созданное плазмой на поверхности детали, увеличивается почти в десять раз. Ударная волна, распространяясь в материале, приводит к улучшению его свойств. Пластическая деформация от ударной волны при лазерном наклепе распространяется гораздо глубже, чем при дробеструйной обработке. Поэтому и сжимающие напряжения находятся на большей глубине материала.

Наиболее востребована технология лазерного наклепа в машиностроении и других отраслях промышленности: авиационной (производство двигателей, упрочнение лопаток, деталей планера); автомобильной (упрочнение деталей двигателей); энергетической (упрочнение лопаток турбин, обработка сварных швов и др.); нефтегазовой (обработка сварных швов трубопроводов, в том числе предназначенных для прокладки в области арктического шельфа) и др.

Эффективность лазерного наклепа подтверждается при обработке сварных соединений конструкционных сталей 09Г2С, 12Х18Н10Т и др. [5].

В работе [6] исследовали характеристики высокой цикловой усталости необработанных, лазерно-наклепанных и обработанных дробеструйно образцов из алюминиевых сплавов 7050-Т7451. Было установлено, что лазерный наклеп вызывает образование слоя сжимающих остаточных напряжений в три раза глубже, чем при дробеструйном наклепе. Это способствует значительному повышению долговечности изделия.

Лазерный наклеп способствует улучшению усталостных характеристик сварных соединений из алюминиевого сплава А 6061-Т6, выполненных сваркой трением вращающимся инструментом [7].

К достоинствам лазерного наклепа относятся:

- повышение предела выносливости и увеличение износостойкости деталей;
- повышение микротвердости поверхности;

- сохранение служебных характеристик деталей после нагрева в процессе эксплуатации;
- отсутствие деформации деталей после обработки и исключение финишных операций;
- отсутствие рабочих газов;
- отсутствие изотермических выдержек, как следствие — снижение энергозатрат;
- полное соответствие технологии всем современным требованиям по охране окружающей среды.

К недостаткам технологии лазерного наклепа следует отнести высокие капитальные затраты на приобретение оборудования, необходимость наличия подготовленного персонала для его обслуживания, ограниченные возможности по эксплуатации лазерных установок в ручном варианте.

Тем не менее можно прогнозировать, что лазерная и ударно-лазерная обработки будут развиваться, а их промышленное применение расширяться, особенно при изготовлении уникальных и ответственных изделий.

Литература

1. Кащенко Г. И., Демченко Ю. В. Энергосберегающие технологии послесварочной обработки металлоконструкций. — К.: Екотехнологія, 2008—168 с.
2. Лазерная обработка зоны термического влияния после дуговой сварки конструкционной стали СтЗсп / М. П. Лебедев, И. И. Ноев, П. П. Петров и др. // Технология упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теория и практика: Материалы 15 Междунар. научно-практич. конф. С.-Петербург, 16–19 апр. 2013. — Спб., 2013. — Ч. 2 — С. 185–188.
3. Григорьянц А. Г., Сафонов А. Н. Методы поверхностной лазерной обработки. / Под ред. А. Г. Григорьянца — М.: Высш. шк., 1987. — 191 с.
4. Лазерная очистка и лазерный наклеп — технологии улучшения свойств поверхности / М. Волков, А. Кишагов, Н. Орлов и др. // Фотоника. — 2014. — № 3. — С. 34–44.
5. Исследование влияния лазерной ударно-волновой обработки на микротвердость сварных соединений конструкционных сталей / Н. И. Пидгурский, Ю. Н. Никифоров, Б. П. Ковалюк и др. // Технология упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: Материалы 15 Междунар. науч.-практич. конф., С.-Петербург, 16–19 апр. 2013. — СПб., — 2013. — Ч. 2. — С. 240–244.
6. Luong N., Hill M. R. The effects of laser peening and shot peening on high cycle fatigue in 7050-T7451 aluminum alloy // Mater. Sci. and Eng. A. — 2010. — № 3. — S. 699–707.
7. Improvement in fatigue performance of friction stir welded A 6061-T6 aluminum alloy by laser peening without coating / Sano Y., Masaki K., Gushi T., Sano T. // Mater. And Des. — 2012. — 36. — P. 809–814.

АВТОМАТЫ АДЦ 628 УЗ.1 и АДЦ 629 УЗ.1 для орбитальной сварки трубопроводов

Разработанные в НИЦ СКАЭ ИЭС им. Е. О. Патона сварочные комплексы АДЦ 628 УЗ.1 и АДЦ 629 УЗ.1 предназначены для автоматической орбитальной сварки неплавящимся (вольфрамовым) электродом в среде инертных газов с подачей присадочной проволоки неповоротных стыков трубопроводов с разделкой кромок диаметром от 76 до 159 мм с толщиной стенки до 12,0 мм из сталей перлитного, аустенитного классов и высоколегированных сплавов, в условиях монтажа и ремонта объектов энергетики, в том числе АЭС, ТЭС, а также в других отраслях промышленности.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наименование параметра	Значение	
	АДЦ 628 УЗ.1	АДЦ 629 УЗ.1
Диаметр свариваемых труб, мм	76–114	114–159
Наименьшее межтрубное расстояние, мм	160	180
Пределы регулирования скорости сварки, м/ч	(1,7–17,7; 2,65–27,0)	(0,95–9,5; 1,3–13,5)
Диаметр вольфрамового электрода (марок ВЛ, ВИ, ВТ), мм	3,0; 4,0	
Наибольшее радиальное перемещение горелки, мм	35,5	
Наибольшее перемещение горелки поперек стыка:	± 5,0	
в настройном режиме (с помощью корректоров), мм		
в автоматическом режиме (с помощью колебателя), мм	±12,0	
Охлаждение горелки	жидкостное	
Пределы регулирования сварочного тока, А	8–250	
Пределы регулирования напряжения дуги, В	6–20	
Точность поддержания сварочного тока, не более, %	± 2	
Точность поддержания напряжения дуги, не более, В	±0,15	
Наибольшая скорость перемещения горелки относительно механизма АРНД, мм/с	10,0	
Частота колебаний электрода, в пределах, мин ⁻¹	10–150	
Расположение электропривода вращения планшайбы	Параллельно оси трубы	
Масса головки сварочной (без массы шлангов и кабелей), не более, кг	13,5	16,0
Потребляемая электрическая мощность, не более, кВА	6,4	

В состав каждого из сварочных комплексов АДЦ 628 УЗ.1 и АДЦ 629 УЗ.1 входят:

- многофункциональный источник питания ИЦ 617 УЗ.1 для сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов (TIG-сварки);

- система управления, в т.ч. блок интерфейса и персональный компьютер;
- пульт управления выносной АДЦ 628.30.00.000;
- головки сварочные — АДЦ 628.03.00.000 или АДЦ 629.03.00.000 соответственно;
- механизм подачи (присадочной проволоки) АДЦ 628.04.00.000;
- коллектор АДЦ 629.07.00.000;
- блок автономного жидкостного (водяного) охлаждения;
- комплект соединительных кабелей, проводов и шлангов.

Источник питания ИЦ 617 УЗ.1 повышенной надежности обеспечивает:

- формирование необходимых для процесса TIG-сварки крутопадающих («штыковых») внешних вольт-амперных характеристик и аналогичные сварочным инверторам высокие динамические свойства;
- предварительную установку значений сварочного тока и временных параметров составляющих цикла сварки по сварочному току и подаче инертного газа (длительность интервалов времени «газ до сварки», «плавное нарастание сварочного тока», «прогрев», «плавный спад сварочного тока», «газ после сварки»);
- бесконтактное возбуждение сварочной дуги высоковольтным пробоем дугового промежутка;

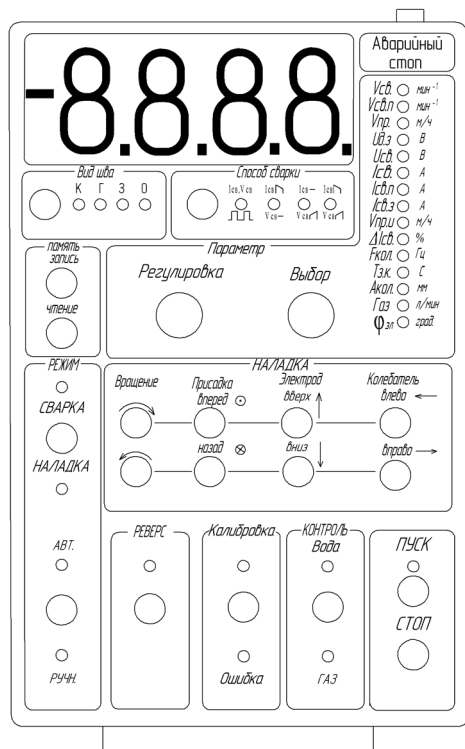


Источник питания ИЦ617 УЗ.1 типа УДГ-257 УЗ.1 для сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов

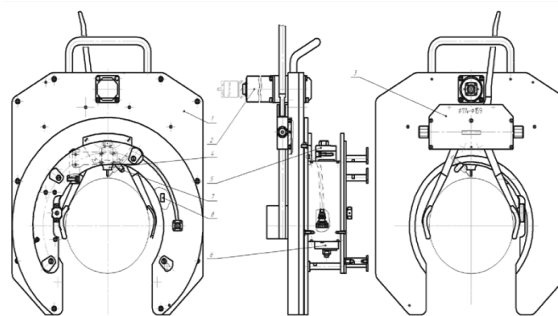
- стабилизацию заданных значений сварочного тока и временных параметров цикла сварки при воздействии внешних возмущений (колебаний напряжения питающей сети, изменений длины дугового промежутка и т.п.);
- реализацию режимов автоматической шагоимпульсной сварки и сварки модулированным током, а также циклов сварки в режимах 2Т, 4Т и в специальном режиме 4Т-1;
- возможность дистанционного управления (с пульта управления выносного или с персонального компьютера — блок интерфейса).

Система управления оборудования для автоматической орбитальной сварки трубопроводов диаметром (76–159) мм

Система управления (СУ) оборудования для ТIG-сварки трубопроводов диаметром (76–159) мм рассчитана на совместную работу со специализированным источником питания ИЦ 617 УЗ.1 типа УДГ-257 УЗ.1 и исполнительными механизмами сварочных автоматов АДЦ 628 УХЛ4 и АДЦ 629 УХЛ4 и предназначена для их управления при осуществлении процессов ТIG-сварки с подачей присадочной проволоки неповоротных стыков с U-подобной разделкой кромок трубопроводов (преимущественно из сталей аустенитного класса) диаметром от 76 до 159 мм³ толщиной стенки до 12 мм включительно в соответствии с запрограммированными алгоритмами процессов сварки и значениями параметров цикла и режимов сварки.



Панель выносного пульта управления АДЦ 628.30.00.000



Головка сварочная (АДЦ 628.03.00.000 или АДЦ 629.03.00.000): 1 – корпус; 2 – механизм вращения; 3 – механизм зажима; 4 – горелка; 5 – механизм АРНД; 6 – механизм поперечного перемещения горелки; 7 – узел канала подачи присадочной проволоки; 8 – датчик пространственного положения электрода относительно вектора гравитации

СУ обеспечивает:

- две разновидности функционирования сварочных автоматов — НАЛАДКА и СВАРКА;
- два способа управления технологическими процессами и работой составных частей сварочных автоматов — РУЧНОЕ и АВТОМАТИЧЕСКОЕ;
- три разновидности (и варианты их исполнения) режимов сварки, в т.ч. сварки неизменным (непрерывным) током, шагоимпульсная сварка и сварка с модуляцией сварочного тока или скорости сварки, или и того и другого одновременно;
- программирование и гарантированное воспроизведение и поддержание в процессе сварки заданных параметров цикла и режимов сварки при выполнении корневых швов, «горячего» прохода, заполняющих и облицовочных швов во всех пространственных положениях электрода горелки.

Одной из особенностей СУ является возможность осуществления автоматического определения сопротивления сварочного контура с целью обеспечения требуемой точности автоматического регулирования напряжения дуги, а также автоматического определения амплитуды колебаний электрода горелки головки сварочной, то есть автоматической калибровки, которая осуществляется при функционировании сварочных автоматов в режиме НАЛАДКА.

СУ состоит из блока интерфейса АДЦ 628.20.00.000, пульта управления выносного (пульта оператора АДЦ 628.30.00.000 и персонального компьютера).

Блок интерфейса АДЦ 628.20.00.000:

- вырабатывает сигналы управления включением, выключением и длительностью функционирования составных частей и механизмов сварочного комплекса в режимах НАЛАДКА и СВАРКА, согласно запрограммированным алгоритмам осуществления ТIG-сварки неповоротных стыков трубопроводов;
- обеспечивает регулирование, обработку сигналов обратных связей и поддержку в процессе сварки заданных значений сварочного тока, длины дугового промежутка (напряжения дуги), скорости сварки (скорости вращения планшайбы головки сварочной), амплитуды колебаний электрода

горелки и длительностей его задержек на кромках U-подобной разделки стыка трубопровода;

- автоматически изменяет значения параметров цикла сварки (сварочного тока, скорости вращения горелки вокруг неповоротного стыка, амплитуды и скорости колебаний электрода) в зависимости от пространственного положения электрода горелки относительно вектора гравитации, направления вращения электрода вокруг свариваемого трубопровода, а также от стадии цикла сварки.

В состав блока интерфейса входят контроллеры (процессоры): цикла сварки; привода вращателя; привода механизма подачи присадочной проволоки; автоматического регулятора напряжения дуги (АРНД); привода колебателя электрода.

Пульт управления выносной АДЦ 628.30.00.000 содержит органы управления, сигнализации и индикации, обеспечивающие:

- выбор рода работы сварочного комплекса (НАЛАДКА / СВАРКА);
- выбор вида режима управления (АВТОМАТИЧЕСКОЕ / РУЧНОЕ);
- выбор вида шва (КОРНЕВОЙ, «ГОРЯЧИЙ ПРОХОД», ЗАПОЛНЯЮЩИЙ, ОБЛИЦОВОЧНЫЙ);
- выбор способа сварки (ШАГОИМПУЛЬСНАЯ; МОДУЛИРОВАННЫМ ТОКОМ; С ПРОГРАММИРОВАНИЕМ СВАРОЧНОГО ТОКА или СКОРОСТИ СВАРКИ или СВАРОЧНОГО ТОКА и СКОРОСТИ СВАРКИ ОДНОВРЕМЕННО — в зависимости от пространственного положения электрода горелки относительно вектора гравитации);
- задание направления вращения планшайбы головки сварочной (CW/CCW, то есть «по часовой стрелке» или «против часовой стрелки»);
- задание для режима НАЛАДКА направления радиального перемещения электрода головки сварочной (ЭЛЕКТРОД ВВЕРХ / ВНИЗ);
- задание для режима НАЛАДКА направления подачи присадочной проволоки (ВПЕРЕД/НАЗАД);
- задание для режима НАЛАДКА направления колебательных перемещений электрода горелки (ВЛЕВО/ВПРАВО);
- задание, регулирование и контроль в процессе сварки текущих значений основных параметров режима сварки (СВАРОЧНОГО ТОКА I_{CB} , СВАРОЧНОГО ТОКА В ПАУЗЕ $I_{CB,П}$, НАПРЯЖЕНИЯ ДУГИ $U_{ДЗ}$ — задаваемое значение и U_{CB} — измеряемое значение, СКОРОСТИ СВАРКИ V_{CB} и СКОРОСТИ СВАРКИ В ПАУЗЕ $V_{CB,П}$, СКОРОСТИ ПОДАЧИ ПРИСАДОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ $V_{ПР}$ — задаваемое значение и $V_{ПРИ}$ — измеряемое значение, ЧАСТОТЫ и АМПЛИТУДЫ колебаний электрода $F_{КОЛ}$ и $A_{КОЛ}$ соответственно — задаваемые значения, УГЛА положения электрода горелки относительно вектора гравитации $\Psi_{ЭЛ}$, РАСХОДА ГАЗА);
- предварительный контроль расхода инертного газа (КОНТРОЛЬ ГАЗА);
- включение/выключение цикла сварки (ПУСК / СТОП);

- регулировку в процессе сварки значения сварочного тока (ΔI_{CB});
- цифровую индикацию предварительно задаваемых и текущих значений параметров режима сварки;
- аварийную остановку (выключение) сварочного автомата.

Каждая головка сварочная включает в себя:

- корпус облегченной конструкции;
 - механизм зажатия головки сварочной на трубе;
 - вращающуюся вокруг оси трубы планшайбу;
 - механизм вращения планшайбы.
- На планшайбе установлены:
- горелка сварочная;
 - исполнительный механизм вертикального перемещения горелки сварочной системы автоматического регулирования напряжения дуги (механизм АРНД);
 - механизм поперечных перемещений горелки сварочной (механизм колебателя);
 - узел канала присадочной проволоки;
 - датчик пространственного положения электрода.

Конструкция головок сварочных обеспечивает:

- быструю установку и закрепление головки на свариваемом трубопроводе и ее снятие одним сварщиком-оператором;
- надежную фиксацию корпуса головки на трубопроводе, что исключает ее смещение вследствие толчков или вибрации;
- точность установки головки на трубопроводе (непараллельность оси горелки сварочной по отношению к оси трубопровода не превышает 3°);
- реверс направления вращения планшайбы (по команде системы управления сварочного комплекса);
- быструю замену изношенного вольфрамового электрода горелки сварочной;
- ламинарное истечение инертного газа и надежную защиту зоны сварки;
- возможность поперечного и радиального корректирования положения электрода горелки сварочной относительно стыка трубопровода.

Подключение любой из головок сварочных АДЦ 628.03.00.000 и АДЦ 629.03.00.000 к источнику питания ИЦ 617 УЗ.1, блоку интерфейса АДЦ 628.20.00.000, пульту управления выносному АДЦ 628.30.00.000, блоку жидкостного (водяного) охлаждения и системе газоснабжения осуществляется с помощью **коллектора АДЦ 629.07.00.000**.

Система водяного охлаждения (СВО) сварочных автоматов предназначена для обеспечения отвода тепла, выделяемого в горелке головки сварочной и ее токоподводе.

СВО построена по принципу замкнутой системы жидкостного охлаждения, базирующейся на основе использования блока водоохлаждения автономного БВА-02, предназначенного для обеспечения охлаждения и циркуляции рабочей жидкости в полостях горелок с водяным охлаждением установок для ТIG-сварки при сварочном токе до 500 А.

Отличительной особенностью сварочных комплексов АДЦ 627 УЗ.1, АДЦ 625 УЗ.1 и АДЦ 626 УЗ.1 является их способность обеспечивать качественный процесс автоматической орбитальной

ТIG-сварки неповоротных стыков трубопроводов при длине сварочного контура до 60 м.

Сварочные комплексы АДЦ 627 УЗ.1, АДЦ 625 УЗ.1 и АДЦ 626 УЗ.1 изготавливаются под заказ. Срок выполнения заказа — до 24 недель.

Возможна поставка с различными вариантами комплектации — например, с двумя или тремя головками сварочными (по выбору Заказчика).

● #964

За информацией о поставке автоматов АДЦ 628 УЗ.1 и АДЦ 629 УЗ.1 Вы можете обратиться:

НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» НАНУ

Тел./факс: +38 (044) 287-55-29

E-mail: Proskudin@ntk.in.ua, office@stc-paton.com

www.stc-paton.com

АО НПФ «ИТС» — 25 лет на службе промышленности России!



АО «НПФ «ИТС»» — ведущий российский производитель и поставщик сварочного оборудования и расходных материалов. Компания «ИТС» была основана 5 декабря 1991 г. и сегодня представляет собой крупную промышленно-финансовую группу, в состав которой входят ПАО «Фирма СЭЛМА» (Симферополь) и ОАО «ЭСВА» (Калининград). Общая численность сотрудников — 1 012 человек.

Ассортимент поставляемого НПФ «ИТС» сварочного оборудования и материалов очень широк, начиная от стандартного оборудования для всех видов сварки, заканчивая автоматизированными сварочными комплексами «под ключ».

Стратегический приоритет компании — внедрение новейших технологий, позволяющих выпускать современное оборудование для организации высокоэффективного, конкурентоспособного и безопасного сварочного производства. Разработка нового сварочного оборудования и материалов, проектные работы в области автоматизации сварочных процессов выполняются штатом опытных и высококвалифицированных конструкторов.

Продажи и сервисное сопровождение организованы через сеть представительств, сервисных центров и дилеров по всем регионам России и странам СНГ. Инженерно-техническая и сервисная службы НПФ «ИТС» оказывают полное технологическое сопровождение клиентов.

Специалисты НПФ «ИТС» проводят обучающие семинары для потребителей и компаний-партнеров в регионах, а также на базе собственного учебного центра в Санкт-Петербурге. Это позволяет информировать заказчиков о последних новинках и разработках АО НПФ «ИТС» и быть в курсе всех потребностей и пожеланий клиентов.

Начав с нулевой отметки в 1991 г. собственники «ИТС» поставили цель стать одним из ведущих предприятий в области сварки на территории России. Для достижения цели придерживались принципа «продать сварочный шов», что означает, лишь гармоничное сочетание — сварочный материал, сварочная установка, подготовленный сварщик, послепродажное обслуживание, могут привлечь покупателя в условиях жесткой конкуренции.

«ИТС» ставит цели: присутствие в каждом городе с миллионным населением (создаются региональные отделения ИТС); присутствие в важнейших отраслях отечественной промышленности; максимальная загруженность собственного производства, в том числе в кооперации с фирмами партнерами; работа на постсоветском пространстве; наличие квалифицированных кадров всех специальностей.

Новейшие разработки и оборудование АО НПФ «ИТС»: автоматическая сварочная головка «Восход» для сварки труб при вертикальном положении оси порошковой проволоки ПП-60Р в смеси защитных газов; автоматическая сварочная головка «Восход» с импульсным источником ФЕБ-555 ПСП для сварки труб при горизонтальном положении оси порошковой проволокой ПП-71 в углекислом газе; инвертор сварочный ВД-306Ф для ручной дуговой сварки; выпрямитель сварочный ВД-511 ДИСК с модернизированным подающим ПДГО-511 для сварки самозащитной проволокой; источник сварочный Пионер-5000 с подающим механизмом Вездеход; инвертор сварочный ИТС-200 для ручной дуговой сварки; конвертор сварочный ВД-320КС с подающим механизмом ПДГО-511 для сварки корня шва; серия сварочных масок Рубеж.

Применение динамического программирования для планирования управленческих решений по охране труда на предприятии

О. Г. Левченко, д-р тех. наук, Ю. А. Полукаров, канд. техн. наук, НТУУ «КПИ» (Киев)

На сегодняшний день чрезвычайно важным свойством оптимальных решений, которые получают на основе статических математических моделей, является их устойчивость во времени. К сожалению, во многих задачах принятия решений в области охраны труда основные параметры и ограничения, такие как сырьевые и людские ресурсы, меняются во времени, показывая их динамический характер. Действительно, увеличение продолжительности планового периода может существенно усложнить и повлиять на правильность текущего выбора соответствующих управленческих решений по охране труда.

Следует отметить, что динамическое программирование не сводится полностью к задаче оптимизации для последовательных периодов времени, которые рассматриваются отдельно друг от друга. Например, решая задачу рационального выбора плана мероприятий по повышению безопасности оборудования, руководитель предприятия может допустить некоторые снижения требований к оборудованию, мало используемому в определенные периоды времени. При этом очевидно, что в такой оптимизационной задаче не удастся представить модель как простую совокупность не взаимосвязанных задач оптимизации для каждого периода времени.

Общим для всех моделей данной категории является то, что текущие управленческие решения проявляются как в период, относящийся непосредственно к моменту принятия решения, так и в последующие периоды. Такого рода последствия, как правило, будут существенными в тех случаях, когда речь идет об управленческих решениях, связанных с возможностью новых капиталовложений, увеличением производственных мощностей или обучением персонала с целью создания предпосылок для увеличения прибыли или сокращения расходов в последующие периоды.

Типичными областями применения моделей динамического программирования при принятии решений в сфере охраны труда на предприятии являются:

- разработка правил управления запасами средств индивидуальной защиты, определяющих момент пополнения запасов и размеров пополнения заказа;

- определение необходимого объема запасных частей, который гарантирует эффективное использование дорогостоящего оборудования;
- распределение дефицитных капитальных вложений между возможными новыми направлениями их использования;
- составление календарных планов текущего и капитального ремонта сложного оборудования для повышения безопасности производства;
- разработка долгосрочных правил замены основных фондов, срок эксплуатации которых истек, для повышения безопасности производства.

Процессы принятия решений, которые выражаются упомянутыми выше моделями, отражают динамику экономических условий и с этой точки зрения, могут быть отнесены к числу микроэкономических. Такие модели очень важны, поскольку во многих реально функционирующих системах управления охраной труда (СУОТ) нужно принимать тысячи подобных решений. Вместе с тем, отражая реальную динамику СУОТ, эти модели позволяют осуществить более долгосрочное планирование.

Реальные задачи оптимизации являются сложными, а эффективный инструмент их решения в общем виде отсутствует. Решение многих задач математического программирования можно упростить если развернуть процесс планирования поэтапно, то есть использовать метод динамического программирования. Суть метода заключается в том, что определение точек оптимального решения целевой функции многих переменных заменяют многократным поиском точек экстремума одной или небольшого числа переменных.

Динамическое программирование — это поэтапное планирование многошагового процесса, при котором на каждом этапе оптимизируют только один шаг. Причем управление на каждом шагу должно выбираться с учетом всех его последствий в будущем. Использование методов динамического программирования позволяет осмысленно структурировать реальную задачу долгосрочного планирования с учетом условий осуществления проекта, меняющихся во времени.

В задачах, решаемых методом динамического программирования, значения целевых функций для

всего процесса определяются простым суммированием частных значений $f_i(x)$ этой же функции на отдельных шагах, то есть

$$f(x) = \sum_{i=1}^m f_i(x) \quad (1)$$

Рассмотрим общую схему решения задач динамического программирования. Процесс управления состоит из m шагов. На каждом i -м шаге управления x_i переводит систему из состояния S_{i-1} , достигнутого в результате $(i-1)$ -го шага, в новое состояние S_i , которое зависит от состояния S_{i-1} и выбранного управления x_i

$$S_i = S_i(S_{i-1}, x_i) \quad (2)$$

Важно, чтобы новое состояние S_i зависело только от состояния S_{i-1} и управления x_i , не зависело от того, каким образом система перешла в состояние S_{i-1} . В худшем случае это достигается увеличением числа состояний системы (в понятие «состояние системы» вводят те параметры, от которых зависит будущий результат).

Рассмотрим задачу про максимизацию целевой функции $f(x)$ на m -шагового процесса.

Под влиянием управления, $x_1, x_2, \dots, x_m$ система переходит из начального состояния S_0 в конечное $S_{кон}$. За m шагов получают выигрыш (значение целевой функции)

$$f(x) = \sum_{i=1}^m f_i(S_{i-1}, x_i) \quad (3)$$

где $f_i(S_{i-1}, x_i)$ — выигрыш на i -м шаге.

Принцип оптимальности позволяет утверждать, что при любом начальном управлении x_i имеет место выражение:

$$\begin{aligned} f(x) &= f_1(S_0, x_1) + [f_2(S_1, x_2) + \dots + f_m(S_{m-1}, x_m)] = \\ &= f_1(S_0, x_1) + f_{m-1}[S_{m-1}(S_0, x_1)]. \end{aligned} \quad (4)$$

Поскольку уравнение (4) справедливо для всех начальных решений x_1 , то для получения максимального выигрыша необходимо найти максимум по x_1 значениям $f(x)$. Это приводит к рекуррентной формуле динамического программирования:

$$\begin{aligned} f_m(S_0) &= \max f(x) = \max[f_1(S_0, x_1) + \\ &+ f_m[S_{m-1}(S_0, x_1)]]; \quad m \geq 1 \end{aligned} \quad (5)$$

Выражение (5) означает, что зная $f_0(S)$, можно вычислить $f_1(S)$, а зная $f_1(S) - f_2(S)$ и т.д.

Таким образом, алгоритм получения решения в динамическом программировании можно охарактеризовать как последовательность функций выигрыша или последовательность управлений $\{x_n(S_0)\}$. Эти последовательности определяют друг друга — в этом и заключается значение рекуррентных соотношений. Есть только одна последовательность оп-

тимальных значений целевой функции, хотя, могут иметь место различные оптимальные управления, которые приводят к тому же максимальному выигрышу.

Планируя многоэтапную операцию, управление на каждом шагу выбирают с учетом будущего шага. Только на последнем этапе такой необходимости нет. Этот шаг можно спланировать таким образом, чтобы он приносил наибольшую выгоду.

Планируя последний шаг, к нему присоединяют предпоследний, находят согласно основной рекуррентной формуле наибольший выигрыш на этих двух шагах и т.д. Поэтому процесс идет в обратном порядке — от конца к началу.

Алгоритм динамического программирования выглядит следующим образом.

1. На выбранном шаге задаем набор значений переменной, характеризующей последний шаг и возможные состояния системы на предпоследнем шаге. Для каждого возможного состояния и каждого значения выбранной переменной вычисляем значение целевой функции. Из них для каждого выхода предпоследнего шага выбираем оптимальные значения целевой функции и соответствующие им значения рассматриваемой переменной. Получим значения и фиксируем соответствующую таблицу.

2. Переходим к оптимизации на предыдущем этапе (движение назад), отыскивая оптимальное значение новой переменной при фиксированных, найденных ранее, оптимальных значениях следующих переменных. Оптимальное значение целевой функции на последующих шагах получаем из предыдущей таблицы. Если новая переменная характеризует первый шаг, то переходим к п. 3. В противном случае повторяем п. 2 для последующей переменной.

3. При данных в начальном условии для каждого возможного значения первой переменной вычисляем значение целевой функции и выбираем ее оптимальное значение, соответствующее оптимальному значению первой переменной.

4. При известном оптимальном значении первой переменной определяем исходные данные для следующего шага и по последней таблице — оптимальные значения следующей переменной.

5. Если следующая переменная не характеризует последний шаг, то переходим к п. 4. В противном случае переходим к п. 6.

6. Формируем оптимальное решение.

Применение методов динамического планирования позволяет значительно упростить процедуру планирования мероприятий по охране труда предприятий и повысить эффективность последствий их реализации. Такой подход позволит более рационально распределять имеющиеся ресурсы для обеспечения надлежащих условий труда на производстве с учетом специфики производства и конкретных условий труда.

Институт электросварки им. Е. О. Патона и государственное планирование развития сварочной науки, техники и производства. Начало пути*

А. А. Мазур, канд. экон. наук, В. И. Снежко, ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ (Киев)

Истоки. По окончании в России Гражданской войны известный теоретик и практик мостостроения Евгений Оскарович Патон принимает активное участие в реализации масштабной программы восстановления разрушенных и строительства новых мостов. Величина стоящих задач, экономические и технические проблемы, возникающие при их реализации, заставляли 57-летнего ученого искать ответы на вопрос — как можно сократить сроки постройки мостов, снизить расходы труда, материалов и повысить их надежность? Чем можно заменить трудоемкую и высокочрезвычайно затратную клепку?

В 1928 г. Евгений Оскарович проводит испытания капитально отремонтированного моста на одной из маленьких железнодорожных станций. По его словам, там он «впервые увидел, как молодой электросварщик быстро и аккуратно приваривал к одной из продольных балок длинную стальную полосу». Слышал об электросварке он и ранее, но воочию встретился с ней в первый раз. Увиденное заставило его задуматься: «Какой удивительно простой и экономный способ соединения металлов! Кто знает, может быть ему суждено совершить настоящую революцию в строительстве мостов, стальных конструкций, вагонов».

Ученый-мостовик «заболел сваркой всерьез».

К тому времени изобретения Н. Н. Бернардося (1881 г. — способ электрической дуговой сварки металлов «Электрогепест») и Н. Г. Славянова (1888 г. — способ горячей сварки металлическим электродом) общепризнаны, запатентованы в экономически развитых странах (Италия, США, Франция, Германия, Англия), получена золотая медаль на Всемирной технической выставке в Чикаго. Силами энтузиастов электросварка начинает применяться в России и за ее пределами сначала для ремонта, а затем и для изготовления металлоконструкций.

Заведующему кафедрой мостов Киевского политехнического института было ясно, что будущее принадлежит электрической сварке. Он понимал, что эта на первый взгляд узкая область техники таит в себе большие, поистине неисчерпаемые возможности. Но было также ясно, что широкое применение сварки,

как надежного и экономичного способа соединения металлов, требует комплекса исследований, включающих не только изучение механики сварных конструкций, металлургических процессов сварки, создание новых сварочных технологий, материалов, оборудования, но и изучение экономических проблем сварки, сварных конструкций и сварочного производства в целом.

Электросварочная лаборатория. В 1929 г. Е. О. Патон оставляет работу на кафедре КПИ и создает электросварочную лабораторию в составе Всеукраинской академии наук (ВУАН), на базе которой в 1930 г. был организован «Электросварочный комитет ВУАН» — научное учреждение, ядром которого была электросварочная лаборатория, расположенная на киевском заводе «Большевик».

Небольшой научный коллектив электросварочной лаборатории за короткий срок сумел из всего многообразия подлежащих решению вопросов выбрать ключевые для того периода проблемы и дать на них достаточно полные, обоснованные ответы.

В Электросварочном комитете при ВУАН проводились работы по изысканию оптимальных конструктивных форм сварных конструкций и проверке прочности сварных соединений при различных видах нагрузки. Отсутствие ясности по этим принципиальным вопросам, а также методических указаний по проектированию и расчету сварных изделий сдерживало применение сварки в промышленности.

Уже к концу 1933 г. накопленный лабораторией и Электросварочным комитетом практический и



Е. О. Патон среди участников первого совещания по автоматической сварке (1940 г.)

* Часть 1. Данной статьей начинается серия публикаций по материалам книги: «ИЭС и государственное планирование развития сварочной науки, техники и производства»

научный материал по сварке металлических конструкций был систематизирован в изданном Е. О. Патонем с группой сотрудников «Альбоме электросварных конструкций промышленного строительства». В нем были приведены многочисленные примеры наиболее типичных сварных соединений элементов конструкций и указана последовательность их сборки и сварки. Позднее в «Альбоме сварной аппаратуры сахарной промышленности» были сформулированы основные принципы проектирования сварных конструкций. Указывалось, что при их проектировании следует стремиться к возможно большему выполнению сварки в заводских условиях, где имеются все необходимые предпосылки для рационального производства и проведения контроля.

Грандиозная программа индустриализации СССР открыла неограниченные возможности для развития сварки во многих отраслях народного хозяйства, и в первую очередь в промышленном строительстве, машино- и судостроении.

Е. О. Патон и его сотрудники проводили большую работу по внедрению электросварки. Под руководством Евгения Оскаровича был спроектирован и построен в 1931 г. киевским заводом «Ленинская кузница» первый в нашей стране цельносварной речной буксирный пароход. Это достижение, а также работы В. П. Вологодина, проводившего сварку судов на Дальневосточном судостроительном заводе, положили начало широкому применению сварки в речном и морском судостроении.

В этот же период Евгений Оскарович начал работы по изучению возможностей применения сварки в мостостроении. У многих отечественных и зарубежных специалистов бытовало тогда мнение, что сварные мостовые конструкции проще клепаных. Патон не разделял его. Он писал: «Если при проектировании продумать все детали сварки, т.е. положение, какое будут иметь швы во время сварки, порядок, в каком надо варить швы, чтобы получить минимум деформаций и усадочных напряжений, если иметь в виду условия монтажа и порядок сварки элементов монтажных сопряжений, то следует признать, что проект сварных конструкций не проще, а иногда и много сложнее, но лучше клепаной конструкции. В особенности это относится к сварным мостам».

Особое внимание Е. О. Патон уделял проектированию сварных конструкций, указывая на необходимость изучения конструкторами технологического процесса сварки: «Хорошим проектировщиком сварных конструкций может быть только тот, кто изучил сам технологический процесс сварки. Конструктор должен ясно представлять себе весь процесс изготов-

ления проектируемой им конструкции. Только при таких условиях можно получить полный эффект (как технологический, так и экономический) от применения электросварки».

Лаборатория вела исследование в первую очередь по вопросам, представлявшим непосредственный практический интерес. «Я стремился к тому, — писал Патон, — чтобы содержание моих работ и работ моих сотрудников отвечало нуждам сегодняшнего и завтрашнего дня народного хозяйства. Что может быть лучшей наградой для человека, чем видеть воплощение своих мыслей, своего труда в жизнь?» Неразрывное единство науки и практики Е. О. Патон рассматривал как непреложный закон, которому следовал до конца жизни.

С первых дней работы электросварочной лаборатории ученый настойчиво и целеустремленно планировал научную работу, предусматривая выбор и обоснование актуальных тем, правильное распределение исполнителей, способных и желающих выполнять данные исследования. По мнению Е. О. Патона, бюрократическое планирование, проводимое извне специально созданными руководящими организациями, не могло дать положительных результатов.

Создавалась материальная и организационная база исследований, велись поиски подходов к разработке и реализации технических и экономических преимуществ нового метода соединения металлов. Именно тогда формировалась новая идеология научной работы, которая теперь называется «патоновский стиль». Эта идеология, на многие десятилетия опередившая характер не только деятельности созданного им Института электросварки, но и развития сварочной науки и техники, сварочного производства в стране в целом, была определена им следующим образом: «Шагать в ногу с жизнью — этого мало для настоящей науки. Наука должна опередить сегодняшние потребности народного хозяйства, иначе она очень быстро отстанет и выродится».

В мемуарах Е. О. Патон так сформулировал свои мысли о практической ценности науки: «Научная работа в области техники только тогда имеет смысл и оправдывает себя, если от нее прямую пользу получает практика, если она освещает новые пути практики и помогает ломать, отбрасывать старое и негодное».

С самого начала развития науки о сварке во главу угла ставились не только технические, но и экономические вопросы. Достаточно вспомнить, как их формулировал Е. О. Патон: «Сколько труда можно сэкономить, сколько рабочих рук высвободить и насколько сократить сроки постройки».

Создание Института. Неизменно Е.О. Патон «стремился... опередить жизнь, быть готовым встретить ее завтрашние требования. И в то же время... удовлетворять ее сегодняшние вопросы, быстро отзываться на них».

В 1932 году, в ходе дискуссии о приоритетах научно-исследовательской тематики ВУАН на вторую пятилетку развития народного хозяйства СССР, Е.О. Патон опубликовал статью «Пути развития электросварки во второй пятилетке», где привел результаты технико-экономического анализа необходимых объемов производства сварочной аппаратуры для дуговой и контактной сварки и возможностей ее использования в промышленности. Это был первый в мире опыт оценки в государственном масштабе состояния и перспектив развития сварочной науки, техники и производства — прообраз будущей комплексной системы государственного планирования развития сварки в СССР, основанной на инициативах Института.

Е.О. Патон убедительно доказывал необходимость создания Института, где бы комплексно решались технические, экономические и организационные проблемы, связанные с разработкой и освоением промышленностью новых способов сварки при производстве металлоконструкций.

2 февраля 1933 г. Президиум ВУАН принял решение о создании Института электросварки, а 3 января 1934 г. Совнарком Украины утвердил постановление о создании первого в мире специализированного центра по проведению научных и инженерных работ по сварке. Директором института был назначен Е.О. Патон.

С момента создания институт проводил фундаментальные и прикладные исследования, имевшие большое значение для решения актуальных проблем становления сварочного производства как неотъемлемой части народного хозяйства СССР.

Как пишет в своих мемуарах Е.О. Патон, «я старался вести дело так, чтобы институт ни от кого ни в чем не зависел и имел в своих стенах всё необходимое для всесторонних научных исследований и внедрения их результатов в производство. Государственные деньги мы берегли, старались пореже обращаться к нему и с удовольствием отмечали, что хозяйственные средства института неуклонно растут. Со временем они достигли миллиона рублей и вдвое превысили утвержденный Академией бюджет, т.е. составили 2/3 всего финансирования института».

Евгением Оскаровичем впервые в нашей стране было выдвинуто положение о том, что любое научное учреждение, чтобы стать творческим организмом,

должно состоять из трех подразделений: собственно исследовательского отдела, конструкторского бюро и опытных мастерских или завода.

Вся последующая история института подтвердила справедливость патоновских подходов к организации научной работы и определила успехи созданного им научного коллектива.

Основным отделом ИЭС на первых порах существования являлся отдел сварных конструкций. В сферу его научных интересов входили:

- экспериментальные исследования сварных балок, изыскание новых методов их расчета с целью значительной экономии металла;
- разработка методов борьбы со сварочными напряжениями и деформациями;
- изыскание мер борьбы с трещинами в сварных швах.

Предложенные институтом методы борьбы с трещинами буквально на лету подхватывались заводскими сварщиками.

На повестке дня также стояли вопросы поиска путей повышения производительности и улучшения условий труда рабочих-сварщиков. Решение последней проблемы виделось в механизации труда сварщиков-ручников, поэтому вторым в ИЭС был создан отдел механизации дуговой и контактной сварки. В работах по механизации сварки на первый план все больше выдвигалась группа автоматической сварки металлическим электродом. Будущее показало, что именно ей суждено было оказаться на главном направлении работы института.

Для внедрения в заводскую практику разработок отдела механизации было создано конструкторское бюро.

Высокоскоростная автоматическая сварка. В сентябре 1935 года вся страна узнала имя Алексея Стаханова, перевернувшего все прежние понятия о производительности труда. Стахановы-сварщики ломали старые представления о возможностях ручной сварки, что сделало автоматы института неконкурентоспособными с ручной сваркой, в первую очередь по производительности труда.

Проведенное в ИЭС совещание со сварщиками-стахановцами показало, что главным фактором повышения их производительности является не только лучшая организация труда на рабочем месте, но и использование электродов в 1,5–2 раза больших диаметров и, соответственно, повышение силы тока до 400 и более ампер.

Ручная сварка отозвалась еще на один призыв времени — для выпуска ответственной аппаратуры, рассчитанной на высокое давление, были созданы элек-

троды с высококачественными покрытиями. Это дало ещё одну возможность улучшить механические свойства и качество швов, повысить сварочный ток, а также повысить производительность труда.

Стахановцы-сварщики в негласном соревновании побеждали специальный научно-исследовательский институт. И это не последний случай, когда экономика, на этот раз производительность труда, стимулировала разработки новых, более совершенных решений в технологии и оборудовании сварки.

Использованная в автоматах института технология сварки обмазанной проволокой по техническим причинам не позволяла обеспечить скорость сварки более 10 м/час, в то время как стахановцы «Уралвагонзавода» достигли вдвое большей производительности. Заводу был нужен автомат для сварки продольных балок большегрузных железнодорожных платформ, который варил бы со скоростью вдвое-втрое большей, чем это предусматривалось раньше.

Было ясно, что для выигрыша по производительности труда автоматической сварке необходим сварочный ток не в сотни, а в тысячи ампер. Для этого нужно освободить сварочную проволоку от обмазки. Но как тогда защитить дугу и расплавленный металл ванны от воздуха? Как часто бывает, новое решение вопроса нашлось в давно забытом старом — в опытах Бенардоса и Славянова с битым стеклом и со шлаковой защитой сварочной дуги. Поистине сказано — подлинно великое поразительно просто.

Это был ключ к проблеме повышения производительности автоматической сварки. Институт электро-сварки обязался создать для «Уралвагонзавода» и до 1 июня 1940 г. продемонстрировать установки со скоростью сварки 30 м/час, что даст возможность значительно увеличить выпуск железнодорожных платформ.

Уральцы приняли предложение — они ничем не рисковали, так как институт предлагал заводу оплатить работу только в том случае, если будут выполнены все его требования.

На демонстрацию новой установки, превратившуюся в Первую всесоюзную конференцию по автоматической дуговой сварке под флюсом, в июне 1940 г. в Киеве, кроме представителей заказчика, были приглашены со всех концов страны представители заводов, научно-исследовательских институтов и некоторых союзных наркоматов. Эта демонстрация стала одним из первых примеров реализации еще одной идеи Е. О. Патона: «Сначала развернуться на одном крупном заводе, а затем накопленный опыт перенести на многие другие предприятия» то, что в дальнейшем было названо «тиражированием использования научных разработок в промышленности».

Демонстрация прошла успешно. Внешний вид сварки, скорость передвижения автомата, качество сварного шва и условия работы сварщика-оператора поразили всех присутствовавших: «Тридцать метров в час! В шесть-семь раз быстрее хорошего ручного сварщика!» Завод без колебаний принял и оплатил установку.

Одновременно поступили заявки от многих других заказчиков. Но одна из заявок была особенно дорога сердцу старого мостовика — предложение главного инженера «Главстальконструкции» институту принять участие в строительстве большого моста через Днепр в Киеве.

В своих воспоминаниях Е. О. Патон пишет: «Давно у меня не было такого праздника на душе! Два дела моей жизни — мосты и электросварка — соединились воедино в одном замысле, в одной идее!»

Как это нередко бывает в жизни, многое идет не так, как хотелось бы. И на днепропетровском заводе, и в проектных организациях, и в наркоматах нашлось немало людей, одержимых страхом перед всем новым, согласных, в крайнем случае, на применение ручной сварки.

Ситуация зашла в тупик, и у секретаря ЦК КП(б) Украины Н. С. Хрущева было собрано совещание для окончательного решения вопроса: каким быть Новодницкому мосту — сварным или клепаным? Выслушав доводы за и против, в том числе убедительно аргументированное выступление академика Патона, совещание приняло решение: мост будем варить по технологии Института электросварки. На следующей неделе, ознакомившись уже в институте с технологией скоростной автоматической сварки под флюсом, руководитель республики сказал, обращаясь к Патону: «Вы и ваши сотрудники сделали большое, великое дело. Автоматическую сварку непременно нужно использовать в нашей промышленности». И попросил подготовить на его имя докладную записку с указанием, «на каких заводах лучше начать, что нужно сделать правительству, в чем нуждается Институт. Причем не стесняйтесь — дело этого стоит».

Первое правительственное постановление. В начале декабря 1940 г. Е. О. Патона пригласили в Москву для согласования подготовленного по его записке проекта постановления правительства и ЦК партии о внедрении скоростной автоматической сварки под флюсом на 20-ти крупнейших предприятиях страны. Все, что намечал Институт, вошло в проект правительственного документа, но была сделана решительная поправка на большую широту работ и в то же время на более сжатые сроки, установлена личная ответственность наркомов. Предусматрива-

лось все, в чем могут нуждаться заводы для внедрения у себя автоматической сварки, а также ассигнования на постройку и оборудование нового здания Института электросварки.

Это была высокая оценка работы патоновцев, но главное — институт получил широкие возможности для дальнейшей работы. Евгений Оскарович был приглашен переехать на полгода-год в Москву и принять непосредственное участие в руководстве по выполнению постановления. Одновременно на него были возложены с 1 января 1941 г. обязанности руководителя отдела электросварки Центрального научно-исследовательского института технологии машиностроения (ЦНИИТМ) и члена Совета по машиностроению при Совнаркоме СССР. По настоятельной просьбе Е. О. Патона, он оставался также руководителем созданного им в Киеве Института электросварки.

Институту электросварки и Центральному научно-исследовательскому институту технологии машиностроения постановлением было поручено обеспечить предприятия рабочими чертежами автосварочных установок и оказать техническую помощь при их пуске и освоении.

В истории института в дальнейшем будет много подобных постановлений, но это не только самое первое, но и самое главное. Воплощался в жизнь еще один патоновский принцип: «сроки, организация исполнения и исполнительская дисциплина в научной работе играют большую роль. Установить точные, сжатые сроки — это значит работать энергично, целеустремленно. Жесткие сроки подгоняют и не дают расслабляться, искать «уважительные причины» для самооправдания, заставляют оперативно решать проблемы, мешающие достигать намеченных целей».

В постановлении была реализована разработанная Е. О. Патонем причинно-следственная связь: «научный результат — инженерная разработка — заинтересованность промышленности — постановление правительства — широкое внедрение, поднимающее научные разработки на уровень решения государственных проблем».

15 февраля 1941 г. Председатель Госплана СССР Н. А. Вознесенский выступил на XVIII Всесоюзной конференции ВКП(б) с докладом о хозяйственных итогах 1940 года и плане развития народного хозяйства СССР на 1941 г.

Учитывая напряженность международной обстановки, Госплан СССР рассматривал задания, включаемые в народнохозяйственный план на 1941 г., с позиций повышения мобилизационной готовности экономики страны. Отдельно Н. А. Вознесенский оста-

новился на проблеме общего улучшения технологии машиностроения, на необходимости автоматизации технологических процессов, в т.ч. широкого внедрения сварки голым электродом по методу Института электросварки Академии наук УССР. И еще раз подчеркнул значение технического плана как составной и очень важной части плана развития народного хозяйства.

Имея за спиной постановление правительства, безусловную поддержку заместителя Председателя Совнаркома В. А. Малышева и Председателя Госплана Н. А. Вознесенского, Патону удалось привлечь к ответственности те наркоматы и предприятия, которые срывали сроки выполнения своих заданий. В первом полугодии 1941 г. в сроки, установленные правительством, двадцать крупнейших заводов страны внедрились автоматическую сварку при производстве вагонов, цистерн и котлов.

В Москве состоялась Всесоюзная конференция по сварке, где основным был доклад Е. О. Патона «Скоростная автоматическая электросварка голым электродом под слоем флюса».

Вышла в свет подготовленная Е. О. Патонем монография «Скоростная автоматическая сварка под флюсом» — первое издание подобного рода в истории мировой техники. Учитывая актуальность темы, книгу издали за шесть дней после окончания рукописи и ещё дважды переиздавали в годы войны.

Накоплен богатый опыт планирования, подготовки и контроля исполнения правительственных постановлений по развитию сварочной науки, техники и производства, который неоднократно будет востребован и в дальнейшем. И главное — получен опыт организации выполнения большого объема работ по внедрению передовых методов сварки в предельно сжатые сроки.

Наркоматы при участии института составляют планы дальнейшего расширения применения скоростной сварки на второе полугодие 1941 г.

Дома ждет работа по сварке Наводницкого моста. В ИЭС работают уже более 100 сотрудников, составляющих сплоченный, дружный коллектив энтузиастов-единомышленников.

Директору 71 год. За разработку способа и аппаратуры для скоростной автоматической сварки ему в марте 1941 года вручена Сталинская премия первой степени. Он полон энергии и новых планов.

Но наступило 22 июня 1941 года, и все мирные планы пришлось отложить.

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: 01350, г. Киев, а/я 337, ред. журналов «Сварщик», «Сварщик в России».

955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966
967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978
979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990
991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001
1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010
1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Подробный почтовый адрес: _____

« _____ » _____ 2016 г.

подпись

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 _____

Тарифы на рекламу 2016 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
4 (последняя)	210×295 (после обрезки 205×285)	30000
2		28000
3		26000

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%

Требования к оригинал-макетам

Для макетов «под обрез»: формат издания после обрезки 205×285 мм; до обрезки 210×295 мм; внутренние поля для текста и информативных изображений не менее 15 мм. Файлы принимаются в форматах: PDF, AI, INDD, TIF, JPG, PSD, EPS, CDR, QXD с прилинкованными изображениями и шрифтами. Изображения должны быть качественными, не менее 300 dpi, цветовая модель CMYK, текст в кривых, если нет шрифтов.

Сопроводительные материалы: распечатка файла обязательна, для цветных макетов — цветная, с названием файла, размерами макета и подписью заказчика. Размеры макета должны точно соответствовать указанным редакцией.

Носители: CD, DVD, или флэш-диск.

Зам. гл. ред., рук. ред. **В.Г. Абрамишвили**, к.ф.-м.н.:
тел./факс: +380 44 200-80-14, моб. +380 50 413-98-86
e-mail: welder.kiev@gmail.com

Ред., зам. рук. ред. **О.А. Трофимец**:
тел./факс: +380 44 200-80-18
e-mail: trofimits.welder@gmail.com

www.welder.stc-paton.com

Подписка-2016 на журнал «Сварщик в России»

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

Подписной индекс **E20994**
в каталоге Агентства «Книга-Сервис»

Подписной индекс **K0103**
в каталоге российской прессы
«Почта России» — персональная подписка

На электронную версию журнала можно подписаться в редакции или на сайте:
www.welder.stc-paton.com (скидка 50 %)