

1 (83) 2020

Журнал выходит 6 раз в год.

Издается с мая 2006 г.

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

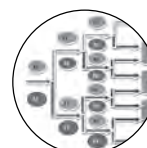
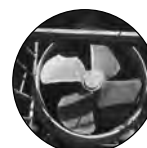
Подписной индекс **E20994**
в каталоге Агентства «Книга-Сервис»

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



СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологий	4
Технологии дуговой сварки	
Использование химических источников тепловой энергии для повышения эффективности дуговой сварки. <i>Г.И. Лащенко</i>	6
Технологии и оборудование	
Системы управления установками для сварки плавящимся электродом в защитных газах. <i>В.А. Халиков, А.М. Жерносеков, А.Ф. Шатан</i>	10
Технологии ремонта в судоремонтном производстве	
Ильичевский судоремонтный завод (ЧАО «ИСРЗ»): история создания, достижения, номенклатура производства, технологические решения бюро сварки. <i>С.М. Хачик, В.Г. Левицкий, О.В. Игнатенков</i>	15
Ильичевский судоремонтный завод: технологические решения бюро сварки при проведении ремонта чугунных изделий. <i>С.М. Хачик, В.Г. Левицкий, О.В. Игнатенков</i>	19
Оборудование для производства	
Резак РГКМ-500 для фигурной вырезки деталей из плоских заготовок толщиной до 500 мм. <i>В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак</i>	22
Наши консультации	28
Охрана труда и стандартизация	
Современные требования безопасности к системам управления машин и механизмов. <i>О.Г. Левченко, С. Ф. Каштанов</i>	30
Страницы истории ИЭС им. Е.О. Патона.	
К 150-летию Е.О. Патона. К 75-летию Победы	
Этапы большого пути. <i>А.А. Мазур, Н.С. Онищенко</i>	35



News of technique and technologies 4

Technologies of arc welding

Use of chemical sources of thermal energy to increase the efficiency of arc welding.

G.I. Lashchenko 6

Technologies and equipment

Control systems for installations for welding with a consumable electrode in shielding gases.

V.A. Khalikov, A.M. Zhernosekov A.F. Shatan 10

Repair technologies in ship repair production

Illichivsk Shipyard (PJSC «ISRZ»): history of creation, achievement, production nomenclature, technological solutions of the welding bureau.

C.M. Khachik, V.G. Levitskiy, O.V. Ignatenkov 15

Illichivsk Shipyard: technological solutions of the welding bureau during the repair of cast iron products.

C.M. Khachik, V.G. Levitskiy, O.V. Ignatenkov 19

Equipment for the production

RGKM-500 cutter for figured cutting of parts from flat blanks up to 500 mm thick.

V.M. Litvinov, Yu.N. Lysenko, S.A. Chumak 22

Our consultations 28

Labor protection and standardization

Modern security requirements for control systems machines and mechanisms.

O.G. Levchenko, S.F. Kashtanov 30

Pages history of the E.O. Paton EWI.

To the 150-th anniversary of E.O. Paton.

To the 75-th anniversary of the Victory

Stages of a long way.

A.A. Mazur, N.S. Onishchenko 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

Редактор В. Г. Абрамишвили

Верстка и дизайн В. Г. Абрамишвили

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 18.03.2020. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура PetersburgC.

Отпечатано в ЗАО «ТДДС-Столица-8».

Заказ № 2075 от 17.03.2020. 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 В. Г. Абрамишвили

Редакционная коллегия 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, А. А. Сливинский

Адрес редакции 03150, Киев, а/я 337

Тел./факс +380 44 200 80 14

E-mail welder.kiev@gmail.com

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

Подписка-2020

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

Использование химических источников тепловой энергии для повышения эффективности дуговой сварки.

Г.И. Лащенко

Выполнен краткий анализ химических реакций, используемых для получения тепловой энергии в сварочных процессах. Основная доля тепла, расходуемого при газокислородной, лазерно-кислородной и плазменно-кислородной резке, получается за счет теплового эффекта реакций окисления металла. Приведены примеры эффективного использования химических источников для повышения производительности наплавки при дуговой сварке. Автором высказано предположение о возможности и целесообразности увеличения глубины проплавления при дуговой сварке за счет подачи дополнительной струи чистого кислорода, с целью интенсификации процессов окисления свариваемого металла в локальной зоне подачи кислорода.

Системы управления установками для сварки плавящимся электродом в защитных газах.

В.А. Халиков, А.М. Жерносеков, А.Ф. Шатан

Рассмотрены вопросы практической реализации управления с помощью микроконтроллеров установками для дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитных газов. Микроконтроллеры вошли в ценовую категорию обычных цифровых логических микросхем при значительно больших функциональных возможностях. Разработанные блоки используются в автономных установках механизированной сварки ПДГУ-125 и ПДГУ-150, а также в подающих устройствах в комплекте с универсальными сварочными выпрямителями ВДУ-250 и ВДУ-350.

Ильичевский судоремонтный завод (ЧАО «ИСПЗ»): история создания, достижения, номенклатура производства, технологические решения бюро сварки.

С.М. Хачик, В.Г. Левицкий, О.В. Игнатенков

Описаны ключевые исторические этапы Ильичевского судоремонтного завода, включая судостроение. Приведены его исторические достижения в области судоремонта, судостроения, а также контейнерного производства. Описаны сегодняшние шаги судоремонтного завода ЧАО «ИСПЗ» в воссоздании бюро сварки. Приведены первые результаты работы бюро сварки завода. Представлено краткое описание технологии ремонтной сварки сплавов на медной основе в частности гребного винта сухогрузного судна «AURELIA-1».

Ильичевский судоремонтный завод: технологические решения бюро сварки при проведении ремонта чугунных изделий.

С.М. Хачик, В.Г. Левицкий, О.В. Игнатенков

В статье отражается опыт работы сварочной лаборатории бюро сварки по ремонту деталей и узлов из чугуна. В судостроении и судоремонте чугун широко используется из-за невысокой стоимости литья, высокой коррозионной стойкости при работе в морской воде. Из-за хрупкости чугунные детали часто выходят из строя (при нарушении правил эксплуатации, монтажа, демонтажа, ударных нагрузках, естественного износа и др.). Практика показывает, что восстановление чугунных изделий с помощью сварки на 50-70% дешевле, чем при изготовлении новой детали.

Резак РГКМ-500 для фигурной вырезки деталей из плоских заготовок толщиной до 500 мм.

В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак

Разработан и внедрен на ЧАО «НКМЗ» газокислородный резак РГКМ-500 для фигурной вырезки деталей из плоских заготовок толщиной до 500 мм с помощью переносных полуавтоматов «Смена-2М». Внедрение резака РГКМ-500 позволило заменить трудоемкую и дорогую операцию высверливания отверстий (шатун) или карманов (корпус подшипника) на кислородную резку с помощью недорогих полуавтоматов. Приведены технические характеристики резака, описаны его устройство и работа, представлены чертежи основных узлов и деталей, имеющих расчетные каналы. Показаны результаты экспериментов по определению оптимальных режимов, обеспечивающих заданное качество поверхности реза. Работа резака показана на примерах кислородной резки по криволинейному контуру конкретных деталей.



Ученые Росатома создали «суперсталь» для Арктики

Государственный научный центр РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ» (входит в машиностроительный дивизион «Росатома» – АО «Атомэнергомаш») и АО «Уральская сталь» разработали технологию промышленного производства толстолистного проката из новых марок стали. Материал и технология необходимы для использования в проектах по производству сжиженного природного газа (СПГ) и могут применяться, в т. ч., в условиях крайнего севера. По своим характеристикам новые марки стали превосходят существующие аналоги российского и зарубежного производства и при этом позволяют на четверть снизить затраты при изготовлении оборудования для СПГ.

Работы по созданию технологии промышленного производства толстолистного проката из новых никельсодержащих марок стали типа 0Н6 были начаты в марте 2019 г. Они проводились учеными ЦНИИТМАШ совместно с технологами АО «Уральская сталь». Осенью 2019 г. на уральском предприятии успешно была проведена плавка и прокатана опытная партия листов толщиной от 10 до 50 мм, а также выполнена проверка режимов их термообработки. В настоящее время проводится комплекс работ по исследованию и испытанию металлургического качества, сварочно-технологических и служебных характеристик опытной партии листового проката.

Для отечественных металлургов освоение производства предлагаемых новых криогенных марок стали яв-



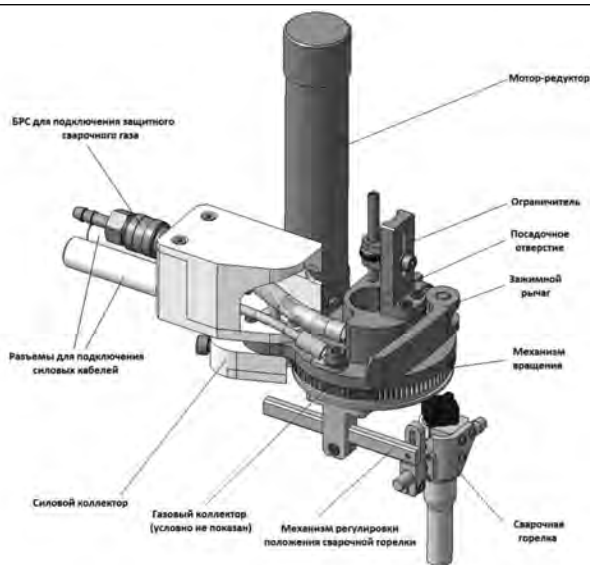
ляется возможностью выхода на рынок высокорентабельной продукции. «Использование стали типа 0Н6 позволит на 25% снизить себестоимость изготовления криогенных аппаратов, обеспечивая все необходимые свойства и требования безопасности и надежности, – рассказывает Евгений Якушев, зам. директора института металлургии и машиностроения ЦНИИТМАШ. – Это является достаточно мощной финансовой мотивацией применения разработанной институтом стали в отечественном криогенном машиностроении».

В мировой практике для изготовления резервуаров, танков и оборудования для СПГ широко используются хладостойкие низко- и среднелегированные никелевые стали. В зависимости от температуры эксплуатации, нашли применение стали с массовой долей никеля от 1,5% до 10,0%, закрывающие температурный диапазон от –80 °С до –196 °С.

www.cniitmash.ru

●#1214

Новинка от АО НПФ «ИТС» – головка сварочная дуговая ГСК 35-100



Головка сварочная ГСК 35-100 предназначена для автоматической орбитальной дуговой сварки неповоротных торцевых соединений из сталей и алюминиевых сплавов диаметром от 30 до 120 мм в среде защитного газа посредством оплавления кромок, без применения присадочного материала.

Технические характеристики

Наименование параметра	Значение
Ток сварки постоянный/переменный, А	до 100 А
Диаметр вольфрамового электрода, мм	1,0 – 2,4
Диаметр свариваемых торцевых стыков, мм	30-120
Диаметр посадочного отверстия головки, мм	20 Н8
Высота от нижней точки зажима изделия до поверхности сварки, мм	90-100
Скорость сварки, об/мин	3-14*
Габаритные размеры головки, ДхШхВ, мм	220х80х260
Масса, не более, кг	1,3
Расход защитного газа, л/мин	7-9
Высокочастотный поджиг дуги	есть
Охлаждение горелки	воздушное

* рекомендуемые скорости сварки 5-10 об/мин

Сварка осуществляется на постоянном и переменном токе неплавящимся электродом. Головка работает в комплекте с малогабаритным инверторным сварочным источником фирмы Orbitalum Tools GmbH со встроенным управлением микропроцессорного типа (Orbimat 165, 300).

www.npfets.ru

●#1215

Компания ESAB представляет универсальную рабочую пару

Компания ESAB, один из лидеров в области производства оборудования и расходных материалов для сварки и резки, представляет рынку комплексное решение для сварочных работ на улице при любых погодных условиях. Комплект состоит из сварочного аппарата WARRIOR™ 400i/500i CC/CV и инновационного механизма подачи проволоки ESAB Robust Feed PRO. Это универсальное решение для работ в самых разнообразных отраслях - машиностроении, энергетике, строительстве и др. Характеристики аппарата и подающего механизма в совокупности обеспечивают не только стабильную и надежную работу, но и сводят время простоя к минимуму.

Сварочный аппарат WARRIOR™ 400i/500i CC/CV обеспечивает силу тока до 500 А при ПВ=60% и разработан для дуговой сварки сплошной и порошковой проволоками (MIG/MAG), дуговой сварки штучным покрытым электродом (MMA), аргонодуговой сварки неплавящимся электродом (TIG), а также для воздушно-дуговой строжки угольным электродом (Arc Gouging).

Интуитивно понятная панель управления, а также удобный для чтения дисплей и комплексная система кабельного подключения обеспечивают значительную экономию времени при работе с аппаратом. Еще одним преимуществом является вентилятор аппарата, который устроен таким образом, чтобы предотвратить загрязнение силовой части, значительно увеличить срок службы оборудования, и сократить расходы.

В сочетании с механизмом подачи проволоки ESAB Robust Feed PRO образуется эффективная рабочая пара. Robust Feed Pro представляет совершенно новую систему подачи проволоки с достаточной мощностью для сварки сплошной проволокой до 2,0 мм и порошковой проволокой до 2,4 мм. Установка скорости подачи - шаг 0,1 м/мин. В числе его ключевых преимуществ - эргономичная, прочная и герметичная конструкция, которая препятствует попаданию осадков внутрь корпуса. Так же, как и сварочный аппарат Warrior, он оптимален для работы в условиях, требующих мобильности и надежности. На сегодняшний день это единственный портативный механизм подачи проволоки с классом защиты IP44.

Благодаря внутреннему нагревателю порошковая проволока всегда остается сухой, а пылезащищенный отсек гарантирует защиту электроники, даже если подающий открыт. Специальная конструкция механизма подачи обеспечивает защиту от короткого замыкания, как в горелке, так и в кабеле соединения. Двигатель оснащен вентилятором охлаждения, датчиком перегрева и двухступенчатой защитой с предупреждением и отключением, а



для повышенной надежности предусмотрено динамическое ограничение тока двигателя.

Robust Feed легко переносить, даже с помощью крана. Для большей маневренности Robust Feed Pro может быть оснащен надежными колесами с шаровыми подшипниками, способными выдержать падение. Колеса универсальны, они подходят как для горизонтального крепления, оптимального для сварки под оснасткой или рам прицепов, так и для вертикального крепления, когда требуется устойчивое положение. Механизм подачи проволоки может работать при температуре до +55 °С. Среди прочих его преимуществ – компенсатор нагрузки для защиты кабелей и разъемов соединительного кабеля.

«На сегодняшний день ESAB является крупнейшей сварочной компанией в России, и мы гордимся тем, что ассортимент наших решений покрывает все потребности заказчиков в области сварки и резки, однако отдельным достижением ESAB является универсальность выпускаемых продуктов. Предлагая нашим заказчикам сварочный аппарат WARRIOR™ 400i/500i CC/CV и механизм подачи проволоки ESAB Robust Feed PRO, мы обеспечиваем оптимальное решение для проведения сварочных и монтажных работ в тяжелых условиях. Благодаря улучшенным характеристикам, комплект позволяет специалисту не беспокоиться, что погодные условия или иные внешние факторы повредят оборудование или приведут в неисправность» – отмечает Дмитрий Куракса, управляющий директор ООО «ЭСАБ» в России и СНГ.

●#1216

Использование химических источников тепловой энергии для повышения эффективности дуговой сварки

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

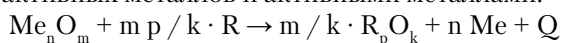
За последние десятилетия в сварочном производстве не появилось новых источников тепловой энергии. Что же касается таких высокоэффективных источников нагрева как лазер или электронный луч, которые непрерывно совершенствуются, то их по-прежнему используют в ограниченных масштабах. Главным препятствием для широкого применения в сварочном производстве лазерных и электронно-лучевых технологий остаются высокие капитальные и эксплуатационные затраты. Поэтому в современном сварочном производстве все большее распространение получают комбинированные технологические процессы, в которых одновременно используют два и более одно- или разнородных источников тепловой или механической энергии [1, 2]. Применительно к дуговой сварке углеродистых и низколегированных сталей представляет интерес оценка возможностей дополнительного использования относительно дешевых химических источников энергии для повышения эффективности плавления основного и электродного металла. Этой теме и посвящена настоящая работа.

Хорошо известно, что в сварке и родственных процессах используют химические источники энергии, в которых, чаще всего, получение тепла обусловлено протеканием трех типов химических реакций [3].

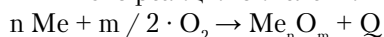
Первый тип – это реакции сгорания углеводородов:

$$C_x H_y + (x + y/4) O_2 \rightarrow x CO_2 + y/2 \cdot H_2O + Q,$$
 где Q – количество выделившейся теплоты.

Второй тип – это реакция между окислами малоактивных металлов и активными металлами:



Третий тип – это реакция окисления металлов:



Реакции первого типа сопровождаются образованием пламени, имеющим достаточную тепловую мощность и высокую температуру. Газовое пламя используют для сварки, пайки и резки металлов [4].

Химические экзотермические реакции второго типа могут протекать с выделением значительного количества тепла. При этом используют различные составы термитных смесей (обычно алюминиевые или магниевые). В случае сгорания алюминиевой термитной смеси, содержащей металлический алюминий и окалину Fe_3O_4 , температура расплавлен-

ных продуктов сгорания достигает 3 000 °С, а при сгорании 1 кг смеси выделяется более 3 400 кДж тепла. Этот тепловой эффект лежит в основе термитной сварки [5].

Термитные смеси вводят также в состав флюсов и покрытий электродов для повышения производительности дуговой сварки [6 - 8]. Так, согласно [6] производительность термитно-дугового сварочного процесса под экзотермическим флюсом по сравнению с обычным процессом под флюсом увеличивается в 1,5-3,5 раза.

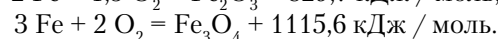
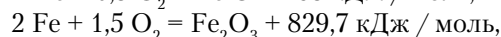
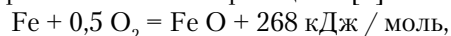
Введение в состав покрытия электрода титано-термитной смеси позволяет повысить коэффициент расплавления электрода на 8-20 %, в зависимости от количества смеси (в составе покрытия) на электроде. При этом дополнительно выделяется 3 - 26 % тепловой энергии от количества тепла, передаваемого электроду дугой [7].

По данным [8] введение в состав покрытия электродов алюмо-термитной смеси обеспечивает увеличение скорости расплавления стержня приблизительно на 25 % может быть использовано как средство повышения производительности сварки покрытыми электродами.

Реакции окисления металлов (третий тип) играют большую роль при газо-кислородной, лазерно-кислородной и плазменно-кислородной резке [9]. Следует подчеркнуть, что основная доля тепла, расходуемого при резке стали этими способами, выделяется за счет теплового эффекта реакций окисления металла.

Согласно расчетам, выполненным автором, при окислении 1 г железа выделяется 2,3 – 3,8 кДж тепла (резка стали толщиной 10-40 мм). При плазменно-дуговой резке (плазмообразующий газ азот) стали аналогичных толщин удельный расход энергии составляет 4,3 – 9,9 кДж / г.

Процесс окисления железа при кислородной резке протекает согласно реакциям [4]:



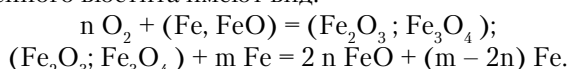
Низкоуглеродистая сталь образует при резке три вышеупомянутых окисла железа, выделяющих при этом в среднем 627 – 667 кДж / моль тепловой энергии. Такого количества теплоты достаточно для эффективного процесса газовой резки.

При резке титана тепловой эффект образования окислов TiO_2 выше и составляет 910 кДж / моль.

По сложившимся представлениям механизм окисления железа струей кислорода при резке стали протекает в рамках следующих допущений [4]:

- кинетика процесса окисления стали исключает возможность прямого горения железа в твердой фазе;
- твердая поверхностная пленка окислов железа защищает металл и препятствует контакту его с кислородом;
- процесс горения железа начинается и поддерживается лишь после перехода пленки окислов в жидкое состояние при температуре 1270 – 1350 °С – в интервале температур плавления вюстита (твердого раствора FeO в Fe_3O_4);
- обмен кислородом между газовой средой и металлом происходит через минимальный поверхностный слой оксидного шлака, который стекает по поверхности фронта реза.

Обменные реакции в оксидной пленке расплавленного вюстита имеют вид:



Таким образом, струя режущего кислорода не имеет непосредственного контакта с разрезаемым материалом, который постоянно покрыт оболочкой жидкого окисла железа. Между этой оболочкой и твердой сталью находится слой расплавленного металла толщиной 0,02 – 0,16 мм (по некоторым данным 0,5 мм). Окисление металла носит избирательный характер с преимущественным окислением участков стали богатых железом и бедных углеродом.

В [10] процесс окисления рассматривают как электролитический, считая, что рост толщины окисной пленки железа вызван диффузией заряженных частиц (катионов атомов кислорода, анионов атомов железа и электронов (рис. 1). Согласно этим представлениям движение заряженных частиц отождествляют с прохождением электрического тока в электролите (оксидной пленке). Исходя из этих предпосылок авторы [10] предложили следующее уравнение кинетики образования d окисла за время $d t$:

$$d n / d t = R / z F^2 \cdot (\sigma_0 S (N_a + N_k) N_c) / (N_a + N_k + N_c) \cdot [(\delta T / \delta h) \cdot l_n(P) + T \cdot 1/p \cdot (\delta P / \delta h)],$$

где R – универсальная газовая постоянная, z – заряд ионов, F – постоянная Фарадея, σ_0 – начальная проводимость оксида, S – сечение оксидной пленки, N_a – число заряженных ионов железа, N_k – число заряженных ионов кислорода, N_c – число электронов, T – температура, P – давление.

Из этого уравнения следует, что скорость роста оксидной пленки является сложной нелинейной функцией от температуры и давления. Проведя качественный анализ полученного соотношения, авторы пришли к выводу, что увеличение давления кислородной струи скорее способствует отслаива-

нию оксидной пленки, чем ее росту, в то время как повышение температуры в зоне реза способствует росту оксидной пленки.

Из практики кислородной резки известно, что важной характеристикой струи является скорость ее истечения. Этот параметр оказывает существенное влияние на протекание процесса резки [11]. При увеличении скорости истечения увеличивается кинетическая энергия струи и улучшаются условия удаления образующихся в результате окислов металла. Однако, при этом сокращается длительность контакта каждой частицы кислорода с поверхностью металла, увеличивается количество тепла, уносимого из разреза избыточным кислородом и балластными газами, не участвующими в реакции. Эти непроизводительные потери кислорода могут привести к охлаждению реза.

Повышение начальной температуры разрезаемой стали увеличивает скорость ее окисления, причем реакция интенсифицируется во всех направлениях, что приводит к увеличению ширины реза, расхода режущего кислорода, скорости резки и толщины разрезаемого металла [11].

Установлено, что при всех прочих равных условиях с повышением температуры металла перед резкой до 1 000 °С скорость резки увеличивается в 3 – 3,5 раза, по сравнению с резкой холодного металла. В этом случае удельный расход кислорода снижается в 2,5 раза.

Необходимо отметить, что реакция окисления металлов третьего типа характерны практически для всех разновидностей сварки плавлением.

Обычно окисление основного металла и легирующих элементов в процессе сварки – явление нежелательное, но, тем не менее, почти всегда имеющее место на практике. Оно сопровождается выделением определенного количества тепла, которое может играть заметную роль в тепловом балансе процесса сварки (например, при дуговой сварке в газовой смеси CO_2 и O_2).

В наиболее часто встречающихся условиях сварки плавлением реакция окисления подавляется с помощью различных металлургических и тех-

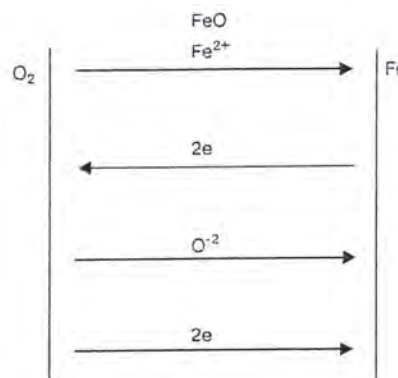


Рис. 1. Схема механизма окисления железа газообразным кислородом

нологических мер и поэтому они не получают активного развития. Тепловое влияние окислительных реакций в этом случае мало и не принимается во внимание.

Что касается дуговой сварки сталей в газовой смеси $\text{CO}_2 + \text{O}_2$, то здесь дело обстоит по-другому [12, 13]. Установлено, что с увеличением содержания кислорода в смеси $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ от 0 до 100 % температура хвостовой части сварочной ванны заметно повышается (рис. 2) [12]. Повышение температуры связывают с выделением дополнительного количества тепла при протекании экзотермических окислительно-восстановительных реакций в сварочной ванне при сварке в атмосфере с большой окислительной способностью.

Согласно расчетам, при сварке в смеси 70 % CO_2 + 30 % O_2 в результате протекания экзотермических реакций дополнительно выделяется 900 – 2200 кДж тепла на 1 см шва.

С повышением температуры сварочной ванны время ее существования в жидком состоянии увеличивается, а скорость охлаждения несколько снижается с увеличением O_2 в смеси. Растет длина хвостовой части ванны, в то время как размеры головной (активной) части остаются неизменными. Известно, что именно в головной (активной) высокотемпературной зоне ванны происходит насыщение металла газами и прежде всего кислородом [14]. В хвостовой части ванны происходит раскисление металла, десорбция газов, кристаллизация и образование шва. По мере увеличения содержания кислорода в смеси $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ от 0 до 30 % концентрация углерода, кремния и марганца в шве равномерно снижается, а кислорода возрастает (рис. 3) [13].

Исследования различных авторов подтверждают благоприятное воздействие кислорода в смеси $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ на повышение стабильности дуги, увеличение до 4 % производительности наплавки, улучшение формирования швов, возрастание до 6 % глубины проплавления, снижение склонности швов к образованию пор, холодных и горячих трещин, а также при-

липания брызг. Однако, из-за ухудшения механических характеристик швов и некоторых технологических характеристик количество кислорода в смеси ограничивают 30 % [12], а по данным [13] – 20 %.

Таким образом, при дуговой сварке в смеси $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ существенного увеличения глубины проплавления не происходит, т. к. состав и параметры струи защитного газа (давление, скорость истечения) даже при большом содержании O_2 существенно отличаются от характеристик режущей струи кислорода.

Автором настоящей статьи были проведены эксперименты по дуговой сварке под флюсом стальным трубчатым электродом $\varnothing 10$ мм, по которому подавался чистый кислород. Глубину проплавления удалось увеличить на 40 – 45 %, но и в этом случае характеристики кислородной струи были далеки от характеристики струи режущего кислорода. Проводились также эксперименты по введению кислородной струи в среднюю часть ванны при сварке в защитном газе. При этом, глубина провара увеличилась на 20 – 30 %, но металл шва сильно окислялся.

На основании проведенных экспериментов и анализа можно сделать следующие выводы:

1. Экзотермические реакции между окислами малоактивных металлов и активными металлами (алюминий, магний) лежат в основе термитной сварки и используются для повышения производительности дуговой сварки под флюсом и электродами с покрытием. Можно предположить, что в ряде случаев целесообразно использование термитных смесей и при дуговой сварке в защитных газах, применив для нее схему подачи термитной смеси.
2. Экзотермические реакции окисления железа газообразным кислородом обеспечивают выделение большого количества тепловой энергии, сопоставимого с количеством теплоты, генерируемой сварочной дугой.
3. Существенное увеличение глубины проплавления при комбинированной дуговой сварке возможно только путем раздельной подачи защитного газа и кислорода. При этом, параметры струи кис-

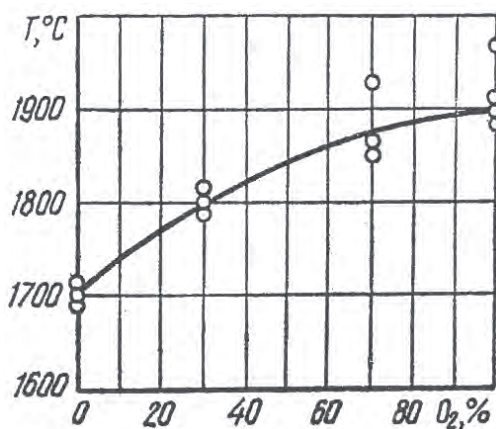


Рис. 2. Зависимость температуры хвостовой части ванны от содержания кислорода в смеси $\text{CO}_2 + \text{O}_2$

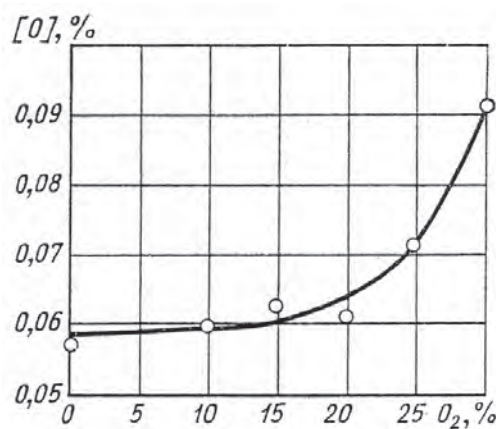


Рис. 3. Влияние состава смеси $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ на содержание кислорода в металле шва (сталь ВСт3сп) [13]

лорода (диаметр, давление, скорость истечения) должны быть близкими к параметрам струи режущего кислорода. При правильном выборе места и способа введения кислородной струи глубина проплавления может быть увеличена до значений сопоставимых с лазерно-дуговой сваркой.

В настоящее время автор разрабатывает комплекс мер технологического и металлургического характера для интенсификации процессов окисления свариваемого металла в локальной зоне подачи кислорода и раскисления металла сварочной ванны за пределами этой зоны, с целью повышения глубины проплавления и качества сварных швов.

Литература

1. Лашенко Г.И. Комбинированные технологии сварки плавлением (обзор). // Автомат. сварка. – 2012. – № 8. – С. 32-38.
2. Лашенко Г.И., Никитюк Ю.А. Расширение технологических возможностей сварочного производства. – К.: ДИА, 2019. – 360 с.
3. Багрянский К.В., Добротина З.А., Хренов К.К. Теория сварочных процессов. – Харьков: Изда-во Харьковского университета, 1968. – 503 с.
4. Корж В.Н. Газотермическая обработка материалов. – К.: Экотехнология, 2005. – 194 с.
5. Малкин Б.В., Воробьев А.А. Термитная сварка. – М.: Изда-во Минкомунхоза РСФСР, 1963. – 104 с.
6. Глушенко А.С. Определение производитель-

ности термитно-дугового сварочного процесса под экзотермическим флюсом. // Сварочное пр-во. – 1980. – № 9. – С. 25-27.

7. Иоффе Н.С., Кузнецов О.М., Питерский В.М. Влияние титано-термитной смеси, входящей в электродное покрытие, на повышение производительности сварки. // Сварочное пр-во. – 1980. – № 3. – С. 26-28.

8. Иоффе Н.С., Кузнецов О.М. Плавнение электродов с экзотермической смесью в покрытии. // Сварочное пр-во. – 1982. – № 7. – С. 34-35.

9. Лашенко Г.И. Анализ энергетических характеристик процессов термической резки низкоуглеродистых сталей. // Автомат. сварка. – 1997. – № 9. – С. 37-41.

10. Никифоров Н.И., Сухинин Г.К., Крестулева Р.А. и др. Результаты численных и натурных экспериментов по высокоскоростной кислородной резке металлов. // Автомат. сварка. – 2000. – № 5. – С. 21-24.

11. Антонов И.А. Газопламенная обработка металлов. – М.: Машиностроение, 1976. – 264 с.

12. Аснис А.Е., Гутман Л.М., Покладий В.Р., Юзькив Я.М. Сварка в смеси активных газов. – К.: Наукова думка, 1982. – 216 с.

13. Жизняков С.Н., Тималев Л.Н. Влияние кислорода на процесс сварки в смеси $\text{CO}_2 + \text{O}_2$. // Сварочное пр-во. – 1977. – № 2. – С. 25-27.

14. Ерохин А.А. Основы сварки плавлением. – М.: Машиностроение, 1973. – 448 с.

●# 1217

Проект по автоматизации сварки кольцевых швов ресиверов

Специалисты компании ПГ «ВЕКПРОМ», в целях увеличения производительности сварочного производства и автоматизации сварки кольцевых швов ресиверов, завершили подготовку проекта по автоматизации сварки ресиверов, которые будут использованы для хранения хладагента в промышленных холодильных установках с рабочим давлением 28 атм.

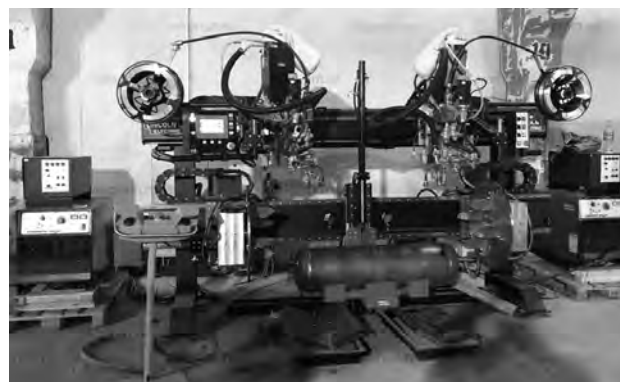
Установка представляет из себя стойку с двумя комплектами навесного оборудования для сварки под флюсом, системы подъема и крепления изделия.

Комплект поставки для сварки кольцевых швов под флюсом включает: Верхний участок:

- панель управления D2C с меню на русском языке;
- моторизированная каретка, оснащенная управляющим джойстиком и индуктивным датчиком, а также блоком питания системы SUBARC 5;
- механизм подачи проволоки DX7;
- горелка для сварки под флюсом;
- сварочный источник STARMATIC 650DC;
- система сбора флюса типа VENTURI;
- лазерная указка.

Нижний участок:

- приводной манипулятор и манипулятор серии HEADMATIC TOP, оснащенные пневмоприжимом;



- стол с гидравлическим подъемом для загрузки деталей.

В процессе выполнения данного проекта специалисты «ВЕКПРОМ» произвели доставку оборудования на производство Заказчика, осуществили монтаж и пуско-наладочные работы с отработкой режимов сварки, а также обучение обслуживающего персонала.

www.korabel.ru

●#1218

Системы управления установками для сварки плавящимся электродом в защитных газах

В.А. Халиков, докт. техн. наук, НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского»,

А.М. Жерносеков, докт. техн. наук, **А.Ф. Шатан**, ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ (Киев)

В статье рассмотрены вопросы практической реализации эффективного управления установками для дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитных газов с использованием микроконтроллеров.

В литературе, при анализе вопросов дуговой сварки плавящимся электродом, в основном, рассматривают проблемы технологий и значительно меньше электротехнические проблемы создания соответствующих установок, еще реже вопросы реализации управления ими [1-3]. Современный этап развития технологий сварки металлов характеризуется широким применением электронных систем управления с использованием микроконтроллеров. Целью работы является создание эффективного управления установками для дуговой сварки плавящимся электродом с использованием микроконтроллеров.

Микроконтроллеры сейчас уже вошли в основную категорию обычных цифровых логических микросхем, однако при несравненно больших функциональных возможностях. Например, восьмиразрядный микроконтроллер фирмы “Atmel” AT Mega48 по цене сопоставим со стоимостью 3-5 компонентов цифровой логики общего назначения, имеет в своем составе 3 отдельных таймера, ориентированных на реализацию широтно-импульсного регулирования (ШИР) напряжения, аналого-цифровой преобразователь с возможностью мультиплексирования его входа на восьми отдельных выходах микроконтроллера, термостабильный тактовый генератор с возможностью вариации его частоты и т. д. Использование такого микроконтроллера позволяет существенно улучшить возможности установок без аппаратного усложнения схемы, ведь фактически он содержит в миниатюре еще и все компоненты, присущие современному персональному компьютеру. Перспективными микроконтроллерами являются такие, которые могут обеспечить внутрисистемное программирование (ISP) и коррекцию программы. Конечно, значительная часть работы переводится на реализацию и отладку программ, однако это многократно окупается на этапе серийного производства, особенно когда необходимо несколько подкорректировать алгоритм

работы или исходные параметры, а также характеристики под имеющиеся узлы и детали.

Рассмотрим некоторые этапы функционирования установки для сварки плавящимся электродом в защитном газе. Например, на первом этапе – зажигания дуги – необходимо обеспечить предварительную подачу через электромагнитный клапан защитного газа, включение источника тока дуги, а также плавное нарастание скорости подачи электрода в зону шва вплоть до выхода на стационарный режим. Как правило, когда не используется инвертор, то основу источника питания дуги составляет понижающий трансформатор, работающий на частоте тока питающей сети, вторичная обмотка которого нагружена на выпрямитель. Поэтому, в таком случае, есть два варианта обесточивания электрода.

Один из них – это введение в состав выпрямителя тиристоров, при этом коммутация происходит во время подачи тока на их управляющие электроды. Такая реализация имеет существенный недостаток – сравнительно высокую сметную стоимость мощных тиристоров.

Во втором варианте используется обычный магнитный пускатель, контакты которого коммутируют первичную обмотку трансформатора, ток которой в несколько раз меньше тока дуги. Необходимо иметь в виду, что при этом всегда будет иметь место характерный всплеск тока (5-7 – кратный в сравнении с номинальным) намагничивания трансформатора в момент его включения [4]. Он вызывает дополнительное нагревание первичной обмотки трансформатора и механические напряжения в ней из-за действия электромагнитных сил. Применение пары встречно-параллельно включенных тиристоров или одного триака может быть в этом плане эффективной альтернативой [4, 5].

Ответственным узлом установки для дуговой сварки плавящимся электродом является и механизм подачи проволоки. Как правило, это электропривод постоянного тока (напряжение – 12-36 В) с червячным редуктором мощностью 20-120 Вт, который должен обеспечивать регулирование скорости подачи электрода в диапазоне 0-16 м/мин и его динамическое торможение. Установка необходимой скорости подачи достигается регулированием

напряжения питания двигателя электропривода. В качестве регулятора возможно использование тиристора с полупериодным фазовым регулированием выпрямленного переменного напряжения, или полевого транзистора с применением широтно-импульсного регулирования с частотой 10-18 кГц.

Применение червячных редукторов упрощает организацию динамического торможения подачи электропривода, поскольку такой тип редуктора имеет свойство самоторможения при прекращении вращения вала электродвигателя. В этом случае момент инерции колеса редуктора не влияет на время остановки подачи. Поэтому для организации торможения достаточно отключить от электродвигателя напряжение и перемкнуть его клеммы питания, тогда якорь прекратит вращение вследствие перехода из режима работы в качестве двигателя в режим генератора. При этом энергия инерции якоря рассеивается в виде тепла на активном сопротивлении его обмотки и др. компонентах цепи замыкания. Активное сопротивление обмотки, при относительно малом ее номинальном напряжении, незначительно, поэтому при указанных мощностях привода ток потребления составляет единицы ампер, однако ток в режиме торможения в его начальный момент составит уже десятки ампер. Например, для одного из достаточно типичных приводов при номинальном токе 2 А амплитуда тока торможения достигает 40 А. Поэтому существует проблема подбора электронных компонентов для таких цепей.

Унификация типоразмеров элементов, как для цепей, связанных с организацией подачи электрода, так и его торможением, требует выбора, необходимого триака, например, триаки BT137X (Philips), которые при номинальном токе 8 А могут выдерживать перегрузку 65 А и имеют изолированный от собственных выводов корпус SOT186A (аналог – TO220). При этом, при защите силовых элементов можно ограничиться обычными предохранителями и простой организацией цепей управления, благодаря свойству триака включаться током управления (2,5-5,0 мА) любой полярности. Однако имеются и некоторые недостатки: в зависимости от тока, напряжение на включенном триаке составляет 1,0 - 1,6 В, что вызывает довольно значительное выделение тепла на нем, а потому возникает необходимость в применении радиаторов, или монтаже триаков на корпусе устройства (их конструкция это позволяет). В последнем случае появляется возможность беспрепятственного наращивания мощности привода, без изменения или модификации платы контроллера, поскольку вариации тока управления триаков в зависимости от их номинального тока небольшие.

Приемлемой альтернативой является применение MOSFET – транзисторов. Для них характерно довольно низкое сопротивление канала, благодаря чему выделение тепла в структуре компонента незначительно, поэтому отпадает необходимость

в использовании теплоотводящих элементов – радиаторов, и, как следствие, небольшой объем работы при изготовлении, экономия средств и т.п. Для мощностей до 40 Вт можно рекомендовать транзисторы IRF540 (конструктив корпуса – TO220, номинальный ток $I_D = 22$ А) с сопротивлением канала в открытом состоянии $R_{DS} = 0,055$ Ом. Если мощность привода превышает 120 Вт, то удовлетворительный результат будет при использовании более мощных транзисторов IRF1707 ($R_{DS} = 0,0078$ Ом, $I_D = 130$ А). Казалось бы, что при указанных параметрах данные компоненты взяты с достаточно большим запасом, однако это не так. Ведь при повышении температуры среды от 25 °С до 100 °С допустимое значение тока уменьшается более чем на 40%, т. е. для IRF1707 приближается к 90 А, а для IRF540 – к 15 А. При соответствующем уменьшении тока MOSFET-транзисторы сохраняют работоспособность и при 175 °С. Однако нужно отметить, что для такого рода установок дуговой сварки, из-за их компактности, характерны повышенные температурные режимы работы компонентов. При применении стекловолоконной изоляции обмоток силового трансформатора температура воздуха непосредственно возле них может достигать 120 - 200 °С, и поэтому влияние напряженного теплового режима обмоток на электронные компоненты также довольно ощутимо.

Необходима также определенная организация пускового режима работы привода. Ее назначение – не допускать экстремальных бросков пускового тока, который дает возможность выбора транзисторов меньшего класса по номинальному значению их тока. Кроме того, плавное нарастание скорости подачи электрода в момент инициализации рабочего режима также содействует более быстрому и надежному зажиганию дуги.

Необходимо иметь в виду, что далеко не всегда оправдана ориентация на стабилизацию скорости подачи в стационарном режиме работы. При капельном переносе материала электрода в зону шва процесс сварки проходит с довольно частыми короткими замыканиями дугового промежутка. Поэтому для этих моментов характерно и увеличения величины тока. При этом за счет интенсификации выделения тепла будет происходить разрушения перемычки между каплей и электродом, и восстановление дугового промежутка. Неизменная скорость подачи содействует образованию достаточно больших капель металла, для которых будет большим и время разрушения перемычки. Это содействует нарастанию тока и дальнейшему взрывному выбросу металла за границы шва. Однако, если скорость подачи во время замыкания дугового промежутка уменьшать, то это будет содействовать отрыву капли и технологичности процесса в целом. Такой алгоритм можно реализовать за счет пита-

ния электродвигателя подачи электрода непосредственно от силовой вторичной обмотки трансформатора источника тока дуги. Но поскольку ее напряжение при холостом ходе, в зависимости от выбора необходимого при сварке тока, может существенно отличаться, то необходимо задействовать элементы компенсации. Для этого рационально использование АЦП микроконтроллера и его штатные аппаратные ресурсы для дальнейшего ШИР напряжения питания двигателя подачи. Для относительно дешевых установок питание электромагнитного клапана отсечки (подачи) защитного газа также рационально организовать от вторичной обмотки трансформатора. При этом, кроме компенсации изменения напряжения на обмотке путем ШИР, можно провести и выбор номинального напряжения обмотки клапана (12 или 24 В).

В качестве механических узлов приводов подачи электрода разработаны и применяются, правда в меньшем количестве, многоступенчатые редукторы с цилиндрическими передаточными парами (шестерня - колесо). Они, при прекращении вращения вала двигателя, не имеют свойства самоторможения и, вместе с тем, характеризуются значительно большим, в сравнении с якорем, моментом инерции. В таком случае тормозящего эффекта от замыкания выводов якоря двигателя будет явно недостаточно. В этом случае необходимо применять реверсирование напряжения питания до полного прекращения прокручивания вала. При этом, усложняется и силовая часть управления двигателем. В значительной степени эти проблемы можно устранить путем применения специальных компонентов силовой электроники, например, такого малогабаритного планарного интегрального компонента, как IR3220, который объединяет в себе узлы управления мостовой транзисторной схемой и два довольно мощных, встроенных в структуру «верхних» транзистора, подключенных стоком к положительному полюсу источника постоянного тока. Они определяют лишь направление вращения якоря и поэтому на них выделяется относительно мало тепловой энергии, а собственно количество оборотов определяется уровнем ШИР, который реализуется при помощи подключенных двух внешних (навесных), «нижних» транзисторов. На них рассеивается подавляющая часть энергии тепла, выделяемого при ШИР скорости двигателя. Номинального тока 7 А и рабочего диапазона напряжения 5–35 В для такого компонента в большинстве случаев применения достаточно. Однако, несмотря на то, что в IR3220 уровень ШИР задается вариацией значения аналогового опорного напряжения, режимы работы элемента (прямой ход, реверс, торможение и т. п.) задаются определенными комбинациями цифрового кода на его входах. То есть полностью использовать достаточно широкие возможности такого ком-

понента возможно лишь при условии применения микропроцессорного управления.

Приведем примеры практической реализации контроллеров с использованием микропроцессоров. Контроллер РА-v4.0 с тиристорным регулятором электропривода представлен на *рис. 1*, его размеры с учетом ширины пластинчатого радиатора 103,4 x 92,2 мм, при размере собственно платы – 78,7 x 92,2 мм.

Контроллер РА-v4.0 дает возможность псевдоаналогового регулирования скорости подачи с помощью потенциометра, задает требуемую задержку отключения клапана до 1,8 с, времени затяжки дуги до 0,3 с, времени разгонки двигателя подачи до 0,4 с. Установки значений этих трех параметров ступенчатые и каждый из них имеет по 10 дискретных регулировок. Они выполняются замыканием соответствующих контактов – «больше», в сторону увеличения параметра, и «меньше», при необходимости его уменьшения. Сам же выбор необходимого параметра выполняется за счет перебора числового кода на этих контактах. Используется обычный переключатель или переключки – «джамперы», когда оперативное вмешательство в установку не предусматривается.

Однако, этот контроллер может также выполнять функцию управления более универсальной установкой, которая может допускать и режим ручной дуговой сварки (ММА), поэтому он обеспечивает защиту силовой части установки при продолжительном коротком замыкании (КЗ) цепи электропривода. При этом, возможное регулирование времени селекции короткого замыкания 0,6 - 3,0 с при превышении которого установка будет отключена от сети питания и через 3,0 - 7,0 с снова включена. Если на протяжении этого времени замыкание не будет прервано, то через промежуток времени селекции установка снова будет отключена. Превышение количества проб над заданным числом включений источника дуги возможно лишь при условии полного снятия напряжения питания. Таким

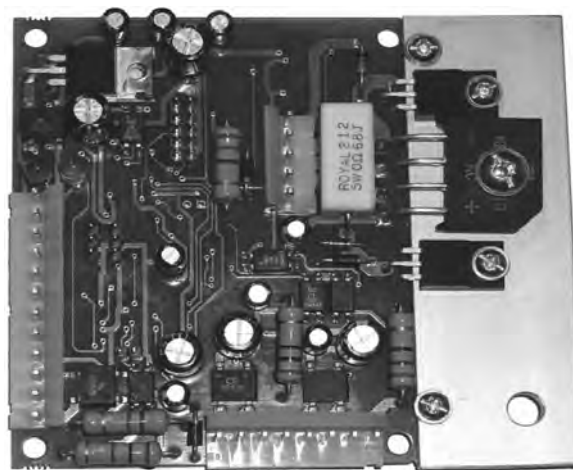


Рис. 1. Плата контроллера РА-v4.0 с тиристорным регулятором электропривода

образом, контроллер защитит устройство даже при преднамеренном замыкании выхода источника дуги. Установка всех этих параметров к желательному значению выполняется описанным способом аналогично. Надлежащей индикацией обеспечиваются аварийные режимы (КЗ, перегрев обмоток).

Те же самые функции выполняет контроллер РА-v5.1 (рис. 2), однако при меньших размерах – $102,0 \times 78,7$ мм и отсутствии радиатора (т.е. уменьшены вес блока и его стоимость). Это реализовано благодаря применению MOSFET – транзисторов.

Кроме того, этот блок значительно выигрывает и в другом: его питание обеспечивается от той же обмотки трансформатора, к которой подключается и двигатель подачи. В то время как в блоке РА-v4.0 питание этих цепей, из-за особенностей схемотехники применения тиристоров, выполнено отдельным. Диапазон напряжения обмотки может быть довольно широким 13 - 36 В. При этом, напряжения на обмотках клапана и реле дистанционно-контактного включения источника дуги за счет определенной организации ШИР остаются неизменными. Вместе с тем, транзисторы, в отличие от тиристоров, довольно чувствительны к КЗ в цепях двигателя, поэтому в контроллере для них предусмотрена

быстродействующая защита с самовозвратом.

Для более дешевых установок был разработан контроллер РА-v5.2 (рис. 3), в котором электродвигатель привода питается непосредственно от вторичной обмотки трансформатора источника тока дуги, а сам блок управления от отдельного мало-мощного (0,5 Вт) «дежурного» трансформатора. В этом контроллере отсутствуют элементы, связанные с реализацией режима ММА. Размеры конструктива – $93,8 \times 78,7$ мм, уменьшенные несущественно, в сравнении с РА-v5.1, из-за необходимости размещения на плате относительно габаритного элемента – трансформатора.

Пример использования такого блока в установке ПДГУ-125 показан на рис. 4.

Для использования в установках с мощными двигателями приводов подачи и высокими значениями коэффициента повторного включения был разработан контроллер РА-v5.3 (рис. 5).

Обратная сторона платы контроллера РА-v5.3 показана на рис. 6. Как видно, значительная часть элементов являются малагабаритными, они имеют выводы планарного типа (SMD), т.е. их установка выполняется путем поверхностного монтажа.

В данном случае отношение количеств SMD-компонентов и компонентов с обычными штыревыми выводами составляет 4:1, при этом размеры блока небольшие, а это дает возможность минимизации влияния помех, как емкостного, так и индуктивного происхождения. Установка SMD – компонентов осуществляется с применением современной технологии автоматизации монтажа, при этом исключается человеческий фактор, чем минимизируется возможность ошибок. Необходимо также отметить в 4-5 раз меньшую его стоимость, кроме этого, уменьшаются затраты труда на проверку работоспособности, поиск ошибок монтажа.

Первичная реальная оценка возможностей применения контроллеров возможна лишь при наличии их схем подключения. Простейшим, в этом плане, является контроллер РА-v5.2, схема внеш-

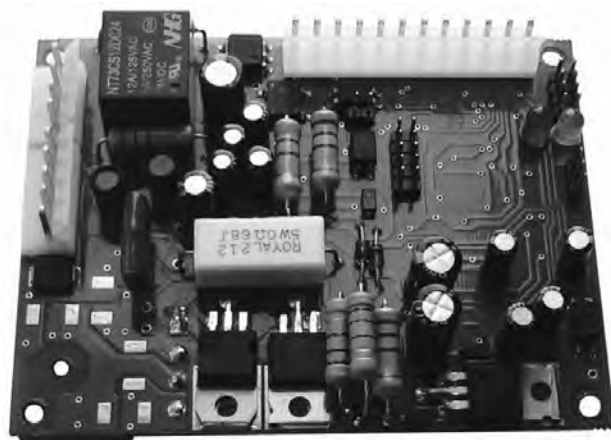


Рис. 2. Плата контроллера РА-v5.1 с применением MOSFET – транзисторов

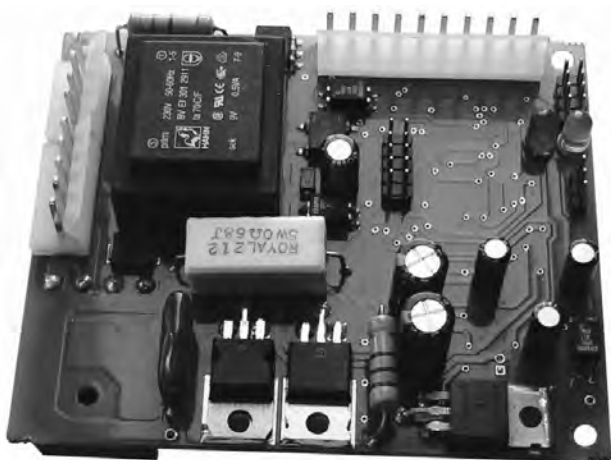


Рис. 3. Плата контроллера РА-v5.2



Рис. 4. Установка для механизированной сварки ПДГУ-125

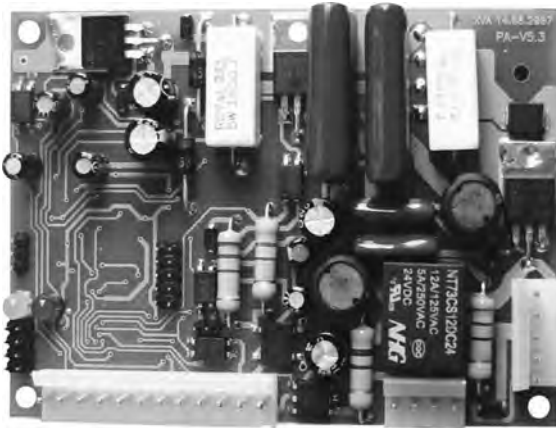


Рис. 5. Плата контроллера PA-v5.3 для установок с мощными двигателями приводов подачи и высокими значениями коэффициента повторного включения

них соединений которого приведена в [5]. Схемы подключения других блоков несколько сложнее, поскольку предусматривают реализацию работы установки в режиме ММА и питания двигателя подачи и блока в целом от отдельного понижающего трансформатора, однако подключения основных исполнительных элементов установки аналогичны.

Наиболее полно составить представление о возможностях и уровне разработки, ее полноценном применении, возможно лишь при условии наличия принципиальной схемы. Поэтому в [5] приведена полная принципиальная схема контроллера PA-v5.2, поскольку она относительно небольшая и имеет такие же самые по принципу действия и построению основные узлы, которые характерны и для др. контроллеров.

Особенности схем с современными микропроцессорами состоят в том, что в них, как правило, отсутствуют элементы, которые задают все функциональные возможности блока (они реализуются собственно программой микроконтроллера), а большую часть занимают узлы обеспечения работы микропроцессора и его внешних связей. Сама разработка программы выполняется в средах программных продуктов – AVR- Studio, компании ATMEL, и визуального эмулятора микроконтроллера Visual Mikro Lab (VMLAB).

Довольно широкие возможности, которые предоставляются при полном использовании ресурсов микропроцессоров, часто вызывают недоверие к ним в плане надежности. Однако, как показывает наша практика применения, электрическая надежность такого рода компонентов превосходит компоненты обычной цифровой логики. Каждый случай выхода из строя проверялся на предмет целостности сохранения программы и функциональности. При этом вследствие токовых перегрузок, подачи повышенного напряжения и др. факторов, связанных с ошибками монтажа, включения и т. п., могут выходить из строя элементы выходных портов микро-

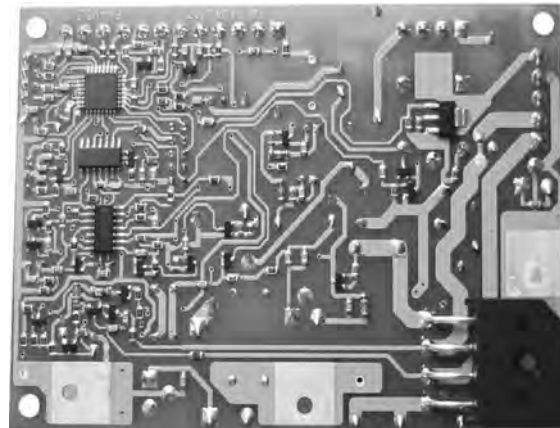


Рис. 6. Обратная сторона платы контроллера PA-v5.3

контроллера, однако внутренняя структура оставалась невредимой и функционировала нормально. Количество реально использованных каждого из приведенных типов контроллеров далеко превысило тысячу (за исключением PA-v5.3, область применения которого несколько меньше).

Разработанные блоки используются в автономных установках механизированной сварки ПДГУ-125 и ПДГУ-150, а также в подающих устройствах в комплекте с универсальными сварочными выпрямителями ВДУ-250 и ВДУ-350. Серийные образцы этих установок демонстрировались на различных выставках, в т.ч. и на мировой выставке сварочного оборудования в г. Эссен, ФРГ.

Литература:

1. Лебедев В.А., Драган С.В., Жук Г.В., Новиков С.В., Симутенков И.В. Применение импульсных воздействий при дуговой сварке плавящимся электродом в среде защитных газов (обзор). // Автоматическая сварка. - 2019. - № 8. - С. 30-40.
2. Жерносеков А.М. Тенденции развития управления процессами переноса металла в защитных газах (обзор). // Автоматическая сварка. – 2012. – № 1. – С. 33-38.
3. Морозкин И.С. Управление зажиганием сварочной дуги при механизированных видах сварки. / Ростов-на-Дону: Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2003. – 174 с.
4. Халиков В.А., Можаровский А.Г. Методология применения программного пакета MATLAB при моделировании и исследовании электромагнитных процессов в трансформаторно-ключевых исполнительных структурах: Учебное пособие. / Киев: ИЭИ НАНУ, 2001. - 45 с.
5. Халиков В.А., Можаровский А.Г., Шатан А.Ф., Паханьян В.М. Контроллеры установок электродуговой сварки в среде защитных газов. // Техн. электродинамика. - 2008. - № 5. - С. 68-75.

●#1219

Ильичевский судоремонтный завод (ЧАО «ИСПЗ»): история создания, достижения, номенклатура производства, технологические решения бюро сварки

С.М. Хачик, нач. судоремонтного производства, **В.Г. Левицкий**, глав. сварщик, **О.В. Игнатенков**, нач. лабор. сварки, ЧАО «ИСПЗ» (Черноморск, Одесская обл.)

История Ильичевского судоремонтного завода (ИСПЗ) началась в 1951 г. в удобной гавани Сухо-го лимана. Предприятие расположено вблизи морского торгового порта «Черноморск», в 20 км от г. Одесса. С момента своего основания, завод выполнял не только ремонты судов всех типов, но и занимался судостроением, используя новейшие технологии. Так, 28 апреля 1952 г. на стапеле была заложена первая несамоходная баржа и 12 августа 1953 г. была спущена на воду.

За период с 1952 по 1998 гг. на заводе построено 75 единиц прогулочных катеров проекта 1430, тип «Александр Грин» (рис. 2), 45 катеров повышенной комфортабельности проекта 10110, тип «Евпатория», а также 10 барж, 28 рефрижераторов, морской траулер «Муром» и 5 катеров прибрежного плавания.

С того времени завод претерпел комплексную модернизацию производственных мощностей завода. Сегодня ИСПЗ является наибольшим судоремонтным предприятием в Украине, сертифицированным Морским Регистром Судоходства, с внедренной системой менеджмента качества ISO 9001 и предлагающим первоклассные условия для ремонта судов, включая модернизации.

Связи с морской индустрией, исторически сложившиеся в регионе, обеспечили наличие всех видов квалифицированной рабочей силы, технической поддержки и снабжения, которые могут понадобиться во время ремонта. В настоящее время численность персонала ИСПЗ составляет около 1200 человек, среди них высококлассные инженеры-

кораблестроители, специалисты по механическим и трубопроводным работам, по ремонту электроники и пр. Технические и конструкторские отделы обеспечивают поддержку производственного процесса на всех стадиях ремонта.

Судоремонт является главным, профилирующим, но не единственным направлением производственной деятельности завода. В 1975-76 гг. построено, тогда единственное в стране, производство по выпуску 20-футовых цельнометаллических контейнеров международного класса. 5 ноября 1976 г. изготовлен первый контейнер, годовой выпуск в 1990 г. составил 6507 штук и сегодня контейнерное производство продолжает успешно работать и выполнять заказы как для украинских, так и для зарубежных компаний.

В 2018 г. по инициативе председателя правления ЧАО «ИСПЗ» Дудникова Михаила Юрьевича было принято решение о воссоздании бюро сварки. На конкурсной основе были отобраны специалисты в области сварки, сформирован штат бюро сварки и входящий в его состав лаборатории сварки: главный сварщик, руководитель лаборатории и три высококвалифицированных газоэлектросварщика. После чего началась работа по оснащению всем необходимым оборудованием и инструментами для проведения лабораторных, а также ремонтных работ судов и судовых механизмов. Подбор оборудования, используемого на участке лаборатории сварки, осуществлялся по тендерной системе, что дало возможность подобрать оптимальные



Рис. 1. Вид с высоты птичьего полета на судоремонтный завод ЧАО «ИСПЗ»



Рис. 2. Катер, построенный на заводе ИСПЗ: проект 1430, тип «Александр Грин»



Рис. 3. Основное оборудование, используемое в лаборатории сварки ЧАО «ИСПЗ»: а - инверторный источник питания ESAB Aristo MIG 4004i Pulse; б - цифровой источник питания постоянного и переменного тока Fronius MagicWave 230i, TIG

варианты с учетом всех технологических нюансов сварочных, наплавочных и др. работ. Для полуавтоматической сварки в среде защитных газов (MIG/MAG) используется легкий инверторный источник сварочного тока с электронным управлением – ESAB Aristo MIG 4004i Pulse (рис. 3, а), который также имеет функцию ручной дуговой (MMA) и аргоно-дуговой (TIG) сварки постоянным током.

Для выполнения сварочных работ аргоно-дуговым способом неплавящимся (вольфрамовым) электродом (TIG) используется полностью цифровой источник питания постоянного и переменного тока Fronius MagicWave 230i (рис. 3, б).



Рис. 4. Вращатель сварочный РЕМА «1000» грузоподъемностью 1 т

В качестве дополнительной оснастки, для механизации сварки и наплавки, применяется различное оборудование и приспособления. Одним из них является вращатель сварочный (манипулятор, рис. 4) финского производства РЕМА «1000» грузоподъемностью 1 т. Как результат, это дает возможность выполнять дуговую наплавку деталей типа тел вращения (рабочие шейки гребных валов, баллера, оси электродвигателей и др.) в кратчайшие сроки и с хорошим качеством, обеспечивая лучшие условия труда для сварщиков. Интегрированная система жидкостного охлаждения источников питания сварки увеличивает время непрерывной сварки и наплавки.

Одним из самых востребованных процессов при ремонте судна является ремонт главного двигателя судна – гребного винта. В лаборатории сварки было проведено практическое освоение сварки и наплавки гребных винтов из сплавов на основе меди по отраслевым и международным стандартам ОСТ 5.9782-2004 (Винты гребные из сплавов на медной основе. Исправление дефектов и повреждений), унифицированные требования IACS (Международная ассоциация классификационных обществ) UR-W24 (Cast Copper Alloy Propellers) и др. Проведены все виды испытаний (визуальный, капиллярный, радиографический контроль) сварных соединений, включая разрушающий контроль. На основании проведенных испытаний были разработаны и согласованы с инспекцией Морского Регистра Судоходства технологические процессы сварки наиболее распространенных марок сплавов судовых гребных винтов на медной основе - Cu1, Cu2, Cu3, Cu4. Некоторые работы, выполняемые по ремонту гребных винтов из сплавов на медной основе, показаны на рис. 5, а, б, в; рис. 6, а, б, в, г, д.

Процессы и этапы ремонта гребного винта из сплава на медной основе: ремонт лопасти из марки Cu3, Ni-Al-бронза методом приварки наделки способом полуавтоматической MIG сварки, теплоход «SAIR VAQIF», август 2019 г., представлены на рис. 5, а, б, в.

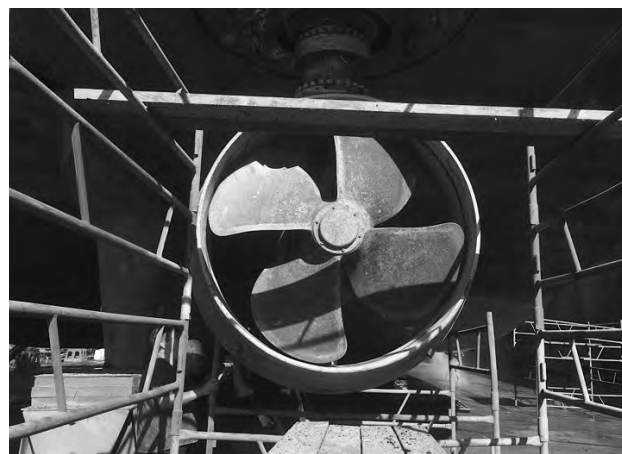


Рис. 5, а. Общий вид гребного винта с дефектной лопастью



Рис. 5, б. Процесс приварки наделки, промежуточная зачистка после каждого прохода сварного валика с целью исключения возможных дефектов в сварном шве



Рис. 5, в. Осмотр гребного винта после ремонта методом сварки. Капиллярный метод контроля показал отсутствие поверхностных дефектов в виде трещин и пор

Часть отсутствующей лопасти, размером $\approx 400 \times 150$ мм (рис. 5, а), в процессе эксплуатации могла быть отломана по причине попадания в зону работы гребного винта твердых предметов (стальных буксировочных тросов, автомобильных скатов использующихся в качестве приспособлений для уменьшения деформаций корпуса при швартовке судна) как правило это происходит в портовых водах и прибрежных зонах. Не исключена причина, связанная с дефектом литья при изготовлении гребного винта.

Технологии и этапы ремонта гребного винта из сплава на медной основе: ремонт дефекта в виде трещины (длина 220-230 мм) лопасти гребного винта марки Cu3, Ni-Al-бронза аргонно-дуговой сваркой TIG, теплоход «AURELIA-1», сентябрь 2019 г., представлены на рис. 6, а, б, в, г, д.

Краткое описание технологии ремонта лопасти гребного винта, проведенного на теплоходе «AURELIA-1» в сентябре 2019 г.

При постановке судна в док, проводится дефектация не только подводной части корпуса, но и гребного винта. В процессе дефектации (рис. 6, а) был выявлен достаточно распространенный дефект в виде



Рис. 6, а. Гребной винт после проведенной дефектации всех лопастей. На одной из кромок лопасти был выявлен дефект в виде сквозной трещины

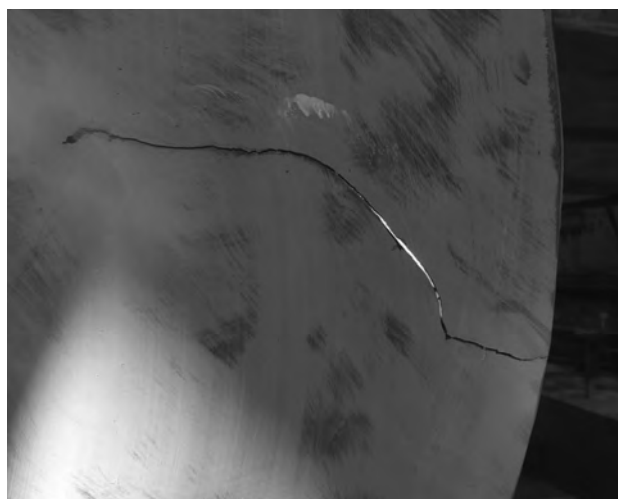


Рис. 6, б. Дефектный участок со сквозной трещиной, выходящей на кромку лопасти, длина трещины 220-230 мм

выходящей на кромку лопасти трещины (рис. 6, б). Длина трещины составила 220-230 мм, толщина кромки в пределах 8-14 мм. Учитывая большие габариты гребного винта (диаметр более 3000 мм, вес порядка 3,5 т) и определенные сложности его транспортировки, по согласованию с инспектором Морского Регистра ремонтные работы проводились без его демонтажа. Обеспечение необходимых условий, исключая сквозняки, осадки и пр., было построено временное укрытие (шалаш, рис 6, в). Для разработки ремонтной технологии методом сварки был установ-



Рис. 6, в. Сварочные работы проводились непосредственно в плавучем доке в специально оборудованном укрытии (шалаше) для обеспечения необходимых условий, требуемых технологией сварки

лен материал, из которого изготовлен гребной винт. В виду отсутствия на судне сертификата (паспорта) на изготовление винта, в котором указываются все основные параметры включая марку материала, из которого изготовлен винт, был выполнен химико-спектральный анализ отобранной механическим путем (сверлением) стружки. Результаты анализа показали марку материала Ni-Al-бронза (аналог БрА9Ж4Н4 по ГОСТ 18175-78), что соответствует марке, применяемой для изготовления гребных винтов Cu3. Дальнейшая технология сварочных работ соответствовала, ранее разработанной и согласованной бюро сварки с Морским Регистром Судоходства, спецификации процесса сварки № ИС-15. Для локализации трещины было выполнено засверливание ее конца сверлом диаметром 8 мм (рис. 6, з). Для ремонта был применен аргонно-дуговой способ сварки неплавящимся (вольфрамовым) электродом в среде инертных газов. В качестве присадочного материала использовалась Al-бронза в виде сварочного прутка марки UTP A34, диаметром 1,6 мм, изготовитель Voestalpine Bohler Welding. Сварочные материалы имеют соответствующий сертификат и одобрение Морского Регистра Судоходства DNV·GL (Норвежский Веритас и Германский Ллойд). Предварительный подогрев перед сваркой: 50-100 °С. Температура контролировалась пирометром с инфракрасным лазерным указателем, межваликовая температура в процессе сварки не превышала 250 °С. После наложения каждого валика сварной шов тщательно зачищался от нагара и неровностей. Учитывая относительно небольшой объем ремонта и сварочных работ на лопасти в зоне «С», термическая обработка, согласно международным Унифицированным требованиям UR-W24 (Cast Copper Alloy Propellers), после сварки не требуется. После сварки и финишной шлифовки лопасти, был выполнен локальный (в месте проведения ремонта) капиллярный контроль (рис. 6, д), по его результатам - поверхностных дефектов не обнаружено.

За короткие сроки были разработаны и применены современные технологии сварки различными

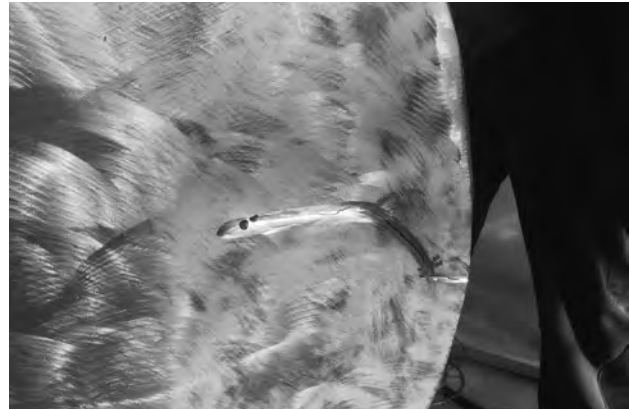


Рис. 6, г. Локализованная методом засверливания трещина, подготовленная для начала сварочных работ

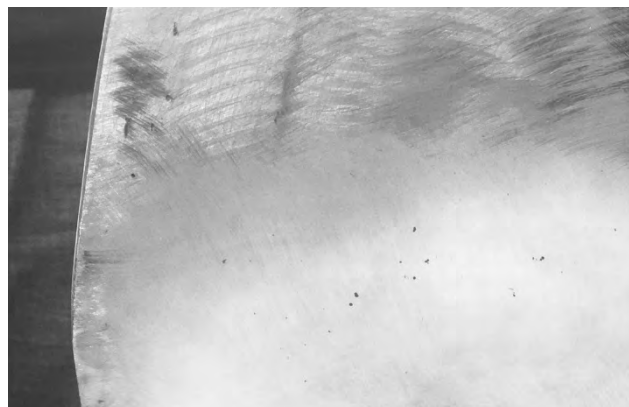


Рис. 6, д. Вид отремонтированной кромки лопасти гребного винта после проведения капиллярного контроля

способами: полуавтоматическая в защитных газах MIG/MAG (131/135), аргонно-дуговая неплавящимся (вольфрамовым) электродом TIG (141), сварка дуговая под слоем флюса SAW (121), сварка пропано-кислородная (312) и др. Применялись отечественные и зарубежные сварочные материалы таких мировых лидеров их производства как ESAB, Lincoln Electric, Kobe Steel Ltd., ряд европейских производителей: Voestalpine Bohler Welding, Drahtwerk Elisental W. Erdmann GmbH & Co. и др.

На сегодняшний день мы выполняем ремонтные сварочные работы, не только для нужд завода, но и на основе коммерческих заказов, деталей и механизмов из таких материалов как: медь и сплавы на основе меди, алюминий и алюминиевые сплавы, чугун, нержавеющие стали, стали с особыми свойствами (высокопрочные, износостойкие и др.).

Главная цель ИСРЗ - это удовлетворение всех требований заказчика, поэтому мы не останавливаемся в своем развитии и продолжаем работы в освоении новых прогрессивных технологий сварки металлов.

●#1220

Ильичевский судоремонтный завод: технологические решения бюро сварки при проведении ремонта чугунных изделий

С.М. Хачик, нач. судоремонтного производства, **В.Г. Левицкий**, глав. сварщик,
О.В. Игнатенков, нач. лабор. сварки, ЧАО «ИСПЗ» (Черноморск, Одесская обл.)

Отливки из чугуна широко применяются в судостроении, что обусловлено простотой и невысокой стоимостью изготовления, хорошими литейными свойствами, износостойкостью, надежной работой в условиях знакопеременных нагрузок, работе в морской воде и повышенных температур.

Чугун является многокомпонентным железоуглеродистым сплавом, содержащим свыше 2,0 % С, до 5,0 % Si и некоторое количество марганца. В легированные чугуны вводят хром, никель, молибден и другие элементы.

По структуре чугуны разделяют на следующие группы:

- белые чугуны (имеют ограниченное применение из-за высокой хрупкости, твердости и ограниченной обработки резанием);
- серые чугуны (по химическому составу – сплав Fe-C-Si, содержащий примеси Mn, P и S, содержание углерода - 2,4 – 3,8 % С). Серые чугуны маркируются буквами С - серый и Ч – чугун. После букв следуют цифры: первые цифры указывают средний предел прочности на растяжение, а вторые – предел прочности на изгиб: СЧ 12-28, СЧ 18-36 - серый чугун для малоответственных деталей, СЧ 21-40, СЧ 36-56, СЧ 40-60 – для отливок, работающих на износ в условиях больших давлений. Антифрикционный Серый Чугун: АСЧ 1, АСЧ -2, АСЧ -3 - для деталей, работающих при трении;
- высокопрочные чугуны с шаровидным графитом (по химическому составу аналогичны серым чугунам, но легированы щелочными, щелочноземельными, редкоземельными металлами и 0,03-0,07 % Mg, что приводит к приобретению графитом шаровидной формы.) Высокопрочные чугуны, обладают хорошими литейными свойствами, высокой обрабатываемостью, имеют механические свойства аналогичные свойствам углеродистых сталей. Обозначаются В - высокопрочный, Ч - чугун с цифровыми обозначениями;
- ковкий чугун (получают путем длительного нагрева при высоких температурах – отжиге отливок из белого чугуна. Чугун имеет понижен-

ное содержание углерода и кремния – 2,5 % С; 0,7-1,5 Si. Ковкий чугун имеет повышенную пластичность. Отливки из ковкого чугуна применяют для деталей, работающих при ударных и вибрационных нагрузках). Обозначается КЧ и цифровыми обозначениями (первые две – предел прочности при растяжении, вторые – относительное удлинение).

Сварка чугуна сопряжена с трудностями из-за повышенной склонности сплава к образованию трещин, что обусловлено его низкой пластичностью, и, при повышенных скоростях охлаждения, хрупких структур в результате отбеливания как в металле шва, так и в околошовной зоне.

Кроме того, имеет значение – при каких условиях эксплуатировалась деталь из чугуна, причины ухудшения свариваемости зависят от:

- длительной высокой рабочей температуры (более 600 °С);
- длительной работы в ГСМ;

Для определения группы, марки чугуна и др. металлов, на заводе имеется аккредитованная Инспекцией Регистра Судоходства лаборатория (ЦЗЛ), позволяющая проводить спектральный, химический анализ, неразрушающий – рентген / УЗ контроль, магнитно-порошковый контроль, цветную дефектоскопию; механические испытания образцов: на разрыв, на изгиб, ударную вязкость; а также имеется стационарный и переносной твердомер для замера твердости металла.

Однако, в первом приближении, чтобы отличить чугунную деталь от стальной (особенно если деталь длительно эксплуатировалась в агрессивной среде и попадает в лабораторию сварки в краске, масле и др. загрязнениях), проводим определение «дедовским» способом:

Визуальное определение – на треснутом участке детали или отвалившемся куске - на сломе или трещине – металл чугуна темно-серого цвета с матовой поверхностью. Излом стали – светло-серый до белого с глянцевым блеском.

Механическое определение с помощью сверления: на дефектном участке выполняем сверловку и при наличии стружки определяем, что это – сталь, т.к.

чугунная деталь при сверловке выделяет порошок, оставляя на руках черный след, как от грифеля простого карандаша.

Механическое определение с помощью шлифования:

- с помощью угловой шлифовальной машинки (болгарки) получаем искры и по цвету искр определяется чугун – у него искры короткие с красноватым оттенком на звездочках в центре трека.

Далее – дело за проведением лабораторных исследований стружки или чугунного порошка.

В практике ремонта деталей из чугуна лабораторией сварки ИСРЗ, преимущественно применяется холодная механизированная сварка сварочной проволокой, содержащей большое количество никеля (ПАНЧ – 11, $\varnothing$ 1,2 мм и аналоги зарубежных фирм – производителей сварочных материалов SK FNM-G / SK FNMS-G, $\varnothing$ 1,2 мм фирмы Bohler).

В связи с высокой стоимостью сварочных материалов (содержащих никель), в случаях выполнения объемных ремонтных работ чугунных деталей (улитки земснарядов, улитки глубинных насосов плавучих доков, буксирных кнехтов (рис. 1), корпуса редуктора (рис. 2), требующих большого расхода сварочной проволоки, с целью экономии сварочных материалов, используем комбинированный

метод восстановления (ремонта):

После механической обработки дефектных мест (сверловки концов трещин сверлом $\varnothing$ 6-8 мм), разделки кромок под сварку, сварочной проволокой, содержащей никель, наносится буферный слой высотой – 2,5-3,0 мм; участками 30-40 мм с последующей проковкой наплавленных швов. Сварку выполняют обратно-ступенчатым способом (длина ступени 30-40 мм) или участками в разброс. Температура детали в месте сварки не должна превышать 150-170°C. Последующие слои (заполняющие и облицовочный) завариваются стальной сварочной проволокой марки Св08 Г2С – $\varnothing$ 1,2 мм.

Механизированную сварку в среде защитных газов (CO_2 или смеси газов Ar 82% + CO_2 18%) выполняют на постоянном токе прямой полярности при следующих режимах: сила тока 100-150 А; напряжение дуги 18-22 В. Расход защитного газа – 12-16 л/мин; скорость сварки – 6-8 м/ч.

После выполнения ремонтной сварки, для равномерного и медленного остывания, деталь укутывают в несколько слоев теплоизоляции.

Учитывая наличие таких факторов, как:

- оснащенность лаборатории сварки современным сварочным оборудованием, не имеющим аналога в др. подразделениях завода;

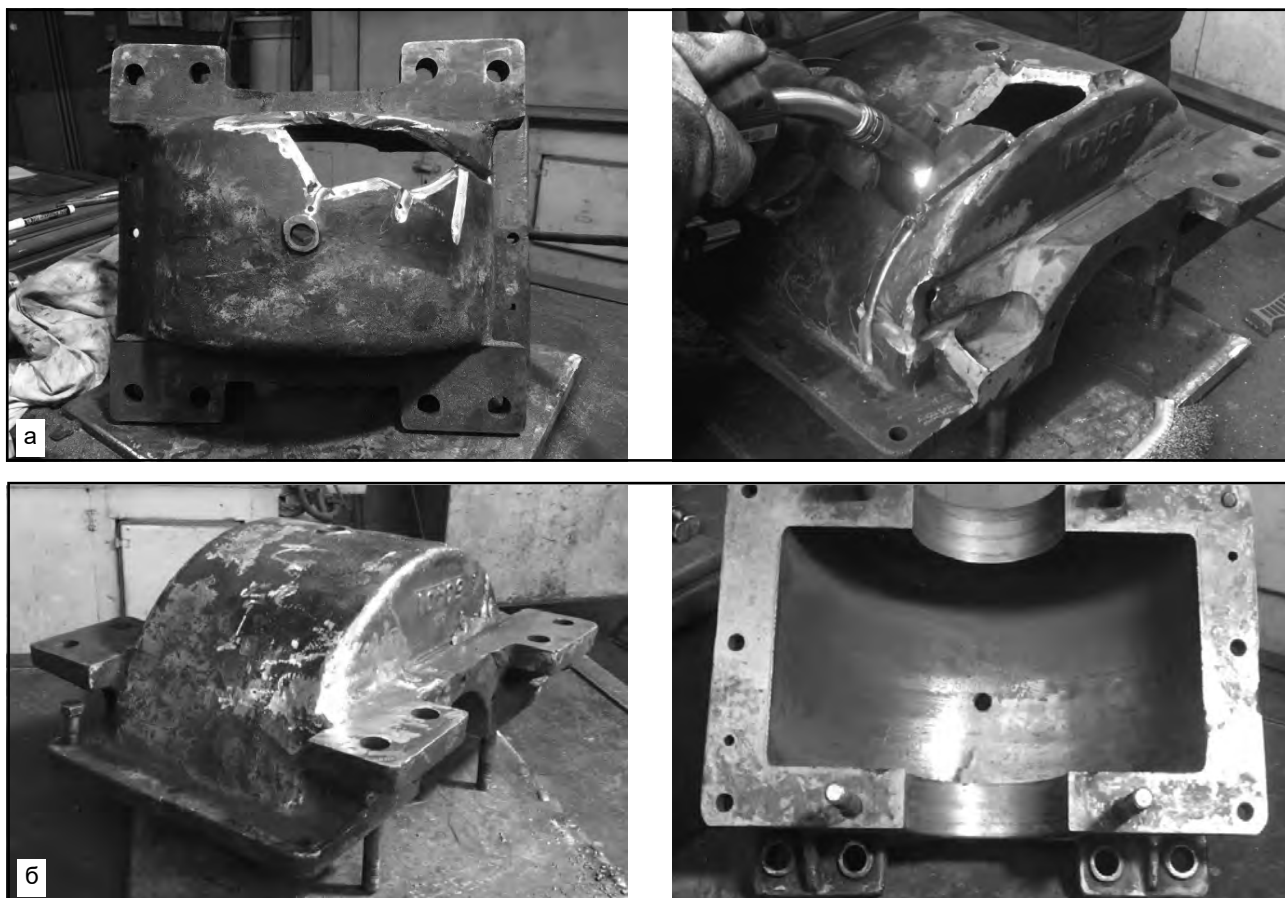


Рис. 1. Аргодуговая (TIG 141) и полуавтоматическая сварка (MAG 135). Ремонт чугунного корпуса редуктора передвижения крана. Док 152 Пр.Б. Сварка чугуна, январь 2019 г.: а) сварочные работы - до ремонта, б) после ремонта

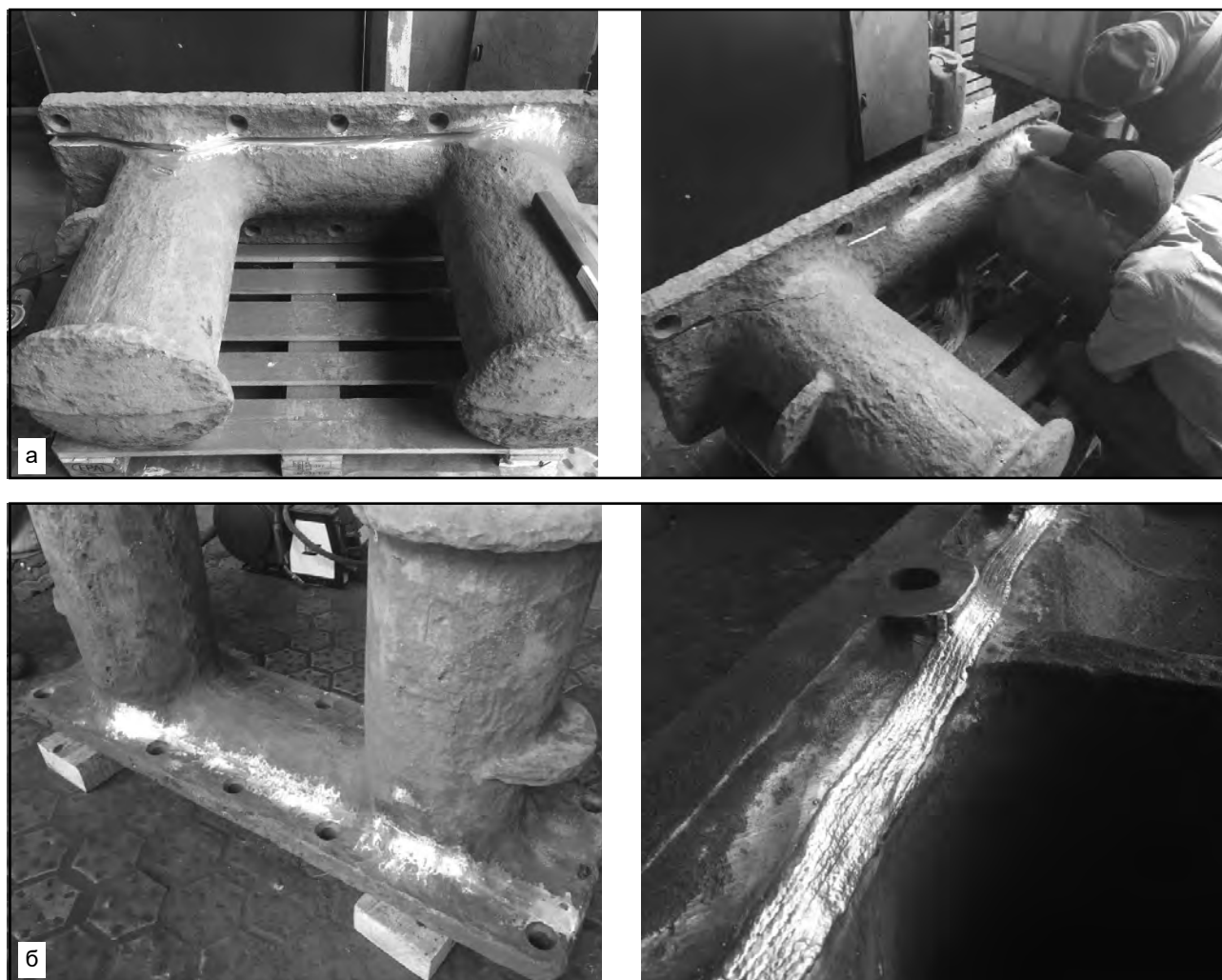


Рис. 2. Полуавтоматическая сварка (MAG 135). Ремонт чугунного буксирного кнехта, т/х «VERES», июль 2019 г.: а) до ремонта, б) после ремонта

- высококвалифицированными сварщиками, имеющими навыки сварки и пайки различными видами сварки и наплавки: ручная дуговая сварка покрытым электродом (ММА) – 111; автоматическая дуговая сварка под флюсом – 121; полуавтоматическая сварка сплошным электродом в инертных газах – 131; полуавтоматическая сварка в среде защитных газов сплошной и порошковой проволокой (MIG/MAG) – 135/136; аргонодуговая сварка неплавящимся электродом на постоянном и на переменном токе (TIG) – 141; ацетилено-кислородная и пропан-бутано-кислородная сварка – 311; наплавка поверхностей плоских деталей и тел вращения, разнообразных металлов (стали: низко, средне и высокоуглеродистые, низколегированные, легированные и высоколегированные – нержавеющие стали; чугуны, алюминий, медь и их сплавы, и др. металлы);
- для каждого способа сварки (пайки) и для неразъемных соединений разных металлов в лаборатории сварки имеются в наличии сварочные

материалы (сварочные электроды, проволока, прутки, защитные газы и флюсы);

- инженеры-технологи бюро сварки, способные решать самые сложные задачи по восстановлению – ремонту деталей и узлов судоремонта, и машиностроения.

Подробности освоения и применения других технологий в следующих номерах журнала.

●#1221

Резак РГКМ-500 для фигурной вырезки деталей из плоских заготовок толщиной до 500 мм

В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак, ООО «НИИПТмаш-Опытный завод» (Краматорск)

Резак РГКМ-500 разработан для механизированной кислородной резки заготовок толщиной до 500 мм с помощью полуавтоматов «Смена-2М». Конструкция резака выполнена с учетом установочных размеров полуавтомата и использует существующий узел крепления резака, установленный на его штанге.

В машинном резаке РГКМ-500 использованы два технических решения, защищенных патентами Украины [1, 2]:

- применение трех отверстий в инжекторе, расположенных вокруг центральной оси смесительной камеры и одного отверстия смесительной камеры, поперечное сечение которого охватывает все три отверстия в инжекторе. Такая конструкция смесительного узла обеспечивает максимальный периметр контакта инжектирующих струй кислорода с горючим газом и, следовательно, максимальную инжекцию [1];
- наличие в каналах головки и мундштуков разгонного участка, состоящего из шлицевых каналов, расположенных коаксиально каналу для режущего кислорода, радиальной кольцевой щели для перераспределения и разделения потоков горючей смеси, расположенной между разгонным участком и кольцевым выходным отверстием для горючей смеси [2]. Такое исполнение мундштуков и головки формирует два факела подогревающего пламени, наложенных друг на друга: один (основной) с высокой скоростью горит на расстоянии от резака и служит для нагрева заготовки внутри полости реза, а также для защиты и обжаривания режущей струи по ее длине; другой факел (периферийный) имеет низкую скорость потока горючей смеси и служит для привязки основного факела к торцу мундштука. Относительная скорость между потоками режущей струи и газами факела снижается, следовательно, уменьшается возмущающее действие газов подогревающего пламени на струю режущего кислорода, и ее режущая способность увеличивается.

Для криволинейной (фигурной) резки заготовок больших толщин очень важно, чтобы режущая струя кислорода не отставала от фронта реза и не забегала вперед, иначе контур вырезаемой детали в нижней ее части будет смещен относительно ее кон-

тура в верхней части. Важно также, чтобы ширина реза на верхней кромке заготовки равнялась ширине реза на нижней – иначе вырезанная деталь будет либо сужаться к нижней части, либо расширяться. Поэтому расчетные значения режимов резки уточнялись экспериментально в реальных условиях цехов металлоконструкций ЧАО «НКМЗ».

Для определения надежности резака в нестандартных ситуациях были проведены эксперименты. Изучено влияние величины разрежения в газовом канале резака от давления подогревающего кислорода. Рассчитано падение разрежения при различных значениях давления подогревающего кислорода. При проведении экспериментов были использованы инжектор с тремя рабочими отверстиями $d_{\text{и}} = 1,1$ мм, мундштук наружный № 1 и мундштук внутренний № 3. Расчетные размеры резака приведены на графике *рис. 1*.

График зависимости величины разрежения в газовом канале от давления подогревающего кислорода приведен на *рис. 1, а*. График зависимости величины падения разрежения в газовом канале от давления подогревающего кислорода – на *рис. 1, б*.

Кислородная резка заготовок толщиной 370 - 400 мм с целью определения оптимальных режимов, обеспечивающих заданное качество поверхно-

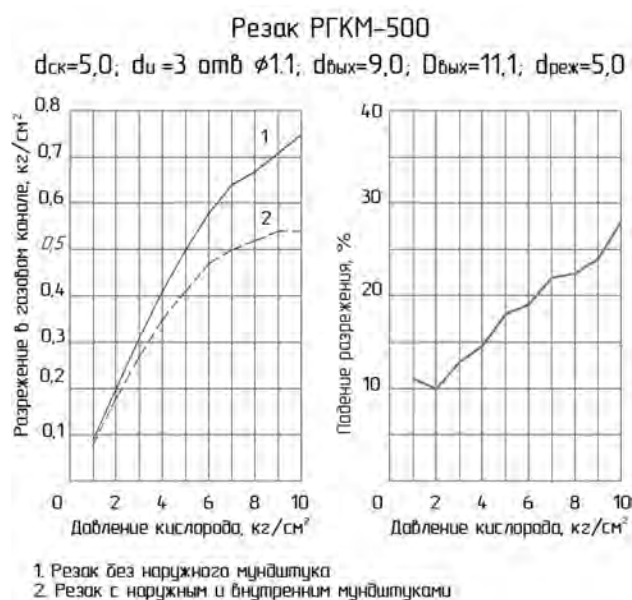


Рис. 1. Графики зависимости от давления подогревающего кислорода: а) величины разрежения, б) падения разрежения



Рис. 2. Оработка режимов резки. Поверхность реза заготовки толщиной 370 мм



Рис. 3. Оработка режимов резки. Процесс резки и поверхность реза заготовки толщиной 400 мм



Рис. 4. Оработка режимов резки. Процесс резки ступенчатого образца толщиной 400 - 450 мм



Рис. 5. Оработка режимов резки. Ступенчатый образец толщиной 400 - 450 мм после резки

сти реза, представлена на рис. 2, 3.

Оптимальные режимы резки, обеспечивающие заданное качество поверхности реза, отрабатывались также на заготовке толщиной 450 мм (рис. 4, 5).

Резак газокислородный РГКМ-500 предназначен для машинной прямолинейной и фигурной резки заготовок из плоских поковок и плит толщиной до 500 мм.

Резак работает как на природном газе, так и на пропан-бутановых смесях.

Резак разработан с учетом требований ГОСТ 12.2.008 «Оборудование и аппаратура для газопламенной обработки металлов и термического напыления покрытий. Требования безопасности».

Технические характеристики машинного резака РГКМ-500, уточненные в производственных условиях при экспериментальной резке заготовок, приведены в табл. 1.

Газокислородный инжекторный резак РГКМ-500 выполнен по схеме независимого подвода режущего и подогревающего кислорода, и горючего газа по отдельным резиноканевым рукавам. Он состоит из трех основных узлов: наконечника 1, вентильного блока 2 и вентиля режущего кислорода 3 (рис. 6). Подробнее устройство резака рассмотрено ниже при описании его узлов.

Таблица 1. Технические характеристики газокислородного резака РГКМ-500

Толщина разрезаемого металла, мм		300-350	350-400	400-500
Номер внутреннего мундштука		1	2	3
Диаметр режущего канала, мм		4,0	4,5	5,0
Давление перед резаком, МПа	кислород	0,7		
	горючий газ	0,06		0,07
Расход, м³/ч	кислород	45	55	70
	природный газ	3,8	6,1	7,7
	пропан-бутан	2,7	4,2	5,4
Диаметр кожуха, мм		32		
Масса резака, не более, кг		1,5		

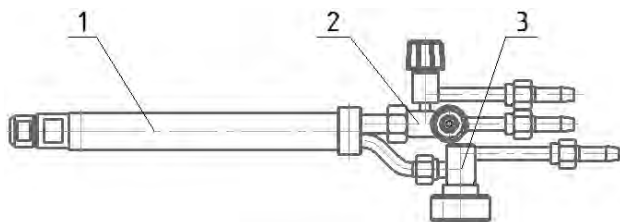


Рис. 6. Газокислородный резак РГКМ-500

При движении кислорода через инжекторное устройство создается разрежение перед смесительной камерой, обеспечивающее подачу и смешивание горючего газа с кислородом. Регулирование расхода кислорода и горючего газа осуществляется соответствующими вентилями.

Горячая смесь через трубку наконечника поступает в головку резака и, выходя из кольцевой щели мундштука, при воспламенении, образует подогревающее пламя.

Подача кислорода для резки осуществляется через вентиль режущего кислорода, далее, через трубку наконечника и головку, режущий кислород поступает в центральный канал мундштука.

Работа резака основана на нагреве подогревающим пламенем начальной точки реза до температуры воспламенения металла с последующим сжижением его в струе режущего кислорода.

Перед началом работы необходимо убедиться в исправности оборудования, проверить:

- герметичность присоединения рукавов, всех разъемных и паяных соединений;
- наличие разрежения (инжекции) в канале горячего газа.

Затем необходимо установить рабочее давление газов в соответствии с данными *табл. 1*. Приоткрыть вентиль подогревающего кислорода, а затем вентиль горючего газа, зажечь горючую смесь. Отрегулировать «нормальное» пламя. Выключение подачи газов производить в обратном порядке: горючий газ, кислород.

Вентиль режущего кислорода открывать только в процессе резки (после подогрева разрезаемой заготовки до температуры воспламенения металла) и закрывать немедленно после завершения процесса резки.

При просёке пламени внутрь резака немедленно закрыть вентили горючего газа и кислорода. Затем кратковременным открыванием вентиля кислорода охладить резак. Прочистить инжекторное устройство, проверить герметичность соединений резака, проверить рукава и, при необходимости, заменить. При повторных хлопках произвести ремонт резака.

Содержать резак в чистоте, периодически очищать мундштуки от нагара и брызг металла с помощью наждачного полотна или мелкого напильника.

Наконечник резака РГКМ-500 является основ-

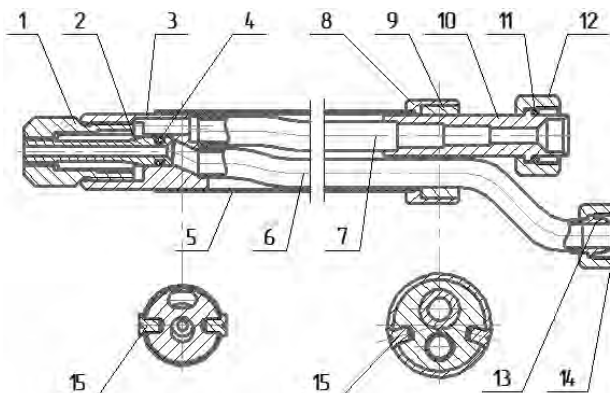


Рис. 7. Наконечник резака

ным узлом, в котором происходит образование горючей смеси по инжекторному принципу и осуществляется формирование факела подогревающего пламени и режущей кислородной струи.

Наконечник резака (рис. 7) включает в себя головку 3. В головку вставлен внутренний мундштук 2 с уплотнительным кольцом 4 и ввернут наружный мундштук 1, фиксирующий внутренний мундштук. Уплотнение между наружным мундштуком и головкой происходит по конической поверхности.

С противоположной стороны к головке припаяны трубка для подвода горючей смеси 7 и трубка для подвода режущего кислорода 6. Трубка 7 припаяна к смесительной камере 10 с накидной гайкой 12 и уплотнительным кольцом 11. Трубка 6 припаяна к линзе 13 с накидной гайкой 14.

Смесительная камера 10 и трубка для подвода режущего кислорода 6 припаяны к коллектору 9. На коллектор надета втулка 8 кожуха 5.

Кожух в сборе зафиксирован на головке и коллекторе винтами 15.

Ниже на *рис. 8 – 11* представлены чертежи деталей резака, имеющих расчетные каналы.

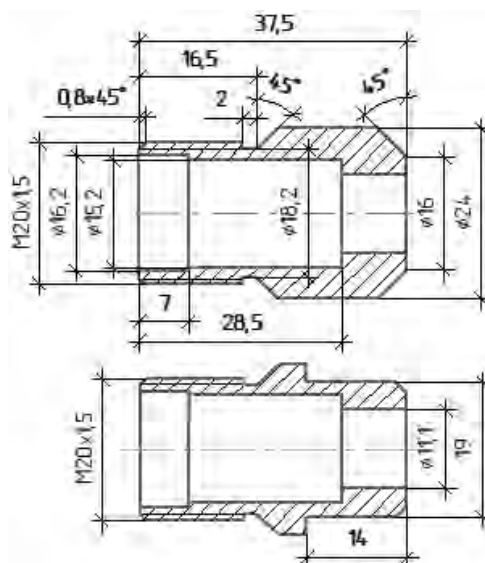


Рис. 8. Мундштук наружный

В вентильном блоке резака РГКМ-500 вентили подогревающего кислорода и горючего газа жестко связаны с помощью главного корпуса, имеющего на

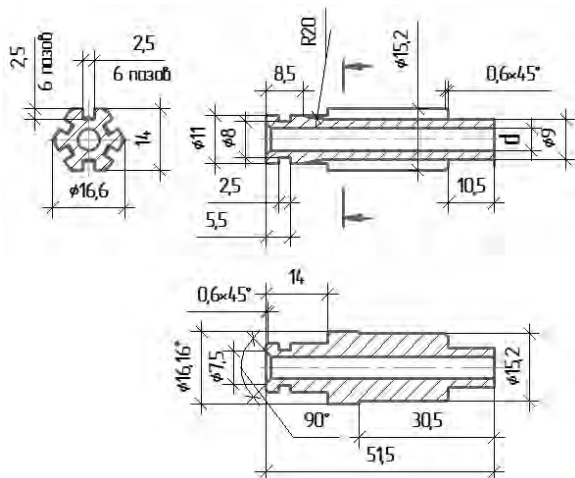


Рисунок	Позиция на рис. 7	Наименование	Номер мундштука	d, мм	Кол-во, шт
7	2	Мундштук внутренний	1	4,0	1
			2	4,5	1
			3	5,0	1

Рис. 9. Мундштук внутренний

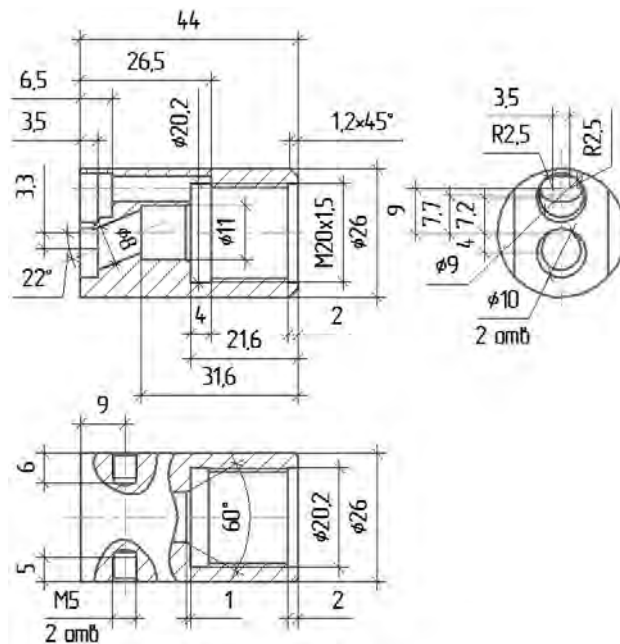


Рис. 10. Головка резака

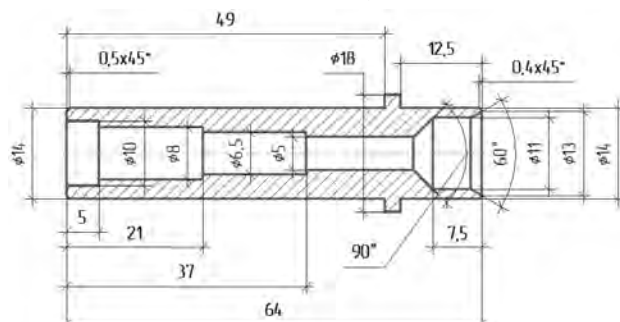


Рис. 11. Смесительная камера резака

выходе инжектор, причем инжектор и главный корпус имеют общую продольную ось.

Вентильный блок предназначен для пуска, регулировки и прекращения подачи подогревающего кислорода и горючего газа в наконечник резака. Входящие в состав вентильного блока трубки для подвода рабочих газов с ниппельно – муфтовыми соединениями служат для связи резака с цеховыми магистралями или рампами кислорода и горючего газа посредством резиноканевых рукавов Ду9.

Вентильный блок (рис. 12) состоит из главного корпуса 2 с вкрученным в него инжектором 1, расположенными коаксиально. С другой стороны от инжектора под углом 90° к главному корпусу припаян корпус вентиля горючего газа 17. К корпусу 17 припаяна трубка для подвода горючего газа 14 со штуцером 15, накидной гайкой 16 и ниппелем 13.

К боковой поверхности главного корпуса 2 под углом 90° к нему и к продольной оси корпуса вентиля горючего газа 17 припаян корпус вентиля подогревающего кислорода 3. К боковой поверхности корпуса 3 припаяна трубка для подвода подогревающего кислорода 10 со штуцером 11, накидной гайкой 12 и ниппелем 13.

В корпусе вентилей горючего газа 17 и подогревающего кислорода 3 ввернуты сальниковые гайки 6, в которые ввернуты по резьбе шпиндели горючего газа 18 и подогревающего кислорода 9.

Герметичность вентилей обеспечивают уплотнительные кольца 4 и 5. Барашки 8 фиксируются на хвостовой части шпинделей с помощью гаек 7.

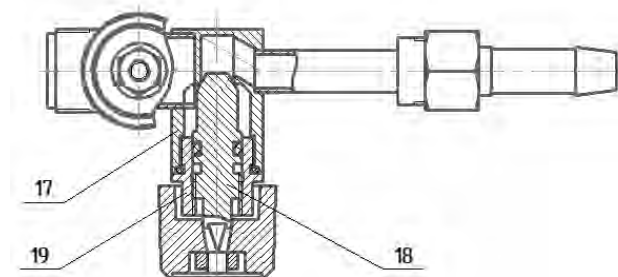
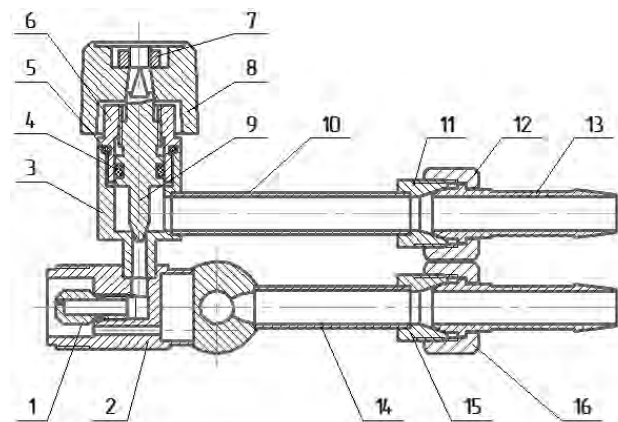


Рис. 12. Вентильный блок резака

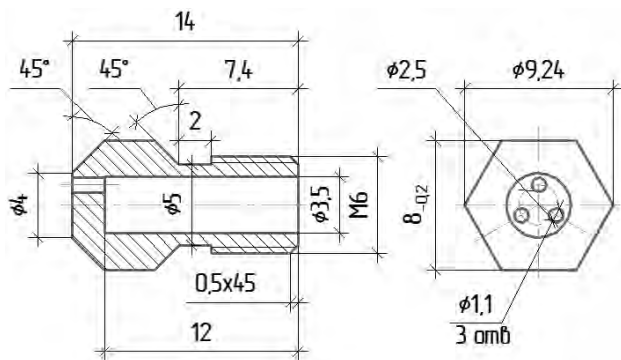


Рис. 13. Инжектор резака

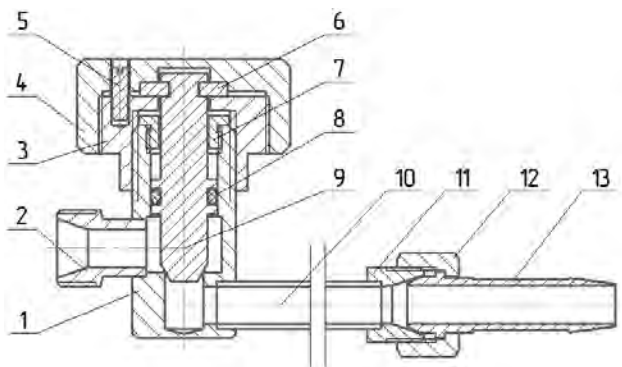


Рис. 14. Вентиль КР

Чертеж инжектора, имеющего расчетные каналы, представлен на *рис. 13*.

Вентиль режущего кислорода (КР) совместно с вентильным блоком образуют ствол резака.

Вентиль режущего кислорода (рис. 14) состоит из корпуса 1, к боковой поверхности которого с одной стороны припаян штуцер 2 для присоединения к наконечнику, с другой стороны – трубка для подвода режущего кислорода 10 со штуцером 11, накидной гайкой 12 и ниппелем 13.

В корпус 1 вставлен шток 9 с уплотнительным кольцом 8. Ход штока ограничен сальниковой гайкой 7. На наружной поверхности корпуса 1 выполнена резьба с шагом 2,5, на которую накручен барашек 3. В кольцевую проточку на хвостовой части штока сбоку вставлена скоба 6. На барашек накручен маховик 4 до соприкосновения его со скобой 6. Взаимное расположение барашка и маховика в собранном состоянии фиксируется гужином 5.

Вентиль такого типа целесообразно применять при больших расходах энергоносителей, когда необходимо обеспечить большое усилие запираания седла и большую скорость осевого перемещения штока.

Преимущества вентилей КР следующие:

- использование для осевого перемещения штока резьбы большого диаметра позволяет небольшое усилие вращения маховика трансформировать в значительное усилие запираения седла вентиля;
- использование для осевого перемещения штока резьбы с большим шагом позволяет обеспечить

большую скорость перемещения штока. Раньше для этих целей использовалась трехзаходная резьба, но она имела большие недостатки: сложность в изготовлении и низкую долговечность;

- осевое перемещение штока осуществляется без его вращения, что обеспечивает точное позиционирование штока относительно седла корпуса и, как следствие, увеличивает его долговечность;
- поперечные колебания барашка, вызванные допусками в резьбовой паре и неточностями в изготовлении деталей, компенсируются зазорами между штоком, скобой и маховиком и не передаются на шток, гарантируя точность его позиционирования относительно седла корпуса;
- возможность регулирования взаимного расположения барашка и маховика обеспечивает безлюфтовое перемещение штока, что повышает надежность и безопасность работы вентиля.

Представление о процессе вырезки полукруглых карманов на заготовках корпусов подшипника толщиной 320 и 450 мм и качестве поверхности реза можно получить из *рис. 15 – 18*.



Рис. 15. Процесс вырезки полукруглых карманов на заготовке корпуса подшипника толщиной 320 мм



Рис. 16. Процесс вырезки полукруглых карманов на заготовке корпуса подшипника толщиной 450 мм. Начало резки

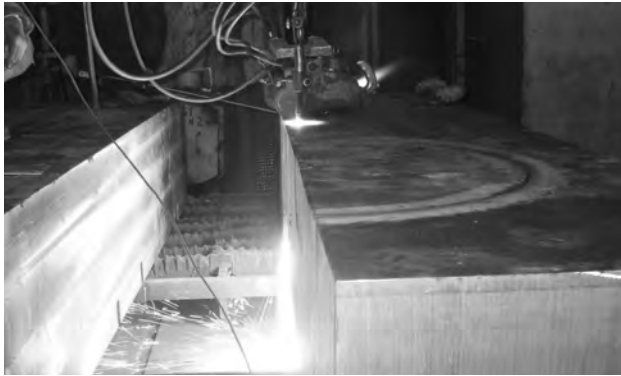


Рис. 17. Выход кислородной струи из заготовки толщиной 450 мм по окончании фигурной резки

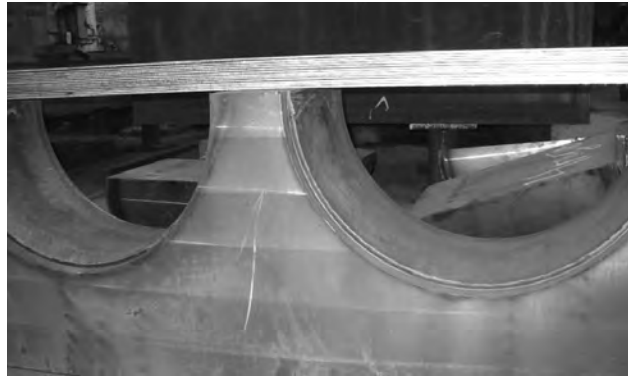


Рис. 18. Заготовка корпуса подшипника толщиной 450 мм с вырезанными полукруглыми карманами



Рис. 19. Процесс вырезки отверстия на заготовке шатуна толщиной 435 мм



Рис. 20. Вырезка отверстия на заготовке шатуна толщиной 435 мм

Вырезка отверстия на заготовке шатуна толщиной 435 мм показана на *рис. 19, 20*.

Литература

1. Патент 15678 UA, МПК F 23 D 14/02. Резак для ручной газокислородной резки металлов. / В.Н. Литвинов, С.Г. Красильников, С.А. Чумак, С.Л. Василенко, А.И. Коровченко, Е.К. Цвентух. - № u200600039, заявл. 03.01.2006, опубл. 17.07.2006, Бюл. № 7.

2. Патент 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.

●#1222



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 по адресу: 03150, Киев, а/я 337 или e-mail: demuv@ukr.net, позвонить по тел. +38(044) 205 26 07, м. (050) 331 56 65. На Ваши вопросы ответит кандидат технических наук, Международный инженер-сварщик (IWE) Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

Получил рабочую одежду из синтетического материала; не обнаружил ни одного ниточного шва, но она очень прочная, очевидно применили сварку. Расскажите, пожалуйста, о применении сварки в швейном производстве.

Воробьев С.П. (Екатеринбург)

Активное развитие сварочных технологий в швейной промышленности вызвано растущим применением современных термопластичных материалов, а также появлением соответствующего технологического оборудования. Использование сварных швов вместо ниточных позволяет улучшать качество и дизайн одежды, повышать производительность труда, экономить материалы и средства. Кроме того, по основным характеристикам сварные соединения не уступают ниточным: они эстетичны и красивы, герметичны, имеют минимальную толщину. В настоящее время применение сварочных технологий считается одним из наиболее прогрессивных и перспективных направлений развития швейной промышленности.

С помощью сварных соединений выполняются швейные изделия из материалов с пленочным покрытием, из тканей и трикотажа, состоящих на 65% и более из термопластичных волокон.

Различают три способа сварки швейных элементов: термоконтактный (непрерывная и импульсная), ультразвуковой и высокочастотный.

Области применения упомянутых технологий сварки приведена в табл.

Термоконтактная сварка тканей.

Сварка швейных швов в данном случае производится с помощью воздействия на материалы высокой температуры и их дальнейшего спрессовывания. Сущность термоконтактного способа сварки заключается в том, что нагрев материала осуществляется специальным инструментом при его непосредственном контакте с материалом. Температура нагревателя 300–350 °С. Чтобы не было налипания используют прокладки из тефлона, кальки. Нагрев инструмента может быть газовый, индукционный, электрический. Для сварки термопластичных пленок толщиной 0,25 - 1 мм, а также текстильных материалов с термопластичным полимерным покрытием целесообразно использовать в качестве нагревательного элемента паяльник клиновидной формы, который в результате разогрева внутренних поверхностей свариваемых деталей обеспечивает в зоне контакта сварной шов с последующей его фиксацией прижимными роликами. Методы обработки при этом параллельно-последовательные, скорость продвижения материалов 150 см/ мин. При термоконтактной сварке нагрев пленочного материала осуществляется практически мгновенно благодаря пропусканию импульса тока большой силы через нагревательные элементы. Простота и экономичность термоконтактного способа позволяют использовать его

Таблица. Области применения технологий сварки при изготовлении одежды

Одежда	Волокно, материал	Технологическая операция	Способ сварки		
			ультра-звуковой	высоко-частотный	термо-контактный
Мужские и женские пальто и плащи	Капроновое и полиэфирное волокно	Соединение деталей подкладки	+	+	-
Куртки всех видов	То же	Соединение деталей подкладки, выстегивание деталей (спинки, полочки, рукава), прикрепление аппликаций	+	+	-
Мужской костюм	Капроновое и полиэфирное волокно	Соединение деталей подкладок изделия и карманов	+	+	-
Женский костюм	То же	Соединение деталей подкладки и верха, стачивание вытачек, надставок, подборок, обтачивание деталей, выполнение отделочных строчек	+	+	-
Мужские сорочки, женские, блузки	Капроновое, полиэфирное, синтетическое волокно (65%) в ткани из смеси волокон	Стачивание деталей, обтачивание деталей по контуру, закрепление низа изделий	+	-	-
Корсетные изделия	Капроновое волокно	Соединение деталей, прикрепление аппликаций, кружева и др. отделок	+	+	-
Пальто, куртки, пиджаки	Искусственная кожа с термопластичным покрытием	Соединение деталей, обтачивание по контуру, выполнение отделочных строчек, тиснение	-	+	+
Рукавицы и спец-одежда	Материал с термопластичным покрытием	Соединение деталей, герметизация швов	-	+	+

для сварки тонких пленок и текстильных материалов с пленочным термопластичным покрытием при изготовлении специальных видов одежды.

Существенными недостатками способа являются: возможность перегрева поверхностного слоя материала, непосредственный контакт с материалом и давление его на материал, что приводит к выдавливанию расплава материала в околошовной зоне и снижению прочности соединений.

Частным примером является термоимпульсная сварка, где для перевода материалов в вязкотекучее состояние используются металлические пластины, нагреваемые с помощью импульсов тока. Далее тепло отводится от пластин и готовый шов остывает.

Высокочастотная сварка тканей.

Метод высокочастотной сварки основан на генерации тепла внутри свариваемых тканей с помощью высокочастотного поля. Данный процесс производится под давлением, для чего используется точечное (роlikовое) воздействие или параллельное (пресс).

При высокочастотной сварке материалы помещаются между электродами, к которым подается переменный ток высокой частоты. Выделяемое электродами тепло за 2-3 с сваривает материалы. Электроды при этом остаются холодными, поэтому изолировать их нет необходимости. Аппараты для высокочастотной сварки снабжены набором электродов различной формы, поэтому существуют два способа высокочастотной сварки: параллельный и последовательный.

Наибольший интерес для швейной промышленности представляет параллельный, как наиболее производительный, выполняется он обычно на прессах. Недостаток высокочастотной сварки – сложность и высокая стоимость установок, а также необходимость местной или общей экранизации. Этот способ сварки используют для изготовления петель, рельефных отделочных швов в одежде из искусственной кожи, воротников, манжет, карманов мужских сорочек из синтетических тканей, для прикрепления эмблем и аппликаций к деталям одежды.

Ультразвуковая сварка тканей.

Процесс сварки ультразвуком можно рассматривать как чистое воздействие механических колебаний, в результате которых от трения поверхностных слоев в молекулярных цепях возникает необходимое для сварки тепло. При сварке пластмасс, плохо проводящих УЗ колебания, энергия УЗ колебаний преобразуется в тепло в результате микроударов или в результате поглощения УЗ колебаний на свариваемых границах. В начальный момент сварки непосредственно перед волноводом, вследствие того, что здесь возникают наибольшие температуры, образуется вязкотекучая прослойка. Под действием сварочного давления она вдавливается во внутренние слои материала. При малой поверхностной плотности материала вязкая масса проникает до его противоположной стороны, вызывая подогревающее действие по всей толщине; что значительно сокращает продолжительность сварки.

Ультразвуковую сварку применяют для соединения деталей одежды из тканей и трикотажных полотен, основных подкладочных материалов и утепли-

теля. Наибольший интерес вызывает использование ультразвукового метода для безниточного крепления пуговиц к одежде из тканей (так называемый «комби-текс»). Специальные пуговицы на ножках из термопластичного материала устанавливаются на ткань и прижимаются сверху металлической пластиной, а снизу – металлическим излучателем УЗ-колебаний. При одновременном воздействии на пуговицу УЗ-колебаний и давления, материал ее ножки нагревается до вязкотекучего состояния и проникает в структуру ткани, а затем формируется на другой ее стороне. Использование этого способа, например на сорочках, позволяет совместить операции прикрепления пуговиц на переднюю часть сорочки и застегивание сорочки, т. к. пуговицы могут устанавливаться сквозь петли. Возможно и одновременное прикрепление пуговиц на перед, воротнике и манжетах. Прикрепление пуговиц осуществляется на специально разработанной установке «Комби-текс». С ее помощью можно прикрепить пуговицы как к отдельным деталям, так и к готовому изделию. При сварке исключается потребность в скрепляющих материалах (нитки, клей, растворители), необходимых для ниточных и клеевых соединений.

В швейном производстве применяют и комбинированные соединения. Комбинированное соединение представляет собой сочетание каких-либо двух методов соединения, например, ниточного и сварного, и применяется в основном при изготовлении защитной и специальной одежды.

Комбинированные швы различных конструкций используют при изготовлении специальной одежды, предназначенной для защиты человека от агрессивной среды. Комбинированные швы с применением ниточной строчки и сварки имеют высокую прочность и герметичность, но обладают повышенной жесткостью. Ширина комбинированных швов зависит от ширины линии сваривания, заполненной свариваемыми материалами, расстояния, заполненного клеем, или ширины герметизационной ленты. Число стежков в ниточной строчке, расстояние строчки от края соединяемых деталей, ширину шва и его толщину устанавливают в зависимости от назначения изделия, применяемого материала и указывают в соответствующих разделах технического описания.

Применение сварки в швейном производстве открывает огромные возможности механизации и автоматизации. Так, при обработке петель рост производительности труда составляет 150 – 200 % по сравнению с ниточным способом. В сварных швах не допускается стягивание, растяжение, посадка материала, прожоги, несоединенные места, продавливание, перекосы, смещения, загрязнения. Концы сварных соединений дополнительно не закрепляются. Исходя из этого можно прийти к выводу, что сварка швейных изделий является трудосберегающей и высокопроизводительной технологией в швейной промышленности с большим будущим.

Ответ подготовлен с использованием справочных материалов

● #1223

Современные требования безопасности к системам управления машин и механизмов*

О.Г. Левченко, д.т.н., С.Ф. Каштанов, к.т.н., НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского» (Киев)

В соответствии с существующими требованиями в сфере безопасности промышленного оборудования системы управления оборудованием машин и механизмов в зависимости от условий их эксплуатации должны гарантировать выполнение тех или иных функций безопасности и контроля с целью обеспечения приемлемых уровней рисков негативного воздействия на персонал опасных и вредных производственных факторов.

Цель данной статьи – определение основных особенностей проектирования и эксплуатации систем управления оборудованием машин и механизмов с учетом современных международных требований безопасности.

Процесс разработки и проектирования любого промышленного оборудования, в т. ч. и сварочного, предусматривает обязательное выполнение требований Directive 2006/42/ЕС и действующих в этой сфере технических регламентов и стандартов EN ISO 12100, ISO 14121, EN 954-1, EN ISO 13849 и IEC 62061 [1-7].

Необходимо отметить, что применение каких-либо защитных мер, используемых для устранения существующих опасностей и снижения уровней возможных рисков, должно осуществляться в определенной последовательности в соответствии с требованиями EN ISO 12100-1, что проиллюстрировано на рис. 1.

1 этап – предотвращение опасностей: устранение существующих опасностей и снижение уровней возможных рисков за счет соответствующих конструктивных решений на этапе проектирования и разработки машины.

2 этап – защита от опасностей: снижение уровней возможных рисков за счет введения необходимых защитных мер.

3 этап – определение (выявление) других источников опасностей: снижение уровней возможных рисков за счет предоставления дополнительной

необходимой информации (предупреждений) об остаточных рисках.

Если окончательный результат 1 этапа «Предотвращение опасностей» не приводит к достаточному снижению уровней возможных рисков в соответствии с требованиями EN ISO 12100-1, то итерационный процесс при проектировании машины должен быть использован также и на 2 этапе «Безопасные опасности» в соответствии с требованиями EN ISO 13849-1 и IEC 62061. Оценка существующих рисков осуществляется в соответствии со стандартами EN ISO 12100-1 и ISO 14121-1 [4].

Те части систем управления машиной, которые решают задачи безопасности, определены в международных стандартах, как «safety-related parts of control systems» (SRP/CS). Согласно требованиям обоих стандартов (ISO 13849-1 и IEC 62061) необходимые функции безопасности должны быть обеспечены именно за счет применения SRP/CS.

В отличие от EN 954-1 [5], в котором использовался детерминистский (качественный) подход, в EN ISO 13849-1 [6] используется уже вероятностный подход, позволяющий реализовать количественное рассмотрение показателей безопасности. Для того, чтобы классифицировать уровни безопасности систем управления оборудованием машин в стандарте EN ISO 13849-1 используется пять значений уровней безопасности (УБ) – это уровни PL (a, b, c, d, e), которые зависят от способности элементов систем управления, связанных с обеспечением безопасности, выполнять функции безопасности в предвиденных обстоятельствах и характеризуются значениями среднего времени наработки до возникновения опасного отказа (MTTFd) или вероятностью опасного отказа в час (PFHd). При этом на уровне PL «a» обеспечивается самый низкий вклад функций управления в снижение риска, а на уровне PL «e» – самый высокий. Окончательная проверка всех защитных мер, обеспечивающих надежное выполнение предусмотренных функций безопасности (ФБ), является обязательной составной частью EN ISO 13849-2.

По сути, стандарты IEC 62061 [7], как и EN ISO 12100-1 [3], являются альтернативой EN ISO 13849-1. Уровень функциональной безопасности систем управления оборудованием машин согласно IEC 62061 определяется тремя уровнями полноты безопасности (УПБ) SIL – «Safety Integrity» (1, 2, 3). Эти дискрет-

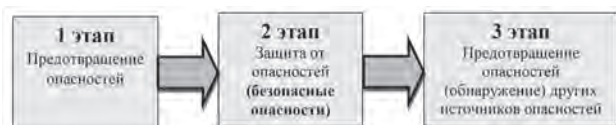


Рис. 1. Последовательность выполнения защитных мероприятий согласно EN ISO 12100-1

* Часть 1, часть 2 – «Сварщик в России» № 2 – 2020

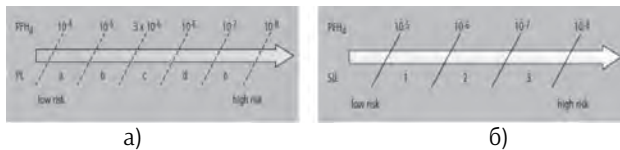


Рис. 2. Взаимосвязь вероятности опасного отказа в час (PFHd):

- а) с уровнем безопасности (УБ) PL (EN ISO 13849);
 б) с уровнем полноты безопасности (УПБ) SIL (IEC 62061)

ные уровни устанавливают требования к полноте безопасности функций управления электрических, электронных и программируемых электронных систем управления, связанных с безопасностью (СБЭСУ), и эти уровни находятся в прямой зависимости от значений вероятности опасных отказов в час (PFHd).

На рис. 2, а, б приведены взаимосвязь вероятности опасного отказа в час (PFHd) с уровнем безопас-

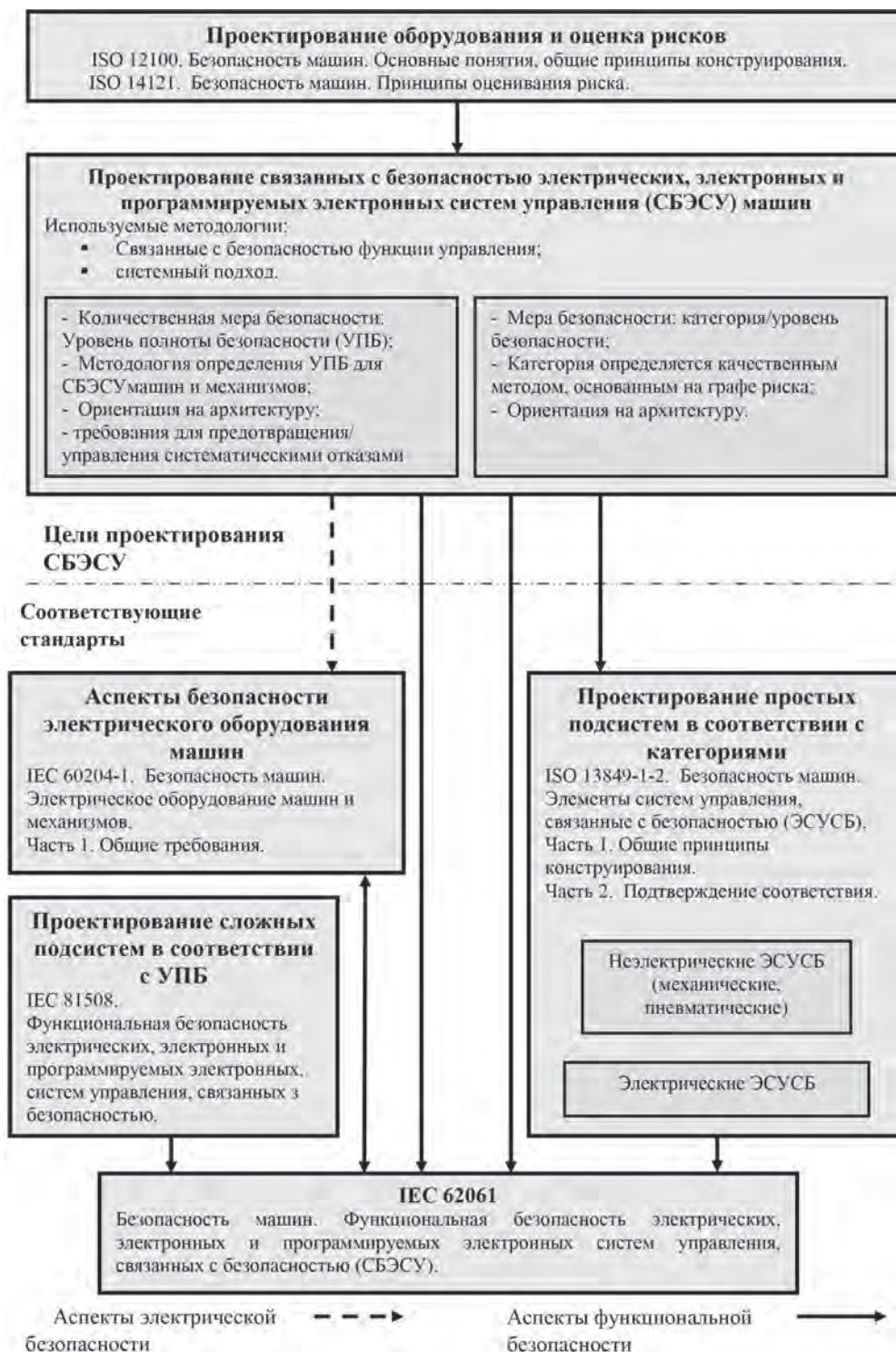


Рис. 3. Аспекты электрической и функциональной безопасности

ности (УБ) PL (EN ISO 13849) и уровнем полноты безопасности (УПБ) SIL (IEC 62061).

Применение обоих стандартов, как EN ISO 13849-1, так и IEC 62061 предполагает выполнение соответствующих важных требований по обеспечению безопасности в зависимости от используемой технологии реализации связанных с безопасностью функций управления оборудованием (табл. 1).

На рис. 3 представлена существующая взаимосвязь стандарта IEC 62061, регламентирующего тре-

бования функциональной безопасности к электрическим, электронным и программируемым электронным системам управления, с другими стандартами в сфере безопасности, включая и стандарт EN ISO 13849, при проведении оценки рисков и проектировании, связанных с безопасностью систем управления оборудованием машин и механизмов (СБЭСУ).

Для любой связанной с безопасностью системы управления, с учетом отказоустойчивости её аппаратных средств и используемых в системе управления

Таблица 1. Рекомендуемое применение стандартов ISO 13849-1 и IEC 62061

Вариант	Технология реализации связанной(ых) с безопасностью функции(ий) управления	EN ISO 13849-1	IEC 62061
A	Неэлектрическая, например, гидравлика	«X»	Не охватывает
B	Электрохимическая, например, реле или несложные электронные устройства	Ограничено установленными архитектурами (Примечание 1) и до УБ = PLe	Все архитектуры и до УПБ = SIL 3
C	Сложные электронные устройства, например, программируемые	Ограничено установленными архитектурами (Примечание 1) и до УБ = PLd	Все архитектуры и до УПБ = SIL 3
D	A в сочетании с B	Ограничено установленными архитектурами (Примечание 1) и до УБ = PLe	«X» (Примечание 3)
E	C в сочетании с B	Ограничено установленными архитектурами (Примечание 1) и до УБ = PLd	Все архитектуры и до УПБ = SIL 3
F	C в сочетании с A или C в сочетании с A и B	«X» (Примечание 2)	«X» (Примечание 3)

«X» - означает, что данную технологию регламентирует стандарт, указанный в заголовке колонки таблицы.

*Примечания: Установленные архитектуры определены в EN ISO 13849-1, приложение B, где дан упрощенный подход для квантификации уровня безопасности (УБ) PL. УБ – уровень требуемого минимального снижения риска.

Для сложных электронных устройств используют установленные структуры (архитектуры) до УБ = PLd согласно EN ISO 13849-1 или любые архитектуры согласно IEC 62061.

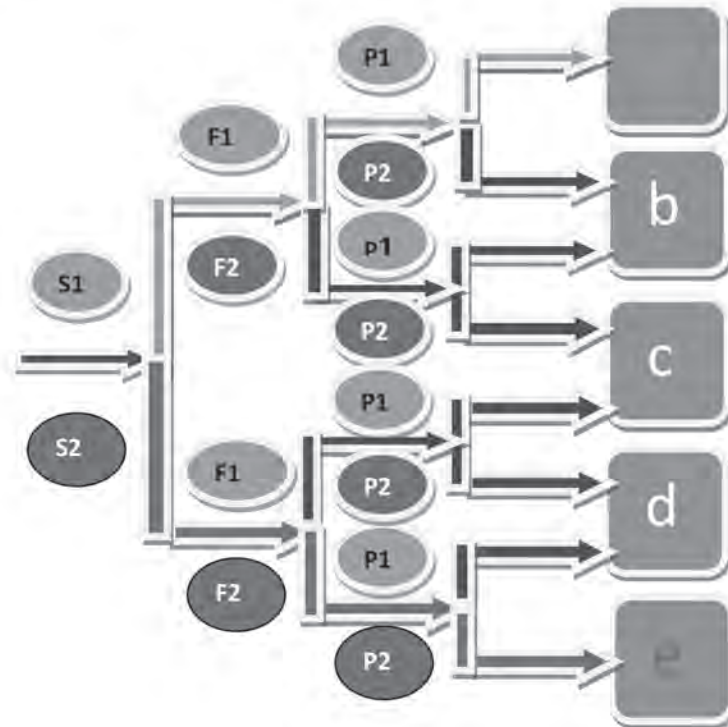
Элементы, основанные на неэлектрической технологии, согласно EN ISO 13849-1 используют в качестве подсистем.

Таблица 2. Показатели (параметры) безопасности (Safety parameters) в соответствии со стандартом EN ISO 13849-1

Показатели (параметры) безопасности	Примечание
Structure /category (Cat)/	Структурные требования (Категория). Классификация, связанная с безопасностью частей (элементов) оборудования и системы управления, определяется с учетом отказоустойчивости аппаратных средств и использованных в системе управления диагностических функций и их надежности.
MTTfd Mean Time to Dangerous Failure	Среднее время наработки до возникновения опасных отказов.
B10d Number of cycles until 10% of a number of tested and worn components (e.g. electromechanical components) have failed	Количество циклов, когда количество отказавших компонентов, достигает 10% (Для электрохимических компонентов).
nop Mean number of annual operations	Среднее число операций в год.
CCF Common Cause Failure	Отказы различных элементов (компонент), когда эти отказы происходят по общей причине - в результате одного (единичного) события.
DCavg Average Diagnostic Coverage	Средняя величина диагностического покрытия тех функций управления, которые гарантируют необходимый уровень безопасности. Обеспечивает снижение вероятности опасных отказов в результате выполнения автоматических диагностических тестов.
PL Performance Level	Уровень безопасности (уровень исполнения). Дискретный уровень, который используется для определения способности частей (компонентов) оборудования, связанных с выполнением функции безопасности системой управления, обеспечивать при предполагаемых условиях необходимый уровень безопасности. Классификация от PLa (наивысшая вероятность отказа) – к PLe (самая низкая вероятность отказа).
T10d Operating time, time of use of the safety-related control function	Среднее время работы, связанное с обеспечением функций безопасности и контроля в системе управления (это время, в течение которого 10% компонентов имеют опасные отказы).

Уровень **a** = самый низкий уровень риска (low risk)

Уровень **e** = самый высокий уровень риска (high risk)



Параметры риска:

(Risk parameters):

S – тяжесть травмы

S1 небольшие (обычно излечимые травмы)

S2 серьезные (как правило, неизлечимые) травмы

F – частота и/или подверженность опасности

F1 – редко, не очень часто и / или кратковременное воздействие

F2 – часто, скорее непрерывно и/или долговременное воздействие

P – возможность избежать опасности или ограничение нанесенного вреда

P1 – возможно при определенных условиях

P2 – вряд ли возможно (маловероятно)

Рис. 4. Алгоритм (граф) определения необходимого уровня безопасности (УБ) PL (a, b, c, d, e) по стандарту EN ISO 13849

диагностических функций и их надежности, должны быть определены связанные с безопасностью частей (элементов) оборудования и систем управления показатели (параметры) безопасности. Для стандарта EN ISO 13849 (табл. 2) это: Structure/category; MTTFd; B10d; α ; CCF; DCavg; PL; T10d. Для стандарта IEC 62061 (табл. 3) это: Structure/subsystem (SS) architecture; PFHd; B10; λ d/ λ ; C; β ; DC; SIL.

Рекомендуемый для применения алгоритм (граф) определения необходимого уровня безопасности (УБ) PL (a, b, c, d, e) по стандарту EN ISO 13849 приведен на рис. 4.

Согласно стандарта EN ISO 13849-1 (табл. 2) структуры (архитектуры) элементов систем управления, связанные с безопасностью (ЭСУСБ), определяются в зависимости от выбранной категории:

• **Категория В** – базовая категория (структура на рис. 5).

Элементы системы управления, связанные с безопасностью, должны быть, как минимум, разработаны и сконструированы в соответствии с современным уровнем техники, а также должны противостоять ожидаемым внешним воздействиям.



Рис. 5. Структура для категории В (одноканальная)

• **Категория 1** (структура на рис. 6).

Элементы системы управления, связанные с безопасностью, должны быть разработаны и сконструированы с использованием проверенных компонентов и надежных принципов безопасности.

• **Категория 2** (структура на рис. 7).

Функции элементов системы управления, связанные с безопасностью, должны периодически контролироваться (тестирование, диагностика) с определенными временными интервалами. Как правило, тестирование (диагностика) осуществляется периодически во время работы с учетом анализа существующих рисков. Тестирование (диагностика) может осуществляться автоматически или вручную, но обязательно при каждом запуске и, желательно, перед возникнове-



Рис. 6. Структура для категории 1 (одноканальная)

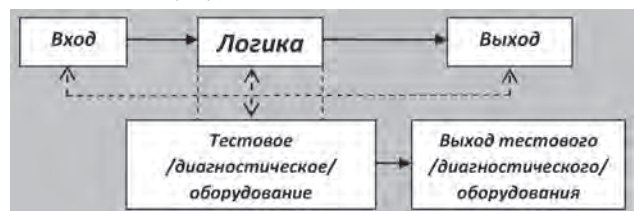


Рис. 7. Структура для категории 2 (одноканальная, контролируемая)

Таблица 3. Показатели (параметры) безопасности (Safety parameters) в соответствии со стандартом IEC 62061

Показатели (параметры) безопасности	Примечание
Structure /subsystem (SS) architecture/	Структурные требования (архитектура подсистем). Классификация подсистем, выполняющих функции управления и связанных с безопасностью, которые имеют архитектуру в соответствии с IEC 62061 и выполнены с учетом требований к отказоустойчивости аппаратных средств и использованных в системе управления диагностических функций и их надежности
PFHd Average probability of dangerous failure per hour	Вероятность опасных отказов в час
B10 Number of cycles until 10% of a number of tested and worn components (e.g. electromechanical components) have failed	Число циклов, когда количество отказавших компонентов, достигает 10% (Для электромеханических компонентов)
λ_d/λ Ratio between the dangerous failure rate and the total failure rate proportion of dangerous failures	Отношение интенсивности опасных отказов в общей интенсивности отказов в час
C Mean number of hourly cycles	Среднее число рабочих циклов, заданных для применения
β Beta factor. Common cause failure factor	Бета-фактор. Коэффициент отказа по общей причине или восприимчивость к отказам по общей причине - в результате одного (единичного) события
DC Diagnostic Coverage	Средняя величина диагностического покрытия тех функций управления, которые гарантируют необходимый уровень безопасности. Обеспечивает снижение вероятности опасных отказов в результате выполнения автоматических диагностических тестов
SIL Safety Integrity Level	Уровень полноты безопасности. Показатель уровня обеспечения безопасности, связанной с безопасностью электрических компонентов системы управления машиной. Всего три уровня 1, 2 и 3. SIL1 (самый низкий уровень) – SIL3 (самый высокий уровень) безопасности

нием возможной опасной ситуации.

• **Категория 3** (структура на рис. 8).

Один отказ в элементах системы управления, связанных с безопасностью, не приводит к потере функции безопасности всей системы. В то же время, поскольку в системе управления не используется функция самоконтроля и поэтому не все неисправности могут быть обнаружены, то накопление таких не выявленных неисправностей все же может со временем вызвать опасную ситуацию.

• **Категория 4** (структура на рис. 9).

Один отказ в элементах системы управления, связанных с безопасностью, не приводит к потере функции безопасности всей системы. При использовании функ-

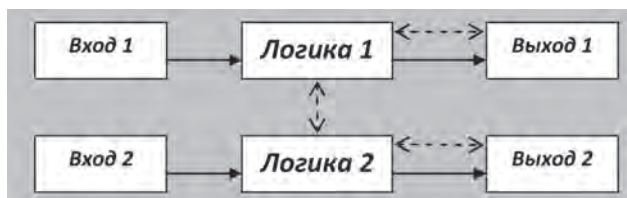


Рис. 8. Структура для категории 3 (двухканальная, без функции самоконтроля)



Рис. 9. Структура для категории 4 (двухканальная, с функцией самоконтроля)

ции самоконтроля эта неисправность должна быть обнаружена немедленно или до возникновения следующей потенциальной опасности. Если это невозможно, то должны быть обеспечены условия, при которых накопление неисправностей не должно приводить к потере функции безопасности всей системы управления.

Литература

1. Machinery Directive: Directive 2006/42/EC of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006. / Official Journal of the European Union. - 09.06.2006. - L157. - P. 24-86.
2. Постановление КМ Украины от 30 января 2013 г. № 62 об утверждении Технического регламента безопасности машин (с изменениями, внесенными согласно Постановлению КМ № 632 от 28.08. 2013 г.).
3. EN ISO 12100-1/2. «Safety of machinery General principles for design and risk evaluation. Basic concepts».
4. ISO 14121-1. «Safety of machinery – Risk – Principles».
5. EN 954-1. «Safety of machinery SRP/CS. General principles for design».
6. EN ISO 13849-1/-2. «Safety of machinery - Safety-related parts of control systems».
7. IEC 62061. «Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems».

● #1224

Этапы большого пути

А.А. Мазур, канд. экон. наук, Н.С. Онищенко, ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ (Киев)

Истоки.

Патоновская школа возникла и формировалась на рубеже 1920–1930-х гг. под руководством выдающегося ученого и инженера Евгения Оскаровича Патона – широко известного теоретика и практика мостостроения. Интуиция и опыт инженера позволили ему понять, что дальнейшее развитие мостов и других металлических конструкций невозможно на основе применения клепки. Альтернативой клепке должна была стать сварка. Однако применялась сварка в то время без должной научной и технологической проработки, что порой приводило к серьезным разрушениям ответственных конструкций.

«Я родился в 1870 г. в семье русского консула в Ницце, бывшего гвардейского полковника Оскара Петровича Патона» – так начинаются «Воспоминания» Е.О. Патона. И дальше: *«Уже много лет мой отец жил на чужбине и часто признавался домашним в острой тоске по родине. Он опасался, как бы его дети, родившиеся за границей, не выросли иностранцами, людьми без роду и племени, как бы не схватили они прилипчивую отвратительную болезнь, гораздо более опасную, чем все известные хвори: страсть к наживе, к праздному ничегонеделанию»*. Отец хотел видеть своих детей независимыми, но чтобы независимость эта основывалась не на паразитизме, а на своем собственном месте в жизни, заработанном честным трудом. Отправляя сына во взрослую жизнь, отец сказал ему: «Запомни одно – хочу, чтобы из тебя вышел серьезный человек, чтобы ты был нужен еще кому-нибудь, кроме самого себя и своих родителей».

В 1888 г. Е.О. Патон окончил гимназию в Бреслау, где в то время работал консулом его отец и поступил на инженерно-строительный факультет Дрезденского политехнического института, известного тогда своей сильной мостостроительной школой, который блестяще окончил в 1894 г.

Рослый, плечистый, физически сильный, с большим запасом энергии и сил, блестяще знающий, кроме родного русского, английский, немецкий и французский языки, с задатками преподавателя, по окончании института получил несколько предложений: занять место ассистента при кафедре статистики сооружений и мостов и одновременно – работу конструктором в проектно бюро по строительству нового дрезденского вокзала. Отец, бывший инженер, посоветовал принять оба предложения: не следует замыкаться только в преподавательской скорлупе.

Молодой инженер быстро освоился со своим новым положением на кафедре. Участие в проек-

тировании вокзала открывало неоценимую возможность с первых же шагов на практике закрепить знания, полученные на студенческой скамье. На крупнейшем мостостроительном заводе в январе 1895 г. ему доверили рабочий проект шоссейного моста и другие конструкторские работы по мостам. Перед молодым Патоном была открыта блестящая карьерная перспектива в Германии, а он мечтал... Мечтал строить мосты в России! Причины выбора именно этой профессии Е.О. Патон объяснял так: *«Мне нравятся точные науки не сами по себе, а возможность их применения на практике. Абстрактные числа и формулы – не для меня. Другое дело увидеть их воплощенными в строительных конструкциях. А мосты – один из самых интересных видов таких конструкций. В России, на моей родине, сейчас идет строительство железных дорог – каждый знающий мостовик будет очень нужен»*.

Но в России того времени дипломы немецких инженеров не признавались. Поэтому в долгожданном ответе на его обращение из русского Министерства путей сообщения было: *«Согласие на просьбу господина Е.О. Патона в виде особого исключения может быть дано при условии, если он соизволит поступить на пятый курс Петербургского института инженеров путей сообщения, сдать экзамены по всем предметам и составить пять выпускных проектов. В противном случае министерство, к сожалению, вынуждено будет отказать»*.

Протестовать или оспаривать нелепое требование было бесполезно. Предстояло сделать ответственный выбор – возвращаться в Россию или навсегда остаться в Германии. И выбор был сделан – в августе 1895 г. Е.О. Патон выехал в Петербург, а в сентябре последовало «высочайшее повеление», по которому он был принят на 5-й курс Института инженеров путей сообщения с обязанностью выполнить все требования министерства. За полгода, с октября 1895 г. по май 1896 г., им была выполнена колоссальная работа, которая в обычных условиях потребовала бы 2-3-х лет. Подготовлены и сданы экза-



Е.О. Патон - студент

ны по 12 предметам, выполнены пять проектов, подготовлен и с блеском защищен дипломный проект. В мае 1896 г. в торжественной обстановке получен долгожданный диплом русского инженера.

Первые годы инженерной деятельности Е.О. Патона в России совпали с интенсивным железнодорожным строительством в стране – средний годовой прирост русских железных дорог составлял около 2,5 тыс. км.

В 1896 г. Патон приступил к проектированию мостов и металлических перекрытий в техническом отделе службы пути Петербурго-Московской железной дороги, совмещая это с педагогической деятельностью в Институте инженеров путей сообщения. В марте 1897 г. Е.О. Патон был переведен в Москву на должность начальника технического отдела и продолжил педагогическую деятельность в только что организованном Московском инженерном училище ведомства путей сообщения. Публикации работ Патона этого периода оказывали значительную помощь конструкторам в проектировании новых мостов.

В 1902-1907 гг. вышло первое издание его капитального труда «Железные мосты» в 4-х томах, выдержавшего впоследствии 5 изданий. Последнее, 5-е издание вышло в свет в 1935-1936 гг.

Летом 1904 г. Евгения Оскаровича пригласили в Киевский политехнический институт (КПИ) создать и возглавить кафедру мостов. Лекции, проектирование мостов и составление учебников были тесно связаны на протяжении последующих 30 лет его работы в КПИ.

В 1910 г. вышло 1-е издание курса «Деревянные мосты». В нем Е.О. Патон справедливо утверждал, что в богатой лесами России деревянные мосты имеют большие технико-экономические преимущества – низкую стоимость, небольшой срок строительства и еще долго будут востребованы. Курс «Деревянные мосты» (в дополненном виде) был

выпущен 2-м изданием в 1915 г. и с учетом опыта, полученного во время Первой мировой войны, 3-м изданием в 1921 г. Кроме этого, в 1918 г. был опубликован Курс «Восстановления разрушенных мостов».

Инженерная и научная деятельность ученого в этот период также была чрезвычайно напряженной. Он проек-

тирует много замечательных мостов, красивых и дешевых. Особую творческую радость принесло Патону создание в Киеве изящного пешеходного моста в конце Петровской аллеи, хорошо известного всем киевлянам, моста, который сделал этот неповторимый уголок одной из любимых городских достопримечательностей.

Первая мировая война, революция.

В 1913 г. Е.О. Патон подает в КПИ заявление об отставке по состоянию здоровья и уезжает на лечение сначала в Крым, а затем во Францию. Во Франции Патона застала Первая мировая война. Ученый-патриот считал, что он не вправе в тяжелые военные годы оставаться в стороне от интересов своей родины. Мостостроитель с европейским именем, лауреат Международного конкурса проектов мостов, на котором победил самого Эйфеля, не остается в Европе, а в 1915 г. возвращается в Киев, в ставший родным домом КПИ.

Война произвела переворот в мостостроении. Требовалось строительство новых и восстановление разрушенных мостов в большем количестве и в сжатые сроки. Нужны были экономичные деревянные и железные мосты, мосты с минимальными сроками и трудоемкостью постройки, в т. ч. в качестве временных сооружений. В этот период Патонем были созданы проекты упрощенных деревянных и разборных железных мостов, названных мостами Патона, разработано «Руководство по восстановлению разрушенных железнодорожных мостов».

Времена революции и Гражданской войны в Киеве были очень сложные, голодные и опасные (особенно для дворянской семьи). Кто только не бесчинствовал в Киеве, где за короткий срок 17 раз менялась власть.

Одним из первых декретов советской власти был декрет «Об уничтожении сословий и гражданских чинов». Для дворян это означало одно – крах привычной жизни. Все титулы, звания, гражданские и прочие чины, а также привилегии, действовавшие в Российской империи, были отменены. Выжить в новых условиях бывшим дворянам было крайне сложно, ведь новая власть считала их классовыми врагами.

Вспоминая эти времена, Евгений Оскарович писал: «Февральскую и еще более октябрьскую революцию я встретил растерянно. Мне казалось, что теперь неизбежно наступит хаос, полный развал. Ожесточенность, начавшаяся после Гражданской войны, и свирепый террор еще более смутили меня. Я хорошо видел, что представители победившей власти на местах подозрительно присматриваются к таим людям, как я. И это естественно – я тоже присматривался к новой власти. Многое оставалось мне непонятым. Я тоже лишился ценных бумаг и всего прочего. Но целью всей моей предыдущей жизни, как и многих других старых специалистов, была работа для родины. Я не разговаривал



Зав. кафедрой КПИ,
профессор Е.О. Патон, 1906 г.



Открытие цепного моста Е. Бош, 1925 г.

ни с одним большевиком, а их руководителей даже не видел. Но если они всерьез собираются управлять страной, им не обойтись без нас, без тех, кто умеет и хочет строить мосты».

Семья Патона могла уехать за границу, но Евгений Оскарович решил остаться. Находил работу для себя, для других преподавателей и студентов КПИ.

В творческом багаже, накопленном Патонам за годы своей работы в качестве инженера, к этому времени уже свыше 35 проектов мостов, большинство из которых реализованы. В числе реализованных и проект восстановления Киевского Цепного моста, взорванного белополяками. Для ученого, разрабатывавшего научные основы мостостроения, богатый практический опыт послужил хорошей базой в его дальнейшей деятельности, связанной с электрической сваркой.

Грандиозность задач восстановления разрушенного Гражданской войной хозяйства страны, экономические и технические проблемы, возникающие при их реализации, заставляли известного ученого искать ответы на вопрос – как можно сократить стоимость и сроки постройки мостов, повысить их надежность, снизить затраты труда, материалов, чем можно заменить трудоемкую и вредную для здоровья клепку?

Первая встреча со сваркой.

В 1928 г. заведующий кафедрой мостов, декан инженерно-строительного факультета КПИ, руководитель мостоиспытательной станции профессор Е.О. Патон проводит испытания капитально отремонтированного моста на одной из 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 впервые. 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». Он пони-

мал, что «электросварка – настоящая и самостоятельная область науки, в которой многое уже сделано, но еще больше остается неизведанного и неизученного».

Успешное наступление на клепку сварка вела на крупнейших стройках первой пятилетки. На Магнитогорском и Кузнецком металлургических комбинатах, несмотря на категорические возражения принимавших участие в проектировании и строительстве этих гигантов американских специалистов, с использованием сварки были изготовлены тысячи тонн металлоконструкций. Переход на сварку дал внушительный экономический эффект – расход металла снизился на 25 %, а сроки изготовления конструкций сократились вдвое.

Е.О. Патону 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 проведения комплекса научных исследований, включающих изучение механики сварных конструкций, металлургических процессов сварки, создания новых конструктивных материалов и сварочных технологий, оборудования, а также решения целого ряда организационных и экономических проблем сварки и сварочного производства в целом.

В 1929 г. Е.О. Патон был избран действительным членом Всеукраинской академии наук (ВУАН). В том же году он организует в составе академии Электросварочную лабораторию, которая в 1930 г. была преобразована в «Электросварочный комитет Всеукраинской академии наук», ядром которого стала электросварочная лаборатория на киевском заводе «Большевик».

В Электросварочном комитете в 1929-1933 гг. проводились работы по изысканию оптимальных форм сварных металлических конструкций и проверке прочности сварных соединений при различных видах нагрузки. Как указывал Е.О. Патон, *«необходимо было преодолеть недоверие к электросварке, доказать возможность и целесообразность замены клепаных конструкций сварными»*. Для развития и внедрения электросварки в народное хозяйство эти вопросы имели первостепенное значение.

Е.О. Патон и сотрудники Комитета провели большую работу по внедрению электросварки в промышленности. Под руководством Евгения Оскаровича был спроектирован и на киевском заводе «Ленинская кузница» в 1931 г. построен первый в СССР цельносварной речной буксирный пароход. Это достижение, а также работы В.П. Володина на Дальневосточном судостроительном заводе положили начало широкому применению сварки в речном и морском судостроении.

В этот же период Евгений Оскарович продолжал работы по более глубокому изучению возможностей применения сварки в мостостроении. Многие отечественные и зарубежные специалисты высказывали сомнения по этому поводу. Патон этих сомнений не разделял: *«Если при проектировании продумать все детали сварки, то есть 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 конструкции не проще, а иногда и много сложнее, но лучше клепаной конструкции. В особенности это относится к сварным мостам».*

В мемуарах Е.О. Патон так сформулировал свое отношение к 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 практике и помогает ломать, отбрасывать старое и негодное». И дальше: «Не считай свою работу законченной, пока ее не проверила жизнь, практика».*

Развивая эту мысль, Евгений Оскарович писал: *«Электросварочная лаборатория должна выпускать не пухлые научные отчеты, а по-настоящему помогать промышленности осваивать новые способы сварки металла... Придется много бывать на заводах, помогать там справляться с трудностями освоения сварки, готовить для заводов кадры, драться со сторонниками клепки».* Его заботили не только технические, но и экономические вопросы: *«Сколько труда можно сберечь, сколько рабочих рук высвободить и насколько сократить сроки».*

Именно тогда формировалась новая идеология научной работы, которая теперь называется *«патоновский стиль»*, *«патоновская школа»*.

Институт электросварки.

3 января 1934 г. Совнарком Украины утвердил постановление о создании Института электросварки – первого в мире специализированного центра по проведению научных и инженерных работ по сварке. Директором Института был назначен Е.О. Патон.

С самого начала Институт взял направление на всемерное развитие работ по заказам промышленности. Это предопределяло необходимость широкого внедрения результатов исследований в производственную практику, а также рациональное планирование и экономное расходование материальных и финансовых средств. Это было то, что позднее получило название *«хозяйственного расчета»*.

Тематика исследований диктовала состав структурных подразделений Института. Основным его отделом на первых порах являлся отдел сварных конструкций.

Иностранные специалисты, в частности немецкие, относились пренебрежительно и даже с ирони-

ей к результатам исследований Института: *«У нас в Германии господствует мнение о том, что для вибрационной нагрузки сварка вообще не годится. Это мнение активно поддерживают представители металлургических концернов».* Догадаться о не технических причинах такого мнения было нетрудно: владельцы концернов не были заинтересованы в экономии металла, т. к. это привело бы к существенному сокращению заказов.

Дальнейшие исследования и многолетний практический опыт полностью подтвердили правоту патоновцев. Предложенные Институтom методы борьбы с трещинами буквально на лету подхватывались заводскими специалистами. Это были только первые шаги, но и в современных трудах по борьбе с трещинами можно найти ссылки на то, что делалось Институтom в пору его рождения.

На повестке дня стояли также вопросы поиска путей повышения производительности и улучшения условий труда рабочих-сварщиков. С этой целью в Институте был создан отдел механизации дуговой и контактной сварки, а позднее – конструкторское бюро.

Серьезное значение Е.О. Патон придавал воспитанию специалистов по сварке. По его инициативе в 1935 г. в КПИ была организована кафедра сварки, которой он руководил с 1935 по 1939 гг. В 1947 г. кафедра, также по инициативе Е.О. Патона, была реорганизована в сварочный факультет, ставший основной кузницей кадров для Института электросварки.

Автоматическая сварка под флюсом.

В 1935 г. в стране широко развернулось стахановское движение, перевернувшее все прежние понятия о производительности труда. Сварщики-стахановцы ломали старые представления о возможностях ручной сварки. В негласном соревновании они побеждали специальный НИИ. И это был не последний случай, когда экономика, на этот раз необходимость повышения производительности труда, стимулировала разработки новых, более совершенных решений технологии и оборудования для сварки.

Завадам был нужен автомат, который варил бы со скоростью в 2-3 раза большей, чем это предусматривалось техническим заданием, со сварочным током не в сотни, а в тысячи ампер. Для этого необходимо было освободить сварочную проволоку от обмазки. На это еще в 1882 г. обратил внимание Н.Г. Славянов. В своей книге *«Электрическая отливка металлов»* он предложил защищать сварочную дугу битым стеклом.

Это была, безусловно, прорывная, гениальная по простоте идея. Но простота идеи еще не означала простоты ее реализации – в противном случае этот способ был бы подхвачен еще в начале 1930-х гг.

То, что автоматическая сварка под флюсом все-таки появилась в зарубежной промышленной

практике во второй половине 1940-х гг., во многом было следствием успехов советской сварочной науки и практики еще в 1930-е гг.

Институт обязался создать для Уралвагонзавода и до 1 июня 1940 г. продемонстрировать установку, которая позволит варить со скоростью 30 м/ч и значительно увеличит выпуск железнодорожных платформ. Заводчане приняли предложение. Они ничем не рисковали – Институт предлагал заводу оплатить работу только в том случае, если будут выполнены все требования заказчика.

Кроме представителей заказчика, на демонстрацию новой установки, переросшую в первую всесоюзную конференцию по автоматической дуговой сварке под флюсом, в июне 1940 г. в Киев были приглашены со всех концов страны представители заводов, НИИ, союзных наркоматов. Эта демонстрация стала примером 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, качество сварного шва и условия работы сварщика-оператора, скорость передвижения автомата, поразили всех присутствовавших – в 6-7 раз быстрее лучшего сварщика-ручника! Завод без колебаний принял и оплатил установку.

Сразу же поступили заявки и от других заказчиков. Но одна из них была особенно дорога сердцу старого мостовика – предложение Главстальконструкции Институту принять участие в строительстве большого моста через р. 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!»*.

После знакомства в Институте с технологией скоростной автоматической сварки под флюсом первый секретарь ЦК КП (б) Украины Н.С. Хрущев 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. При чем не стесняйтесь – дело этого стоит»*.

В начале декабря 1940 г. Е.О. Патона пригласили в Москву на согласование подготовленного по его записке проекта постановления правительства и ЦК ВКП (б) о внедрении скоростной автоматической сварки под флюсом на 20 крупнейших предприятиях страны. Все, что намечал Институт, вошло в этот проект, но во всем была сделана решительная поправка на неизмеримо большую широту



Н.С. Хрущев и Е.О. Патон перед войной

работ и на более сжатые сроки. Была установлена личная ответственность наркомов. Предусматривалось все, в чем могут нуждаться заводы для внедрения автоматической сварки. Были также предусмотрены ассигнования на постройку и оборудование нового здания Института электросварки.

Это была высокая оценка работы патоновцев. Но главное – Институт получил широкие возможности для дальнейшей работы и развития. Е.О. Патон был приглашен переехать на полгода-год в Москву и принять прямое участие в руководстве выполнением постановления, т.к. даже самое хорошее постановление – это только начало дела. Одновременно на него были возложены с 1 января 1941 г. обязанности члена Совета по машиностроению при Совнаркоме СССР. По настоятельной просьбе Е.О. Патона он оставался также руководителем созданного им в Киеве Института электросварки. Согласие правительства на такое совмещение было дано, и началась работа по выполнению первого в истории правительственного постановления о развитии в государственных масштабах сварочной науки, техники и производства в стране.

В истории Института потом будет много подобных постановлений, но это не только самое первое, но и самое главное. Реализовывался 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 был реализован разработанный Е.О. Патоном принцип научной деятельности: *«научный результат – инженерная разработка – заинтересованность промышленности – постановление правительства – широкое внедрение,*

поднимающее научные разработки на уровень решения государственных проблем». В последующие годы этот принцип неоднократно был использован Институтом для комплексного решения проблем повышения технического уровня сварочной науки и техники, качественного и количественного роста сварочного производства страны.

15 февраля 1941 г. Председатель Госплана СССР Н.А. Вознесенский, выступая с докладом на XVIII Всесоюзной конференции ВКП (б), остановился на проблеме общего улучшения технологии машиностроения, на необходимости автоматизации технологических процессов, в т.ч. широкого внедрения сварки по методу Института электросварки Академии наук УССР. И еще раз подчеркнул значение технического плана как составной и очень важной части плана развития народного хозяйства страны.

Имея за спиной постановление правительства, безусловную поддержку заместителя Председателя Совнаркома В.А. Малышева и Председателя Госплана Н.А. Вознесенского, Е.О. Патону удалось в сжатые сроки, установленные правительством, уже в первом полугодии 1941 г. внедрить автоматическую сварку при производстве вагонов, цистерн и котлов на 20-ти крупнейших заводах страны. 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. Патонов монография «Скоростная автоматическая сварка под слоем флюса» – первое издание подобного рода в истории мировой техники. Писал он ее вставая задолго до рассвета, т.к. рабочий день начинался в 6 ч. утра, заканчивался за полночь и до предела был загружен проблемами, связанными с постановлением. Учитывая актуальность темы, книгу издали за 6 дней после завершения работы над рукописью. Это был беспрецедентный случай – ни одно научное исследование в мире ни до, ни после не выходило в свет в такой короткий срок. В годы войны книга еще дважды переиздавалась, причем 3-е издание вышло в Свердловске в ноябре 1942 г.



Был накоплен опыт планирования, подготовки и контроля исполнения правительственного постановления по развитию сварочной науки, техники и производства, который неоднократно будет востребован и в дальнейшем. И главное – получен опыт организации успешного выполнения большого объема работ по внедрению передовых методов сварки в предельно сжатые сроки. Наркоматы при участии Института составляли планы дальнейшего расширения применения скоростной сварки на второе полугодие 1941 г. Дома ждала работа по сварке Наводницкого моста. В Институте работали уже более 100 сотрудников – сплоченный, дружный коллектив энтузиастов-единомышленников.

Директору 71 год. За разработку способа и аппаратуры для скоростной автоматической сварки ему в марте 1941 г. присуждена Сталинская премия первой степени. Он полон энергии и новых планов. Но наступило 22 июня 1941 г., и все мирные планы пришлось отложить.

Война, Нижний Тагил, Т-34.

С началом войны в Москве встал вопрос об эвакуации Института в южные районы востока страны. Патон ответил: «Это соблазнительно, там солнце, тепло и фрукты, но нам это не подходит. Мы хотим находиться там, где немедленно начнут выпускать оружие и боеприпасы», и обратился к Эвакуационной комиссии с просьбой перевести Институт на Урал, в Нижний Тагил и разместить его на территории Уралвагонзавода (УВЗ). На базе УВЗ и эвакуированного из Харькова завода им. Коминтерна, где велись работы по организации Уральского танкового завода. В Нижний Тагил также было эвакуировано КБ Харьковского завода, где в то время были сосредоточены лучшие силы отечественного танкостроения. Именно в Харькове был создан танк Т-34 и начато его производство.

В первые же дни войны многие рабочие, инженерно-технические работники и служащие Харьковского завода ушли на фронт. В боях с гитлеровцами под Смоленском и Ельней, где приняли участие харьковские Т-34, проявили доблесть и мужество лучшие за-



Танк Т-34.

водские испытатели танков. В дальнейшем их боевой опыт учитывался при совершенствовании машины.

Накопленный опыт совместной с УВЗ работы по применению автоматической сварки, большая заводская сварочная лаборатория со штатом квалифицированных специалистов, наличие базы по изготовлению сварочных приспособлений и сварочных материалов предопределили выбор Е.О. Патонам Нижнего Тагила как наиболее подходящего места для размещения Института с целью максимальной помощи фронту. Способствовала этому и близость промышленных гигантов – Уралмаша в Свердловске и Челябинского тракторного завода, которые вместе с УВЗ превращались в крупнейшие центры отечественного танкостроения.

На новом месте патоновцам пришлось начинать практически с нуля. Оборудования, комплектующих и материалов пришло намного меньше, чем ожидал директор. Из 100 человек старой гвардии, с которой был пройден весь довоенный путь Института, приехало только 38 человек. Из четырех заведующих отделами на месте был только один. Приехало всего лишь по 8 старших и младших научных сотрудников и 2 инженера. Из рабочих экспериментальных мастерских не было ни одного – все были мобилизованы на фронт.

Небольшой коллектив Института к концу пребывания в Нижнем Тагиле вырос с 38 до 80 человек. Это было дружное сообщество, работавшее по суворовской формуле – не числом, а умением.

Нужно было резко повысить качество сварных швов и производительность труда, обеспечить бесперебойное массовое производство танков при од-

новременном снижении затрат.

В начале января 1942 г. был сварен первый образец. Технология, оборудование и сварные швы прошли успешную апробацию. По итогам испытаний нарком танковой промышленности В.А. Малышев подписал приказ о массовом внедрении автоматической сварки под флюсом при выпуске танков. Уже к августу 1942 г. была разработана и введена в строй первая в мире поточная линия сварки бронекорпусов, оснащенная установками автоматической сварки, это позволило решить острую проблему дефицита высококвалифицированных сварщиков и обеспечить массовый выпуск танков.

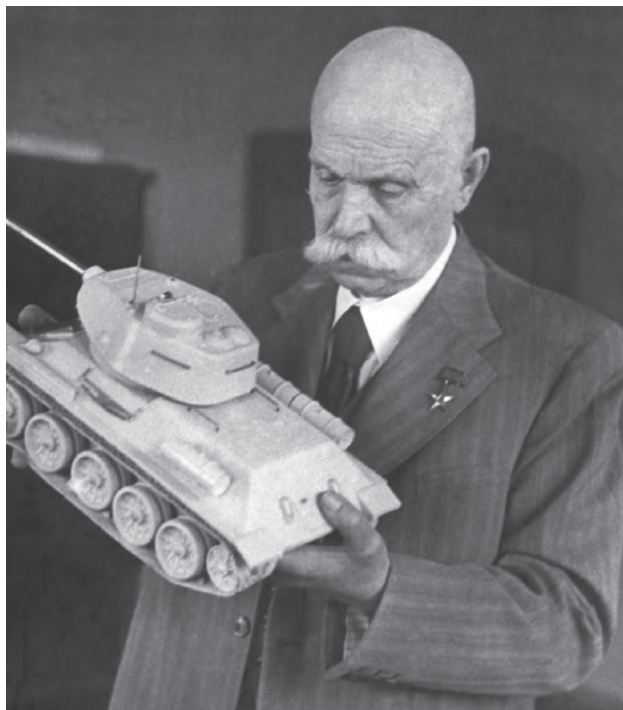
Дело в том, что в ходе войны на фронт с заводов была мобилизована основная масса квалифицированных рабочих, в т.ч. сварщиков. Здесь необходимо отметить, что в США и в первые годы войны в Германии с танковых заводов в армию не было призвано ни одного специалиста или квалифицированного рабочего. В Нижнем Тагиле на смену пришла необученная молодежь допризывного возраста, юноши и девушки 16-18 лет, приехавшие из курских, мордовских и чувашских сел, которых с ходу необходимо было включать в работу. Эта трудная задача была решена путем ускоренной подготовки с помощью инструкторов-патоновцев сварщиков прямо на рабочих местах для работы на сварочных автоматах. Многие из них были такими маленькими, что приходилось подставлять им под ноги ящики, чтобы они могли дотянуться до пульта управления. Но уже через некоторое время, сначала с помощью патоновцев, а затем и самостоятельно, молодежь прекрасно справлялась со сваркой так нужных фронту «тридцатьчетверок».

Сотрудники Института работали не только в роли инструкторов и консультантов, они вместе с заводчанами отвечали за программу. Они начинали и заканчивали смену вместе с заводчанами, работая по 10-12 ч. Все сотрудники Института, включая 72-летнего директора и двух его сыновей Владимира и Бориса, непосредственно участвовали в монтаже и наладке сварочных установок.

В предисловии к вышедшему в ноябре 1942 г. в Свердловске третьему изданию монографии «Скоростная автоматическая сварка под слоем флюса», Евгений Оскарович отмечал, что оно «Коренным образом было переработано в соответствии с новыми достижениями в области скоростной сварки, полученными патоновцами за последний год работы».

Именно в этой монографии в 1942 г., в самое тяжелое для страны и для Института время, в мировой научно-технической литературе по сварке впервые появилось новое имя – Борис Евгеньевич Патон.

Из официального отчета за 1942 г. видно, какой огромный объем работ выполняли сотрудники Института. В дополнение к своей непосредствен-



Академик Е.О. Патон

ной задаче – обеспечить выпуск требуемого количества танков – они еще проводили исследования по совершенствованию технологии сварки и сварочной аппаратуры.

Применение автоматической сварки вместо ручной только в Нижнем Тагиле снизило в 5 раз трудоемкость изготовления бронекорпусов, обеспечило 43 % экономии электроэнергии и электродов. Сварочные автоматы заменили более 300 высококвалифицированных сварщиков и обеспечили высокое качество сварных швов. Недаром на фронте у танкистов появилась легенда, что в далеком тылу седой академик своим молоточком проверяет каждый сварной шов – отсюда их высокое качество. Успехи советской танковой промышленности, всевозрастающее количество и качество советских танков на фронте вызывали тревогу в стане врага. Министр пропаганды III Рейха Геббельс в январе 1943 г. заявил: *«Кажется каким-то чудом, что из обширных степей России появлялись все новые массы людей и техники, как будто какой-то великий волшебник лепил из уральской глины людей и танки в любом количестве».*

Уже в 1942 г. СССР выпустил 24,7 тыс. танков, тогда как Германия только 9,3 тыс. средних и легких. Это в два с лишним раза превысило объем производства на немецких заводах и заводах оккупированных европейских стран за этот же период. Недаром крупный английский военный историк и теоретик Лиддел Гарт в своей фундаментальной монографии «Вторая мировая война» писал: *«В ходе войны Советский Союз выиграл второй Сталинград – огромный и бесшумный. Выплавляя в два раза меньше металла, чем Рейх, СССР за войну выпустил в два раза больше танков».*

Хейнц Гудериан, один из крупнейших теоретиков «блицкрига», отводивший главную роль в современной войне крупным танковым соединениям, писал в своих послевоенных мемуарах *«о все понижаящейся боевой мощи германских бронетанковых войск перед лицом постоянно увеличивающейся, благодаря серийному производству превосходного русского танка Т-34,*

боевой мощи советских танковых сил». Непредвзятое мнение высокопрофессионального специалиста, нашего прямого противника на полях танковых сражений Второй мировой войны, дорогого стоит.

За счет мощного дизельного двигателя средний танк Т-34 легко разгонялся до 54 км/час по шоссе и до 25 км/ч по пересеченной местности, практически не уступая легким танкам в скорости. Благодаря широким гусеницам танк легко преодолевал самую вязкую грязь и снежные заносы, где немецкие танки лихо воевавшие на европейских автобанах, безнадежно застревали.

По рейтингу "Top Ten Tanks", составленному телеканалом "Military Channel" в 2007 г. на основе результатов опросов британских и американских военных экспертов, лучшим танком XX века стал советский Т-34. В 2017 г. этот же авторитетный телеканал назвал Т-34-85 лучшим танком XX века.

26 мая 1945 г. с конвейера в Нижнем Тагиле сошел танк под номером 35 000. Эту историческую машину было решено поставить у проходной завода в память о трудовом подвиге уральских танкостроителей и ученых-патоновцев, которые не щадили себя, обеспечивая фронт танками в нужном количестве.

Спустя 45 лет при реконструкции завода возникла необходимость передвинуть танк на новую площадку. Мотор завелся сразу, и танк своим ходом перешел на подготовленный для него новый постамент. Ни годы, ни уральские морозы, ни летний зной не сказались на замечательной машине.

Внедрение автоматической сварки шло невиданными ранее темпами. Кроме танковых заводов, Институт внедрял автоматическую сварку и на др. оборонных предприятиях. Впервые в мире автоматизация сварки позволила организовать массовое производство фугасных авиабомб, артиллерийских снарядов, в т.ч. реактивных снарядов для «катюш», целый ряд других видов боеприпасов и вооружения для нужд фронта.

Несмотря на то, что в годы войны все силы Института были сосредоточены на решении проблем выпуска танков и др. оборонной техники, продолжались научные исследования по совершенствованию технологии и оборудования для сварки спецсталей, дальнейшего внедрения их в оборонной промышленности. При участии Института была освоена сварка авиационной брони, что сделало возможным выпуск еще одного танка, на этот раз «летающего», наводившего на немцев страх штурмовика Ил-2, удивительного по своей живучести самолета.

Годы работы в Нижнем Тагиле институтские ветераны, несмотря на все трудности быта, на нечеловеческие рабочие нагрузки и высочайшую ответственность за результаты своего труда, считали самыми счастливыми годами своей жизни.

У. Черчилль, отвечая в 1945 г. на вопросы жур-



Е.О. Патон с сыновьями Владимиром и Борисом, 1945 г.



Танк Т-34 - рядом с 1-м корпусом ИЭС им. Е.О. Патона

налистов, какое оружие Второй мировой войны он хотел бы отметить особо, сказал: *«Английская 87,6 мм пушка-гаубица, немецкий самолет «Мессершмитт-109 и русский танк Т-34-85. Я совершенно не понимаю, как появился этот шедевр, да еще в таком количестве».*

Война продолжалась. Но работая над проблемами, связанными с танками и др. видами оборонной техники, Институт начал подготовительные работы по использованию автоматической сварки в судостроении, машиностроении и др. отраслях производства в послевоенное время. Уже в 1943 г. в Институте работала группа, которая изучала возможности использования автоматической сварки при восстановлении послевоенной экономики.

В апреле 1943 г. Народный комиссариат судостроительной промышленности СССР обратился в Институт электросварки с просьбой помочь внедрить автоматическую сварку под флюсом в судостроении. Несмотря на напряженную работу коллектива Института на оборонных заводах и нехватку кадров, Е.О. Патон согласился оказать судостроителям необходимую помощь. Институт обязался изготовить в своих мастерских необходимую аппаратуру, помочь судостроительным заводам в наладке, пуске и освоении автосварочных установок. Е.О. Патон написал и издал специальный труд *«Автоматическая сварка в судостроении»*, в котором были намечены элементы судокорпусных конструкций, пригодные для перевода на автоматическую сварку, а также определены рациональные типы установок для автоматической сварки и технические условия для их проектирования, которые после войны позволили создать легендарный трактор ТС-17.

6 ноября 1943 г. Киев был освобожден от немецко-фашистских захватчиков. К этому времени автоматическая сварка на оборонных заводах страны твердо стала на ноги. Были воспитаны квалифицированные кадры, способные самостоятельно решать

возникающие вопросы. Путь домой был открыт.

Не все приехавшие в Нижний Тагил киевляне дожили до этого дня. Но коллектив Института за счет новых людей вырос до 80 человек. Вырос не только количественно, но и в научном плане. Он доказал, что ему по плечу решение научно-технических проблем, не имеющих аналогов в мире, проблем, имеющих стратегическое значение для обеспечения обороноспособности страны и роста ее экономики.

С 1944 г. мирная тематика стала основной в планах Института. Однако связи с оборонной промышленностью, в т. ч. с Уральским заводом, который стал патоновцам родным домом, не прерывались. Символом единения коллективов стала *Сталинская премия 1945 г. «За коренное усовершенствование технологии и организацию высокопроизводительного поточного метода производства средних танков при значительной экономии материалов, рабочей силы и снижении себестоимости»*, которая была присуждена работникам Уральского танкового завода и Института.

Продолжение в след. номерах журнала

● #1225

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

Название книги	Цена (руб.)*
В. М. Литвинов, Ю. Н. Лысенко. Кислородная резка и внепечной нагрев в тяжелом машиностроении. 2017.— 368 с. 600	
В. И. Лакомский, М. А. Фридман. Плазменно-дуговая сварка углеродных материалов с металлами. 2004.— 196 с. 400	
А. Н. Корниенко. История сварки. под ред. акад. Б. Е. Патона. — 2004 г. — 210 с. 700	
А. А. Кайдалов. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. Издание 2-е, переработанное и дополненное. 2004.— 260 с. 500	
В. Я. Кононенко. Газовая сварка и резка. 2005.— 208 с. 400	
С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин. Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология. 2006.— 368 с. 500	
А. Я. Ищенко и др. Алюминий и его сплавы в совре- менных сварных конструкциях. 2006.— 112 с. с илл. 400	
П. М. Корольков. Термическая обработка сварных соединений. 3-е изд., перераб. и доп. 2006.— 176 с. 400	
А. Е. Анохов, П. М. Корольков. Сварка и термиче- ская обработка в энергетике. 2006.— 320 с. 500	
Г. И. Лащенко. Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом. 2006.— 384 с. 500	
А. А. Кайдалов. Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов. 2007.— 456 с. 500	
П. В. Гладкий, Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев. Плазменная наплавка. 2007.— 292 с. 500	
** А. Г. Потапьевский. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. 2007.— 192 с. 500	
Г. И. Лащенко, Ю. В. Демченко. Энергосберегающие технологии послесварочной обработки металлоконструкций. 2008.— 168 с. 400	
Б. Е. Патон, И. И. Заруба и др. Сварочные источники питания с импульсной стабилизацией горения дуги. 2008.— 248 с. 400	
З. А. Сидлин. Производство электродов для ручной дуговой сварки. 2009.— 464 с. 600	
В. Н. Радзиевский, Г. Г. Ткаченко. Высокотемпературная вакуумная пайка в компрессоростроении. 2009.— 400 с. 500	
В. Н. Корж, Ю. С. Попиль. Обработка металлов водородно-кислородным пламенем. 2010.— 194 с. 400	
Нормирование расхода покрытых электродов при ручной дуговой сварке и наплавке. Нормирование расхода сварочных материалов при сварке под флюсом. Справочные пособия. 2008.— 68 – 68 – 40 с. 200	
** Г. И. Лащенко. Современные технологии сварочного производства. 2012.— 720 с. 400	

* Цены на книги указаны без учета стоимости отправки.

** Продается только в электронной версии.

Тарифы на рекламу в 2020 г.

На внутренних страницах		
Площадь	Размер, мм	Стоимость, руб.*
1 полоса	210×295	25000
1/2 полосы	180×125	13000
1/4 полосы	88×125	7000
На страницах основной обложки		
Страница	Размер, мм	Стоимость, руб.
1 (первая)	215×185	50000
4 (последняя)	210×295 (после обрезки 205×285)	36000
2		33000
3		30000

(*все цены в руб. с НДС)

Изготовление оригинал-макета

- 10% стоимости рекламной площади

Статья на правах рекламы

- 1 стр. — 12 000 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. Размеры макета должны точно соответствовать указанным редакцией.

Зам. глав. ред., рук. ред., **В. Г. Абрамишвили**, к.ф.-м.н.:
тел./факс: +380 44 200-80-14, моб.: +380 50 413-98-86,
моб.: +380 95 146-06-91

e-mail: welder.kiev@gmail.com

www.welder.stc-paton.com

Подписка-2020 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 30 %)