Производственно-технический журнал

СВАРЩИК В РОССИИ

№ 2 2017

технологии — производство — ремонт

интерпро

ПРОИЗВОДСТВО СВАРОЧНОЙ И НАПЛАВОЧНОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ

Тел.: +7 (4862) 33-03-19

www.interpro-orel.ru

2 (66) 2017
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 российской прессы «Почта России» — персональная подписка

Производственно-технический журнал
СВАРЩИК В РОССИИ
№ 2 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологий 4

Технологии сварки трением

Станок для сварки трением с перемешиванием «Странник».
П.А. Васильев, А.В. Евграфов, В.Н. Осанов, А.Н. Иванов, В.А. Белобородов 6

Сварка металлов и сплавов трением. Общие закономерности образования соединения при сварке давлением.
Г.И. Лащенко 11

Наши консультации 16

Технологии ремонтной сварки

Сопротивляемость замедленному разрушению сварных соединений при ремонтной сварке литых конструкций из высокопрочных углеродистых сталей.
В.Д. Позняков, О.А. Гайворонский 19

Производственный опыт

Формирование факела подогревающего пламени в резаках и горелках большой мощности.
В.М. Литвинов, Ю.Н, Лысенко, С.А. Чумак 23

Сварочное оборудование

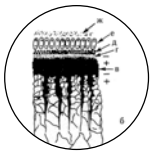
Механическое оборудование для подготовки стыков трубопроводов под сварку. Торцеватели ТРЦ-38 и ТРЦ-76.
Труборез разъемный ТТЦ-660 30
Регуляторы сварочного тока РДГ-201 У3.1 и РДЭ-251 У3.1 31

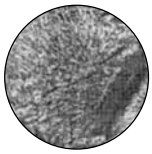
Роботизация производства

Сварочные роботы: а над Вашим авто потрудились супергерои? 33

Страницы истории

ИЭС им. Е.О. Патона – головной институт страны по сварке.
А.А. Мазур, В.И. Снежко 35





CONTENT

News of technique and technologies 4

Technologies of friction welding

Machine for friction welding with stirring «Stranik».
P.A. Vasil'ev, A.V. Evgrafov, V.N. Osanov, A.N. Ivanov, V.A. Beloborodov 6

Welding of metals and alloys by friction. General regularities of formation of the welded joint in pressure welding.
G.I. Lashenko 11

Our consultations 16

Technologies of repair welding

Resistance to slowed destruction of welded joints in repair welding of cast structures from high-strength carbon steels.
V.D. Poznyakov, A.A. Gayvoronskiy 19

Production experience

The formation of the warming flame in cutting torches and burners high power.
V.M. Litvinov, Yu.N. Lysenko, S.A. Chumak 23

Welding equipment

Mechanical equipment for preparation of piping joints for welding. Torteval TRC-38 and TRC -76.
Pipe cutter detachable TTC-660. 30

Regulators of welding current RDG-201 У3.1 and RDE-251 У3.1. 31

Robotization of industrial production

Welding robots: and on Your car bothered superheroes? . . . 33

Page of history

The E.O. Paton EWI – leading Institute of the country for welding.
A.A. Mazur, V.I. Snezhko 35

Производственно-технический журнал

СВАРЩИК В РОССИИ

технологии производство ремонт

2(66) 2017

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

Издатель	ООО «Центр трансфера технологий Института электросварки им. Е. О. Патона», ООО «Специальные сварочные технологии»
Тел. моб.	+7 903 795 18 49
E-mail	ctt94@mail.ru

Главный редактор	В. Д. Позняков
Зам. главного редактора	В. Г. Абрамишвили
Редакторы	Р. С. Сухомуд О. А. Трофимец
Верстка и дизайн	А. В. Рябов

За достоверность информации и содержание рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели.
Мнение авторов статей не всегда совпадает с позицией редакции.
Рукописи не рецензируются и не возвращаются.
Редакция оставляет за собой право редактировать и сокращать статьи. Переписка с читателями — только на страницах журнала.
При использовании материалов в любой форме ссылка на «Сварщик в России» обязательна.

Подписано в печать 15.05.2017. Формат 60×84 1/8.
Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура PetersburgC.
Отпечатано в ЗАО «ТДДС-Столица-8».
Заказ № П000005185 от 15.05.2017. 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. Лащенко, 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
Телефон	+380 44 200 53 61, 200 80 18
Тел./факс	+380 44 200 80 14
E-mail	welder.kiev@gmail.com trofimets.welder@gmail.com
URL	**http://www.welder.stc-paton.com**

Подписка-2017

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

Станок для сварки трением с перемешиванием «Странник».

П.А. Васильев, А.В. Евграфов, В.Н. Осанов, А.Н. Иванов, В.А. Белобородов

Спроектирована и изготовлена малобюджетная установка – станок сварки трением с перемешиванием (СТП) «Странник» – для проведения опытных работ и поиска оптимальных технологических параметров процесса СТП различных комбинаций сварных соединений. Станок предназначен для СТП плоских образцов листового проката алюминиевых сплавов, толщиной 2–10 мм при различных значениях физических параметров и углах наклона инструмента. Сварка производится в продольном и поперечном направлениях относительно сварочного стола. Приведены технические характеристики и схема станка «Странник». Описаны элементы и конструкция станка, принцип его работы.

Сварка металлов и сплавов трением. Общие закономерности образования соединения при сварке давлением.

Г.И. Лащенко

Описаны общие закономерности образования соединений при сварке давлением – в результате деформационного воздействия на металл в зоне контакта. Известно, что процесс образования сварных соединений при всех способах сварки давлением состоит из трех стадий. На первой стадии благодаря пластической деформации образуется физический контакт между соединяемыми поверхностями, а на второй и третьей стадиях происходит их активация и объемное взаимодействие. Различие между отдельными способами сварки давлением заключается в кинетике протекания процесса образования соединений, зависящий преимущественно от способа введения тепла и интенсивности деформации.

Сопротивляемость замедленному разрушению сварных соединений при ремонтной сварке литых конструкций из высокопрочных углеродистых сталей.

В.Д. Позняков, О.А. Гайворонский

Исследовано влияние погонной энергии сварки, температуры предварительного подогрева и уровня насыщенности швов водородом на сопротивляемость замедленному разрушению металла зоны термического влияния (ЗТВ) сварных соединений стали типа 35Л с повышенным содержанием углерода при ремонтной сварке литых конструкций из высокопрочных углеродистых сталей. Выполнена оценка влияния состава наплавленного металла на сопротивляемость разрушению металла швов при сварке электродами АНП-10 (бейнитно-мартенситных швов), УОНИ-13/55 и FOX-EV50 (ферритно-бейнитных швов). Исследовано влияние способа удаления дефектов и формирования кромок на сопротивляемость сварных соединений образованию холодных трещин.

Формирование факела подогревающего пламени в резаках и горелках большой мощности.

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

Рассмотрены принципы работы и формирование факела подогревающего пламени в резаках и горелках с различными видами сопел. Отмечено, что известный способ кислородной резки в защитном газе позволяет разрезать заготовку толщиной до 3200 мм, но при этом расходуется неоправданно большое количество газов – энергоносителей. Оборудование и технология кислородной резки 300 т слитков (толщиной до 3200 мм), разработанные на НПО «НИИПТмаш» и не имеющие аналогов, вдвое снижают расходы рабочих газов и делают процесс резки рентабельным. Рассмотрены новаторские разработки (мундштук для резаков и газовый резак с внешним смешением газов, газокислородный резак), позволившие увеличить потолок разрезаемой толщины при одновременном сокращении расхода газов – энергоносителей. Приведены механизмы горения факелов газокислородных и газовоздушных горелок для внепечного нагрева массивных заготовок.

В Брянском университете открыли уникальную лабораторию по созданию особо прочных материалов

В Брянском государственном техническом университете состоялось открытие научно-производственной лаборатории волнового деформационного и комбинированного упрочнения в аддитивных и субтрактивных технологиях. Лаборатория создана при поддержке Фонда перспективных исследований и Министерства образования и науки (Минобрнауки) России для работы над проектом по разработке эффективных технологий упрочнения конструкционных материалов, обеспечивающих повышение их эксплуатационных свойств.

Исследования на базе лаборатории проводятся в интересах АО «Научно-производственная корпорация «Уралвагонзавод», Ракетно-космической корпорации «Энергия» им. С.П. Королева, Государственного космического научно-производственного центра им. М.В. Хруничева, АО «Концерн воздушно-космической обороны «Алмаз-Антей», ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация».

В перспективе такие технологии будут применяться для создания металлических изделий на основе различных марок сталей, цветных сплавов на основе алюминия и титана с улучшенными свойствами, используемых в машино- и приборостроении. Новые технологии обеспечат их использование в космической и авиационной промышленности, а также для создания современной бронетехники, в т.ч. беспилотных робототехнических платформ.

В задачи лаборатории входят также разработка и изготовление необходимого для ее реализации технологического оборудования.

Генеральный директор Фонда перспективных исследований Андрей Григорьев назвал создание в Брянской области такой современной лаборатории «прорывом».

«Если мы достигнем тех результатов, которые заложены в проекте, то это будет прорывом, причем это будет прорыв в области того самого шестого технологического уклада. Это будет станок и технологии, у которых нет мировых аналогов. Проект, который реализуем, оценивается почти в 100 млн. рублей. Этот проект реализуется совместно с Минобрнауки».

www.rus.vrw.ru

#1006

«Инженерная хитрость»: в России построили уникальную турбину ПТ-60

Российское энергомашиностроительное предприятие «Уральский турбинный завод» (УТЗ) изготовило для тепловой электростанции «Новолипецкого металлургического комбината» уникальную турбину ПТ-60–8,9–1,9. Новинка отечественного машиностроения поставлена на электростанцию совместно с генератором.

Турбина предназначена для замены старого и маломощного (50 МВт) оборудования в энергоблоке ТЭЦ. Этот энергетический комплекс будет производить промышленный пар, а также электричество и тепло для металлургического предприятия.

В настоящее время известно, что турбина ПТ-60 создана на базе серийных решений для данных агрегатов. Новинка УТЗ исполнена в двух цилиндрах и уникальна благодаря использованной инженерной хитрости. Турбина имеет интересное конструкторское решение. Несмотря на небольшую мощность в 60 МВт, она может обеспечивать сразу два отбора: 250 т/ч пара на производство и 150 т/ч в теплофикационный отбор. Как и другие агрегаты

серии, ПТ-60 достаточно высокотехнологична. Имеются регуляторы мощности, безопасности, давления, ограничители мощности и др. устройства, облегчающие эксплуатацию турбины. На данный момент идет монтаж оборудования УТЗ на всех отметках обслуживания паротурбинной установки. Первый пуск на комплексное опробование запланирован на 25 октября 2017 г. Сам энергоблок будет введен в эксплуатацию до конца 2017 г.

www.rus.vrw.ru

#1007

Тренажер REALWELD от Lincoln Electric — для обучения сварке

Где бы ни происходило обучение — в школе, профтехучилище, техникуме или промышленном учебном центре — для изучения техники и пространственных положений сварки студентам требуется систематический контроль и наиболее близкие к реальной работе условия. Хотя ничто не сравнится с реальным инструктором, информационное сопровождение сварки и мгновенная обратная связь смогут в чем-то заменить его на каждом сварочном посту и помогут студентам быстрее освоить план занятий.

Тренажер REALWELD предназначен для обучения нескольким способам сварки многих типов соединений (нахлесточного, Т-образного, нижнего, с разделкой кромок) в различных пространственных положениях (1F, 2F, 3F, 4F, 1G, 2G, 3G). Инструкторы могут по-своему усмотрению создавать и изменять сварочные спецификации.

Тренажер REALWELD позволяет обучать процедурам и технике ручной дуговой сварки и сварки самозащитной порошковой проволокой.

Для большей эффективности обучения используется и аудиотренинг. В тренажере имеется «тренер» по имени Аудио Алли, который дает подсказки о скорости сварки, углах наклона, положении горелки, расстояния от контактного наконечника до

рабочей поверхности, длине дуги и положении в соединении. Подсказки в любой момент могут быть отключены.

Тренажер REALWELD позволяет отрабатывать навыки многопроходной сварки во многих пространственных положениях на заготовках длиной 152 или 457 мм. Швы большой длины точнее симулируют условия реальной сварки.

Благодаря компактной вертикальной конструкции тренажера REALWELD система занимает немного места и легко устанавливается на любой сварочный пост.

www.lincolnelectric.com

#1008

Портальная машина термической резки Dragon II — ТМ «Сварог»

ГК «Сварог» представляет новинку 2017 г. — портальную машину термической резки DRAGON II для воздушно-плазменной и газопламенной резки металлов от 1 до 150 мм. Dragon II создан по заказу ГК «Сварог», адаптирован для российского рынка и совместим с аппаратами воздушно-плазменной резки ТМ «Сварог». Оборудование производится в Китае на заводе — SteelTailor. ГК «Сварог» является эксклюзивным представителем завода SteelTailor на территории РФ.

Установка Dragon II предназначена для высокопроизводительной, высокоточной термической резки листового металла из низкоуглеродистой и легированной стали, а также цветных металлов и сплавов. Машина может комплектоваться резаком для газовой резки или плазменным источником питания.

В штатную комплектацию входит пакет программного обеспечения Fast Cam.

Установка Dragon II полностью совместима с источниками плазменной резки ТМ «Сварог» CUT 100 (J78)/CUT 160 (J47).

Технологические особенности: максимальный размер рабочей зоны 3500x12000 мм; 4 приводных

мотора постоянного тока; портальная конструкция машины позволяет получить равномерный рез на всей площади разрезаемого листа; возможность ручного наклона плазмотрона; встроенная автоматическая система контроля высоты (АСКВ) горелки относительно разрезаемого листа; оборудование оснащено защитой от электромагнитных помех; система ЧПУ позволяет задавать высоту реза на поверхности листа методом контактного поиска; Dragon II оснащен контроллером ЧПУ с процессором ARM 7 и 32 Мб энергонезависимой памятью.

www.svarog-rf.ru

#1009

Станок для сварки трением с перемешиванием «Странник»

П. А. Васильев, А. В. Евграфов, В. Н. Осанов, Чувашский государственный университет (Чебоксары),
А. Н. Иванов, В. А. Белобородов, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (Томск)

Сварка трением с перемешиванием в настоящее время достаточно хорошо изучена и широко применяется в производстве крупногабаритных изделий, в частности в транспортном машиностроении. Соответствующее технологическое оборудование характеризуется большой сложностью, материалоемкостью и высокой стоимостью. Поскольку количество его производителей ограничено, это сказывается также на стоимости и сроках изготовления. В РФ процесс сварки трением с перемешиванием успешно применяется в ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель» при изготовлении автомобильных полуприцепов-цистерн из алюминиевых сплавов благодаря установке FSW SuperStir™ Plant производства компании ESAB.

Известно, что основными технологическими параметрами процесса сварки трением с перемешиванием (СТП) являются: усилие **F**, частота вращения инструмента **n** и скорость сварки **V**. Параметры **F** и **n** задают величину выделяемой тепловой энергии **Q**, параметр **V** является вторичным и является функцией **Q** и характеристик обрабатываемого соединения: толщины материала, его теплопроводности и теплопередачи на оснастку. При возрастании в определенных пределах **Q** линейно растет **V**. В результате можно получить сварной шов с физическими свойствами, неотличимыми от свойств самого металла (например, для деформируемых алюминиевых сплавов). Набор параметров **F**, **n** и **V** является строго индивидуальным для каждого вида сплава и толщины соединяемых деталей и определяется опытным путем.

С целью проведения опытных работ для поиска оптимальных технологических параметров процесса СТП различных комбинаций сварных соединений, а также для исследования микроструктуры сварного шва и возможных дефектов сварки была спроектирована и изготовлена малобюджетная установка — станок сварки трением с перемешиванием «Странник».

Станок предназначен для СТП плоских образцов листового проката алюминиевых сплавов, толщиной от 2 до 10 мм при различных значениях основных физических параметров **F**, **n** и **V** и углах наклона инструмента с регистрацией данных параметров в памяти управляющего компьютера. Сварка может производиться как в продольном относительно сварочного стола, так и в поперечном направлениях. Технические характеристики станка «Странник» приведены в *табл. 1*.

Таблица 1. Технические характеристики станка СТП «Странник»

Характеристика	Величина
Диапазон толщин свариваемых встык плоских образцов сплава типа АМг5, мм	2–10
Максимальная длина сварного шва по оси X, мм	1000
Рабочий ход инструмента по оси Y, мм	500
Рабочий ход инструмента по оси Z, мм	200
Рабочий ход сварочного стола в вертикальном направлении, мм	200
Максимальные размеры рабочего пространства стола, мм	1000 x 500
Скорость сварки, мм/мин	100–1000
Частота вращения инструмента, об/мин	100–1000
Усилие на инструменте, кгс	300–4500
Угол наклона инструмента, град.	0–3
Мощность электродвигателя привода шпинделя, кВт	15
Максимальная потребляемая мощность, кВт	25
Габаритные размеры (ширина x высота x глубина), мм	2000 x 2200 x 1200
Масса, кг	2600

Общий вид станка показан на *рис. 1*, его конструкция представлена на *рис. 2*. Основными силовыми элементами являются стойки *1*, выполненные из прямоугольной трубы 120x80x6 мм с наваренными пластинами, обеспечивающими дополнительную жесткость конструкции, а также выполняющими роль опорной поверхности для установки рельсовых направляющих. В поперечном направлении стойки соединяются с помощью нижней *2* и верхней *3* платформ. Подвижная платформа *4* несет на себе сварочный стол *5* с рельсовыми направляющими *6*. Передвижение стола в вертикальном направлении по оси Z происходит по рельсовым направляющим *7* SBI45-HL-N-ZZ-3-K1–1800-N

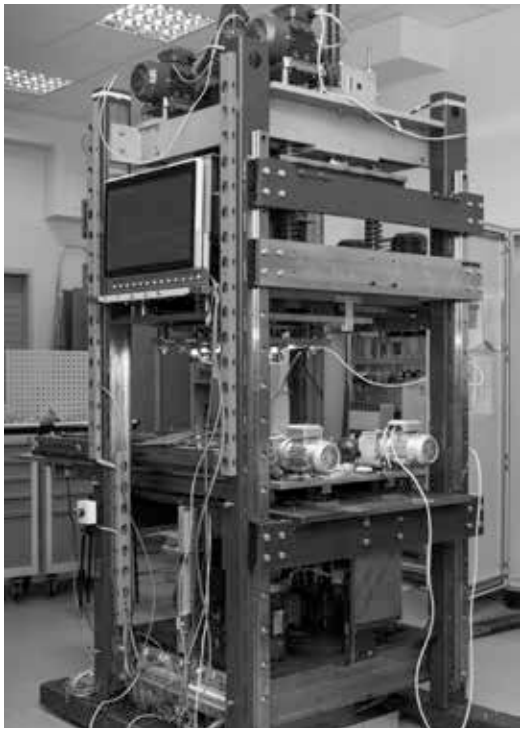


Рис. 1. Общий вид установки фрикционной сварки «Странник»

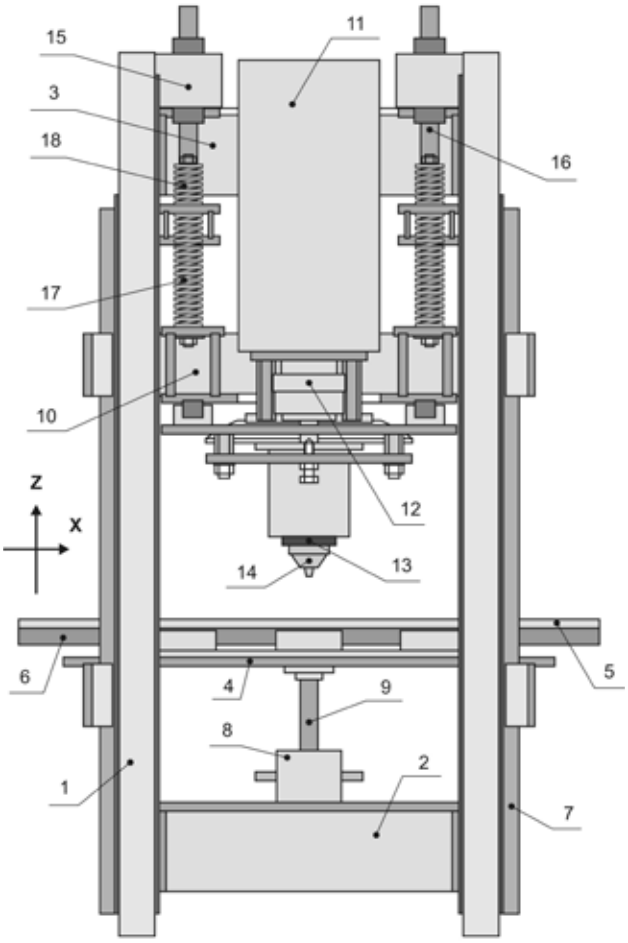


Рис. 2. Основные элементы установки фрикционной сварки. Электродвигатели приводов подачи сварочного стола (ось X) и шпинделя (ось Y) не показаны

компании SBC Linear Co., Ltd посредством двух включенных параллельно приводов: электродвигатель – червячный редуктор *8* (i = 30:1) – силовой винт *9* (резьба винта *9* – трапецеидальная Tr40x7). На верхней подвижной платформе *10* установлены электродвигатель *11* привода вращения шпинделя, планетарный редуктор *12*, шпиндель *13* с рабочим инструментом *14*. Подача шпинделя в вертикальном направлении по оси Z осуществляется посредством пары включенных параллельно механизмов: электродвигатель – червячный редуктор *15* (i = 10:1) – силовой винт *16* (резьба винта трапецеидальная – Tr40x7). При соприкосновении шпинделя со свариваемыми пластинами происходит сжатие пружин *17* CF63x254 компании HENNLICH. По величине сжатия контролируется усилие на сварочном инструменте. Коэффициент жесткости пружины составляет 155 Н/мм. Соответственно для четырех установленных параллельно пружин имеем 620 Н/мм. Максимально допустимая величина сжатия позволяет получить усилие на инструменте 46,5 кН. Пружины *18* CL63x89 предназначены для компенсации веса платформы *10* с установленным на ней шпиндельным узлом, что позволяет получить плавное изменение усилия на инструменте при опускании и подъеме шпинделя. Коэффициент жесткости пружины составляет 158 Н/мм. Таким образом, внедрение инструмента в материал соединяемых пластин происходит в режиме линейного увеличения усилия. Скорость внедрения может при этом регулироваться. Работа пружин показана на *рис. 3*, общий их вид на *рис. 4*. Примененная схема генерирования рабочего усилия на сварочном инструменте обеспечивает поддержание его величины в пределах необходимого допуска при возможных колебаниях координаты Z лицевой поверхности свариваемых деталей без системы обратной связи, что обязательно в случае применения гидравлического привода. Отсутствие гидравлической системы также значительно упрощает конструкцию станка.

Устройство сварочного стола показано на *рис. 5*. Столешница *1*, выполненная из сплава Д16АТ толщиной 20 мм крепится на рельсовых направляющих *2* SBI45-HL-N-ZZ-3-K1–1800-N, установленных на подвижной платформе *3*. Два параллельных привода движения столешницы по оси X включают: мотор-редуктор *4* (i = 315:1) – зубчатое колесо *5* (m = 3) – зубчатая рейка *6* – пластина *7*. Передача усилия от рейки *6* на пластину *7* осуществляется через тензодатчики C2H компании Тензо-М, что позволяет контролировать усилие по оси X в процессе сварки. Рабочий ход столешницы при сварке – 1000 мм. В вертикальном направлении стол удерживается силовыми винтами *8*. Сварочный шов опирается на стальной вкладыш *9* со сменной подложкой *10*. Непосредственно на поверхности стола устанавливается охладитель *11* с жидкост-

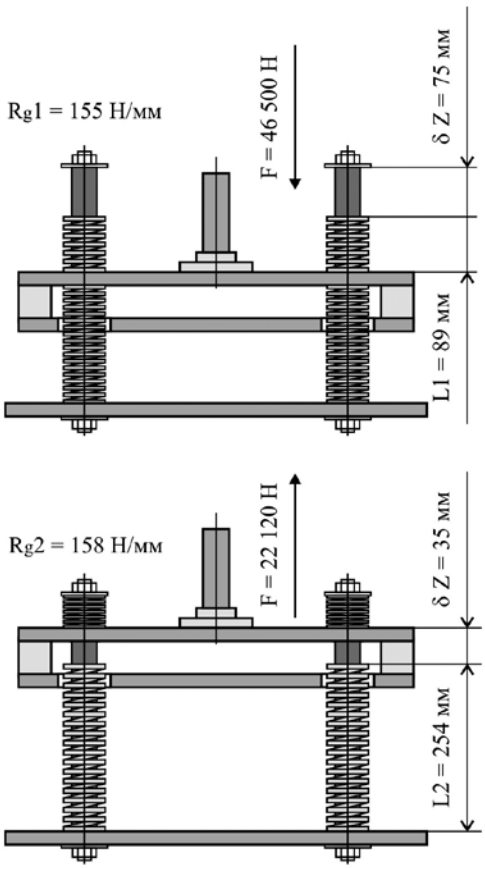


Рис. 3. Принцип работы механизма подачи усилия на сварочный инструмент

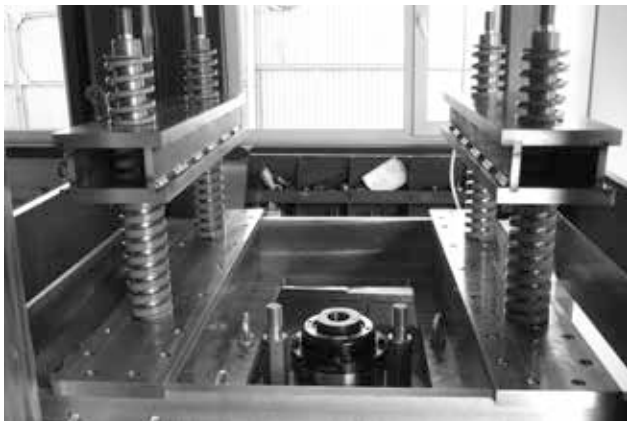


Рис. 4. Общий вид устройства подачи шпинделя

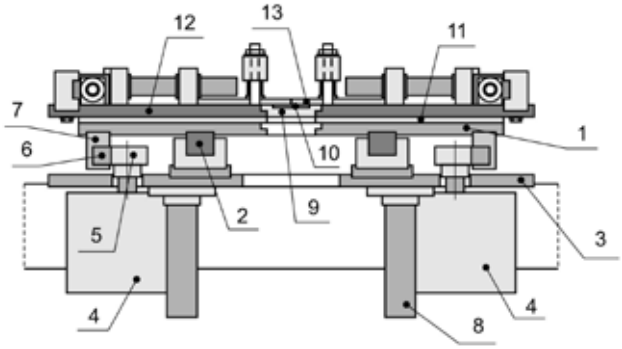


Рис. 5. Устройство сварочного стола

ным принудительным охлаждением, предназначенный для стабилизации температурного режима технологической оснастки *12* и свариваемых пластин *13*. Наличие окна в столешнице позволяет выполнять на станке опытные работы с инструментом типа bobbin tool, либо производить сварку двумя шпинделями одновременно.

Конструкция шпиндельного узла показана на *рис. 6*. На электродвигатель *1* SF112XB мощностью 15 кВт компании Fukuta соосно устанавливается планетарный редуктор *2* AE155–004 компании Apex Dynamics с передаточным отношением i = 4:1. Корпус редуктора жестко крепится на шарнире *3*. С противоположной стороны на нем же устанавливается корпус *4* с расположенным в нем шпинделем *5*. Выходной вал редуктора соединяется непосредственно со шпинделем станка. В шпиндель вставляется рабочий инструмент *6*. Шарнир зажимается плитами *7* и *8*. Плита *8* через рельсовые направляющие *9* связана с подвижной платформой *10*. Угол наклона шпинделя в вертикальной плоскости задается болтами *11*. Рельсовые направляющие *9* SBI 45-HL-N-ZZ-2-K1–885-N позволяют перемещаться шпинделю в поперечном направлении по оси Y. Подача по оси Y осуществляется по схеме винт-гайка от двух включенных параллельно электродвигателей через червячные редукторы с передаточным числом i = 30. Резьба силового винта — трапецеидальная Tr20x4. Рабочая точка сварки находится в центре окружности, описанной по сферической поверхности шарнира, что обеспечивает неизменность ее положения в плоскости XY при изменении угла наклона инструмента в вертикальной

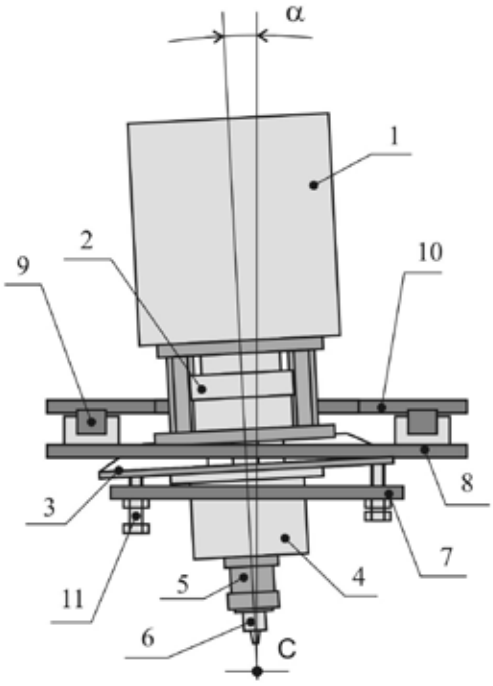


Рис. 6. Устройство шпиндельного узла

плоскости (*рис. 7*). Охлаждение инструмента осуществляется потоком воздуха, подаваемым в корпус шпинделя вакуумным пластинчато-роторным насосом SB.40 компании D.V.P. Vacuum Technology s.p.a. На *рис. 8* показан рабочий момент сварки.

Существенной особенностью процесса СТП является требование отсутствия зазора между свариваемыми деталями при выполнении стыкового шва. Обычно применяемые технологические приемы изготовления заготовок не позволяют это обеспечить. По такой причине перед сваркой необходима дополнительная операция фрезеровки стыкуемых поверхностей — для этого на шпиндельной платформе устанавливается электрошпиндель TMPE10/2 мощностью 4,5 кВт компании ELTE с концевой фрезой.

В процессе сварки на соединяемые пластины помимо усилия по оси Z также воздействуют силы в горизонтальной плоскости XY, особенно значительные при внедрении инструмента. На *рис. 9* показана конструкция устройства фиксации заготовок при выполнении процесса сварки. На стальной плите *1* размещены опорные направляющие *2* с пазом и цилиндрические направляющие *3*, по которым движутся клин *4* и прижим *5*. На основании *1* также смонтированы силовые винты *6* с нарезанной с противоположных концов левой и правой резьбой. По винтам и направляющим *2* перемещаются в качестве клина призмы *7*. Усилие от клина передается на прижимы посредством вкладышей *8*. Свариваемые пластины *9* располагаются в средней части устройства. Таким образом, исключается расхождение свариваемых пластин в процессе сварки, а также их проскальзывание в направлении сварки. Прижимы *10* с подпружиненными толкателями, действующими в вертикальном направлении, обеспечивают соответствие плоскостей образцов при сварке. Вращение винтов *6* обеспечивается двумя включенными параллельно мотор-редукторами, не показанными на рисунке. Общий вид устройства фиксации показан на *рис. 10*.

Система электрооборудования установки фрикционной сварки состоит из электроприводов подвижных узлов, совокупности датчиков положения и системы управления.

Система электроприводов включает: главный привод вращения шпинделя, приводы подачи сварочного стола по оси X, подачи перемещения шпинделя по оси Y, подачи шпинделя по оси Z, перемещения сварочного стола по оси Z, устройства фиксирования заготовок, вращения электрошпинделя фрезы. Все перечисленные выше электроприводы выполнены на основе асинхронных электродвигателей, подключенных к частотным преобразователям, что позволяет непрерывно изменять частоту их вращения в пределах от 10% номинальной частоты вращения до 150%. Частотные преобразователи также обеспе-

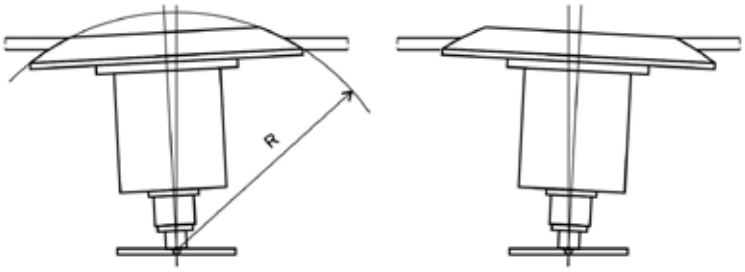


Рис. 7. Движение шпиндельного узла в вертикальной плоскости

Рис. 8. Сварка стыкового шва

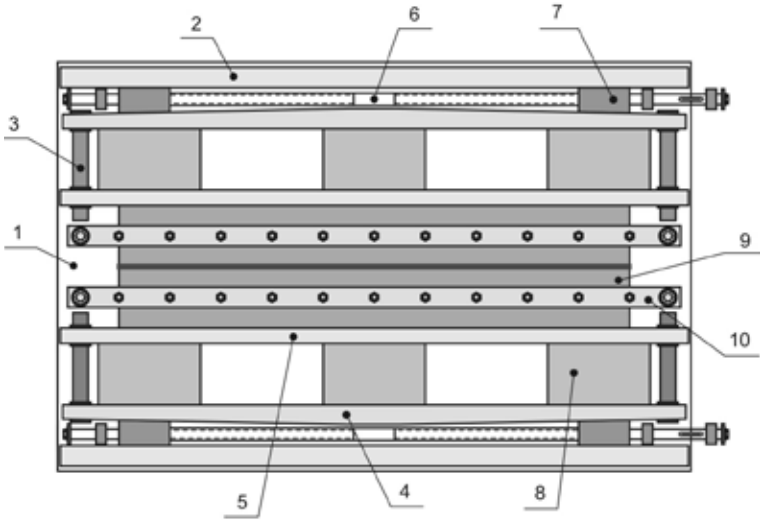


Рис. 9. Конструкция технологической оснастки для сварки плоских образцов

Рис. 10. Общий вид технологической оснастки

чивают безопасную работу станка путем автоматической остановки электродвигателей при превышении момента вращения на валу 150% номинальной величины. Размещены частотные преобразователи вместе с остальными силовыми коммутирующими компонентами в отдельном электрическом шкафу.

Система датчиков положения включает индуктивные датчики конечных положений приводов перемещений сварочного стола и шпинделя. Кроме них на станке устанавливаются магнитострикционные датчики компании Temposonics измерения координат Z сварочного стола и шпинделя, магнитные сенсоры типа LIMES LI20 компании Kubler измерения координат X и Y, а также потенциометрический датчик измерения сжатия силовых пружин, задающих усилие на сварочном инструменте.

Система управления станком выполнена на основе компьютера AFL2-W21A-H61-I5/PC-R10 производства компании IEI Technology Corporation. Устройство и принцип работы системы управления аналогичны описанной ранее («Сварщик в России» № 1–2014 г.). Частотный преобразователь компании KEB, управляющий работой электродвигателя привода вращения шпинделя, позволяет вычислять момент вращения на его валу и индицировать его значение в процессе сварки, что дает возможность косвенно контролировать качество сварного шва.

Рис. 11. Пульт управления работой установки

Управление работой установки, как в ручном, так и в автоматическом режиме осуществляется посредством сенсорного экрана компьютера, установленного непосредственно на каркасе установки (*рис. 11*).

#1010

Машина сварочная внутренняя автоматическая АСМТ-1420

NEW

Машина АСМТ-1420 (предприятие «ЭСО», г. Санкт-Петербург) предназначена для автоматической сборки стыка, сварки корневого прохода в сварочно-монтажном потоке строительства магистральных трубопроводов. Темпы строительства трубопроводов напрямую зависят от скорости и качества сварки. Наиболее дорогостоящим, высокопроизводительным и сложным оборудованием является внутренняя сварочная машина.

Машина АСМТ обеспечивает независимость от зарубежных производителей при строительстве магистральных трубопроводов. Разработка, производство и сборка машины АСМТ ведется силами российского производства.

Принцип работы внутренней сварочной машины. Зажимная секция центратора состоит их 3-х центрирующих элементов (опорных лап) и двух рядов зажимных кулачков, каждый из которых имеет пневматический привод. Сварочные головки расположены так, чтобы центрирующие элементы находились строго в плоскости сварочных головок. В процессе сборки внутренняя сварочная машина точно позиционируется относительно торца трубы, а первый ряд зажимных кулачков фиксирует установку в трубе. Центрирующие элементы возвращаются в исходное положение и на сборку подается следующая секция трубы, как только кромки труб соприкоснуться – второй ряд кулачков раздвигается, завершая сборку стыка.

Сварочная секция состоит из 6 сварочных головок, расположенных на вращающемся кольце. Головки состоят из механизма подачи сварочной проволоки с катушкой, сварочного наконечника и керамического сопла для подачи защитного газа.

Управляется сварочная машина с помощью дистанционного блока, расположенного на конце выдвижной штанги. По той же штанге осуществляется подача необходимой для сварки электроэнергии и сжатого воздуха. Питание приводов подачи проволоки и вращения головок подается от аккумуляторов. В хвостовой части машины расположены баллоны с защитным газом, подключаемые к внешним баллонам, установленным на сварочном тракторе.

После завершения сварки корневого слоя оператор штанги возвращает зажимные кулачки в исходное положение, далее машина перемещается внутри секции трубы и автоматически останавливается у открытого конца трубы.

Технические характеристики АСМТ-1420: вес – 3700 кг; длина – 6600 мм; питание сети – 24 В; диаметр свариваемых труб – 1420 мм; количество сварочных головок – 6.

www.oootbc.ru

#1011

Сварка металлов и сплавов трением. Общие закономерности образования соединения при сварке давлением*

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

Сварка трением относится к группе способов сварки давлением, в которую также входят: холодная сварка, контактная стыковая сварка сопротивлением и оплавлением, диффузионно-вакуумная сварка, сварка взрывом и др. Хотя вводимая энергия и технологические параметры этих способов могут существенно отличаться, тем не менее, существуют некие общие закономерности образования сварных соединений.

Сварка независимо от применяемого способа представляет собой технологическую операцию, в результате которой реализуется атомарная связь на контактных поверхностях двух свариваемых заготовок. Монолитность сварных соединений достигается обеспечением физико-химических и атомно-молекулярных связей между элементарными частицами соединяемых тел [5].

Для качественного соединения изделий необходимо обеспечить контакт по большей части стыкуемых поверхностей и активацию их.

Активация поверхностей состоит в том, что поверхностным атомам твердого тела сообщается некоторая энергия, которая расходуется в двух направлениях.

Первое — для обрыва связей между атомами тела и атомами внешней среды, насыщающими их свободные связи.

Второе — для повышения энергии поверхностных атомов до уровня энергетического схватывания, т.е. для перевода их в активное состояние.

При сварке плавлением сближение атомов твердых тел осуществляется за счет смачивания поверхностей жидким расплавом, а активация поверхности твердого материала — путем сообщения ее частицам тепловой энергии. Вводимая тепловая энергия должна обеспечивать расплавление основного и присадочного материалов, оплавление стыка, нагрев кромок и т.д.

Сварку плавлением производят без приложения осадочного давления путем спонтанного слияния объемов жидкого металла. Она обычно не требует тщательной подготовки и зачистки соединяемых поверхностей стальных, медных заготовок, но в случае сварки сплавов на основе алюминия, магния и других активных металлов специальная подготовка необходима.

При сварке в твердом состоянии сближение атомов и активация (очистка) поверхностей достигаются за счет совместной упруго-пластической деформации материалов в контакте, зачастую одновременно с дополнительным нагревом.

Следует подчеркнуть, что энергия активации сообщается заготовкам в неравновесном и, следовательно, в необратимом процессе [6]. Значительная часть этой энергии сохраняется в свариваемом изделии, снижая его прочностные свойства и др. служебные характеристики. Поэтому неравновесная активация сварочных операций несовершенна не только тем, что требует существенных затрат энергии, но и тем, что ухудшается качество изделий.

С этих позиций технически более рациональными являются способы сварки, ведущие к снижению энергии активации (диффузионная, холодная и др.). Однако необходимость увеличения производительности сварки и сокращения издержек делают в ряде случаев предпочтительными способы сварки при высоких значениях энергии активации процесса (дуговая, электрошлаковая, контактная оплавлением и др.).

При сварке трением возбуждение тепловых колебаний происходит путем затраты механической энергии с одновременным приложением давления, что позволяет оптимизировать величину энергии активации.

Необходимо отметить, что в контактах двух металлических поверхностей действие межатомных сил притяжения начинается на расстоянии $(4–5)\cdot10^{-8}$ см. В то же время техническая поверхность металла всегда имеет неровности и, как правило, покрыта пленками окислов и других загрязнений, что является существенным препятствием для необходимого сближения свариваемых поверхностей и развития процесса схватывания.

Идеально чистая (ювенильная) металлическая поверхность, свободная от оксидных пленок и адсорбированных слоев жидкостных и газовых молекул может быть создана в глубоком вакууме. В этом случае над металлической поверхностью существует облако непрерывно движущихся сво-

* *Продолжение публикации серии статей «Сварка металлов и сплавов трением». Начало в № 1–2017*

бодных электронов, покидающих металл и снова возвращающихся в него. Благодаря этому процессу поверхность металла покрывается двойным электрическим слоем: минус — облако электронов и плюс — «дырки» верхних слоев металла (за счет покинувших атомы металла свободных электронов). Плотность электрического заряда двойного электрического слоя непостоянна по всей поверхности и зависит от ее микрогеометрии. Наибольший потенциал концентрируется на остриях микровыступов.

Идеально чистая металлическая поверхность существует также на протяжении долей секунды в изломе металла или в первые мгновения после его механической обработки. На воздухе все микровыступы и впадины металлической поверхности мгновенно покрываются оксидными пленками, а также слоями адсорбированных молекул воды, газов и жировых веществ (*рис. 8*) [7]. Толщина и последовательность расположения наслоений может быть различной в зависимости от состава внешней среды. Однако первым слоем на чистом металле обычно является оксидная пленка (*рис. 8,* слой в).

Состав и толщина оксидной пленки зависит от рода металла или сплава, их состава, давления, температуры газовой фазы и продолжительности взаимодействия с ней металла.

Оксидный слой, непосредственно прилегающий к металлу, представляет собой весьма рыхлое покрытие, структурно подстраивающееся под кристаллическую решетку металла. По мере роста оксидного слоя упорядочивается его кристаллическое строение и уменьшается скорость его образования, поскольку сам оксидный слой служит преградой для движения металлических катионов и кислородных молекул навстречу друг другу.

Оксидный слой сохраняет на границе с металлом отрицательный потенциал против положительного потенциала самого металла. Наружный слой оксидного покрытия становится электроположительным; он адсорбирует на себя электроотрицательный слой кислорода, который уже не находит химических связей ввиду отсутствия свободных катионов металла. Таким образом, окисленный металл (*рис. 8*) покрывается двумя двойными электрическими слоями; такова его типовая электрическая структура.

Поскольку оксидная пленка является полупроводником, то в зависимости от вида металла она может иметь избыток его атомов против стехиометрического состава (полупроводник n-типа) или его недостаток (полупроводник p-типа) [8]. В первом случае избыток металла возникает за счет лишних катионов, располагающихся в междоузлиях кристаллической решетки окисла, или за счет недостатка анионов кислорода, образующих вакансии в решетке окисла.

К полупроводникам n-типа относятся: TiO_2, ZrO_2, V_2O_5, Nb_2O_5, WO_3, MnO_2, Fe_2O_3, SiO_2, SnO_2, PbO_2 и др.

В полупроводниках p-типа образуются вакансии за счет металлических ионов. К полупроводникам p-типа относятся: Cr_2O_3 (при $T < 1250$ °C), FeO, NiO, CoO, Cu_2O, Al_2O и др. Имеются окислы (например, Cr_2O_3 при $T > 1250$ °C), которые могут существовать как с избытком, так и с недостатком катионов металла.

В окислах n-типа скорость окисления контролируется диффузией через пленку катионов металла или иногда (в Fe_2O_3) диффузией анионов кислорода от границы окисел — газ.

Наращивание пленки в окислах p-типа также связано с диффузией катионов металла к поверхности раздела окисел — газ, но она идет по вакансиям, генерируемым у этой поверхности при связывании ионов металла и кислорода.

Кроме оксидных пленок, металлические поверхности всегда покрыты жировыми газовыми

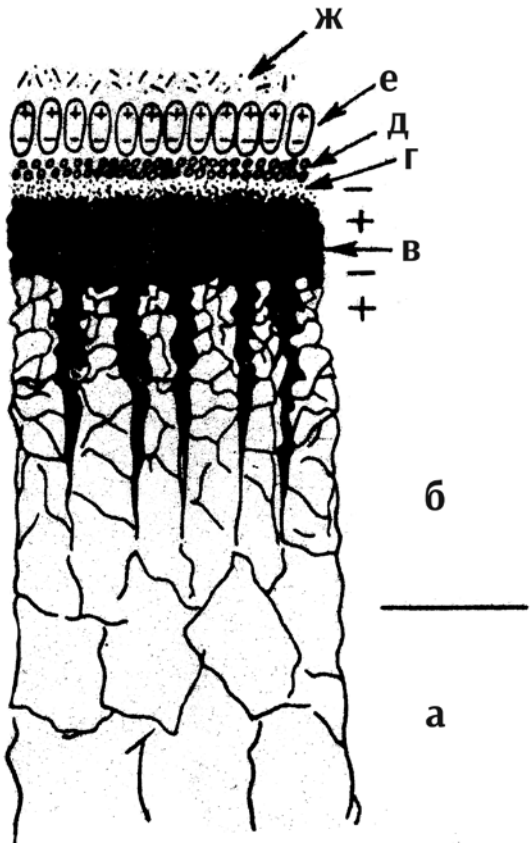


Рис. 8. Схема состояния поверхности металла на воздухе: а – глубинный слой металла, не затронутый пластическими деформациями; б – поверхностный слой полностью разориентированных кристаллитов с прослойками окислов; в – оксидный слой, характерные полярности внутренних и внешних границ, верхних слоев металла показаны знаками «+» и «–»; г – адсорбированный слой кислородных анионов и нейтральных молекул воздуха; д – слой водяных молекул; е – слой жировых молекул; ж – ионизированные пылевые частицы

молекулами и парами воды (*рис. 8,* слои д, е). Толщина таких покрытий различна. Например, пленка паров воды составляет 50–100 молекул. Жировые слои имеют еще большие толщины. После промывки замасленного металла бензином слой органических молекул составляет 1–5 мкм и даже при особо тщательной обработке растворителями сохраняется жировая пленка толщиной 10–100 молекул. Полностью удалить масляные покрытия с металла практически невозможно никакими растворителями, поскольку адсорбционная связь жировых молекул и металла представляет собой связь электрическую. В этом случае полярные жировые молекулы образуют с металлом двойной электрический слой, что и обеспечивает весьма прочную связь металла и пленки одномолекулярной толщины.

Жировая молекула обладает еще и свойством глубоко проникать во все микротрещины на поверхности металла. При этом одномолекулярные жировые слои внутри щелей оказывают сильное расклинивающее давление. Например, в вершинах щелей шириной порядка 10^{-5} мм распорное давление жировых молекул может достигать величин, близких к пределу текучести.

Величина и характер неровностей на поверхности металлического тела определяются, прежде всего, условиями его формообразования и последующей обработки.

Как правило, давлением сваривают детали, сопрягаемые поверхности которых получены обработкой резанием или давлением (обычно горячей или холодной прокаткой), иногда сопровождаемой термической обработкой.

Механическая обработка ведет к образованию на поверхности чередующихся выступов и впадин, высота и шаг которых зависят от способа и режима обработки. Шероховатость обработанной поверхности характеризуется классом ее чистоты (*табл. 1*) [8].

Таблица 1. Высота неровностей при различных способах обработки

Способ обработки	Максимальная высота неровностей, мкм
Черновая обработка резцом	80
Чистовая обработка резцом	10
Грубокое шлифование	6,3
Полирование	0,4
Особо чистое полирование	0,05

Даже на хорошо отполированном кристаллическом теле неровности достигают по высоте 200 атомных слоев, а при чистовой обработке резцом — 40 000 слоев. Шаг канавок, оставляемых резцом, определяется величиной его подачи и геометрическими связями с допустимой высотой поверхностей. При чистовой обработке резцом этот шаг обычно составляет 150–320 мкм. При царапании поверхности возможны значительно более глубокие неровности.

Геометрия поверхности катаных материалов существенно зависит от чистоты поверхности прокатных валков. Обычно поверхность холоднокатаных листов имеет максимальные неровности высотой до 6–10 мкм.

При нагреве кристаллического тела возможно как сглаживание имеющихся на нем неровностей, так и образование новых. Движущей силой в этом процессе является поверхностное натяжение, стремящееся придать телу форму с минимумом свободной энергии поверхности.

Поверхность, полученная при первичной кристаллизации, а тем более после механической обработки или прокатки, как правило, имеет неровности, устранение которых ведет к уменьшению свободной энергии. Поэтому при нагреве помимо небольших искажений поверхности происходит ее сглаживание, сопровождаемое уменьшением свободной энергии системы, как за счет уменьшения самой поверхности, так и в результате некоторого снижения удельной поверхностной энергии. Эти процессы сопровождаются переносом массы и требуют определенной энергии активации. Их скорость быстро растет с повышением температуры.

После механической обработки металлической поверхности (токарная, фрезерная, шлифование и др.) в атмосфере сухого воздуха на металле образуется оксидная пленка (через определенный промежуток времени), приблизительная толщина которой приведена в *табл. 2*.

Таблица 2. Толщина оксидной пленки на различных металлах

Наименование металла	Толщина пленки, мм	Промежуток времени, с
Медь	$3 \cdot 10^{-7}$	30
Алюминий	$12 \cdot 10^{-8}$	15
Железо	$2 \cdot 10^{-7}$	40
Молибден	$(2–3) \cdot 10^{-7}$	40
Германий	$(2–3) \cdot 10^{-7}$	80

Толщину оксидных пленок визуально определить невозможно. Однако установлено, что толщина невидимых, т.е. вполне прозрачных пленок на механически обработанных поверхностях не превышает $3 \cdot 10^{-6}$ см. Цвета побежалости на стальных деталях составляют слой толщиной $(4–50) \cdot 10^{-6}$ см,

а вполне заметная окалина измеряется толщиной уже более $5 \cdot 10^{-5}$ см.

Выше отмечалось, что при условии сближения двух металлических поверхностей на достаточно малое расстояние, между их поверхностно активными атомами могут возникнуть силы взаимодействия, аналогичные тем силам, которые существуют между атомами (ионами) внутри тел. Если же число таких элементарных взаимодействий (активных центров) на поверхности сближенных тел достаточно велико, то может произойти схватывание поверхностей.

Однако принципиальная возможность схватывания тех или иных металлов еще не означает, что всегда можно получить на их основе работоспособное сварное соединение. Из-за недостаточной технологической прочности, связанной с большими остаточными напряжениями, хрупкостью и другими причинами, соединение, полученное в результате схватывания, после изменения внешних условий (остывания, снятия давления) может разрушиться. Поэтому разграничивают два понятия — схватывание как процесс образования связи между твердыми телами, т.е. первичный акт сварки, и сварку как процесс получения прочного работоспособного соединения.

Образование активных центров в процессе схватывания обусловлено разрывом хотя бы части связей поверхностных атомов с их соседями, нарушающим стабильные электронные конфигурации этих атомов.

Разрушение связей возможно:

- механически — при удалении с поверхности части самого металла (обнажение так называемых ювенильных поверхностей) или химически связанного с ним инородного вещества (например, окислов), а также при движении дислокаций, сопровождающем пластическую деформацию;
- термически — при нагреве, сопровождаемом заметной диффузией и самодиффузией, движением вакансий и другими процессами, изменяющими положение атомов в кристаллической решетке;
- бомбардировкой поверхности ионами или быстродвижущимися частицами с достаточно высокой энергией.

Как отмечалось выше, реальная металлическая поверхность всегда покрыта связанными с нею окислами, а также пленками химически нейтральных газов, жиров и др. веществ. Поэтому первым необходимым условием образования прочного соединения между металлическими заготовками является обязательное удаление с их поверхностей оксидных и адсорбированных пленок.

Поскольку поверхность любого, даже тщательно отполированного металлического тела никогда не бывает ровной (она всегда волниста, шероховата, покрыта множеством микровыступов), то вторым обязательным условием для получения прочных, работоспособных соединений между реальными поверхностями в твердой фазе является необходимость обеспечения значительной пластической деформации поверхностных слоев металла.

Для всех существующих способов сварки давлением природа образования соединения едина. Такое соединение образуется в результате деформационного воздействия на металл в зоне контакта.

Указанное деформационное воздействие осуществляют за счет внешней нагрузки P, которая ориентировочно равна (Сварщик № 1–2017 — [1]):

$$P \approx 3G_T \cdot S_H,$$

где G_T — предел текучести материала,
S_H — номинальная площадь контакта.

В некоторых способах сварки (кузнечная, диффузионная, трением и др.) условия деформирования значительно облегчаются, а необходимое внешнее усилие P снижается путем искусственного увеличения пластичности (снижение предела текучести) металла в результате его нагрева (термодеформационное воздействие).

Совместное влияние температуры и величины деформационного усилия на прочность образующегося соединения (по Эссеру) показано на *рис. 9*. При неизменной температуре (постоянном пределе текучести) прочность сварного соединения возрастает по мере увеличения внешнего (сварочного) давления, а при неизменном внешнем давлении прочность возрастает с увеличением температуры (уменьшением предела текучести материала).

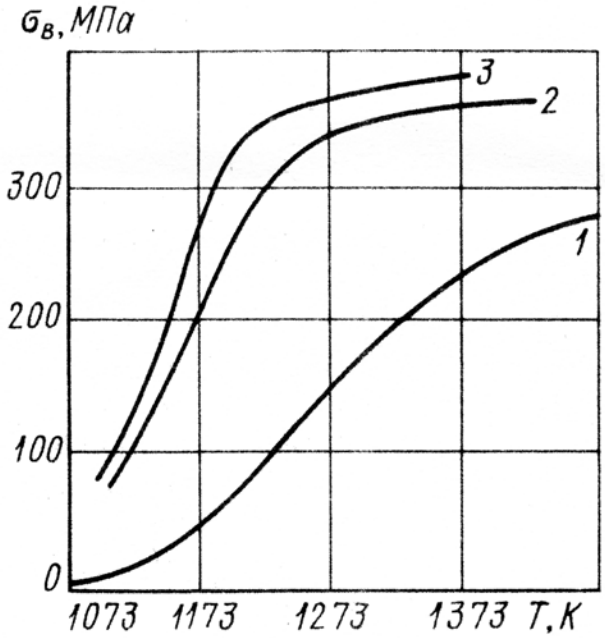


Рис. 9. Зависимость прочности на растяжение сварного соединения от температуры и давления при сварке:
1 — P = 10 МПа; 2 — P = 20 МПа; 3 — P = 35 МПа

Различие между отдельными способами сварки давлением заключается в кинетике протекания процесса образования соединения, которая зависит от способа введения тепла в свариваемые детали и определяется характером и интенсивностью деформации и особенностями развития релаксационных процессов в приконтактной зоне.

Практика показывает, что чем выше степень локализации пластической деформации в зоне соединения, тем лучше обеспечивается сохранение в соединении механических и специальных свойств исходных материалов и тем легче осуществляется соединение в твердой фазе хрупких материалов с резко отличными физико-механическими свойствами.

Специалисты рассматривают процесс образования сварных соединений в твердой фазе (при любых способах сварки давлением) как состоящий из трех стадий [8]:

- первая стадия — образование физического контакта благодаря пластической деформации обоих (при соединении одноименных или близких по своим тепло-физическим свойствам материалов) или одного, более пластичного, свариваемого материала;
- вторая стадия — активация контактных поверхностей (образование на них активных центров);
- третья стадия — объемное взаимодействие.

Главный вывод при этом состоит в том, что при всех способах сварки давлением пластическая деформация является основным процессом, определяющим развитие первых двух стадий образования соединения. В третьей стадии течение процесса релаксации определяется, главным образом, температурой в зоне контакта, но пластическая деформация, накопленная в первых двух стадиях, и ее скорость могут и здесь оказать существенное влияние на кинетику процесса. При этом следует различать деформацию в микромасштабах (или микродеформацию), имеющую место в первой стадии процесса сварки, ответственную за возникновение единичных металлических связей между парами деформируемых микровыступов на соединяемых поверхностях, и макродеформацию — объемную деформацию приповерхностных зон металла, протекающую преимущественно во второй и частично в третьей стадиях процесса сварки давлением, ответственную за слияние дискретных очагов взаимодействия и образование прочного сварного соединения.

Литература

5. Теоретические основы сварки / Под ред. В. В. Фролова. — М.: Высш. школа, 1970. – 592 с.

6. Прохоров Н. Н. Физические процессы в металлах при сварке. Т. 1. Элементы физики металлов и процесс кристаллизации. — М.: Металлургия, 1968. – 695 с.

7. Кочергин К. А. Сварка давлением – Л.: Машиностроение, 1972. — 216 с.

8. Гельман А. С. Основы сварки давлением – М.: Машиностроение, 1970. – 312 с.

#1012

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.

Расскажите, пожалуйста, о сварке трением с перемешиванием?

Л. Герасименко, *г. Кременчуг*

Сварка трением с перемешиванием (СТП) является сравнительно новым видом сварки. Способ сварки трением с перемешиванием (СТП или FSW – Friction Stir Welding) был запатентован Британским институтом сварки (TWI) в 1991 г. Внедрение процесса в промышленности началось в 1990–2000 гг. благодаря успешному использованию установок ESAB в компаниях Marine Aluminium (Хагезунд, Норвегия) в 1996 г. и Боинг (Уичито, Канзас, США) в 1998 г.

Способ сварки трением с перемешиванием относится к твердофазным способам образования соединений материалов с использованием трения. Процесс, в котором не используются ни сварочные материалы, ни защитный газ, позволяет получать отличное качество швов. Сегодня СТП преимущественно используется для высококачественной сварки алюминия и др. сплавов.

Принцип процесса СТП. Сварка производится вращающимся инструментом в форме стержня, состоящего из двух основных частей (*рис. 1*) заплечика или бурта (утолщенная часть) и наконечника (штыря – выступающая часть). Размеры этих конструктивных элементов выбирают в зависимости от толщины и материала свариваемых деталей. Длину наконечника устанавливают приблизительно равной толщине детали, подлежащей сварке. Вращающийся с высокой скоростью инструмент в месте соединения под давлением вводится в свариваемый материал так, чтобы наконечник вошел в заготовки на глубину, примерно равную их толщине, а заплечик коснулся их поверхности. После этого инструмент перемещается по линии шва со скоростью сварки, образуя непрерывный шов. В результате работы сил трения происходит нагрев металла, он становится пластичным (переходит в тестообразное состояние) и равномерно деформируется. Происходит его перемешивание вращающимся инструментом и образуется прочное соединение между двумя деталями. Объем, в котором формируется шов, ограничивается сверху заплечиком инструмента (*рис. 2*).

Основные параметры процесса СТП, которые влияют на свойства шва:

- скорость перемещения и частота вращения инструмента;

Рис. 1. Схема процесса СТП

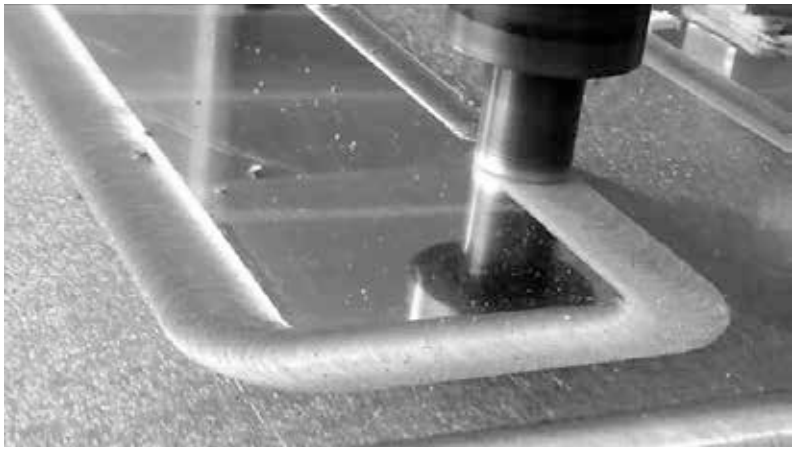


Рис. 2. Общий вид сварного соединения выполненного СТП

- усилия прижатия и перемещения инструмента;
- угол наклона и геометрические размеры инструмента.

Мировой опыт применения СТП показывает, что данный вид сварки — интенсивно развивающийся технологический процесс. Эффективно использование СТП для изготовления режущего инструмента при производстве составных сварно—кованых,—литых,—штампованных деталей. СТП оказывается незаменимой при соединении трудносвариваемых или вовсе не сваривающихся другими способами разнородных материалов, например, стали с алюминием, аустенитных сталей с перлитными.

Данный метод сварки успешно применяется и для алюминий-литиевых сплавов, сварка которых невозможна другими методами. Создание таких сплавов основывается на использовании в качестве легирующего элемента наиболее легкого металла—лития, плотность которого (0,534 г/см^3) в пять раз меньше плотности алюминия. Они занимают особое положение среди других алюминиевых сплавов, что обусловлено их более высоким модулем упругости и меньшей плотностью, свойствами, открывающими новые возможности применения легких металлических материалов. Из алюминий-литиевых сплавов изготавливают—штамповки, плиты, листы и разнообразной формы прессованные изделия (прутки, трубы и профили).

Такие характеристики СТП, как повышение весовой эффективности техники, ее прочности и ресурса, позволяют использовать ее при изготовлении самолетов и ракетной техники.

Сегодня СТП все чаще используется в автомобилестроении. Так, сварка плавлением может деформировать тонкие листы алюминия, а при СТП выделяется меньше тепла и такие повреждения маловероятны. Кроме того, по сравнению со сваркой плавлением, при СТП потребляется в два раза меньше электроэнергии.

В отличие от обычной сварки кузова автомобиля, которая увеличивает массу изделия за счет швов из сварочной проволоки присадочного металла, сварка трением ничего не добавляет к его массе. Это в свою очередь уменьшает вес готовой продукции, что особенно важно в современных условиях, когда идет борьба за высокую эффективность расхода топлива.

Основные области применения СТП:

- судостроение (палубные надстройки, переборки, элементы корпуса);
- аэрокосмическая промышленность (элементы фюзеляжа, крыльев, баки топливные и криогенных жидкостей);
- железнодорожный транспорт и метро (корпуса вагонов, рамы и тележки поездов);
- автомобильная промышленность (узлы крепления двигателя, диски колес, рамы и кузова автомобилей);
- электротехническая промышленность (корпуса электромоторов, токоподводы, параболические антенны, шины питания);
- строительная индустрия (алюминиевые мосты и трубопроводы, теплообменники и кондиционеры);
- пищевая промышленность (емкости для вина, пива, молока и др.).

Метод СТП используют также для соединений медных сплавов, например, в медных контейнерах для хранения ядерных отходов, а также медных подложек (разновидность теплоотводов) в оборудовании для напыления и др. СТП применяют в основном для соединения материалов со сравнительно низкой температурой плавления (алюминиевых и магниевых). В настоящее время известны результаты успешной сварки данным способом медных, никелевых и титановых сплавов, а также сталей. С помощью СТП сваривают алюминиевые сплавы толщиной до 75 мм за один проход. СТП позволяет получать нахлесточные соединения алюминиевых листов толщиной от 0,2 мм.

Обычная скорость сварки этих сплавов в промышленности—0,8–2,0 м/мин (при толщине изделий 5 мм). Последние исследования показали, что листы толщиной 5 мм из сплава 6082 можно

сваривать со скоростью 6 м/мин и эта скорость не является пределом.

Высокие механические характеристики соединений, полученных сваркой трением с перемешиванием, главное условие успешного промышленного применения процесса. Исследователи отмечают преимущества СТП по сравнению с другими способами сварки по показателям статической и усталостной прочности соединения, коррозионной стойкости, уровню сварочной деформации, трудоемкости, энергоемкости, экологической безопасности. При правильно выбранных режимах статическая прочность при растяжении и изгибе, относительное удлинение, ударная вязкость, усталостная прочность, т.е. почти все основные механические показатели металла стыка, находятся на уровне соответствующих показателей основного металла деталей или близки к ним.

Достоинства и преимущества СТП:

- минимальная подготовка свариваемых поверхностей (только обезжиривание);
- отсутствие необходимости в подготовке кромок под сварку, обработке шва после нее и механической обработке после сварки;
- возможность сварки материалов и получения качественных швов на сплавах, не поддающихся традиционным способам сварки;
- высокие прочность и качество сварного шва;
- мелкозернистая структура сварного шва;
- возможность получения соединений во всех пространственных положениях;
- отсутствие необходимости в присадочной проволоке;
- отсутствие пористости;
- не имеется особых требований к процессу сварки;
- практически полное отсутствие коробления и термических деформаций (благодаря ограниченным пространству деформации и нагревом зоны сварки);
- меньший уровень остаточных напряжений и деформаций;
- сторона вершины шва является идеальной копией подложки, а верхняя сторона уже имеет отфрезерованную структуру, образованную буртом;
- значительное преимущество перед болтовыми и заклепочными соединениями за счет увеличения прочности и жесткости конструкции, снижения массы и стоимости изготовления;
- общая и межкристаллическая коррозия, коррозия под напряжением в агрессивной среде, в т.ч. в контакте с компонентами топлива, показывают значительное преимущество СТП перед сваркой плавлением;
- не выделяются испарения или токсичные газы, опасные для операторов. Персонал не подвергается воздействию излучения от дуги. Безопасно для окружающей среды;
- уменьшение времени производственного цикла на 50–75% по сравнению с обычными способами сварки;
- высокая эффективность и экономия энергопотребления: только 20% затрат тепла по сравнению с процессом сварки электродом в инертном газе.

Недостатки способа СТП:

- применение громоздкого сварочного оборудования;
- необходимость конструирования и изготовления специального инструмента под соответствующий тип соединений;
- применение вводных и выводных планок для получения качественных швов по всей длине заготовок;
- образование в конце кольцевого шва отверстия, равного диаметру штыря инструмента и др.

Основными видами неразрушающего контроля соединений, полученных СТП, являются визуальный (оптический) и ультразвуковой контроли, в т.ч. автоматический. Благодаря методу акустического контроля можно также получать полезную информацию о дефектах в шве, поскольку дефекты разных типов дают сигналы, которые по-разному отражаются на частотных диаграммах.

Многообещающие результаты исследований СТП в мировых центрах сварки, полученные в последние годы, увеличивают область эффективного применения сварки трением в промышленности. Однако высокая производительность данного метода сварки по сравнению с другими видами ручной и автоматической сварки требует во многих случаях значительных капиталовложений, которые оправдываются только при большом объеме производства. В тех случаях, когда объемы производства одной компании не могут оправдать капиталовложения на установку СТП, целесообразно совместно использовать ее несколькими компаниями.

Ответ подготовлен по материалам статьи: Сварка трением с перемешиванием // promsvarka.by URL: http://promsvarka.by/stati/vsyo-o-svarke/svarka-treniem-s-peremeshivaniem

#1013

Сопротивляемость замедленному разрушению сварных соединений при ремонтной сварке литых конструкций из высокопрочных углеродистых сталей*

В. Д. Позняков, чл.- кор. НАНУ, д.т.н., **О. А. Гайворонский,** д.т.н., ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ (Киев)

Исследовано влияние погонной энергии сварки, температуры предварительного подогрева и уровня насыщенности швов водородом на сопротивляемость замедленному разрушению металла зоны термического влияния (ЗТВ) сварных соединений стали типа 35Л с повышенным содержанием углерода. Выполнена оценка влияния состава наплавленного металла на сопротивляемость разрушению металла швов при сварке электродами АНП-10 (бейнитно-мартенситных швов), УОНИ-13/55 и FOX-EV50 (ферритно-бейнитных швов). Исследовано влияние способа удаления дефектов и формирования кромок на сопротивляемость сварных соединений образованию холодных трещин.

В настоящее время эксплуатируется много инженерных сооружений и механизмов, которые исчерпали назначенный термин службы или близки к этому состоянию. В большинстве случаев такие конструкции уникальны. Масса некоторых из них превышает 100 т, а толщина металла — 80 мм. Примером таких конструкций являются узлы дробилок и гидравлических и механических прессов, которые являются основным технологическим оборудованием горно-обогатительных комбинатов, металлургических и машиностроительных заводов. Большинство из них изготовлены из литых сталей типа 25Л и 35Л с содержанием углерода 0,25–0,40%.

В процессе долгосрочной эксплуатации металл способен изменять свои физико-механические свойства, в результате чего в нем образуются микро- и макротрещины. Когда трещины достигают критических размеров, возникает потребность в восстановлении конструкции. Как правило, ремонт выполняется с использованием дуговых процессов сварки. Проблемам сварки при ремонте уделяется все больше внимания, это видно из исследований отечественных и зарубежных специалистов [1–5].

Повышенное содержание углерода в литых сталях 25Л и 35Л предопределяет значительные трудности при их сварке. Они связаны прежде всего с тем, что при значительных скоростях охлаждения в металле ЗТВ сварных соединений таких сталей формируются закалочные структуры, вследствие чего в них могут образовываться холодные трещины.

Для предупреждения возникновения отмеченных трещин сварка таких сталей обычно выполняется с предварительным подогревом соединений до температур 200–300 °С. Однако, из-за сложной конфигурации и большой толщиной металла, из которого изготовлены конструкции, а также учитывая тот факт, что во время ремонтной сварки доступ к отдельным местам, которые восстанавливаются, усложнен, и работы выполняются в ограниченном пространстве, реализовать такую технологическую операцию в полной мере достаточно проблематично.

В связи с этим возникла необходимость в проведении исследований, направленных на нахождение эффективных технологических решений относительно повышения сопротивляемости замедленному разрушению сварных соединений сталей с содержанием углерода больше чем 0,25%, снижения при этом температуры предварительного подогрева до 80–100 °С.

Для решения поставленной задачи необходимо было исследовать влияние след. факторов:

- погонной энергии сварки, температуры предварительного подогрева и уровня насыщенности швов водородом на сопротивляемость замедленному разрушению металла ЗТВ соединений стали с повышенным содержанием углерода;
- состава наплавленного металла на образование в сварных соединениях поперечных трещин;
- способа удаления дефектов и формирование кромок на сопротивляемость корневого слоя сварных соединений образованию холодных трещин.

Сопротивляемость металла ЗТВ замедленному разрушению изучали при помощи метода «Имплант», который описан в работе [6]. Образцы для проведения испытаний изготавливали из специально отобранного металла конструкции дробилки,

* *По материалам сборника: «Проблемы ресурса и безопасности эксплуатации конструкций, сооружений и машин», ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ*

которая больше 12 лет эксплуатировалась на одном из горно-обогатительных комбинатов. Указанный металл имел такой химический состав (в %): 0,42 C, 0,41 Si, 0,67 Mn, 0,34 Cr, 0,36 Ni, 0,025 S, 0,035 P.

Наплавку связующего шва выполняли электродами марки УОНИ-13/55 диаметром 4,0 мм на режимах, которые обеспечивают погонную энергию сварки в диапазоне 10–21 кДж/см. Температуру предварительного подогрева образцов изменяли от 20 до 100 °С, а концентрацию диффузионного водорода в наплавленном металле от 7,0 до 15,0 мл/100 г (оценивали хроматографическим способом). Обобщенные полученные данные проведенных опытов представлены на *рис. 1.*

Установлено, что наиболее высокую сопротивляемость замедленному разрушению имеют образцы, сварку которых выполняли с предварительным подогревом 80–100 °С на режимах, которые обеспечивают погонную энергию сварки на уровне 10 кДж/см, при содержании диффузионного водорода в наплавленном металле до 8,0 мл/100 г. Критические напряжения, при которых исследуемые образцы не разрушались на протяжении 24 ч, составляли $\sigma_{кр}$ = 325 МПа. Анализ термокинетической диаграммы превращений аустенита в стали 35Л (*рис. 2*) свидетельствует, что при данных условиях охлаждения сварных соединений ($W_{6/5} \leq 10$ °С/с) в метале ЗТВ образуется структура, которая главным образом состоит из бейнита и перлита. При более высоких скоростях охлаждения, характерных для сварки без подогрева ($W_{6/5} \approx 12$ °С/с) и с подогревом до 60 °С ($W_{6/5} \approx 20$ °С/с), в метале ЗТВ образуется преимущественно мартенситная структура, которая имеет низкую сопротивляемость образованию холодных трещин [6]. Уже при скоростях охлаждения 12 °С/с она почти на 50% состоит из мартенсита. При $W_{6/5} \geq 20$ °С/с содержание мартенсита вырастает до 80%. Именно этим, на наш взгляд, объясняется тот факт, что при таких условиях сварки, даже при относительно небольших концентрациях диффузионного водорода в наплавленном металле (≈ 7,0 мл/100 г), уровень критических напряжений ЗТВ стали 35Л был небольшим и составлял 150 МПа.

При ограниченном содержании диффузионного водорода в наплавленном металле (до 8 мл/100 г) достаточно высокую сопротивляемость замедленному разрушению ($\sigma_{кр} \approx 300$ МПа) имеют образцы, сварка которых выполняется на повышенных режимах ($Q_{св} \approx 21$ кДж/см). Однако, как известно [7], увеличение погонной энергии сварки способствует росту уровня остаточных напряжений в сварных соединениях, поэтому данный технологический вариант сварки, по нашему мнению, не позволит избежать образования в них холодных трещин.

Существенное влияние на замедленное разрушение имеет диффузионный водород. Повышение его содержания в наплавленном металле до 15 мл/100 г приводит к ухудшению сопротивляемость металла ЗТВ стали 35Л замедленному разрушению. Даже при $Q_{св} \approx 21$ кДж/см критические напряжения, при которых в соединениях образование холодных трещин маловероятно, составляли 150 МПа. Менее ощутимо его влияние при сварке с предварительным подогревом до 100 °С ($\sigma_{кр} \approx 200$ МПа), но даже при таких условиях сварки вероятность образования холодных трещин в металле ЗТВ сварных соединений стали 35Л достаточно высокая.

Установлено, что наиболее благоприятными с точки зрения сопротивляемости сварных соединений стали 35Л образованию холодных трещин являются условия, когда сварку проводят с предварительным подогревом до 80–100 °С на режимах, которые обеспечивают $Q_{св} \approx 10$–14 кДж/см, при ограниченном (до 8,0 мл/100 г) содержании диффузионного водорода в наплавленном металле и уровне напряжений, которые не превышают 325 МПа.

Оценку сопротивляемости замедленному разрушению металла шва проводили в соответствии с методикой, описанной в работе [8], на образцах толщиной 30 мм с Х-подобным раскрытием кромок. Исследовали однослойные швы, выполненные

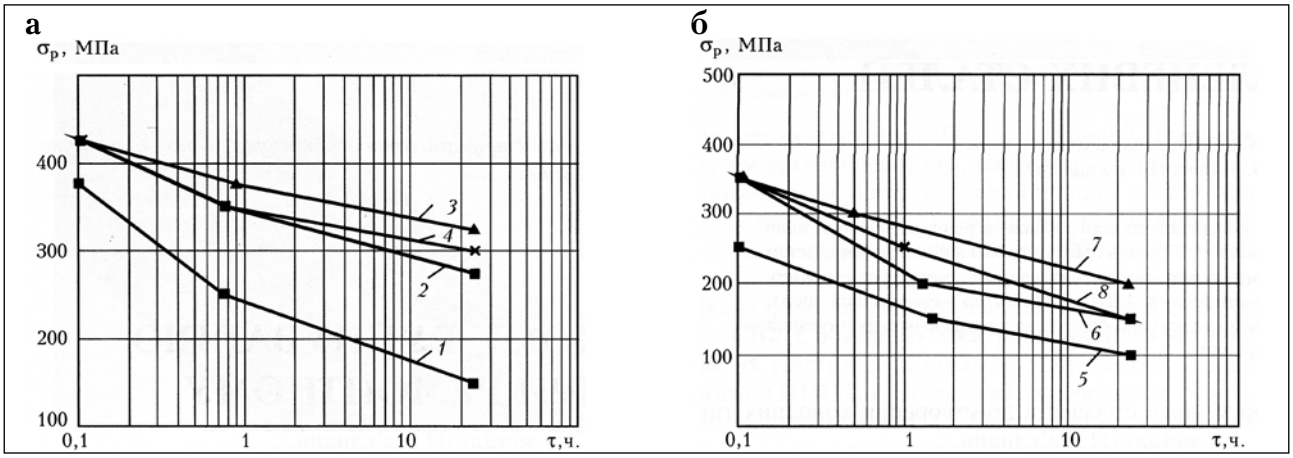


Рис. 1. Сопротивляемость замедленному разрушению металла ЗТВ стали 35Л при содержании диффузионного водорода в наплавленном металле: а – 8,0, б – 15,0 мл/100 г, в зависимости от температуры предварительного подогрева (1–4) и погонной энергии сварки (5–8): 1, 4 – $T_{пл}$ = 20; 2 – 60; 3–100 °С; 5 – 7 – $Q_{св}$ = 10; 8–20 кДж/см

электродами АНП-10 (бейнитно-мартенситные швы), УОНИ-13/55 и FOX-EV50 (ферритно-бейнитные швы). Сварку образцов выполняли без предварительного подогрева на таких режимах: $I_{св}$ = 160–180 А; $U_д$ = 25–27 В; $V_{св}$ = 10 м/час. Химический состав, параметры структуры и механические свойства исследуемых швов представлены в *табл. 1*. Представление про замедленное разрушение таких швов дают кривые на *рис. 3*.

Как показали результаты испытаний, наиболее высокие показатели сопротивляемости замедленному разрушению имеют швы, выполненные электродами FOX-EV50 и УОНИ-13/55. Критические уровни напряжений, при которых образцы не разрушались на протяжении 24 ч, составляют соответственно 425 и 375 МПа. Относительный показатель стойкости этих швов к образованию холодных трещин, который определяется по соотношениям между критическим уровнем напряжений и пределом текучести швов, ориентировочно составляет $\sigma_{кр}/\sigma_{0,2}$ = 0,75–0,8. Это свидетельствует о том, что металл с ферритно-бейнитной структурой имеет достаточно высокую стойкость против образования поперечных трещин, а также про то, что их образование возможно только при условии, что уровень напряжений в сварных соединениях будет близок к пределу текучести таких швов. Более низкую сопротивляемость замедленному разрушению как по абсолютным значениям, так и по относительным показателям трещиностойкости, обладает металл шва, выполненный электродами марки АНП-10. Напряжения, при которых в металле швов сварных соединений могут образоваться поперечные трещины, не превышают 325 МПа ($\sigma_{кр}/\sigma_{0,2}$ = 0,5). Наиболее вероятно это связано с тем, что швы с бейнитно-мартенситной структурой менее пластичны (δ_5 = 18%), чем с ферритно-бейнитной (δ_5 = 25–30%) и обладают меньшей способностью деформироваться без разрушения.

На сопротивляемость сварных соединений образованию холодных трещин может также влиять способ подготовки кромок для сварки. В связи с этим при изготовлении металлокон-

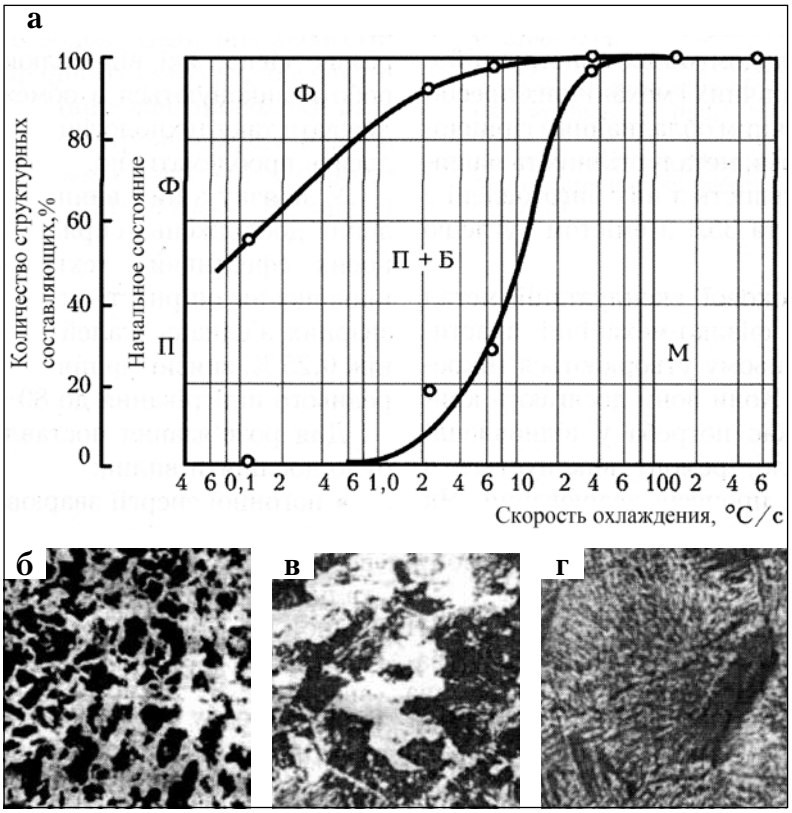


Рис. 2. Диаграмма структурного состава металла стали 35Л – *а*, характерные микроструктуры (х250), которые он имеет в выходном состоянии – б, при сварке на режимах, обеспечивающих скорость охлаждения 7 °С/с – *в*, 25 °С/с – г

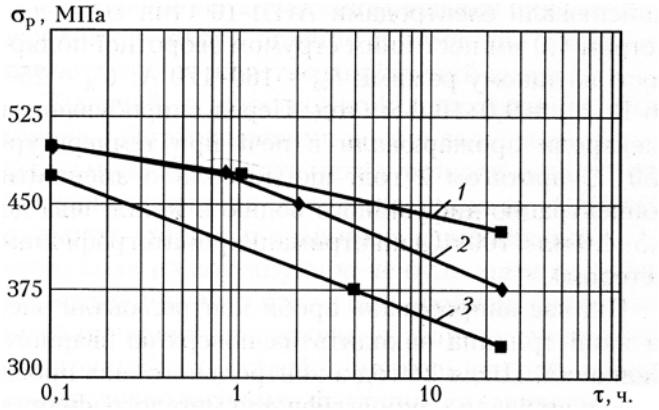


Рис. 3. Сопротивляемость замедленному разрушению металла швов, выполненных ручной дуговой сваркой электродами: FOX-EV50 – 1, УОНИ-13/55 – 2, АНП-10 – 3

Таблица 1. Химический состав, параметры структуры и механические свойства металла швов, наплавленных электродами АНП-10, FOX-EV50 и УОНИ-13/55

Марка электрода	Химический состав,%					$\sigma_{0,2}$, МПа	δ_5,%	Фазовый состав структуры,%
	C	Mn	Si	S	P			
АНП-10	0,11	1,8	0,5	0,020	≤ 0,023	640	18	90 Б + 10 М
FOX-EV50	0,07	1,1	0,5	0,009	0,012	530	30	30 Ф + 70 Б
УОНИ-13/55	0,09	1,2	0,45	0,022	0,018	500	25	50 Ф + 50 Б

струкций из высокопрочных сталей кромки сварных соединений обычно подготавливаются одним из механических способов, например фрезерованием. При ремонтной сварке металла малой толщины трещины можно удалить также механизированным способом. Что касается ремонтной сварки конструкций, изготовленных из металла большой толщины, то здесь при удалении дефектов чаще всего применяется газокислородная резка.

Известно, что кислородная резка негативно влияет на состояние поверхности металла. Как правило, в средней части разреза происходит насыщением металла углеродом и может образоваться узкая зона с твердостью до *HV* 700. В связи с этим механические свойства и сопротивляемость замедленному разрушению сварных соединений, выполненных по кромкам после газовой резки, могут существенно снижаться сравнительно с соединениями кромок, которые обрабатывались механическим способом. Поэтому возникает необходимость в разработке технологических решений, которые позволили бы компенсировать негативное действие на металл газокислородной резки.

Учитывая это обстоятельство, для нахождения эффективных способов повышения сопротивляемости ремонтных сварных соединений замедленному разрушению, были проведены исследования способа подготовки кромок с целью проверки влияния на этот процесс. Исследования проводили с использованием широко известной пробы Теккен относительно стали 14Х2ГМРЛ толщиной 60 мм. Сварку технологических проб осуществляли электродами АНП-10 (тип Э70) диаметром 4,0 мм постоянным током обратной полярности на таком режиме: $I_{св}$ = 160–170 А; $U_Д$ = 25–26 В; $V_{св}$ = 9,0–10,0 м/ч. Перед испытанием электроды прокаливали в печи при температуре 450 °С на протяжении 2 ч, что позволило уменьшить концентрацию диффузионного водорода в металле шва до 3,5–4,0 мл/100 г (данные получены хроматографическим методом).

Во время испытаний проб контролировали время, за которое трещина выходит на поверхность сварного соединения. После 24 ч из контрольного шва пробы Теккен вырезали макрошлифы для металлографических исследований. Критерием оценки стойкости сварных соединений замедленному разрушению при проведении испытаний была минимальная температура предварительного подогрева, при которой в сварных соединениях не образовывались трещины. Обобщенные результаты проведенных испытаний приведены в *табл. 2*.

Таблица 2. Обобщенные результаты испытаний проб Теккен при разной подготовке кромок

Технологический вариант подготовки кромок	Тп, °С	Наличие трещин,%	Место расположения трещин	Примечание
Газокислородная резка	120	100	ЗТВ, металл шва	Непригодный вариант
	180	30–40		
	210	15–20		
Газовая резка, зачистка кромок шлифмашиной	90	100	–	–
	150	10–15		
	180	0	Не имеет	
Газовая резка, механическое фрезерование кромок	60	100	ЗТВ, металл шва	Базовый вариант
	90	20–25		
	120	0	Не имеет	
Газовая резка, зачистка кромок, наплавка переходного слоя с зачисткой шлифмашиной	20	90–95	ЗТВ, металл шва	Оптимальный вариант
	40	70–80		
	60	50–55		
	90	0	Не имеет	

Из рассмотренных вариантов (*табл. 2*) наиболее трудоемким является последний, который предусматривает предварительную механическую обработку кромок шлифовальной машинкой, наплавку предварительно слоя электродами типа Э50 и последующую их механическую обработку. Однако, он обеспечил значительное снижение температуры предварительного подогрева проб (приблизительно на 55–60%), что дает основание рассчитывать на то, что именно такой подход позволит существенно снизить температуру предварительного подогрева при сварке во время ремонта массивных металлоконструкций.

Литература

1. Timossi L., Servetto C. Inspection and repairing methodology on cracks in steel manufacturing plants.— S.1, S.a.— (Intern. Inst, of Welding; Doc. XV-908–96).

2. Bowers R.J., Letts M.W. Weld-repair simulation in 2.25Cr-1Mo steel.— S. 1., S. a.— 21 p.— (Intern. Inst. of Welding; Doc. IX-1856–96).

3. Gregory E.N., Slater G., Woodley C.C. Weld repair of cracks in steel bridge members // Rept. Nat. Coop. Highway Program.— 1989.— N321.— P. 1–4.

4. Lai M.O., Fong H.S. Effect of repeated repairs on the strength of welded joints // Welding J.— 1989.— N6.— P. 28–30.

5. Lai M.O., Fong H.S. Fatique perfomance of repaired pipelines steel weld // J. Mater. Sci. Lett.— 1988.— N12.— P. 1353–1354.

6. Макаров Э.Л. Холодные трещины при сварке легированных сталей.— М.: Машиностр., 1981.— 247 с.

7. Корольков П.М., Дикун В.Н. Влияние технологических процессов сварки и объемной термообработки на уровень сварочных напряжений в шаровых резервуарах жидкого аммиака // Монтажные и спец. работы в стр-ве.— 1993.— № 8.— С. 24–26.

8. Миходуй Л.И., Мельник И.С., Позняков В.Д. Сопротивляемость замедленному разрушению низколегированных швов при сварке высокопрочных сталей с пределом текучести свыше 600 МПа // Автомат. сварка.— 1990.— № 2.— С. 14–19.

#1014

Формирование факела подогревающего пламени в резаках и горелках большой мощности

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

Параметры факела подогревающего пламени сварочных горелок и кислородных резаков для резки листового и сортового проката (ручных и машинных) подробно изучены и широко представлены в учебной и справочной литературе. Ацетилено-кислородное пламя горит стабильно (без отрыва от мундштука или проскока внутрь резака) при нормальном факеле (ацетилен полностью сгорает в смеси с подогревающим кислородом).

Пламя, образованное смесью подогревающего кислорода и природного газа (или пропан-бутана), стабильно горит при значительном избытке горючего газа в смеси с подогревающим кислородом. Избыточный горючий газ отвлекает на себя кислород режущей струи, ослабляя ее, а имеющийся в факеле метан легко растворяется в жидкой фазе поверхности реза (или сварочного шва), образуя поры в виде рваных хлопьев с большим количеством концентраторов напряжений. Поэтому для сварки применяется исключительно ацетилен. Несмотря на очевидные преимущества ацетилено-кислородного пламени, при кислородной резке повсеместно применяют газы — заменители ацетилена, т.к. они безопаснее в работе и значительно дешевле, а ацетилено — кислородное пламя используют при резке ответственных заготовок.

Выходные каналы для горючей смеси резаков, как правило, выполнены в виде кольцевой щели, которая расположена концентрично выходному каналу для режущего кислорода (оптимально при проектировании). В режиме нагрева (режущий кислород отключен) на торцевой поверхности мундштука снаружи и внутри кольцевого выходного канала образуются две зоны с пониженным давлением (разрежением), которые растягивают, каждая в свою сторону, ядро пламени, укорачивая его и увеличивая его поперечное сечение.

Факел резаков имеет короткое ядро с большим пятном нагрева. Реакция горения с выделением тепла происходит в непосредственной близости от границ ядра пламени и математически факел может быть представлен в виде точечного источника тепла (*рис. 1*). При кислородной резке основная часть тепла выделяется на верхней кромке реза, прогревая ее до температуры воспламенения и формируя на фронте реза изотерму воспламенения, достаточную для непрерывности процесса резки. Это хорошо для кислородной резки листового и сортового проката, но недостаточно для кислородной резки металлов больших толщин.

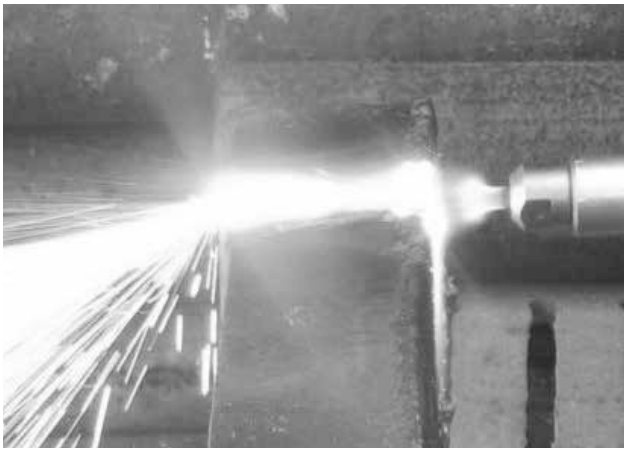


Рис. 1. Ядро факела с точечным источником тепла

Проведя цикл теоретических и экспериментальных работ по кислородной резке металлов больших толщин, К. Велендорф, О. Бомме, И. Бошнаков (ZIS, Халле, ФРГ) доказали, что для сохранения кинетической энергии и реакционной способности режущей струи кислорода на максимальном расстоянии от резака ее необходимо защитить от азота и других балластных газов окружающей среды, «обжав» по длине с помощью подогревающего пламени. Основываясь на этих положениях, они предложили клиношлицевые сопла (Keilschlizduse), нашедшие широкое применение в ручных инжекторных резаках для резки заготовок толщиной до 500 мм [1], и способ кислородной резки в защитном газе (Schutzgasbrennschneiden), позволивший производить резку заготовок толщиной до 3200 мм [2, 3].

Клиношлицевое сопло представляет собой режущее сопло, имеющее на выходе конически сужающийся участок, в котором по окружности нарезаны прямоугольные щелевые шлицы, обращенные меньшей стороной к каналу для режущего кислорода. Конический участок сопла позволяет фокусировать потоки горючей смеси в одной точке, что сокращает время нагрева кромки заготовки на фронте реза. Щелевые шлицы формируют плоские

потоки горючей смеси, расположенные вокруг центрального потока режущего кислорода, обращенные к ней узкой стороной. Внешняя часть этих потоков тормозится неподвижным окружающим воздухом, а внутренняя — разгоняется режущей струей, причем окружающий воздух не оказывает тормозящего действия на режущую струю, т.к. они не контактируют друг с другом.

Основными недостатками клиношлицевых сопел являются их дороговизна, сложность изготовления и малый срок службы.

Способ кислородной резки в защитном газе предполагает отказ от использования подогревающего кислорода и режущую кислородную струю окружает только горючий газ (в основном пропанобутановые смеси). Это позволяет формировать факел большой длины, на котором исключен контакт кислорода режущей струи с азотом и балластными газами окружающего воздуха. Однако, значительная часть горючего газа уносится в сторону и не принимает участия в процессе резки, оставшаяся часть горючего газа сгорает в смеси с периферийной частью режущей кислородной струи, ослабляя ее. Такие непроизводственные затраты приходится компенсировать увеличением расхода горючего газа и кислорода, что резко снижает рентабельность процесса. Математически факел резака для резки в защитном газе может быть представлен как аморфный источник тепла, занимающий большой объем, с низким коэффициентом полезного действия.

Чтобы доказать на практике возможности кислородной резки в защитном газе металлов больших толщин, И. Бошнаков организовал порезку шабота по его длине, которая составляла 3200 мм. Эксперимент был успешным, однако технико-экономический анализ процесса резки шабота показал его убыточность, т.к. требовал неоправданно больших расходов газов — энергоносителей.

При проектировании и изготовлении прокатного стана «5000», внедренного в производство в конце 1970-х гг., серьезную проблему представляли отливка 300-тонного слитка для опорного валка и изготовление из него поковки. Опорный валок изготавливали на ПО «Ижорский завод», где для получения слитка решили сложную задачу, синхронизировав работу 4-х мартеновских печей. На ПО «Уралмашзавод» разработали и внедрили на базе поворотного круга шагающего экскаватора манипулятор для 2-х сталеразливочных ковшей грузоподъемностью 180 т каждый, позволивший произвести разливку не прерывая жидкую струю более чем на пять минут. В мартеновском цехе имелся 500-тонный мостовой кран, который позволил производить подъемно-транспортные операции со слитком массой 300 т, но в кузнечно-прессовом цехе такого крана не было. Поэтому руководством завода было принято решение: прибыльную часть слитка (30% по массе) удалить в мартеновском цехе с помощью кислородной резки, а здоровое тело слитка на передаточной тележке переправить в кузнечно-прессовый цех для дальнейшей обработки на прессе усилием 10 000 тс. НПО «НИИПТмашу» было поручено разработать оборудование и технологию кислородной резки 300-тонного слитка, имеющего в головной части толщину 3200 мм, вырезать продольный темплет из сигнального слитка для научных целей (2 продольных реза в центральной части слитка через усадочную раковину) и удалить прибыльную часть штатного слитка по толщине 3200 мм. Кислородная резка производилась в кессоне, перекрытом броневыми плитами, через узкую щель между ними. Резак в процессе резки должен был перемещаться по круговой траектории, сохраняя вертикальное положение, поэтому машина газовой резки была решена в полярной системе координат. При разработке газокислородного резака с участием одного из авторов настоящей статьи был выбран комбинированный тип смешивания газов подогревающего пламени. Основной факел состоит из природного газа и подогревающего кислорода, подаваемых в зону горения раздельно через мундштук внешнего смешивания при давлении до 0,15 МПа и до 0,3 МПа соответственно. Дополнительный факел формируется потоком природного газа через отдельное сопло при давлении до 0,35 МПа и подается непосредственно в полость реза. Это техническое решение, не имеющее аналогов, получило авторское свидетельство на изобретение [4].

По сравнению с резаком для резки в защитном газе основной факел резака, разработанного в НПО «НИИПТмаш», состоит из высокоэффективной смеси природного газа с подогревающим кислородом и потребляет оптимальное количество газов-энергоносителей. Дополнительный факел, состоящий из природного газа, направляется непосредственно в полость реза под давлением, в несколько раз превышающим давление природного газа основного факела. Он участвует в процессе резки полностью, т.к. не уносится в сторону более слабыми потоками. Оборудование и технология, разработанные непосредственно для кислородной резки слитков опорного валка стана «5000», доказали свою эффективность и экономичность, они и в дальнейшем использовались на заводе для удаления прибыльных частей слитков толщиной 2000, 2200 и 2400 мм (*рис. 2*).

Приведенные выше примеры показали, что при кислородной резке металлов больших толщин подогревающее пламя должно оказывать тепловое воздействие на режущую струю кислорода и полость реза по всей толщине разрезаемой заготовки. Реакция горения в факеле с выделением тепла

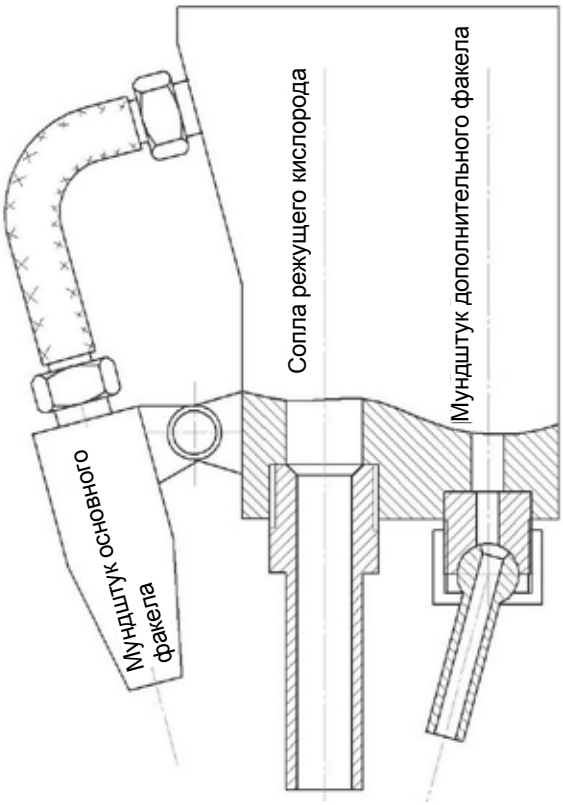


Рис. 2. Газокислородный резак с основным и дополнительным факелом

Рис. 3. Ядро факела с линейным источником тепла

должна происходить по всей его длине, т.е. факел математически представляется как линейный источник тепла (*рис. 3*).

Чем меньше разница между скоростями движущихся параллельно в одном направлении режущей струи кислорода и окружающего ее подогревающего пламени, тем меньшее возмущение они оказывают друг на друга за счет сил трения и меньше потери энергии у потока, движущегося с большей скоростью. Следовательно, необходимо повышать скорость подогревающего пламени по всей его длине.

При кислородной резке металлов больших толщин расходуется большое количество горючего газа и кислорода. Поэтому основным направлением повышения эффективности кислородной резки является снижение расхода газов-энергоносителей.

Ниже приведены несколько технических решений, в той или иной степени соответствующих требованиям повышения эффективности кислородной резки металлов больших толщин с помощью подогревающего пламени, признанных изобретением.

Мундштук для резаков с внешним смешением газов [5]. При резке металлов больших толщин длина пламени должна быть не меньше толщины разрезаемой заготовки, поэтому его регулируют со значительным избытком горючего газа. При этом скорость газов пламени и температура пламени по его длине остаются незначительными, а скорость режущей струи относительно газов пламени велика. Такая разность скоростей приводит к уменьшению кинетической энергии режущей струи за счет сил трения между параллельными потоками и снижению ее чистоты вследствие загрязнения продуктами горения и балластными газами.

Повышение скорости истечения газов подогревающего пламени путем увеличения давления на входе в резак нарушает стабильность горения пламени, т.к. происходит отрыв его от торца мундштука. Следовательно, подогревающее пламя, имеющее высокую скорость, необходимо принудительно «привязать» к торцу мундштука. Это можно сделать, увеличив разрежение на торце мундштука.

Мундштук содержит расположенные концентрично каналы для подогревающего, режущего кислорода и горючего газа и формирующую камеру, выполненную на рабочем торце мундштука. В нем предусмотрена замкнутая кольцевая камера, разделяющая каждый канал подогревающего кислорода и горючего газа на две соосные части. Указанная камера соединена с рабочим торцом мундштука отверстиями, равномерно расположенными между каналами подогревающего кислорода и горючего газа (*рис. 4*).

Газовые струи, проскакивая через замкнутую кольцевую камеру, создают в ней вакуум, который через отверстия, соединяющие эту камеру с рабочим торцом мундштука, передается в формирующую камеру. Даже при значительном увеличении скорости истечения газов подогревающего пламени резак работает стабильно, т.к. подогревающее пламя принудительно «привязано» к рабочему торцу мундштука. Видимая часть пламени удлиняется, одновременно происходит выравнивание температур по его длине, затем скорость горючей смеси приближается к скорости режущей струи и снижается перемешивание этой струи с окружающими газами. Поскольку чистота и скорость режущей струи остаются высокими на значительном расстоянии от торца мундштука — режущая способность кисло-

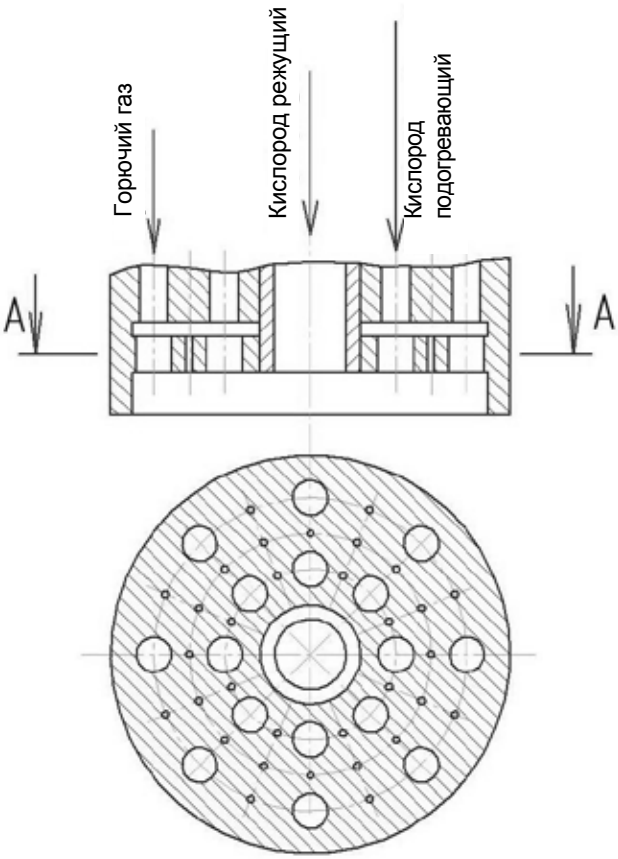


Рис. 4. Мундштук для резаков с внешним смешением газов

родной струи повышается. Это позволяет разрезать данным мундштуком металл большей толщины без увеличения расхода рабочих газов.

Газовый резак с внешним смешением газов [6]. Выходные каналы для рабочих газов в резаке расположены так, что цилиндрическую струю режущего кислорода окружает «n»-ное количество цилиндрических струй подогревающего кислорода, которые, в свою очередь, окружены сплошным потоком горючего газа (*рис. 5*). Сплошной поток горючего газа окружает также струю режущего кислорода.

Такая конструкция резака предполагает, что струя режущего кислорода и струи подогревающего кислорода находятся в потоке горючего газа, имеющего плотность меньше, чем окружающая атмосфера, и не контактируют друг с другом. Исключается подсос балластных газов из окружающей атмосферы, режущая струя не тормозится потоками подогревающего кислорода и увеличивается высокотемпературный участок пламени, на котором происходит реакция горения с выделением тепла. Подогревающее пламя является линейным источником тепла и прогревает разрезаемую заготовку по всей ее толщине, причем кинетическая энергия и чистота кислорода для поддержания реакции горения металла в режущей струе сохраняются также по всей толщине разрезаемой заготовки.

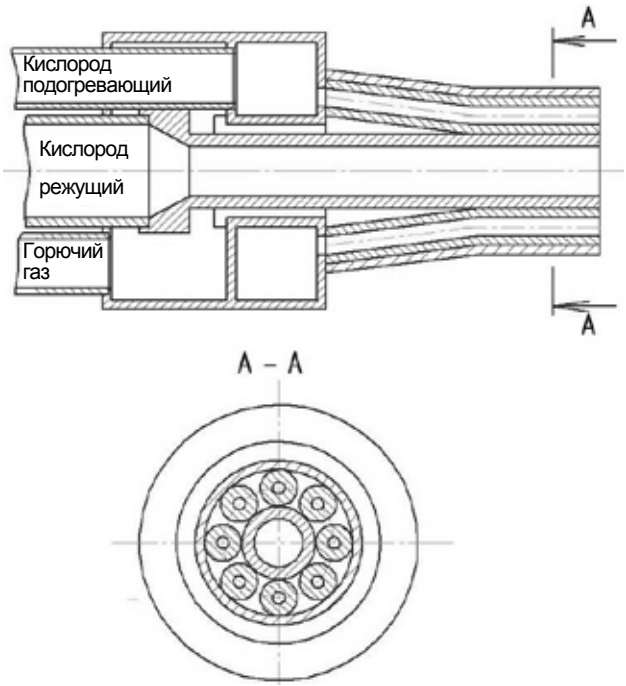


Рис. 5. Газовый резак с внешним смешением газов

Данный резак по сравнению с известными резаками-аналогами расходует меньше подогревающего кислорода и горючего газа, а при одинаковых расходах газов-энергоносителей может разрезать заготовки большей толщины.

Газокислородный резак [7]. Описанное техническое решение широко применяется в инжекторных ручных резаках специального назначения для резки заготовок толщиной до 600 мм. Резак имеет головку с соосным соплом и мундштуком, между которыми имеется кольцевой канал для выхода горючей смеси, устройство для разгона и разделения потока горючей смеси на отдельные потоки перед этим каналом. Устройство для разделения потоков выполнено на сопле в виде продольных прорезей и выступов, расположенных перед выходным кольцевым каналом (*рис. 6*).

Горючая смесь разгоняется в продольных прорезях до высоких скоростей, проскакивает через кольцевой выходной канал и образует основной факел подогревающего пламени, который горит на расстоянии от резака и представляет собой линейный источник тепла. Периферийные части истекающей из продольных прорезей горючей смеси в кольцевом выходном канале заполняют пространство между струями основного факела и истекают в зону горения с малой скоростью, образуя дополнительный факел, привязывающий основной факел к торцу резака. В результате чего подогревающее пламя имеет высокую скорость и температуру по всей длине, горит стабильно.

Процесс ручной кислородной резки крупного лома в копровом цехе ПАО «Энергомашспецсталь»

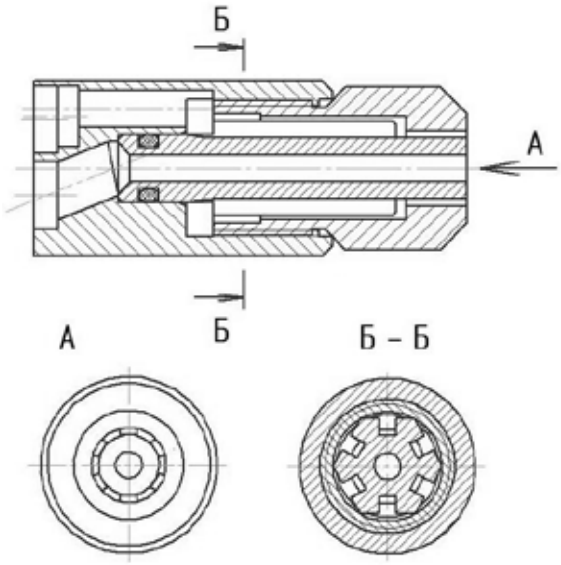


Рис. 6. Головка резака с разделением потоков горючей смеси на две составляющие

Рис. 7. Кислородная резка прибыльной части отливки на габаритные куски на ПАО «Энергомашспецсталь»

указанным резаком представлен на *рис. 7*.

Данное техническое решение использовано во всех ручных инжекторных резаках специального назначения, примеры их работы в различных условиях представлены в [8].

Способ кислородной резки металлов больших толщин [9] и резак для его осуществления. Данный способ кислородной резки использует подогревающее пламя как линейный источник тепла в чистом виде. Пламя размещается вокруг режущей струи кислорода и перемещается в одном направлении с ней примерно с одинаковой скоростью. Этим достигается качественное улучшение технико-экономических показателей (снижение расхода кислорода и горючего газа) и расширение технологических возможностей процесса (кислородная резка высоколегированных, в т.ч. нержавеющих, сталей и чугуна).

Способ кислородной резки заключается в том, что горючий газ подают сплошным потоком, в котором формируют не меньше 3-х вспомогательных струй режущего кислорода. При этом основную струю режущего кислорода направляют коаксиально кольцу из вспомогательных струй с начальной скоростью, превышающей не более чем на 10% начальную скорость вспомогательных струй.

Газокислородный резак для резки металлов больших толщин, осуществляющий кислородную резку по этому способу (*рис. 8*), включает головку (корпус) с каналами подачи горючего газа и периферийного кислорода, и размещенный в нем мундштук с центральным каналом для режущего кислорода и периферийными кислородными каналами. От аналогов резак отличается тем, что между периферийными кислородными каналами расположены радиальные глухие отверстия, с которыми попарно связаны каналы горючего газа, оси последних образуют две концентричные окружности с диаметрами d_1 и d_2. Оси периферийных кислородных каналов находятся на окружности, соосной с центральным каналом для режущего кислорода, имеющей диаметр d_3. Эти диаметры соответствуют условию $d_1 < d_3 < d_2$, причем длина периферийных кислородных каналов L находится в пределах $(5 \div 9) \cdot d$, где d — диаметр периферийных кислородных каналов.

Процесс кислородной резки поковки через усадочную раковину данным способом в копровом цехе Уралмашзавода представлен на *рис. 9*. Бурый дым на фотографии является следствием выгорания шлака и неметаллических включений в усадочной раковине прибыльной части поковки.

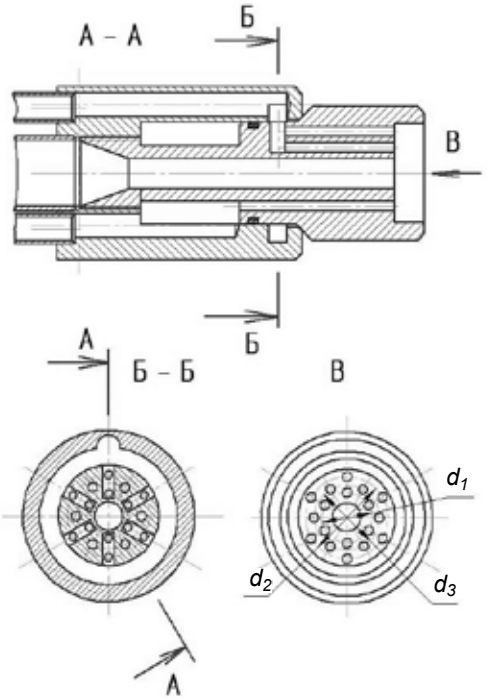


Рис. 8. Головка резака для резки металлов больших толщин

Рис. 9. Резка поковки Ø 1200 мм через усадочную раковину резаком РГКМ-5 на Уралмашзаводе

Более подробно материалы по использованию данного способа кислородной резки и резака для его осуществления (РГКМ-5) представлены в [8].

Факел газокислородных горелок для внепечного нагрева массивных заготовок. В работе [10] приведены результаты экспериментов по определению условий, когда факел газокислородных горелок для внепечного нагрева крупных заготовок наиболее эффективен. Это факел с точечным источником тепла, имеющий короткое ядро пламени и сплошное пятно нагрева большого поперечного сечения. Он формируется в инжекторных горелках с выходным каналом для горючей смеси в виде кольцевой щели (или «n»-ного количества отверстий, расположенных на одной окружности) (*рис. 10*). Механизм формирования факела такой газокислородной горелки аналогичен механизму формирования факела резака с точечным источником тепла и описан выше.

Если увеличить диаметр выходной кольцевой щели с одновременным увеличением диаметра торцевой рабочей поверхности мундштука, то внутри и снаружи выходного канала на торце мундштука расширятся две зоны с пониженным давлением (разрежением), которые дополнительно растянут, каждая в свою сторону, ядро факела, увеличивая сплошное пятно нагрева. Установка форкамеры (цилиндрическое углубление со стенками по окружности, открытое в сторону нагреваемой заготовки) на торце мундштука еще больше увеличивает пятно нагрева.

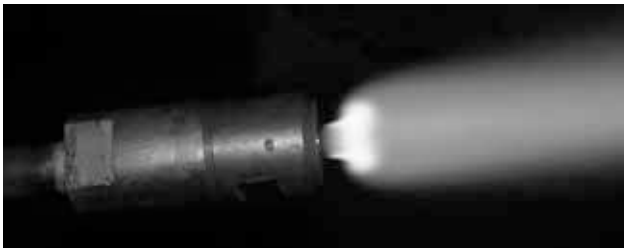


Рис. 10. Ядро факела газокислородной горелки для внепечного нагрева крупных заготовок с мундштуком в виде кольцевой щели

Факел газовоздушных горелок для внепечного нагрева массивных заготовок. Для привязки пламени к известным газовоздушным горелкам используют стакан — стабилизатор (полый цилиндр, внутри которого газовоздушная смесь теряет скорость до значений, равных скорости распространения фронта пламени), к выходным кромкам которого и «привязывается» факел. Ядро факела таких горелок имеет форму вытянутого треугольника значительной длины, а пятно его нагрева имеет форму «бублика» (вследствие охлаждающего действия холодных потоков газовоздушной смеси внутри ядра).

Авторами статьи предложен способ формирования факела пламени газовоздушной горелки, при котором стакан — стабилизатор выполнен глухим со стороны поступления в него горючей смеси, а с противоположной стороны — открытым. На глухом торце стабилизатора формируют полый цилиндрический поток газовоздушной смеси, внутри и снаружи которого возникают две зоны с пониженным давлением (разрежением), растягивающие ядро факела, каждая в свою сторону, укорачивая его. Ядро прячется внутри стабилизатора, пламя не касается его стенок, и пятно нагрева, имеющее форму сплошного круга большого диаметра, эффективно нагревает заготовку.

Если эти две зоны увеличить в размере и принудительно увеличить значения разрежений внутри каждой зоны, то полый цилиндрический факел будет растягиваться в стороны и к центру сильнее. Следовательно, можно увеличить диаметр стакана — стабилизатора, что автоматически увеличит площадь пятна нагрева. Эффективность нагрева заготовки повысится.

Газовоздушная горелка с устройством для формирования факела с помощью вакуумной камеры представлена на *рис. 11*.

В головке горелки «n»-ное количество дозирующих отверстий для горючего газа соосны с таким же количеством смесительных камер и диффузоров и все они расположены на окружности, соосной с центральной осью горелки. Воздух к смесительным камерам подают через радиальную кольцевую щель, расположенную между ними и дозирующими отверстиями для горючего газа. Вакуумная камера выполнена в виде второй радиальной кольцевой щели, которая расположена между смесительными камерами и диффузорами. Она соединена с торцевой рабочей поверхностью головки (снаружи и внутри кольцевого потока горючей смеси) и боковой поверхностью стабилизатора системой каналов малых размеров.

Горючий газ через осевые отверстия и воздух через радиальную щель попадают в смесительные камеры, где смешиваются друг с другом. Образовавшаяся горючая смесь проскакивает через ваку-

Рис. 11. Газовоздушная горелка с вакуумной камерой для увеличения разрежения на торце головки

умную камеру, увлекая за собой воздух из камеры (в камере создается вакуум), и попадает в диффузоры, где окончательно перемешивается. Затем на рабочем торце головки горючая смесь поджигается и образует цилиндрический факел, полый внутри. Вакуум из камеры через специально предусмотренные каналы передается на рабочую поверхность головки и боковую поверхность стабилизатора, увеличивая там разрежение. Зона с усиленным вакуумом внутри кольцевого потока горящего пламени растягивает его к центру горелки с повышенной силой. Зона с усиленным вакуумом на боковой поверхности стабилизатора и на рабочем торце головки снаружи кольцевого потока горящего пламени растягивает его к стенкам стабилизатора.

Использование вакуумной камеры в газовоздушной горелке позволило на 40% увеличить площадь поперечного сечения стабилизатора и, соответственно, на 40% увеличилось пятно нагрева этой горелкой, сплошное по сечению.

Рис. 12. Опытно-промышленное испытание горелки с вакуумной камерой для увеличения разрежения на торце головки в цехе металлоконструкций НКМЗ

Опытно-промышленное испытание газовоздушной горелки с вакуумной камерой для усиления пятна нагрева представлено на *рис. 12*.

Вакуумную камеру можно применять отдельно от горелки, создавать в ней вакуум, например с помощью насоса, и перераспределять его по рабочим торцам одной или нескольких горелок через систему трубок.

Литература

1. Wellendorf K. Starkbrennschneiden mit dem Niederdruck — Starkschneidbrenner ZIS-485 // ZIS-Mitteilungen.— 1973.— № 3.— S. 317–322.

2. Bohme O. Schutzgasschneidbrenner ZIS-789 // ZIS-Mitteilungen.— 1974.— № 2.— S. 158–164.

3. Boschnakow I. Schutzgasbrennschneiden bis 3200 mm Stahldicke // Sweisstechnik (DDR).— 1975.— № 6.— S. 254–257.

4. А.с. 748088 СССР, МПК F 23 D13/32. Газокислородный резак внешнего смешения газов для резки металлов больших толщин. / Н.Я. Мушенко, Г.П. Ларин, Л.Н. Шевчук, В.М. Литвинов, С.М. Удод (СССР).— № 2606228/24–27; заявл. 18.04.78; опубл. 15.07.80, Бюл. № 26.— 4с.: ил.

5. А.с. 848888 СССР, МПК F 23 D15/00. Мундштук для резаков с внешним смешением газов / В.М. Литвинов, Н.Я. Мушенко, Г.П. Ларин, П.П. Рудометкин (СССР).— № 2827723/25–27; заявл. 12.10.79; опубл. 23.07.81, Бюл. № 27.— 3с.: ил.

6. А.с. 1728586 (СССР), МПК F 23 D14/42. Газовый резак с внешним смешением газов / В.Г. Гетман, В.М. Литвинов, А.Д. Овчинников, А.А. Адамович, А.М. Литвинов (СССР).— № 4761052/06; заявл. 21.11.89, опубл. 23.04.92, Бюл. № 15.— 3с.: ил.

7. Пат. 29654 UA, МПК B 23 K 7/00. Газокислородный резак / Ю.Н. Лысенко, В.М. Литвинов, С.А. Чумак, Е.К. Цвентух, С.Л. Василенко, О.Г. Коровченко, С.Г. Красильников. — № u200709167; заявл. 10.08.2007; опубл. 25.01.2008, Бюл. № 2.— 5с.: ил.

8. Литвинов В.М., Лысенко Ю.Н. Кислородная резка и внепечной нагрев в тяжелом машиностроении — К.: НТК «ИЭС им. Е.О. Патона» НАНУ, 2017.— 368 с.

9. Пат. 92865 UA, МПК F 23 C7/00. Способ кислородной резки металлов больших толщин / Литвинов В.М., Волошин О.И., Шаповалов К.П., Белинский В.А., Василенко С.Л., Коровченко О.И. — № u201402889; заявл. 21.03.14; опубл. 10.09.14, Бюл. № 17.— 3 с.

10. Литвинов В.М., Лысенко Ю.Н., Чумак С.А., Капустин В.В., Литвинова Т.В., Зеленский С.Л., Белинский В.А., Василенко С.Л., Золотопупова Т.Б. Газокислородные горелки для нагрева при сварке и для термической правки тяжелых металлоконструкций // Сварщик.— 2015.— № 1.— С. 23–27.

#1015

Механическое оборудование для подготовки стыков трубопроводов под сварку

Торцеватели ТРЦ-38 и ТРЦ-76

Торцеватель ТРЦ-38 предназначен для механической обработки резанием торцов, наружной и внутренней фасок, внутренней расточки металлических труб диаметром от 14 до 38 мм с толщиной стенки до 5,0 мм, а торцеватель ТРЦ-76 — металлических труб диаметром от 38 до 76 мм с толщиной стенки до 7,0 мм под последующую ручную дуговую, ручную, полуавтоматическую или автоматическую орбитальную сварку неплавящимся электродом в среде инертных газов.

Отличительными особенностями торцевателей ТРЦ-38 и ТРЦ-76 являются:

- наружное базирование, что значительно упрощает выполнение контрольно- измерительных операций и позволяет одновременно осуществлять несколько операций по механической обработке торцов труб;
- надежная фиксация торцевателей на обрабатываемых трубах;
- выполнение фиксирующей части торцевателей в виде разъемной конструкции, исключающей погрешности при необходимости повторных базирований;
- использование серийно выпускаемых пневматических приводов в качестве унифицированных приводов торцевателей;
- простота эсплуатации;
- высокие показатели ремонтной пригодности.

Общий вид торцевателей ТРЦ-38 (справа) и ТРЦ-76 (слева)

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОРЦЕВАТЕЛЕЙ ТРЦ-38 И ТРЦ-76

Наименование параметра	Значение параметра	
	Торцеватели	
	ТРЦ – 38	ТРЦ – 76
Наименьший наружный диаметр отрезаемой трубы, мм	14	38
Наибольший наружный диаметр отрезаемой трубы, мм	38	76
Номинальная мощность пневмопривода, Вт	1300	
Наибольшая толщина стенки отрезаемой трубы, мм	5,0	7,0
Подача резцов (ручная), не более, мм/об	0,20	0,15
Длина внутренней расточки трубы, не более, мм	10	15
Номинальная частота вращения резцедержателя, об/мин	110	90
Количество резцов в резцедержателе, шт.	2+1	4
Номинальное давление сжатого воздуха, МПа	0,63	
Габаритные размеры, не более, мм	434 × 470 × 110	454 × 485 × 140
Масса, не более, кг	9,0	13,0

Труборез разъемный ТТЦ-660

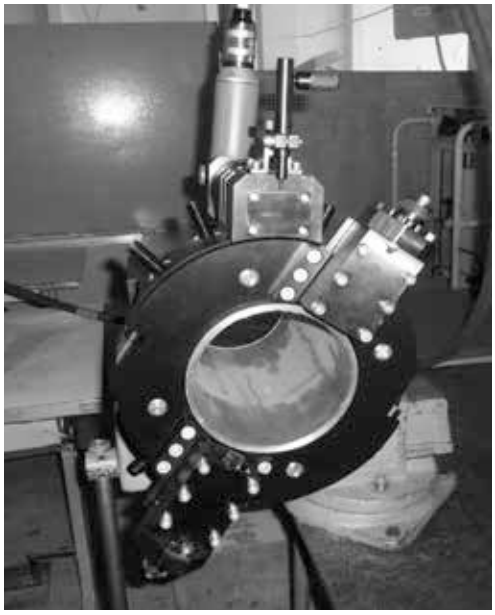
Труборез разъемный ТТЦ-660 предназначен для резки, механической обработки наружной и внутренней фасок, а также расточки внутреннего диаметра металлических труб диаметром от 108 до 159 мм с толщиной стенки до 15,0 мм под последующую ручную дуговую, ручную, полуавтоматическую или автоматическую орбитальную сварку неплавящимся электродом в среде инертных газов.

Труборез разъемный ТТЦ-660 позволяет произвести резку в любом месте трубопровода (в т.ч. «бесконечной» длины) независимо от его

пространственного положения и обеспечивает высокую точность механической обработки резанием. Оснащен двумя суппортами — отрезным и расточным, закрепленными на вращающейся планшайбе. В качестве привода трубореза разъемного ТТЦ-660 используется серийно выпускаемый пневматический привод — такой же, как и в торцевателях ТРЦ-38 и ТРЦ-76.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРУБОРЕЗА ТТЦ-660

Наименование параметра	Значение параметра
Наименьший наружный диаметр отрезаемой трубы, мм	108
Наибольший наружный диаметр отрезаемой трубы, мм	159
Номинальная мощность пневмопривода, Вт	1300
Наибольшая толщина стенки отрезаемой трубы, мм	15,0
Подача отрезного резца (фиксированная, автоматическая), мм/об	0,1
Номинальная частота вращения планшайбы, об/мин	55
Длина внутренней расточки трубы, не более, мм	20
Число суппортов под резцы на планшайбе, шт.	2
Номинальное давление сжатого воздуха, МПа	0,63
Габаритные размеры, не более, мм	520 × 500 × 435
Масса, не более, кг	27,0



Общий вид трубореза ТТЦ-660

Регуляторы сварочного тока РДГ-201 У3.1, РДЭ-251 У3.1: низкое энергопотребление, высокое качество сварных соединений

Регулятор сварочного тока РДГ-201У3.1 предназначен для сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов (преимущественно в аргоне) металлоконструкций из легированных сталей и цветных металлов (кроме алюминия и его сплавов).

Питание регулятора – от сварочной цепи сварочного выпрямителя или от магистрального шинопровода многопостовой системы с жесткой внешней вольт-амперной характеристикой с номинальным напряжением холостого хода от 60 до 85 В.

Регулятор выполнен с использованием достижений современной силовой электроники, что позволило обеспечить высокие сварочно-технологические свойства регулятора, надежность и экономичность его работы.

Регулятор сварочного тока РДГ-201 У3.1 обеспечивает:

- высокую стабильность параметров режима сварки при воздействии внешних возмущений (колебаний напряжения питания, изменений длины сварочной дуги и т.п.);
- программирование параметров цикла и режимов сварки, в том числе предварительную установку значений сварочного тока;
- реализацию заданного цикла сварки и его элементов – плавное нарастание и плавный спад («заварка кратера») в начальной и завершающей стадиях процесса сварки, продувка газом зоны сварки перед возбуждением дуги и обдув зоны сварки после гашения дуги и т.п.;
- отсутствие взаимного влияния регуляторов друг на друга при их одновременной работе в составе многопостовой системы;
- низкое энергопотребление за счет высокого КПД;

- режимы сварки модулированным током, что позволяет: значительно расширить технологические возможности, повысить качество формирования швов, особенно корневых, при сварке с присадкой и без нее неповоротных стыков с V- и U-образной разделкой трубопроводов и арматуры из легированных сталей, практически устранить или свести к минимуму образование «утяжин» при сварке трубопроводов из аустенитных сталей, снизить тепловложение в основной металл, упростить технику сварки во всех пространственных положениях сварного шва, сократить время подготовки сварщиков для выполнения особо ответственных соединений.

Для питания регулятора (регуляторов) могут быть использованы многопостовые выпрямители типа ВДМ, ВКСМ, ВМГ-5000 и аналогичные, однопостовые выпрямители типа ВС-300Б, ВС-400, ВС-632, и другие с аналогичными характеристиками.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕГУЛЯТОРОВ РДГ-201 У3.1

Параметры	Значения
Номинальный сварочный ток, А	200
Пределы регулирования сварочного тока, А	10-250
Продолжительность нагрузки (ПН) при длительности цикла $T_ц$ = 10 мин, %: при сварочном токе: 160 А 200 А 250 А	100 80 60
Коэффициент стабилизации сварочного тока при изменении напряжения питания не более чем на + 10 -15 % от номинального значения или при изменении длины дуги не более чем на ± 2,5 мм относительно номинального значения 3,0 мм, не более, %	2
Пределы регулирования длительности импульсов (пауз) сварочного тока в режиме сварки модулированным током, с	0,10-2,25
Пределы регулирования длительности плавного нарастания сварочного тока, с	1,0-5,0
Пределы регулирования длительности плавного гашения сварочного тока при заварке кратера, с	0,5-5,0
Длительность продувки газа до сварки, в пределах, с	1,2-2,0
Пределы регулирования длительности обдува газом после сварки, с	1,0-5,0
Коэффициент полезного действия (КПД), не менее, %	82
Габаритные размеры, не более, мм	515x281x353
Масса, не более, кг	24

Регулятор сварочного тока РДЭ-251У3.1 предназначен для ручной дуговой сварки покрытыми электродами диаметром 2,0–5,0 мм металлоконструкций из черных металлов и легированных сталей.

Питание регулятора — от вторичной цепи сварочного выпрямителя или от магистрального шинопровода многопостовой системы с жесткой внешней вольт-амперной характеристикой с номинальным напряжением холостого хода от 60 до 85 В.

Регулятор выполнен с использованием достижений современной силовой электроники, что позволило обеспечить высокие сварочно-технологические свойства регулятора, надежность и экономичность работы.

Регулятор сварочного тока РДЭ-251 У3.1 обеспечивает:

- высокую стабильность параметров режима сварки при воздействии внешних возмущений (колебаний напряжения питания, изменений длины сварочной дуги и т.п.);
- программирование параметров цикла сварки, в том числе предварительную установку значений сварочного тока;
- режимы сварки модулированным током, что значительно расширяет технологические возможности, повышает качество сварных соединений, упрощает технику сварки, особенно в пространственных положениях сварных швов, отличных от нижнего, существенно уменьшает расход электродов, предназначенных для сварки аустенитных сталей, сокращает время подготовки сварщиков для выполнения особо ответственных соединений;
- стабильный провар и качественное формирование обратного валика при сварке корневых швов неповоротных стыков трубопроводов из низколегированных и высоколегированных сталей;
- коррекцию внешних вольт-амперных характеристик в зависимости от длины проводов сварочной цепи;
- отсутствие взаимного влияния регуляторов друг на друга при их одновременной работе в составе многопостовой системы;
- низкое энергопотребление и высокий КПД.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕГУЛЯТОРОВ РДЭ - 251 У3.1

Параметр	Значение
Номинальный сварочный ток, А	250
Пределы регулирования сварочного тока, А	20–265
Продолжительность нагрузки (ПН) при длительности цикла$T_ц$ = 5 мин,%: при сварочном токе 160 А 200 А 250 А	100 80 60
Пределы регулирования длительности импульсов (пауз) сварочного тока в режиме сварки модулированным током, с	0,10–0,90
Пределы длительности стартового импульса сварочного тока, с	0,5–1,5
Коэффициент полезного действия (КПД), не менее,%	82
Степень защиты	IP22
Габаритные размеры, не более, мм	576 x 281 x 356
Масса, не более, кг	25,8

Для питания регулятора могут быть использованы многопостовые выпрямители типа ВДМ, ВКСМ, ВМГ-5000, однопостовые выпрямители типа ВС-300Б, ВС-400, ВС-632, любые другие с аналогичными характеристиками.

#1016

За информацией о поставке оборудования Вы можете обратиться:
НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» НАНУ
Тел./факс: +38 (044) 287–55–29
E-mail: Proskudin@ntk.in.ua, office@stc-paton.com, www.stc-paton.com

Сварочные роботы: а над Вашим авто потрудились супергерои?

Вы знаете сколько времени занимает процесс создания автомобиля? Приблизительно 16 часов, и еще 2 часа тратится на его тестирование. Таковы данные «ХММР» — российского завода компании Hyundai Motor.
Причем это время полного производственного цикла, т.е. технологический процесс предприятия начинается со штамповки кузовных панелей из цельных листов металла, сварку, окраску кузова и сборку готового автомобиля.

Как такое возможно? Завод «ХММР» оснащен современным высокотехнологичным оборудованием: 80% в цехах штамповки, сварки, окраски автоматизированы и выполняются роботами. Общее количество промышленных роботов предприятия превышает 230 единиц. Только на линии сварки 119 роботов ритмично и последовательно превращают заготовки в будущий кузов.

Сварочные цеха современного автопрома — это магия. В какой-то миг в движение приходят огромные манипуляторы, от чего невольно вздрагиваешь, словно оказываешься в окружении трансформеров. Они двигаются абсолютно бесшумно, быстро, слаженно и точно. Их руки проходят друг от друга буквально в паре миллиметров. Процесс сродни хирургии, он рассчитан по секундам, трудоемкий, технологичный и при этом очень увлекательный. Буквально на глазах появляется кузов будущего автомобиля.

Достаточно посмотреть в YouTube, как роботы штампуют и варят детали кузова. Это работа по металлу высшего уровня. В этом деле людям давно не место...

Ежедневно более 800 машин Honda Accord выезжают с завода Honda, который расположен в Мэрисвилл (Огайо, США). Стенды для сварки здесь полностью роботизированы.

В этом году с конвейера завода сошел спорткар Honda NSX. Производитель утверждает, что шасси NSX сварены в пределах точности 0,1 мм. Это означает, что рамам Honda не требуется постсварочная обработка: в каком виде рама NSX выходит после сварки, в таком же виде она идет на авто.

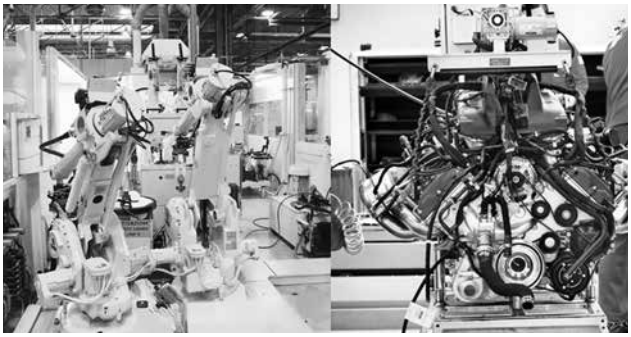
Если везде самому жесткому контролю подвергаются именно сварочные операции, то точность и технологичность работ, произведенных роботами, позволяет не только сократить временные рамки процесса создания автомобиля и снизить стоимость работ, но и улучшить надежность авто в целом.

Кузова BMW доверили варить роботам ABB. На участках сварки кузова завода ГАЗ трудятся промышленные японские роботы Fanuc. Они же варят кузов кроссовера Mitsubishi Outlander на предприятии «ПСМА Рус».

Китайский завод Chery оснащен высокотехнологичной производственной линией сварки, которая состоит из 62-х лазерных сварочных роботов Comau (Италия). На заводе Fiat Chrysler Automobiles (FCA) в Мелфи (Италия) сварочные работы также доверили роботу SmartLaser Comau, который выполняет дистанционную лазерную сварку.

Кузова на заводах Great Wall творят немецкие роботы Kuka. Передовые азиатские автозаводы тратят меньше 20 ч на полный цикл сборки одного экземпляра массовых моделей авто.

Вообще роботы Kuka в автопроме любимцы. Целых 387 роботов Kuka с помощью точечной сварки собирают кузова кроссоверов Porche. Завод в Лейпциге за сутки производит 650 автомобилей моделей Macan, Cayenne и Panamera. Лишь несколько человек контролируют работу целого цеха — одни



подготавливают крупные детали для подачи на сварку, а другие появляются уже на этапе сборки кузовных деталей перед покраской.

Над передней частью кузова Mercedes CLK трудится 21 робот Kuka, расчетная производительность составляет 430 готовых передних частей кузова в день при работе в три смены. Роботы при помощи своих пневматических сварных клещей выполняют контактную точечную сварку, а также сварку в среде активного газа и приварку болтов.

На заводе Renault в Дуэ (Франция) очень высокий уровень автоматизации — только в сварочном цехе заняты 700 роботов. Но это даёт возможность изготовления пяти моделей на одной линии, ведь роботы можно гибко и оперативно переналадить по первому требованию.

А вот выпуск одного Ferrari занимает 390 часов. Три четверти всех операций по сборке модели (в т.ч. сварка) выполняется вручную. Компания Ferrari не использует специальных роботов и гордится наличием лучших сварщиков в мире.

Зато на линии сборки двигателя автомобиля трудятся два робота по прозвищу Ромео и Джульетта. Эта романтичная пара, пожалуй, самая известная среди всех на автомобильных заводах. Ромео каждое кольцо клапана двигателя погружает в ванну с жидким азотом, где его температура падает практически до нуля и оно сужается. Джульетта при этом держит головку блока цилиндров. После того как Ромео вставляет кольцо в клапан следует несколько секунд нагрева, и кольцо расширяется, создавая самое прочное соединение.

Роботы, способные выполнять работу нескольких человек, за время своего существования успели заработать уважение и получают всё новые интересные прозвища.

На заводе Tesla во Фримонте (Калифорния, США) роботы на общей сборочной линии названы в честь супергероев Marvel из серии комиксов «Люди Икс». Их зовут Росомаха, Профессор X, Альпинист и Зверь.

Компания Tesla не одинока. На заводах Ford Motor Co, Honda Motor Co., General Motors и Toyota — везде рабочие дают имена самым уважаемым роботам.

Так, на заводе Nissan в Кюсю на юге Японии есть сварочные роботы, названные в честь известных персонажей аниме. Огромные желтые манипуляторы работают так, что искры летят, в то время как огромные металлические части машин проходят свой путь к окончательной сборке. Среди них Сон Гоку и Вегета — это персонажи из японского аниме-сериала «Драконий жемчуг Зет», в котором искатели приключений защищают мир от зла.

Огромные роботы поднимают алюминиевые электромобили Model S и переносят их на новую линию. Разве они не супергерои, если с легкостью делают сверхчеловеческие вещи?

Здесь есть роботы, которых зовут Дораэмон и Дорами из шоу «Дораэмон», хитового аниме-сериала с сюжетом, относящимся к прошлым десятилетиям. Одного робота зовут Лаффи — это главный герой манги «One Piece. Большой куш», в которой рассказывается о молодом человеке, чье тело имеет свойства резины.

На заводе Honda в Ист-Либерти (Огайо, США) робота Fanuc M-2000 называют T-Rex (самый известный динозавр серии фильмов «Парк Юрского периода», а также символ парка), хотя на заводах Toyota, GM его называют Godzilla.

Это самый большой робот в промышленности. Он способен поднять почти 3000 фунтов: он берет автомобиль и перемещает его с одной движущейся линии сборки на другую. По тому, как он открывает и закрывает зажимы, можно легко увидеть сходство с огнедышащим 30-метровым монстром.

Но если на заводе Honda трудятся большие сварочные роботы, которых зовут Биг Мак и Громадина, то на сборочной линии автомобиля Ford в Дирборн (Мичиган, США) работает кроха робот с именем BabyZilla.

Роботы перестают быть чем-то пугающим в современном мире. Им не страшны тяжелые и вредные для человека условия труда. А присвоение им имени и вовсе делает роботов членом команды.

Мин Су Кан, профессор гуманитарных наук из Университета Миссури (Сент-Луис), считает, что люди, как правило, неоднозначно сосуществуют с машинами, но при определенных условиях они могут вызывать чувство комфорта и даже родства. Мы не даем имя ножницам, но когда они начинают действовать как человек, у них есть шанс получить имя».

#1017

ИЭС им. Е. О. Патона – головной институт страны по сварке

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

Дальнейшее развитие сварочной науки и техники в масштабах страны потребовало системного и планового подхода. Знание перспектив развития промышленности и ее отраслей, четкое понимание приоритетов научно-технического прогресса позволило Б. Е. Патону подготовить предложения о развитии сварочной науки, техники и производства в масштабах СССР, которые легли в основу принятого 5 июня 1958 г. под номером 621 Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О дальнейшем внедрении в производство сварочной техники».

Постановление № 621 предусматривало развитие фундаментальных исследований сварочных процессов, разработку оборудования, материалов, технологий, создание новых НИИ и заводских лабораторий, строительство специализированных заводов и цехов по производству сварочных материалов, оборудования, сварных конструкций. Учитывая достижения Института электросварки им. Е. О. Патона (ИЭС), накопленный им опыт создания и реализации крупных научно-технических программ, ЦК КПСС и Совет Министров СССР этим же постановлением возложили на ИЭС обязанности головного института по сварке и родственным технологиям в СССР.

ИЭС в качестве головного института получил широкие полномочия по координации и руководству развитием в стране сварочного производства, науки и техники. Ему были делегированы некоторые функции Госплана, Госснаба, ГКНТ, Госконтроля и ЦСУ СССР.

В пункте 20 постановления № 621 было сказано:

«Установить, что Институт электросварки им. Е. О. Патона Академии наук УССР является головным институтом по сварке в СССР, и возложить на него:

а) координацию научно-исследовательских работ в отрасли сварочной техники;

б) проверку состояния работ по внедрению новой сварочной техники в промышленности, на транспорте, в строительстве и представление Правительству СССР предложений по этому вопросу;

в) оказание помощи совнархозам в разработке и внедрении новой сварочной техники;

г) рассмотрение совместно с соответствующими организациями новых типов электросварочного оборудования и подготовку предложений по производству этого оборудования;

д) проведение совещаний и конференций по вопросам развития науки и техники в СССР в области сварки».

При Институте был создан Координационный совет, который согласовывал деятельность всех научных, проектно-технологических и конструкторских организаций страны, работавших в области сварки. В своей работе он опирался на базовые лаборатории ведущих предприятий страны, где осваивались новые процессы сварки. Этот совет не только решал научные проблемы и обеспечивал внедрение новой сварочной техники, но и принимал активное участие в руководстве развитием сварочного производства. Он готовил и представлял правительству через Институт рекомендации по основным направлениям государственной научно-технической политики в этой области.

В 1958 г. ИЭС был принят в Международный институт сварки МИС (Париж) и определен базовой организацией Национального комитета по сварке СССР. ИЭС активно работал во всех комиссиях МИС, был представлен в его руководстве. Ученые ИЭС представили более 100 докладов, которые были приняты в качестве официальных документов МИС.

По специальному постановлению Совмина СССР от 09.11.1960 г. № 1171 в 1961 г. в ИЭС и КПИ были организованы межреспубликанские курсы инструкторов по внедрению в народное хозяйство передовых методов сварки и наплавки металлов.

Учитывая позитивную роль ИЭС им. Е. О. Патона в качестве головного координатора работ по развитию сварочного производства, науки и техники, а также важность стоящих перед Институтом задач, Совет Министров СССР дополнительно принял Постановление «О расширении прав головного Института электросварки им. Е. О. Патона АН УССР по руководству развитием сварочной техники в СССР» № 1003 от 17.09.1960 г.

Это постановление окончательно сформулировало права, обязанности и ответственность ИЭС

* *Часть 5. Продолжение серии публикаций по материалам книги: «ИЭС и государственное планирование развития сварочной науки, техники и производства»*

как головного института по сварке, оно являлось руководящим документом вплоть до 1991 г. и поэтому приводим его полностью:

«1. С целью дальнейшего наращивания масштабов применения сварочной техники в промышленности, строительстве и на транспорте предоставить головному Институту электросварки им. Е. О. Патона Академии наук УССР широкие полномочия в деле координации работы предприятий, научно-исследовательских и конструкторских учреждений в области сварки, организации внедрения новых методов сварки и экономичных сварных конструкций, осуществления других мероприятий, связанных с развитием сварочной техники в СССР.

2. Обязать ИЭС ежегодно, начиная с 1961 г., разрабатывать в качестве рекомендаций контрольные цифры объемов производства в СССР экономичных сварных конструкций, развития наплавочных работ, уровней механизации сварки, создания специализированных сварочных производств и наращивания мощностей по выпуску сварочных материалов и оборудования, с учетом перспектив развития народного хозяйства.

Госэкономсовету и Госплану СССР, Советам Министров союзных республик, совнархозам, министерствам и ведомствам СССР учитывать рекомендации ИЭС и в зависимости от их важности и значения включать необходимые задания в годовые и перспективные планы развития народного хозяйства СССР и союзных республик, ... предусматривать выделение необходимых для развития сварочного производства денежных и материальных средств.

3. Поручить ИЭС организовать систематический контроль за ходом внедрения в народное хозяйство передовой сварочной техники и по итогам проверки подготавливать предложения по обеспечению выполнения планов производства сварных конструкций, развития наплавочных работ, повышения уровня механизации сварочных процессов, выпуска сварочных материалов и оборудования.

Обязать Советы Министров союзных республик, совнархозы, министерства, ведомства, предприятия и строительные организации рассматривать эти предложения ИЭС и принимать меры для выполнения планов развития сварочного производства.

4. Поручить ИЭС координацию научно-исследовательских, проектно-конструкторских и технологических работ в сфере сварочной техники. С целью осуществления указанной координации поручить совнархозам, министерствам и ведомствам СССР обязать подведомственные им предприятия и организации:

а) ежегодно не позднее июня представлять в ИЭС проекты планов на следующий год по научно-исследовательским, проектно-конструкторским и технологическим работам в сфере сварочной техники;

б) ежегодно не позднее февраля представлять в ИЭС годовые отчеты о законченных научно-исследовательских, проектно-конструкторских и технологических работах;

в) учитывать предложения ИЭС по корректировке указанных в подпункте «а» проектов планов.

5. Обязать ИЭС рассматривать вместе с соответствующими организациями новые типы сварочного оборудования и материалов и представлять совнархозам, министерствам и ведомствам СССР предложения по изготовлению этой продукции и снятию с производства устаревших сварочных материалов и оборудования.

Поручить совнархозам, министерствам и ведомствам СССР обязать подведомственные им предприятия и организации учитывать эти предложения в планах производства.

6. С целью оказания технической помощи совнархозам, министерствам, ведомствам и стройкам в развитии и внедрении сварочной техники, а также для организации систематического контроля на местах за ходом выполнения планов производства сварных конструкций, сварочных материалов и оборудования позволить ИЭС создать до 1 января 1961 г. группу Уполномоченных Института из числа высококвалифицированных инженеров-сварщиков.

Совету Министров УССР и Министерству финансов СССР с участием ИЭС в двухмесячный срок рассмотреть и решить вопрос об увеличении штата ИЭС в связи с организацией группы Уполномоченных, предусмотрев должностные оклады Уполномоченных Института на уровне окладов главных специалистов управлений совнархозов.

7. Обязать ГК Совета Министров СССР по автоматизации и машиностроению и Госстрой СССР при участии ИЭС разработать и издать в 1961 г. необходимые руководящие материалы для использования при проектировании сварных конструкций наиболее металлоемких машин, оборудования и сооружений. Указанные материалы периодически обновлять по мере накопления новых данных в области сварочной техники и посылать их совнархозам, проектным и конструкторским организациям, а также соответствующим предприятиям.

8. Обязать Центральное статистическое управление при Совете Министров СССР:

а) в месячный срок по согласованию с ИЭС разработать и утвердить формы учета и отчетности в народном хозяйстве по выполнению планов производства сварных конструкций, напла-

вочных работ, производства сварочного оборудования и материалов, повышения уровня механизации процессов сварки и наплавки;

б) начиная с 1961 г. до 1 апреля составлять за истекший год сводные данные о выполнении указанных в подпункте «а» планов.

9. Советам Министров союзных республик, ГК Совета Министров СССР, министерствам и ведомствам СССР с 1 января 1961 г. включать должность главного сварщика в штаты подведомственных им проектных, проектно-технологических и конструкторских организаций, на которые возложены проектирование металлоемких машин, оборудования и сооружений, с годовым планом проектно-конструкторских работ более 10 млн. руб., и назначать работников на эту должность по представлению ИЭС.

10. С целью успешного внедрения экономичных сварных конструкций на крупнейших машиностроительных предприятиях и стройках страны поручить Госплану СССР ежегодно выделять до 1000 единиц сварочного оборудования в распоряжение ИЭС для распределения его в течение года между указанными предприятиями и стройками.

11. Предоставить ИЭС право привлекать для порученной ему разработки предложений и мероприятий, связанных с координацией научно-исследовательских и опытно-производственных работ и контролем за выполнением планов внедрения сварочной техники, специалистов научно-исследовательских проектных организаций и предприятий, занятых производством сварочных материалов и оборудования.

12. Поручить Совету Министров УССР до 1 января 1961 г. рассмотреть и решить вопрос о дальнейшем развитии ИЭС в соответствии с заданиями, порученными ему июльским (1960 г.) Пленумом ЦК КПСС и настоящим постановлением».

Именно это постановление можно считать началом планового развития сварочного производства СССР в государственных масштабах.

Постановление подтверждает тот факт, что ИЭС в конце 1950-х гг. вышел на передовой путь научно-технического прогресса в стране и стал признанным лидером в сфере сварочной науки и техники. Недаром американские специалисты, оценивая роль и значение ИЭС и передовой уровень его разработок этого периода, назвали Киев столицей сварщиков мира.

Этот почетный статус ученые Института подтвердили еще одним направлением своих исследований и разработок. В 1954 г. Б. Е. Патон писал в журнале «Наука и жизнь» (№ 11): «Сварка призвана сыграть значительную роль в завоевании космоса. В мире будущего она займет достойное место среди иных творений человеческого разума».

Идея Б. Е. Патона о использовании сварки во время монтажа металлических конструкций в космическом пространстве была горячо поддержана генеральным конструктором академиком С. П. Королевым.

Время подтвердило этот прогноз. Сварка при освоении космоса действительно стала одной из важнейших технологий, решая проблемы прочности, герметичности, эксплуатационной надежности, экономичности ракет, повышения их полезной нагрузки, жизнеобеспечения МКС.

Космическая эпопея Института начиналась с участия в создании ракетно-ядерного щита Родины. Ракетные комплексы стратегического назначения требовали совершенствования конструкций и технологий, в т.ч. технологий сварки. По степени ответственности, срокам исполнения и значению для укрепления оборонной мощи страны эти работы можно сравнить с работой Института по обеспечению автоматической сварки танка Т-34 в период Великой Отечественной войны.

Контактно-стыковая сварка шпангоутов, стыковая сварка листов обшивки, сварка огромных алюминиевых емкостей для сжиженного кислорода и водорода позволили организовать массовый выпуск баллистических ракет.

Творческое сотрудничество инженеров КБ «Южное» и «Южмаша» с учеными Института стали основой для успешного решения поставленных задач. По степени надежности сварных конструкций и по уровню технологии сварки продукция КБ «Южное» и «Южмаша» уже с 1960-х гг. занимала передовые позиции, а в ряде случаев инженерные решения, реализованные в них, не были повторены в мировой практике ракетостроения до сих пор.

Одним из примеров является создание в 1960-е гг. новых тяжелых межконтинентальных баллистических ракет на жидком топливе СС-17 — по западной классификации «Сатана». Очень остро стояла проблема герметичности и надежности топливных систем ракет в условиях длительного дежурства в заправленном состоянии. Для обеспечения требуемого качества нужно было исключить негативное воздействие «человеческого фактора» при ручной аргоно-дуговой сварке путем максимальной механизации и автоматизации сварочных процессов.

В 1967 г. после двухлетних испытаний была освоена принципиально новая для алюминиевых сплавов технология контактной стыковой сварки шпангоутов ракет с полной автоматизацией, программированием процесса и записью параметров, которые подтверждают качество. С этого момента началась новая эпоха в производстве сварных корпусов ракет на «Южмаше». По свидетельству

С. А. Афанасьева, бывшего министра тяжелого машиностроения СССР, американцы, посетив «Южмаш», в сварочном цехе стали усиленно делать зарисовки в своих блокнотах. На вопрос, что их заинтересовало, ответили с энтузиазмом: «Это грандиозно, у нас такого нет». Как тут не вспомнить Н. С. Хрущева, который в свое время, чтобы напугать Запад, сказал, что «у нас ракеты делаются, как сосиски», не особенно погрешив при этом против истины.

Ракеты СС-17 стали одними из надежнейших ракет в мире: никаких протечек в топливной системе за все время их эксплуатации не наблюдалось.

В середине 1970-х гг. потребовались новые технические решения для очередного поколения ракет «Сатана» и ракет СС-18. Были разработаны технология и необходимое оборудование для контактной стыковой сварки продольных швов обечаек, что обеспечило практическую равнопрочность швов с основным металлом. До настоящего времени разработанная Институтом контактная сварка обечаек ракет пользуется беспрецедентным уважением у специалистов ракетостроительных компаний всего мира.

Следующими шагами в космической одиссее Института был целый ряд разработок — от экспериментального комплекса «Вулкан» для сварки и резки металлов в условиях невесомости, до универсального ручного инструмента, который впервые в мире позволил проводить сварку, резку, пайку и напыление металла в открытом космосе.

В 1986 г. в космосе построена конструкция в виде разборной фермы (эксперимент «Маяк»). 1991 г. — впервые проведена пайка узлов фермовых конструкций, создан агрегат для открытия и развертывания солнечных батарей многоразового использования орбитальной станции «Мир».

Результаты многолетних исследований Института в области космических технологий отображены в монографии «Welding in Space and Related Technologies», изданной в 1997 г. в Великобритании, а также обобщены в сборнике «Космос: технологии, материаловедение, конструкции» под редакцией Б. Е. Патон, вышедшей в 2000 г.

Оценивая вклад Б. Е. Патона в развитие космической программы СССР, Генеральный конструктор ракетно-космических комплексов НВО «Энергия» академик РАН Ю. П. Семенов, который много лет работал вместе с С. П. Королевым, пишет:

«Б. Е. Патон входит в большую плеяду советских ученых и конструкторов, благодаря которым СССР ... был могучим и великим государством... Он сделал неоценимый вклад в науку и практику сварки. Благодаря ему мы впервые в мире вышли на космические технологии, совершили первый эксперимент сварки в космосе... Б. Е. Патон — выдающий ученый XX века. Его характерная особенность, уникальное качество — воплощать идеи в жизнь... Он много сделал для кораблей «Союз», «Прогресс». Руководил работами по созданию уникальных приборов для реализации космических технологий. Впервые в мире наши космонавты, попавшие в реальный космос, довели их до полной работоспособности».

Многолетние попытки США хотя бы повторить эти достижения в космосе окончились неудачей. Американцы вынуждены были заключить с Институтом договор на разработку для них аналогичного оборудования и обучение астронавтов НАСА. По окончании работ планировалось испытать оборудование и астронавтов во время полета одного из Шаттлов, но гибель «Колумбии» отодвинула сроки этих испытаний, а потом у американцев, да и в России изменились планы.

Время и технический прогресс постоянно вносят изменения в стратегию человечества по освоению космоса. Но патоновские разработки на всех этапах остаются важной составной частью этих работ. По созданию и укреплению космического щита для обороны страны, работ по созданию околоземных и инопланетных обитаемых и необитаемых станций. Успешное сотрудничество патоновцев с создателями ракетно-космической техники продолжается и сегодня.

Сварочные пятилетки. С 1958 г. развитие сварочного производства, науки и техники в области сварки и родственных технологий стало осуществляться по комплексным пятилетним программам, проекты которых разрабатывались головным ИЭС совместно с заинтересованными министерствами, ведомствами, предприятиями и научными организациями, согласовывались с Госпланом, ГКНТ и Госснабом СССР, а затем утверждались постановлениями руководства страны.

Постановления, как правило, содержали оценку состояния сварочного производства, науки и техники, пути их дальнейшего развития, а также конкретные задания министерствам, ведомствам, субъектам хозяйственной и научно-технической деятельности.

Был принят ряд таких постановлений, выполнение которых предопределило опережающее развитие во второй половине XX века сварочной науки, техники и сварочного производства в целом не только в СССР, но и в ряде зарубежных стран.

Всего было разработано и утверждено на правительственном уровне семь программ (первая — на семь, остальные — на пять лет).

В каждой из программ предусматривались необходимые мероприятия не только по созданию новой сварочной техники, но и по организации ее массового выпуска и широкого использова-

ния в производственной практике. Так например, в конце 1950-х гг. было принято решение о создании Каховского завода электросварочного оборудования, специализирующего на выпуске сварочного оборудования по разработкам ИЭС. На заводе был организован филиал ОКТБ ИЭС. Все последующие годы поддерживается тесная связь между разработчиками и изготовителями сварочного оборудования, которое экспортируется во многие страны мира. Завод является ведущим мировым поставщиком оборудования для сварки рельсов при строительстве и эксплуатации бесстыковой железнодорожной колеи, в т.ч. для высокоскоростного движения.

В 1960-е гг. по инициативе ИЭС были приняты и практически реализованы решения о создании специализированных заводов по выпуску сварных конструкций (Кадиевский, Калининский, Тихвинский, Новосибирский центросвары, цеха сварных металлоконструкций завода «Уралмаш» в Свердловске, кустовая сварочная база на Воронежском заводе тяжелых механических прессов), завода механического сварочного оборудования в Закарпатье, специализированных заводов и цехов по выпуску сварочных материалов. В Киеве был создан Всесоюзный институт сварочного производства в качестве базовой конструкторско-технологичной организации по проектированию поточно-механизированных участков и конвейерных линий по выпуску сварных конструкций. На него были возложены функции головной организации по разработке типажа механического сварочного оборудования (кантователи, манипуляторы и др. оборудование), организации его централизованного выпуска в Ильнице и широкого внедрения в промышленности.

В начале 1970-х гг. в Пскове был создан специализированный завод по выпуску тяжелого электросварочного оборудования, ориентированный на выпуск новых образцов контактных машин по разработкам ИЭС. Первые машины были выпущены в 1973 г., в дальнейшем комплексами К617, К607, К564, К825 были оснащены заводы ракетно-космического комплекса – днепропетровский «Южмаш», Северный завод в Оренбурге и ряд др. заводов отрасли. С 1980 г. Псковский завод начал выпускать по разработкам ИЭС машины для контактной сварки труб диаметром 820–1020 мм, а также стыкосварочные комплексы «Север», что сделало возможным реализацию крупномасштабной программы по освоению северных месторождений нефти и газа.

Первая программа развития, упоминавшаяся выше, была утверждена Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР «О дальнейшем внедрении в производство сварочной техники» от 5 июня 1958 г. № 621. Она определила главным образом количественный рост сварочного производства в 1959–1965 гг. (на семь лет).

Вторая программа на пятилетку 1966–1970 гг. «О дальнейшем развитии сварочного производства и повышении качества сварочных работ» была утверждена Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от 27.08.1966 г. № 709.

Третья программа на пятилетку 1971–1975 гг. «Об ускорении технического прогресса и дальнейшем повышении производительности труда в сварочном производстве» была утверждена Постановлением СМ СССР от 22.10.1970 г. № 877.

В 1974 г. была завершена разработка четвертой комплексной программы на 1976–1980 гг., положенной в основу Постановления Совета Министров СССР от 02.12.1975 г. № 979 «О дальнейшем повышении эффективности сварочного производства».

Каждая из сварочных пятилеток и постановления, которыми они утверждались, имели свои особенности. По прошествии 40 лет можно считать, что в Постановлении № 979 была принята наиболее полная и тщательно разработанная программа с конкретными заданиями соответствующим министерствам и ведомствам, со специально разработанными мерами по обеспечению выполнения этих заданий, по организации контроля и отчетности о ходе выполнения постановления.

В дополнение к Постановлению № 979 от 02.12.1975 г. было утверждено Постановление ЦК КПСС и СМ СССР от 20.07.1978 г. № 619 «О дальнейшем развитии машиностроения в 1978–1980 гг.», включавшее задания по расширению применения сварных металлоконструкций вместо стального литья и поковок из слитков к 1980 г. в количестве 102 тыс. т в год.

Пятая комплексная программа была утверждена Советом Министров СССР Постановлением СМ СССР от 08.02.1980 г. № 122 «О дальнейшем совершенствовании и развитии сварочного производства в 1981–1985 годах».

Шестая комплексная программа была утверждена Постановлением Совета Министров СССР от 04.10.1984 г. № 1035 «О мерах по дальнейшему расширению производства и восстановления деталей и изделий с упрочняющими покрытиями к автомобилям, тракторам и сельскохозяйственным машинам на 1985–1990 гг.».

Объемы выпуска деталей с упрочняющими покрытиями в 1982–1985 гг. выросли в пять раз, что позволило сэкономить 18 тыс. т металла. Была подготовлена седьмая программа, которая была утверждена Постановлением Совмина СССР от 11.02.1986 г. № 212 «О дополнительных мерах по развитию производства и восстановления деталей и изделий с упрочняющими покрытиями на 1986–1990 гг.»

#1018

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. 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 современных 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 термическая 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. Справочное пособие. 2008. — 68 с.	200
Нормирование расхода сварочных материалов при сварке в углекислом газе и его смесях. Справочное пособие. 2008. — 68 с.	200
Нормирование расхода сварочных материалов при сварке под флюсом. Справочное пособие. 2008. — 40 с.	200
Нормирование расхода материаллов при термической резке. Справочное пособие. 2008. — 16 с.	100

* Цены на книги указаны без учета стоимости доставки

Тарифы на рекламу в 2017 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. — 10000 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. гл. 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

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

www.welder.stc-paton.com

Подписка-2017 на журнал «Сварщик в России»

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

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

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

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