



4 (38) 2004

Журнал выходит 6 раз в год.
Издается с апреля 1998 г.
Подписной индекс 22405

Журнал награжден Почетной
грамотой и Памятным знаком
Кабинета Министров Украины

Свидетельство о регистрации КВ № 3102 от 09.03.98

Учредители: Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Государственное внедренческое предприятие «Экотехнология»

Издатель: ГВП «Экотехнология»

Издание журнала поддерживают:



Общество сварщиков Украины, Национальный технический университет Украины «КПИ»
Журнал издается при содействии
UNIDO

Главный редактор К. А. Ющенко

Зам. главного редактора Б. В. Юрлов, Е. К. Доброхотова

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

Редакционный совет: В. Г. Фартушный (председатель), Н. М. Кононов, П. А. Косенко, М. А. Лактионов, Я. И. Микитин, Г. В. Павленко, В. Н. Проскудин, А. Д. Размышиляев, А. В. Щербак

Редакция: Т. Н. Мишина, А. Л. Берзина, В. Ю. Демченко, Н. В. Кильчевский

Маркетинг и реклама: Е. Б. Юрлов

Верстка Т. Д. Пашигрова, А. Е. Рублева

Адрес редакции 03150 Киев, ул. Горького, 62

Телефон +380 44 268 3523, 227 6502

Факс +380 44 227 6502

E-mail welder@svitonline.com

URL <http://www.et.ua/welder/>

Представительство в Беларуси Минск
Вячеслав Дмитриевич Сиваков
+375 17 213 1991, 246 4245

Представительство в России Москва
Александр Николаевич Тымчук
+7 095 291 7733 (т./ф.)
e-mail: welder@sovintel.ru
www.welder.ru
ООО «АНТ «Интеграция»

Представительство в Прибалтике Вильнюс
Александр Шахов
+370 2 47 4301
ПФ «Рекламос Центррас»

Представительство в Болгарии София
Стоян Томанов
+359 2 953 0841, 954 9451 (ф.)
e-mail: evertood@mail.bg
ООД «Еверт-КТМ»

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.

Предоставленные материалы должны быть напечатаны с указанием авторов, адреса, телефона. 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» обязательна.

Подписано в печать 09.08.2004. Формат 60×84 1/8.
Печать офсетная. Бумага офсетная №1.
Гарнитура Petersburg CTT. Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,2.
Зак. № 09/08 от 09.08.2004. Тираж 3000 экз.
Печать ООО «Людопринт Украина», 2004.
01023 Киев, ул. Ш. Руставели, 39–41, к. 1012–1014.
Tel. (044) 220–0879, 227–4280.
© «Экотехнология», «Сварщик», 2004

Сварщик

Информационно-технический журнал
Технологии
Производство
Сервис



СОДЕРЖАНИЕ

ИЭС им. Е. О. Патона — 70 лет

- 4 миллиона метров сварного шва. Т. Мороз 3
- 70 лет вместе на пути технического прогресса. В. В. Отроков 6
- Вместе с патоновцами. Н. М. Кононов, В. И. Васильев 11
- Сотрудничество ИЭС и НКМЗ в области дуговых способов сварки. С. Г. Красильников, К. П. Шаповалов, А. Н. Ястреб 12
- Союз промышленности и науки. Г. В. Павленко 14
- Сотрудничество академических институтов. Механическая обработка — элемент технологии упрочнения и восстановления деталей. О. А. Розенберг, С. А. Клименко 16
- Наукова співдружність. В. Т. Трощенко 18
- Главный арсенал. М. П. Шалимов 19
- Патоновские электроды. Взгляд коллеги. З. А. Сидлин 22
- Опыт применения плавленого пемзovidного флюса марки АН-348АП. Н. И. Дуда, В. И. Галинич, А. В. Залевский 24
- Комбинированный процесс точечной плазменно-дуговой сварки. Н. М. Воропай, В. М. Илюшенко, В. А. Мишенков 26
- Разработки ИЭС им. Е. О. Патона в области пайки. В. Ф. Хорунов 28
- Автоматическая сварка мостовых конструкций. А. Н. Пащин, В. А. Ковтуненко, С. А. Резник 30
- Восстановление колец опорно-поворотного устройства крана МКТ-250. И. А. Рябцев, Ю. М. Кусков, Я. П. Черняк, И. Г. Острик, В. Л. Бондарчук 35
- Производство ферротитана методом электронно-лучевой плавки. Н. П. Тризуб, С. В. Ахонин, Г. В. Жук, А. Е. Марченко, Н. В. Скорина 38

Технологии и оборудование

- Современное представление о машинах для резки металлов. В. Н. Копытко 40

Наши консультации

Некролог

- Памяти Льва Николаевича Горбаня 44
- Памяти Хрисанфа Лазаревича Яровинского 44

- История создания комплексного средства индивидуальной защиты сварщика. А. А. Эннан, В. Г. Шнейдер, В. И. Байденко, Ю. Г. Масенкис, А. А. Мазур 45

- Защита электродвигателей промышленного назначения. В. П. Каргапольцев 46

Торговый ряд

- 47

2004

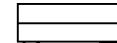
июль–август

4

IE3 ім. Є. О. Патона — 70 років	
○ 4 мільйони метрів зварного шва. <i>T. Moroz</i>	3
○ 70 років разом на шляху технічного прогресу. <i>V. V. Otrokov</i>	6
○ Разом з патонівцями. <i>N. M. Kononov, V. I. Vasильев</i>	11
○ Співпраця IE3 і НКМЗ в галузі дугових способів зварювання. <i>S. G. Krasil'nikov, K. P. Shapovalov, A. N. Yastreb</i>	12
○ Союз промисловості і науки. <i>G. V. Pavlenko</i>	14
○ Співпраця академічних інститутів. Механічна обробка — елемент технології зміцнення і відновлення деталей. <i>O. A. Rosenberg, S. A. Klimenko</i>	16
○ Наукова співдружність. <i>V. T. Troshchenko</i>	18
○ Головний арсенал. <i>M. P. Shalimov</i>	19
○ Патонівські електроди. Погляд колеги. <i>Z. A. Sidlin</i>	22
○ Досвід застосування плавленого пемзовидного флюсу марки АН-348АП. <i>M. I. Duda, V. I. Galinich, A. V. Zalevskiy</i>	24
○ Комбінований процес точкового плазмово-дугового зварювання. <i>M. M. Voropay, V. M. Ilyushenko, V. A. Mishenkov</i>	26
○ Розробки IE3 ім. Є. О. Патона в галузі пайки. <i>V. F. Khorunov</i>	28
○ Автоматичне зварювання мостових конструкцій. <i>O. N. Pašchin, V. O. Kovtunenko, S. A. Reznik</i>	30
○ Відновлення кільцеопорно-поворотного пристрою крану МКТ-250. <i>I. O. Ryabtsev, Yu. M. Kuskov, Ya. P. Chernyak, I. G. Ostrik, V. L. Bondarchuk</i>	35
○ Виробництво феротитану методом електронно-променевої плавки. <i>N. P. Trigub, S. V. Akhonin, G. V. Zhuk, A. E. Marchenko, M. V. Skorina</i>	38
Технології і обладнання	
○ Сучасне уявлення про машини для різання металів. <i>V. N. Kopit'ko</i>	40
Наши консультації	42
Некролог	
○ Пам'яті Льва Миколаївича Горбаня	44
○ Пам'яті Хрисанфа Лазаровича Яровинського	44
● Історія створення комплексного засобу індивідуального захисту зварника. <i>A. A. Ennan, V. G. Shneider, V. I. Baydenko, A. N. Yastreb, I. O. Masenakis, O. A. Mazur</i>	45
● Захист електродвигунів промислового призначення. <i>B. P. Kargapol'tsev</i>	46
Торговельний ряд	47

CONTENTS**The E. O. Paton Electric Welding Institute — 70 years**

○ 4 millions meters of weld seam. <i>T. Moroz</i>	3
○ 70 years together on way of technical progress. <i>V. V. Otrokov</i>	6
○ Together with patonovers. <i>N. M. Kononov, V. I. Vasильев</i>	11
○ Collaboration PWI and NKMZ in the field of arc welding. <i>S. G. Krasil'nikov, K. P. Shapovalov, A. N. Yastreb</i>	12
○ Union of industry and science. <i>G. V. Pavlenko</i>	14
○ Collaboration of academician institutes. Mechanical treatment is element of technology of strengthening and renovation of details. <i>O. A. Rosenberg, S. A. Klimenko</i>	16
○ Scientific community. <i>V. T. Troshchenko</i>	18
○ Main arsenal. <i>M. P. Shalimov</i>	19
○ Paton's electrodes. Look of colleague. <i>Z. A. Sidlin</i>	22
○ Experience of application of melted pumice form flux AN-348AP. <i>N. I. Duda, V. I. Galinich, A. V. Zalevskiy</i>	24
○ Combined process of spot plasma-arc welding. <i>N. M. Voropay, V. M. Ilyushenko, V. A. Mishenkov</i>	26
○ Developments of the E. O. Paton Electric Welding Institute in the field of brazing. <i>V. F. Khorunov</i>	28
○ Automatic welding of bridge structures. <i>A. N. Pašchin, V. O. Kovtunenko, S. A. Reznik</i>	30
○ Renovation of rings of bearing-rotational device to crane MKT-250. <i>I. A. Ryabtsev, Yu. M. Kuskov, Ya. P. Chernyak, I. G. Ostrik, V. L. Bondarchuk</i>	35
○ Production of ferrotitanium by method of electron beam melting. <i>N. P. Trigub, S. V. Akhonin, G. V. Zhuk, A. E. Marchenko, N. V. Skorina</i>	38
Technologies and equipment	
○ Modern conception about machines for metal cutting. <i>V. N. Kopit'ko</i>	40
Our consultations	42
Obituaries	
○ To memory Lev Nikolaevich Gorban'.	44
○ To memory Khrisanf Lazarevich Yarovinskij	44
● History of creation of complex means of individual protection of welder. <i>A. A. Ennan, V. G. Shneider, V. I. Baydenko, Yu. G. Masenakis, A. A. Mazur</i>	45
● Protection of electromotors of industrial assignment. <i>V. P. Kargapol'tsev</i>	46
Trade line	47



4 (38) 2004

Журнал виходить 6 раз на рік.

Видається з квітня 1998 р.

Передплатний індекс **22405**

Журнал нагороджений Почесною грамотою і
Пам'ятним знаком Кабінету Міністрів України

Свідоцтво про реєстрацію КВ № 3102 від 09.03.98

Засновники:

Інститут електрозварювання
ім. Є. О. Патона НАН України,
Державне впроваджувальне
підприємство «Екотехнологія»

ДВП «Екотехнологія»

Видавець:

Товариство зварників України,
Національний технічний університет
України «КПІ»
Журнал видається за сприяння
UNIDO

Головний редактор К. А. Ющенко

Заст. головного редактора Б. В. Юрлов, Є. К. Доброхотова

Редакційна колегія: В. В. Андреєв, В. М. Бернадський,
Ю. К. Бондаренко, Ю. В. Демченко,
В. М. Ілюшенко, А. А. Кайдалов,
О. Г. Левченко, П. П. Проценко,
І. О. Рябцев, А. М. Сливинський

Редакційна рада:

В. Г. Фартушний (голова),
М. М. Кононов, П. О. Косенко,
М. О. Лактіонов, Я. І. Мікитин,
Г. В. Павленко, В. М. Проскудін,
О. Розишляєв, О. В. Щербак

Т. М. Мішина, Г. Л. Берзіна,
В. Ю. Демченко, М. В. Кільчевський

Є. Б. Юрлов

Т. Д. Пашигорова, А. Є. Рубльова

03150 Київ, вул. Горького, 62

+380 44 268 3523, 227 6502

+380 44 227 6502

welder@svitonline.com

<http://www.et.ua/welder/>

Мінськ

Вячеслав Дмитрович Сиваков

+375 17 213 1991, 246 4245

Москва

Олександр Миколаївич Тимчук

+7 095 291 7733 (т./ф.)

e-mail: welder@sovintel.ru

www.welder.ru

ТОВ «АНТ «Інтеграція»

Вільнюс

Олександр Шахов

+370 2 47 4301

ПФ «Рекламос Центрас»

Софія

Стоян Томанов

+359 2 953 0841, 954 9451 (т./ф.)

e-mail: evertood@mail.bg

ООД «Еверт-КТМ»

За достовірність інформації та зміст реклами відповідальність несуть автори та рекламодавці. Думка авторів статей не завжди співпадає з позицією редакції.

Рукописи не рецензуються і не повертаються. Представлені матеріали повинні бути надруковані із зазначенням адреси, телефону. Редакція залишає за собою право передагувати та скорочувати статті. Листування з читачами — тільки на сторінках журналу. У разі використання матеріалів у будь-якій формі посилання на «Сварщик» обов'язкове.

Підписано до друку 09.08.2004. Формат 60×84 1/8.

Офсетний друк. Папір офсетний №1. Гарнітура PetersburgCCTT. Ум. друк. арк. 5,0. Обл. вид. арк. 5,2.

Зам. № 09/08 від 09.08.2004. Тираж 3000 прим.

Друк ТОВ «Людопрінт Україна», 2004.

01023 Київ, вул. Ш. Руставелі, 39–41, к. 1012–1014.

Тел. (044) 220–0879, 227–4280.

© «Екотехнологія», «Сварщик», 2004

4 миллиона метров сварного шва

Тридцатые годы двадцатого века. Победа фашистского режима в Италии, Германии, а затем в Испании и положение в Европе свидетельствовали о неизбежности войны для СССР. В связи с этим основным в цепи задач по укреплению обороноспособности страны стал вопрос танкостроения.

Началом советского танкостроения считается 1928 г., когда на Харьковском паровоозостроительном заводе (ХПЗ) была создана первая боевая машина Т-1-12. К 1931 г. харьковчане разработали техдокументацию и выпустили опытные образцы легкого быстроходного колесно-гусеничного танка БТ-2 с противопульной защитой при толщине брони 13 мм. В 1933 г. из ворот ХПЗ на испытания вышел танк с мощным советским двигателем БД-2. В результате длительной и кропотливой работы по модернизации танка в 1938 г. был создан принципиально новый сварной танк, отличающийся высокой надежностью и экономичностью при повышенной работоспособности. На укрепление оборонной мощи было направлено и хорошо известное сварщикам Постановление СНК СССР и ВКП(б) от 20 декабря 1940 г. «О внедрении скоростной автоматической сварки под флюсом».

Довоенные годы известны борьбой с так называемым «спецеедством», т. е. линией на всеобщее недоверие к старой технической интеллигенции. Ощущил на себе это недоверие и Е. О. Патон. Зная о том, что Первый секретарь ЦК ВКП(б) Украины опекает промышленность, Евгений Оскарович добился встречи с Н. С. Хрущевым и обстоятельно обрисовал ему все возможности разработанного Институтом электросварки нового метода автоматической сварки под слоем флюса. Никита Сергеевич, присутствовавший в 1940 г. на испытаниях танка Т-34, припомнил каждое слово, сказанное профессором о возможностях дальнейшего увеличения производительности труда при гарантированном качестве сварного соединения. В октябре 1940 г. Н. С. Хрущев посетил институт и лично убедился в прогрессивности нового метода сварки. Обо всем увиденном он рассказал И. В. Сталину и заручился его поддержкой. Одновременно с подготовкой По-

становления было принято решение направить Е. О. Патона на танковый завод в Харьков. Так начинался новый, самый главный этап карьеры Евгения Оскаровича.

К концу первого полугодия 1941 г. восемнадцать заводов из двадцати выполнили задание правительства — изготовили сварочные установки, а инструкторы института запустили их в работу, разработали технологию и обучили рабочих-сварщиков. В начале 1941 г. с мандатом ЦК КП(б)У к харьковским танкостроителям, проводившим эксперименты по скоростной автоматической сварке под слоем флюса бронированных стальных патоновскими автоматами, приезжал сам Е. О. Патон. Тогда же, в марте 1941 г., за разработку метода и создание аппаратуры скоростной автоматической сварки Е. О. Патону была присуждена Сталинская премия первой степени. Как позднее вспоминал Евгений Оскарович, и это подтверждали ветераны-патоновцы, присуждение столь высокой награды было для него большой неожиданностью, так как Академия наук Украины его не представляла (свое слово сказала «линия на тотальное недоверие к кадрам старой технической интелигенции»). Этой награды он был удостоен по результатам автоматической сварки опытных образцов брони на ХПЗ. Следует заметить, что «денежное покрытие» премии Евгений Оскарович разделил между сотрудниками-исполнителями.

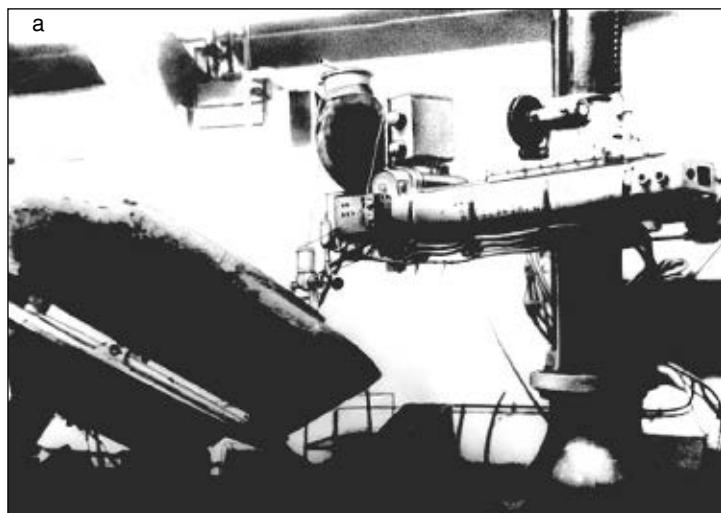
Задачи, продиктованные военным временем по снабжению Красной Армии вооружением и боеприпасами, а также личная встреча на Урале Е. О. Патона с наркомом танкопрома В. А. Малышевым повлияли на его решение об эвакуации ИЭС в Нижний Тагил на Уральский вагоностроительный завод, так называемую «вагонку». Институт прибыл в Нижний Тагил в составе 37 специалистов (средний возраст 26–27 лет). Все свои силы и энергию Е. О. Патон направил на внедрение в производство авиабомб скоростного метода сварки под флюсом, а также на создание пусть самой скромной, но собственной производственной базы. Главным энтузиастом в деле создания мастерской стал старший научный сотрудник А. Н. Сидоренко.

На тагильскую «вагонку» эвакуировали также и ХПЗ. Объединенные заводы получили новое название — Уральский танковый завод № 183 (его возглавил Ю. Е. Максарев). А в декабре 1941 г. из ворот завода вышел первый танк Т-34, собранный из узлов и деталей, изготовленных еще в Харькове. Ситуация на фронтах требовала в короткие сроки в огромных масштабах развернуть выпуск средних танков Т-34. Сначала завод № 183 получал готовые бронекорпусы из других мест, в том числе и с Уралмаша, но такое положение не могло длиться долго. Евгений Оскарович прекрасно понимал, что единственное спасение в переходе к скоростной сварке. Но как первоклассный инженер более чем с 40-летним стажем он никому не разрешал вводить скоростную сварку в серийное танковое производство без соответствующего научного обоснования, не обращая внимания на все доводы и Ю. Е. Максарева, и А. А. Морозова. Он прекрасно

Установки для приварки деталей башни: а — подгонного кольца; б — командирской башенки (Нижний Тагил, 1943 г.)

понимал, что процесс автоматической сварки менее гибкий по сравнению с ручной и не допускает изменения режима при сварке протяженных швов, поэтому при автоматической сварке ставятся более жесткие требования к точности сборки сварных деталей. Учитывая возможные отклонения параметров за счет несоблюдения всех условий сборки, Е. О. Патон считал необходимым выяснить, как будут себя вести сварные швы в условиях, максимально приближенных к боевым, испытывая повышенные динамические нагрузки. В мировой практике не существовало еще опыта автоматической скоростной сварки броневых сталей. Позднее Евгений Оскарович вспоминал: «Мы имели самое неясное представление о том, как сваривать броневую сталь. Еще недавно мы экспериментировали на маленьких образцах, а здесь весь заводской двор завален кучами броневых плит... Мы пока не готовы ответить на вопросы, которые непременно поставят перед нами танкостроители». Танковое КБ насчитывало 250 специалистов, разбитых на 12 групп, а в число 37 патоновцев входили 8 старших научных сотрудников, 8 младших и 2 инженера. Академик Е. О. Патон исполнял обязанности директора, и заместителя директора, и ученого секретаря. Он умел ставить перед молодыми специалистами сложные задачи так, чтобы их можно было решить, умел подбирать и воспитывать людей, вдохновлять их своими идеями и своим энтузиазмом, но при этом он жестко и целенаправленно руководил всей работой.

В 1941 г. сварщики считали, что автоматическая сварка может себя оправдать лишь на изделиях с прямолинейными швами большой протяженности. По итогам ноябрьского посещения завода № 183 наркомом танкопрома В. А. Малышевым перед танкостроителями была поставлена задача удвоить выпуск танков за счет обязательного применения в производстве автоматической сварки по методу академика Е. О. Патона. Приказ наркома обеспечил возможность небольшому коллективу института развернуть производство по специально разработанному Евгением Оскаровичем тематическому плану, который предусматривал вести одновременно проектно-конструкторские работы по созданию универсального сварочного оборудования, научно-исследовательские и поисковые работы по сварке легированных сталей,



разработку качественных электродов и сварочного флюса. Позднее, вспоминая тот период, Евгений Оскарович называл два поворотных момента: открытие В. И. Дятловым явления саморегулирования дуги и разработку флюса АШМА.

При личном участии Е. О. Патона и П. И. Севбо к концу ноября 1941 г. были разработаны чертежи рабочего проекта аппарата для скоростной сварки — АСС и изготовлен первый такой аппарат. Хотя бронекорпусный цех и неправлялся с поставленной задачей — 30–31 борт в сутки, но заводчане не торопились с внедрением аппарата АСС. Невыполнение плана объяснялось большим объемом сварочных работ, выполняемых в индивидуальном порядке. При приварке днища подкрылка к борту двумя мощными швами длиной более 5 м каждый квалифицированный сварщик затрачивал примерно 20 часов, в то время как аппарат АСС эту работу выполнял за 2 часа. Под руководством П. И. Севбо на заводе были изготовлены и смонтированы две установки для сварки борта корпуса Т-34 с подкрылком. Сваренный в январе 1942 г. молодой сварщицей В. Бочаровой первый опытный борт успешно прошел испытания. Производительность аппарата АСС в 8–10 раз превышала производительность ручной сварки, а испытания на полигоне летом 1942 г. показали высокую прочность сварных швов, выполненных автоматом. Тогда же было решено перевести на сварку основные узлы танковых корпусов: носы, узлы башни, задние мости, и поставлен вопрос о подготовке кадров для работы на сварочных автоматах. Научные сотрудники института Б. Е. Патон, А. М. Макара, А. И. Коренной и С. А. Островская стали инструкторами-сварщиками. Оговаривалось, что бронекорпусный цех изготовит сварочные установки, а институт — электрическую и флюсовую аппаратуру, запустит ее и поможет освоить сварку.

Совместными усилиями патоновцев и сотрудников завода только за два месяца 1942 г. были изготовлены и запущены в эксплуатацию 11 установок для автоматической сварки узлов танка Т-34. Всего институт разработал до 40 разнотипных установок. Вначале сваривались узлы, затем из узлов, сваренных автоматами, собирались корпуса, на которых необходимо было сварить большое количество внутренних и внешних швов. Для автоматизации процесса по инициативе Е. О. Патона

и Ю. Е. Максаревой был создан конвейер. От института в работе принимали участие Г. В. Раевский, А. И. Коренной и А. М. Макара. На каждой позиции сваривали под флюсом тот или иной шов корпуса, недоступные для автоматов швы выполняли ручной дуговой сваркой. Готовый танк Т-34 своим ходом сходил с головного конвейера, делал пробежку по танкодрому, затем его грузили на железнодорожную платформу, где размещался также экипаж танка, и эшелон отправлялся прямо на фронт.

Одновременно специалисты института спроектировали восемь специализированных установок для сварки авиабомб и боеприпасов.

Благодарность лично Евгению Оскаровичу и коллективу института выразил нарком танкопрома В. А. Малышев.

Автоматической сваркой под флюсом заинтересовались и другие заводы: Уралмаш, Челябинский. К концу 1942 г. на заводе № 183 было уже 6 установок, в 1943 г. на танковых заводах работали 15 установок, а в 1944 г. — 30. Всего же на 52 заводах страны действовали 133 установки.

За годы войны патоновские автоматы сварили 4 млн метров шва, было сэкономлено 5 млн киловатт-часов электроэнергии, трудоемкость при изготовлении корпуса снизилась в пять раз. К концу войны заводы страны выпускали до 30 тысяч тяжелых и средних танков и самоходных установок ежегодно. Ритм главного конвейера завода № 183 был колоссальным — один танк менее чем за полчаса.

Трудовой подвиг Е. О. Патона в танкостроении был достойно оценен государством: два ордена Трудового Красного Знамени, ордена Ленина, Отечественной войны первой степени, Красной Звезды; ему первому среди учёных Академии наук было присвоено звание Героя Социалистического труда. Высокими правительственные наградами был отмечен ряд сотрудников института: П. И. Севбо — Сталинской премией первой степени за 1945 г.; Б. Е. Патон, П. И. Севбо, И. К. Олейник, А. Н. Сидоренко, А. И. Коренной — орденами.

Институт, носящий имя выдающегося учёного и организатора Евгения Оскаровича Патона, на каждом этапе своей 70-летней биографии служил достойным примером трудового героизма и ныне продолжает свою активную деятельность.

Тамара Мороз

● #460

70 лет вместе на пути технического прогресса

В. В. Отроков, начальник Управления главного сварщика ОАО «СМНПО им. М. В. Фрунзе» (Сумы)

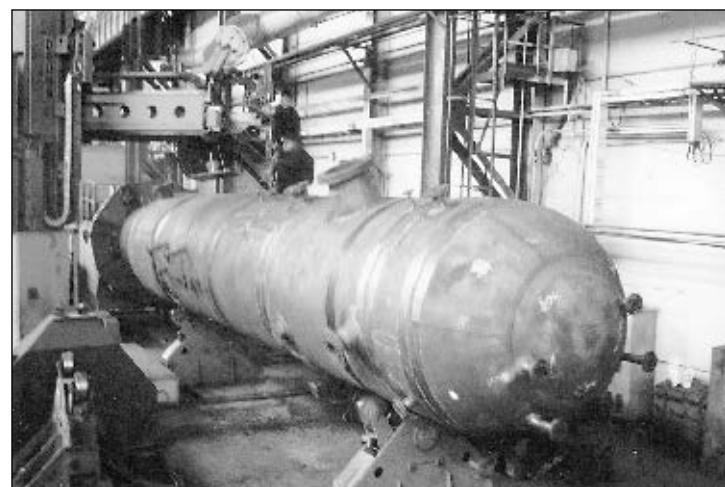
Коллектив ОАО «СМНПО им. М. В. Фрунзе» сердечно поздравляет ИЭС им. Е. О. Патона с юбилеем и желает творческих успехов

Знаменательное событие в истории завода им. М. В. Фрунзе (ныне ОАО «Сумское машиностроительное научно-производственное объединение им. М. В. Фрунзе») произошло в 1929 г. и во многом определило дальнейший путь его технического развития. В один из рабочих дней яркая вспышка осветила котельный цех, заставив на время умолкнуть клепальные молотки. Это впервые на заводе загорелась электрическая дуга, открывшая новую эру в технологии производства — эру электродуговой сварки.

Рождение новой технологии сопровождалось большими трудностями. Не было специалистов этой профессии, вынуждены были использовать примитивное оборудование, еще не существовало качественных сварочных электродов. Завод первым в отрасли осваивал дуговую сварку, не имея специальных учебников, инструкций, опыта. Ситуация существенно улучшилась в 1935 г., когда началось сотрудничество завода с Институтом электросварки им. Е. О. Патона. Уже в 1936 г. совместными усилиями впервые в стране была освоена сварка хромоникелевых сталей, а также начато производство оборудования для эксплуатации в кислотосодержащих и коррозионных средах.

В конце 1930-х гг. Институт электросварки разработал теоретические и практи-

Рис. 1. Автоматическая сварка под флюсом колонной аппаратурой



ческие основы автоматической сварки под флюсом — высокопроизводительного процесса, обеспечивающего, наряду с высокими экономическими показателями, резкое повышение качества сварных соединений и значительное улучшение условий труда электросварщика.

Новый этап активного творческого сотрудничества ИЭС им. Е. О. Патона и завода им. М. В. Фрунзе начался в 1946 г. после восстановления завода. В это время по инициативе Е. О. Патона Институт электросварки оказывает весомую техническую помощь заводу, предоставляя необходимое оборудование и материалы. Совместными усилиями возобновлено производство сварной химической аппаратуры, в том числе из высоколегированных сталей. Специалисты института проводят систематические консультации. На заводе создают мастерскую по производству высококачественных сварочных электродов, в котельно-сварочном цехе начинают эксплуатировать установку для автоматической сварки продольных швов цилиндрической аппаратурой, а затем специальный механизированный стенд для автоматической сварки кольцевых швов диаметром до 3000 мм.

В 1950 г. завод им. М. В. Фрунзе одним из первых в стране внедряет новую разработку Института электросварки — полуавтоматическую сварку под слоем флюса.

С 1952 г. и на протяжении многих лет завод изготавливает комплекты сложного наземного оборудования по программе мирного освоения космоса, в частности, основные элементы стартовых комплексов для космодрома Байконур, системы заправки и сложные барокамеры. Высокие требования к качеству сварных соединений были выдержаны благодаря совместной работе специалистов завода и института.

Очередной импульс развития сварочно-го производства был получен с приходом

на завод в 1960-х гг. первой группы инженеров-сварщиков, в подготовке которых участвовали ведущие ученые ИЭС. Расширилась номенклатура изготавляемых машин и аппаратов для химической промышленности, в том числе сварной аппаратуры из алюминия. Совместно с Институтом электросварки были разработаны специальные электроды для ручной дуговой сварки, новое сварочное оборудование, внедрен оригинальный метод автоматической сварки алюминия по слою флюса. Значительный вклад в это внес отдел д-ра техн. наук Д. М. Рабкина. В процессе сотрудничества со специалистами отдела д-ра техн. наук А. М. Макары была освоена сварка роторов центрифуг из высокопрочной стали 30ХГСА для сахарной промышленности. Работа завершилась созданием надежной технологии сварки данной стали.

Развитие сварочного производства на заводе приняло крупномасштабный характер. Строились новые котельно-сварочные цехи, специализированные сварочные участки оснащались современным сварочным оборудованием, разрабатывались новые технологические процессы, научное обеспечение которых осуществляли ученые ИЭС.

Значительный вклад внесли ученые ИЭС в разработку и внедрение в объединении им. М. В. Фрунзе технологий изготовления химического оборудования из нержавеющих сталей и сплавов. Завод освоил производство ректификационных колонн с различными видами контактных устройств: колпачковыми, клапанными, сетчатыми, жалюзийными, комбинированными, вихревыми тарелками. Колонную аппаратуру поставляют на предприятия химической, нефтехимической, целлюлозно-бумажной, пищевой промышленностей. Освоена автоматическая сварка колонной аппаратуры под флюсом (рис. 1).

Немалый объем в номенклатуре химического оборудования занимают теплообменные аппараты самых различных конструкций и назначений. Необходимо было решать задачи обеспечения коррозионной стойкости сварных соединений в различных агрессивных средах при одновременном воздействии знакопеременных нагрузок и широкого диапазона температур — от криогенных (минус 253 °C) до плюс 1000 °C. Вопросы достижения требуемого уровня технологической прочности аустенитных швов и зоны термического влияния, хладостойкости либо теплоустойчиво-

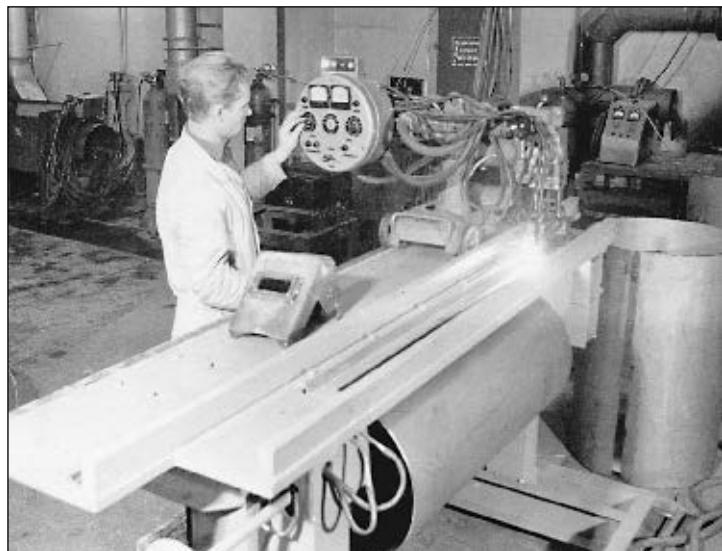


Рис. 2. Автоматическая сварка титана в среде аргона

сти или жаропрочности сварных соединений остро стояли на этапе освоения технологии сварки. Совместно со специалистами ИЭС сложные проблемы сварочного производства были успешно решены. Усилиями сотрудников института Н. И. Каховского, В. Г. Фартушного, К. А. Ющенко и других был разработан целый ряд сварочных материалов, обеспечивающих специфические условия эксплуатации химического оборудования, созданы научно-техническая база передовых методов сварки высоколегированных сталей и средства механизации сварочных работ. Например, внедрение импульсно-дуговой сварки и электромагнитного перемешивания сварочной ванны в сочетании с новыми сварочными материалами позволило механизировать сварку изделий из аустенитных сталей типа ЭИ-943 и никелевых сплавов типа хастеллоя. Подтверждением правильности решения поставленных задач является тот факт, что большая часть освоенного оборудования отработала по 2–3 срока службы и сейчас находится в эксплуатации.

Значительной вехой в истории создания новых видов химического оборудования на заводе является изготовление сварной аппаратуры из титана и его сплавов. В 1960-х гг. заводчане в сотрудничестве со специалистами ИЭС первыми в отрасли освоили сварку титана и его сплавов — ВТ1-0, АТ3, ОТ4, сплавов ЗВ и др. (рис. 2). Стойкий в различных агрессивных средах, сравнительно легкий титан оказался крепким орешком при сварке. Очень высокая активность к кислороду и водороду при повышенных температурах заставила специалистов сварочного производства решать ряд задач.

В 1963 г. совместно с ИЭС им. Е. О. Патона на заводе им. М. В. Фрунзе ввели в строй первую установку для электрошлаковой сварки. Это стало еще одним шагом в развитии сварочной техники. Через несколько лет на заводе уже работало более 10 электрошлаковых установок, предназначенных для сварки продольных и кольцевых стыков толстостенных корпусов и роторов центрифуг, стыков толстостенных фланцев. Со временем были разработаны и внедрены стенды для электрошлаковой сварки металлоконструкций сварных рам газоперекачивающих агрегатов (ГПА), толстостенных лепестковых днищ (*рис. 3*). Разработка и изготовление сварочного оборудования для установок электрошлаковой сварки, научное обеспечение технологии сварки — заслуга ученых института: Б. Е. Патона, И. И. Сущук-Слюсаренко, Г. З. Волошкевича, И. И. Лычко и др.

Рис. 3.
Электрошлаковая
сварка
лепестковых
днищ

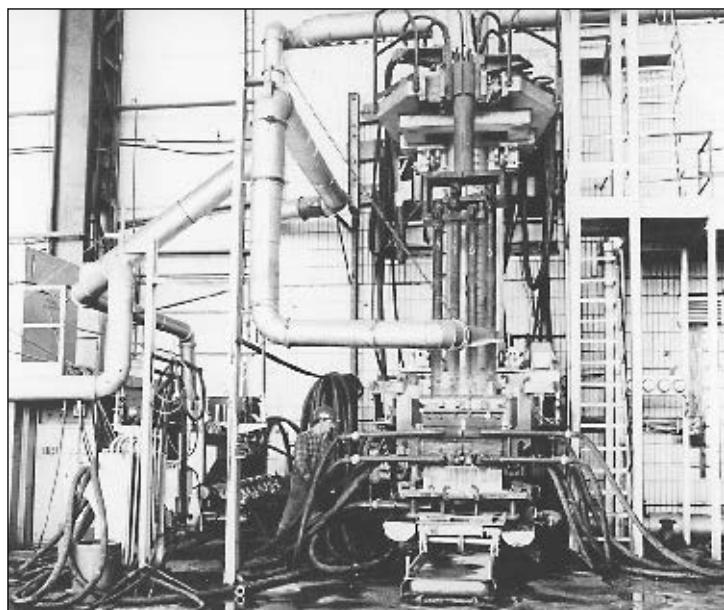
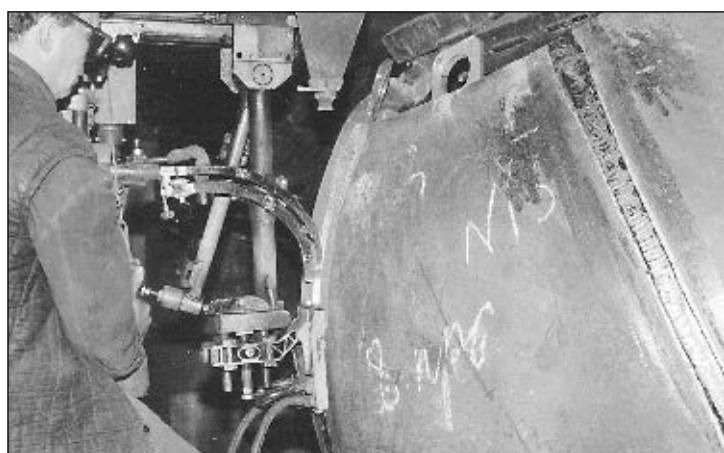


Рис. 4. Участок электрошлакового переплава

По объему и уровню сварочных работ объединение им. М. В. Фрунзе в 1970-е гг. относилось к числу передовых предприятий страны и являлось флагманом среди заводов отрасли. Когда стал вопрос о создании в стране производства для получения гелия — важнейшего стратегического сырья — правительство поручило сумскому объединению освоить и изготовить уникальное оборудование для строящегося Оренбургского гелиевого завода. Для извлечения гелия из природного газа необходимо было изготовить установки газоразделения при очень низких температурах. В состав технологических линий входили крупногабаритные толстостенные колонны и теплообменные аппараты из низколегированных высокопрочных сталей АК-25 и АК-27. Специфические условия эксплуатации — высокое давление, знакопеременные нагрузки, рабочая температура минус 110 °C — не позволяли использовать опыт сварки этих сталей в судостроении. С помощью специалистов ЦНИИ «Прометей» и ИЭС были восполнены пробелы в технологии сварки сталей АК-25 и АК-27. Результатом совместных работ стало внедрение ряда новых технологий: механизированной сварки под флюсом аустенитной проволокой конструкций, работающих при температуре минус 110 °C, механизированной сварки под флюсом низколегированной проволокой конструкций с температурой эксплуатации до минус 70 °C, плакировке трубных решеток ленточным электродом или листовым материалом с применением энергии взрыва, электрогидроимпульсной развализки труб в трубных досках, а также электрошлаковой сварки узлов, габариты которых позволяли выполнить сложную послесварочную термообработку — закалку, нормализацию и отпуск. Большой вклад в разработку указанных технологий внесли специалисты Института электросварки И. К. Походня, В. В. Головко, Ю. Н. Готальский, М. М. Савицкий, В. Н. Липодиев, Ю. Я. Грецкий.

На протяжении всей истории завода им. М. В. Фрунзе одним из видов выпускаемой продукции были различные по мощности и назначению компрессоры. В конце 1970-х гг. США ввели эмбарго на поставку западных газоперекачивающих агрегатов (ГПА) для шести ниток крупнейших газопроводов высокого давления для транспортировки природного газа из тюменского региона в европейскую часть страны и

далее в западные страны. Укомплектовать газопроводы отечественными агрегатами было поручено сумскому объединению. В процессе освоения изготовления ГПА нового поколения тесное сотрудничество ИЭС им. Е. О. Патона и объединения им. М. В. Фрунзе помогло ускорить решение ряда проблем сварочного производства. Ковано-сварная конструкция нагнетателя имела существенный недостаток — трудоемкую операцию приварки к корпусу двух цилиндрических толстостенных патрубков из стали марки 22Х3М. Из-за необходимости сопутствующего подогрева, разделки кромок сложной формы, крайне затрудняющей механизацию сварки, эту операцию выполняли два сварщика при непрерывной круглосуточной работе в течение месяца. Совместно со специалистами ИЭС им. Е. О. Патона был разработан уникальный процесс многоэлектродной электрошлаковой приварки плавящимся мундштуком квадратных патрубков к цилиндрическому корпусу нагнетателя. В дальнейшем взамен поковки была разработана и внедрена технология электрошлаковой сварки продольных и кольцевых швов корпуса нагнетателя из листового материала.

Для нужд производства ГПА в объединении был создан участок электрошлакового переплава (ЭШП) (рис. 4). Разработка и внедрению технологий ЭШП завод обязан специалистам отдела академика Б. И. Медовара.

Сердцем ГПА являются рабочие колеса ротора. Ресурс работы агрегата определяет в первую очередь качество изготовления рабочих колес. Рабочие колеса ГПА изготавливали из стали 06Х16Н6 методом пайки в вакууме поладиевыми припоями. Оригинальный процесс обеспечивал высокое качество соединения, однако его недостатками были высокая стоимость припоя и нестабильность свойств основного металла. Объединение совместно со специалистами ИЭС им. Е. О. Патона разработало и внедрило ряд технологий изготовления рабочих колес ГПА: полуавтоматическую сварку колес из стали 13ХГМРБ, сварку с применением паст и флюсов для обеспечения требуемой формы галтелей, несколько вариантов сварных и сварно-паянных рабочих колес с применением более доступного припоя марки ВПР (рис. 5).

Большие объемы в номенклатуре выпускаемых объединением изделий для нефтегазового комплекса занимают комплектные

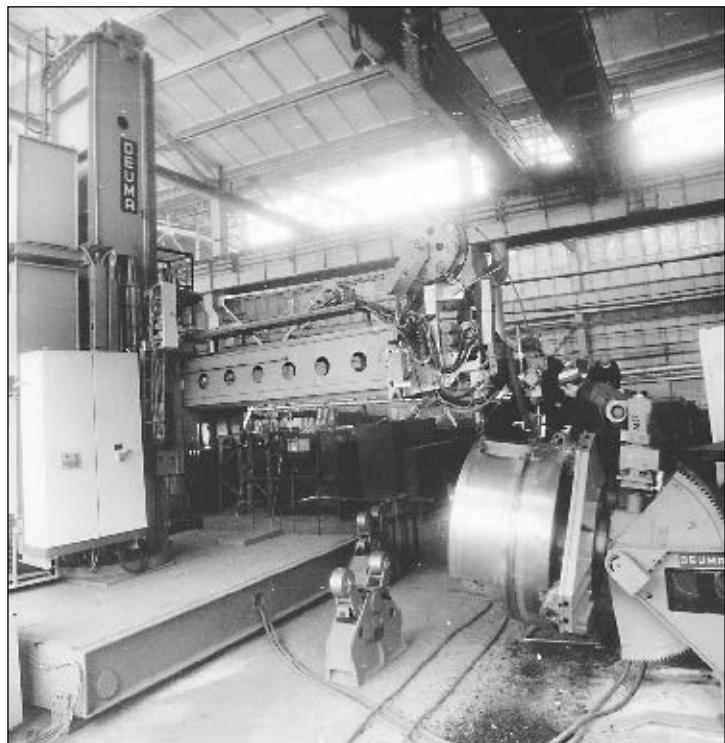


Рис. 5.
Сварка
камеры ГПА

газлифтные установки, передвижные установки для ремонта и обслуживания скважин, автомобильные газонаполнительные компрессорные станции (АГНКС), станции заправки сжиженным газом (АГЗС), передвижные газозаправочные станции (ПАГЗ). При освоении указанного оборудования были решены сложные задачи механизации процессов сварки, обеспечения работоспособности сварных соединений в условиях Крайнего Севера, разработки новых сварочных материалов и технологий сварки. Оригинальной была конструкция автогазозаправщика ПАГЗ-2800-320. На платформе автомобиля МАЗ установили 10 шаровых емкостей вместимостью 900 литров каждая. Эти емкости, рассчитанные на рабочее давление 32 МПа, изготавливали из листа стали марки АБ1-Ш толщиной 60 мм. Совместно со специалистами института В. В. Головко, С. Д. Устиновым и другими был разработан новый флюс и с участием ЦНИИ «Прометей» внедрена технология сварки стали АБ1-Ш низколегированными сварочными материалами с обеспечением служебных характеристик сварных соединений (рис. 6).

После включения в состав объединения завода атомного и энергетического насосостроения предприятие освоило выпуск для строящихся АЭС насосов первого и второго контуров. Особый подход к изготовлению таких изделий требовал постоянного



Рис. 6.
Сварка
емкостей
ПАГЗ-2800—
320 из стали
АБ1-Ш

научного сопровождения технологий сварки, их аттестации и согласования. Головная материаловедческая организация по проблемам атомной энергетики ЦНИИТмаш всегда учитывала мнение специалистов ИЭС. Немало проблемных вопросов сварки оборудования для атомной энергетики решалось и решается с участием академика К. А. Ющенко. При его непосредственном участии разработан проект изготовления оборудования для хранилища ядерных отходов на площадях Чернобыльской АЭС.

Особое место в совместной деятельности института и сумского объединения занимает реконструкция электродного производства на базе импортного оборудования фирмы «Манса Судаж», Швейцария. К 1986 г. имеющиеся производственные мощности электродной мастерской не смогли удовлетворить производство как по объемам продукции, так и по ее качеству. Специалисты института К. А. Ющенко, И. К. Походня, Ю. Р. Явдошин, В. Б. Еремеев подробнейшим образом проанализировали состояние проблемы. Был создан специальный участок, оснащенный современным оборудованием, с объемом производства 1500 т электродов в год. В процессе совершенствования технологии проведена сертификация

участка, УкрСЕПРО выдал 31 сертификат на изготавливаемую продукцию. Кроме того, на участке организовано производство порошковой наплавочной проволоки, пущены в эксплуатацию две технологические линии по подготовке сварочной проволоки и намотке ее в еврокассеты.

Активную помощь объединению оказывает также ОКБ ИЭС, которым долгое время руководил В. Е. Патон. Специалисты ОКБ разработали и оказали помощь при внедрении в производство уникальной установки для продольного оребрения теплообменных труб и ряда средств механизации сварочных работ — сварочных тракторов, вращателей, кантователей, высокомощных источников питания сварочной дуги, полуавтоматов различного назначения. Основные конструктивные решения сварочных тракторов типа ТС-17, разработанные ИЭС в 1940-х гг., успешно используются при изготовлении современного сварочного оборудования.

В середине 1970-х гг. завод им. М. В. Фрунзе совместно с ИЭС им. Е. О. Патона освоил высокопроизводительный процесс высокочастотного спирального оребрения труб, предназначенных для теплообменных аппаратов различного назначения. Для реализации этого процесса были изготовлены четыре стана, в конструкции которых была использована принципиальная схема высокочастотного спирального оребрения труб, разработанная специалистами института во главе с П. Н. Приходько. Накопленный опыт по высокочастотному оребрению труб в дальнейшем позволил освоить производство прямошовных сварных труб различного диаметра из углеродистых сталей способом высокочастотной сварки с автоконцентрацией тока.

Партнерские отношения между ИЭС им. Е. О. Патона и ОАО «СМНПО им. М. В. Фрунзе» выходят на новый уровень. В 1997 г. Генеральное соглашение о научно-техническом сотрудничестве между Институтом электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины и ОАО «Сумское машиностроительное научно-производственное объединение им. М. В. Фрунзе» подписали директор института Б. Е. Патон и президент объединения В. М. Лукьяненко. В развитие Генерального соглашения в 2004 г. утверждена «Концепция развития сварочного производства ОАО «СМНПО им. М. В. Фрунзе» на 2004–2006 гг.».

● #461

Вместе с патоновцами

Н. М. Кононов, В. И. Васильев, инженеры, ОАО «Днепровагонмаш» (Днепродзержинск)

Сотрудничество Днепродзержинского вагоностроительного завода им. газеты «Правда» (ныне ОАО «Днепровагонмаш») и Института электросварки им. Е. О. Патона началось еще в 1947 г. Тогда на заводе были внедрены первые установки для автоматической сварки под слоем флюса конструкции ИЭС им. Е. О. Патона.

Пятью годами позже этот способ широко использовали при изготовлении двутавров боковых и хребтовых балок вагонов с применением сварочных автоматов типа АБС. Автоматы были оснащены специально разработанными институтом мундштуками для сварки расщепленным электродом.

С 1960 г. сотрудничество института с заводом переходит в новое качество — завод был выбран головным предприятием по исследовательско-промышленным испытаниям, а затем и внедрению высокопроизводительных электродов марки АНО-1, которые по своей производительности на 25–30% превосходили все ранее известные марки.

Разработка электродов АНО-1 совпала с началом использования в вагоностроении низколегированной стали марки 09Г2. Институт провел дополнительные исследования, что позволило применять электроды АНО-1 при сварке стали 09Г2 и добиться существенного снижения массы тары вагонов. Затем на заводе была внедрена целая гамма электродов: АНО-3, АНО-4, АНО-10, АНО-13, АНО-29.

В ИЭС им. Е. О. Патона были разработаны и испытаны на заводе низководородные высокопроизводительные электроды основного вида АНО-30 для сварки вагонов, эксплуатирующихся в условиях Севера. По комплексу сварочно-технологических свойств они не уступали электродам с рутиловым покрытием, а механические свойства металла шва были не ниже механических свойств основного металла. Затем на базе электродов АНО-30 были разработаны и внедрены универсальные электроды марки АНО-31.

К шестидесятым годам относится широкое внедрение на заводе сварки на форсированных режимах с помощью сварочных

автоматов типа А-639, разработанных ИЭС им. Е. О. Патона.

В семидесятых годах институт совместно с заводом начал исследования, направленные на разработку технологии сварки термически упрочненных сталей, а затем и сталей повышенной прочности. В результате проведенных исследований в вагоностроении была применена сталь марки 10Г2БД, что позволило значительно снизить массу несущих элементов вагонов, заменив двутавр № 60 на № 55.

В тесном содружестве с ИЭС им. Е. О. Патона, Кировским ПКТИтяжмаш, Калининским филиалом ВНИИВ завод выполнил большой объем работ по разработке и внедрению принципиально новой технологии с использованием конвейерных линий изготовления сборочных единиц грузовых вагонов. Введение в эксплуатацию конвейерных линий контактной сварки продольных бортов платформы, автоматической дуговой сварки боковин рамы и хребтовой балки, поперечных бортов платформы позволило обеспечить выпуск до 12 платформ в смену. Для комплектации конвейерных линий в институте были разработаны и изготовлены специализированные автоматы А-1611, А-1411, А-1563, которые и сегодня успешно эксплуатируют на заводе.

В восьмидесятых годах ИЭС им. Е. О. Патона совместно с заводом провел работы по усовершенствованию технологии сварки в среде углекислого газа, в результате чего были внедрены технологии сварки в смеси углекислого газа и кислорода, сварки на повышенных вылетах электрода, а также оборудование для сварки короткими швами, точечной дуговой и роботизированной сварки. В девяностых годах был выполнен комплекс работ по усовершенствованию технологии плазменной резки, сварки в смесях на основе аргона.

Содружество ОАО «Днепровагонмаш» с Институтом электросварки продолжается и в настоящее время. Это позволяет заводу добиваться значительных успехов в области комплексной механизации сварочного производства, в деле внедрения нового сварочного оборудования и прогрессивных сварочных технологий.

● #462

Сотрудничество ИЭС и НКМЗ в области дуговых способов сварки

С. Г. Красильников, главный сварщик, К. П. Шаповалов, А. Н. Ястреб, инженеры, НКМЗ (Краматорск)

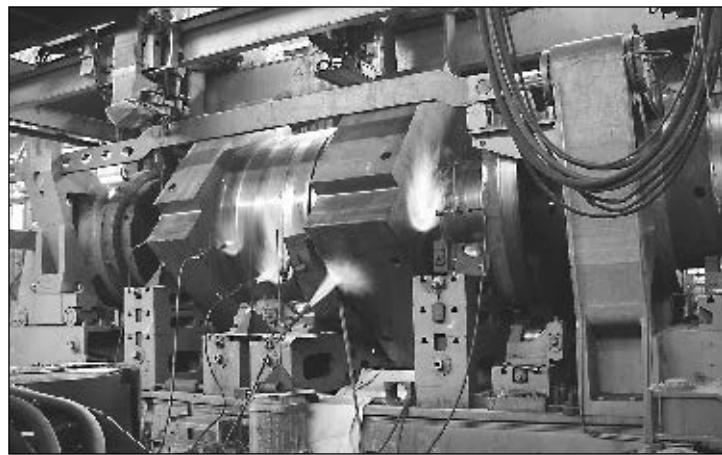
*Сердечно поздравляем коллектив ИЭС им. Е. О. Патона со славным юбилеем.
Желаем новых творческих побед и технических достижений!*

ЗАО НКМЗ — ведущее предприятие машиностроительной отрасли, одно из преимуществ которого состоит в уникальности и наукоемкости используемых технологических процессов и оборудования. Совершенствование технического и интеллектуального потенциала в сварочном производстве завода происходило в тесном сотрудничестве с коллективом Института электросварки им. Е. О. Патона.

Благодаря знаниям и опыту сотрудников ИЭС им. Е. О. Патона и работников НКМЗ в 1969 г. были разработаны техника и технология ручной дуговой, полуавтоматической и автоматической сварки термоупрочненных низколегированных сталей 14Х2МР и 14ХМНДФР с пределом текучести 600–900 МПа, что позволило применить эти стали в сварных узлах шагающих экскаваторов ЭШ-5/45 и ЭШ-10/60.

Традиционно НКМЗ тесно сотрудничал с ИЭС им. Е. О. Патона в решении вопросов наплавки цветных металлов на сталь, наплавки новых опорных валков стана 1700 из стали 65Х3МФА спеченными лентами марок 5Х4В3ФС и др., внедрения новых наплавочных материалов типа ЛС-У10Х7ГР1 для изготовления рабочих органов (зубьев ковшей) роторных комплексов (срок службы зубьев увеличился в 2,5–4 раза).

Рис. 1.
Установка
для сварки в
узкощелевую
разделку



Когда в 1980-е годы НКМЗ приступил к производству валков и слитков из металла, полученного электрошлаковым переплавом, ИЭС им. Е. О. Патона разработал технологию сварки продольных и кольцевых швов обечаек кристаллизаторов толщиной 30–40 мм и поддонов печей ЭШП толщиной 100–140 мм из медного проката.

При изготовлении прокатного стана ТЛС-5000 для прокатки листов из алюминия толщиной от 300 до 650 мм возникла проблема изготовления осей опорных валков. Габарит (1800×9300 мм) и масса (112 т) оси определили необходимость исполнения ее в сварно-кованом варианте. Толщина стыка — не менее 450 мм, материал — сталь 25ХН3МФА, условия эксплуатации — значительные знакопеременные и термические нагрузки (нагрев—охлаждение 10 раз в секунду).

Обычно применявшаяся в таких случаях электрошлаковая сварка не обеспечивала равнопрочности сварного соединения и основного металла. Задача была успешно решена коллективом сотрудников ИЭС им. Е. О. Патона: разработана технология автоматической многопроходной дуговой сварки под слоем флюса в узкощелевую разделку. Для реализации этой технологии Всесоюзным проектно-технологическим институтом тяжелого машиностроения была спроектирована и изготовлена силами НКМЗ установка для сборки и сварки крупногабаритных тел вращения (рис. 1). Сварочное оборудование установки разработали и изготовили в ИЭС им. Е. О. Патона. Установка позволяет сваривать цилиндрические детали с наружным диаметром до 3000 мм, толщиной стенки до 500 мм и длиной до 11000 мм.

Выполненные на установке совместно с ИЭС научно-исследовательские работы «Разработка техники и технологии автоматической сварки кольцевых стыков толсто-

стенных цилиндрических изделий», «Отработка технологии автоматической сварки под флюсом в узкую разделку применительно к изготовлению изделий тяжелого машиностроения» и другие, оказали неоценимую помощь при сварке крупногабаритных изделий, в том числе из сталей повышенной и высокой прочности. Это направление на заводе постоянно развиваются, осваивают сварку новых марок сталей, применяют самые современные сварочные материалы лучших мировых производителей. На сегодняшний день установка оснащена системой мониторинга процесса сварки, позволяющей контролировать и записывать с привязкой ко времени и координате все основные параметры: силу сварочного тока, напряжение дуги, скорость сварки, температуру детали и пр.

Научно-исследовательские работы, выполненные совместно с Институтом электросварки, накопленный производственный опыт, постоянное совершенствование оборудования и использование самых современных сварочных материалов — все это вместе позволяет НКМЗ уверенно конкурировать в данном сегменте рынка.

В 2003 г. НКМЗ победил в тендере на поставку гидроцилиндра пресса усилием 65 000 т для Франции (кроме НКМЗ в тендере участвовали две немецкие и одна японская фирма). Материал цилиндра — сталь 38ХН3МФА, толщина стенки — 450 мм, масса — 112 т. Сварку выполняли проволокой BOHLER 3NiCrMo 2,5-UP под флюсом BOHLER BB-24.

В начале текущего года были сварены три гидроцилиндра прессов для Нижнетагильского металлургического комбината (инжиниринг проекта прессов — SMS (Германия) и НКМЗ). Корпуса цилиндров отличаются оригинальностью конструкции и объединяют в себе функции цилиндра и трапеции (рис. 2), что дает экономию металла, но снижает технологичность изготовления.

Под данный заказ установку для сварки в узкощелевую разделку модернизировали, изменили конструкцию стяжных тяг, что позволило вращать изделия с прямоугольными днищами и оголовками. Также была изменена конструкция токоподводов обратного провода, в результате чего нейтрализовано влияние несимметрично расположенных относительно стыка значительных ферромагнитных масс и уменьшено магнитное дутье дуги. Рабочие моменты процесса сварки цилиндра пресса

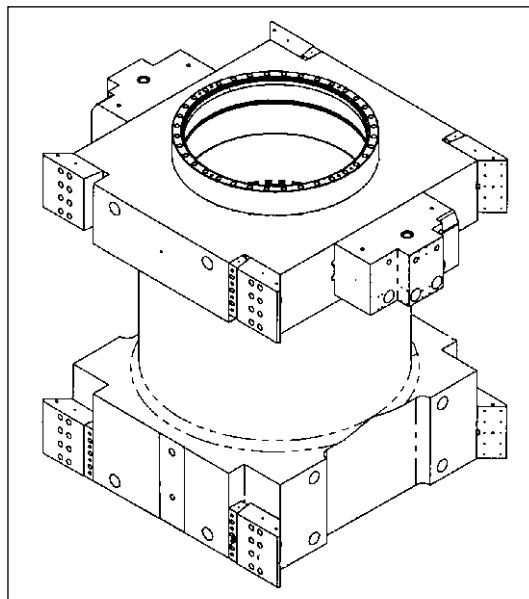


Рис. 2.
Главный
гидроцилиндр
пресса
SPR-R-9000

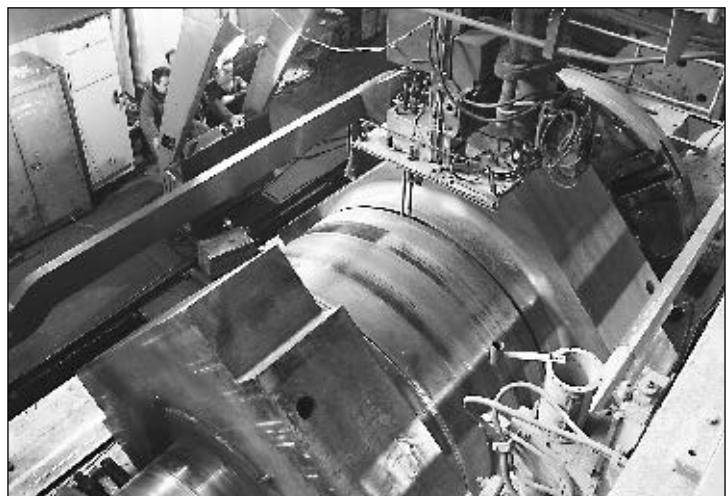


Рис. 3.
Сварка
гидро-
цилиндра
пресса
SPR-R-9000

SRP-R-9000 показаны на рис. 3. Материал цилиндра — 20ХНМФА, наружный диаметр цилиндрической части — 2700 мм, толщина стенки — 470 мм, чистовая масса — 146 т. Продолжительность непрерывной сварки двухстыковых швов — 12 сут.

Анализируя современное состояние и тенденции развития рынка производителей и потребителей машиностроительной продукции, место НКМЗ на этом рынке, руководство завода понимает, что нельзя достичь успеха, если производить то, что могут производить многие. Наша задача — выпуск уникальной, наукоемкой продукции. А значит, научный потенциал ИЭС будет и впредь востребован нашим заводом. Реализация дерзкой цели НКМЗ — стать равным среди лучших на мировом индустриальном рынке — невозможна без использования самых передовых достижений современной науки и технологий.

● #463

Союз промышленности и науки

Г. В. Павленко, генеральный директор ОАО «Электромашиностроительный завод «Фирма СЭЛМА»
(Симферополь)

ОАО «Электромашиностроительный завод «Фирма СЭЛМА» был основан в 1946 г. и специализировался по производству трансформаторов, подвесных и стационарных асинхронных двигателей, а также аппаратуры управления устройствами для сварочных машин.

Вторым рождением для предприятия стали 1970-е гг., когда были установлены прочные творческие связи с Институтом электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины и Всесоюзным НИИ электросварочного оборудования. Всемирно известные специалисты Евгений Оскарович Патон и Борис Евгеньевич Патон сделали Институт электросварки некой для сварщиков всего мира и примером для подражания. Быстрый переход от научных идей к практическим результатам позволяет сотрудникам института разрабатывать самые современные сварочные технологии: от сварки в космосе до подводных сварочных работ. Большое влияние на развитие и становление «СЭЛМЫ» оказал академик Б. Е. Патон. Благодаря такой поддержке сегодня предприятие является одним из крупнейших производителей электросварочного оборудования в Украине. В настоящее время «СЭЛМА» выпускает более 80 типов сварочных аппаратов для всех видов электросварки, а именно: сварочные трансформаторы и выпрямители; полуавтоматы для сварки в защитных газах; автоматы для сварки под флюсом, установки для аргоно-

дуговой сварки неплавящимся электродом; установки для воздушно-плазменной резки; машины для контактной точечной сварки, а также сварочные электроды.

Партнерство ОАО «Фирма СЭЛМА» и ИЭС им. Е. О. Патона продолжается и сегодня. Так, совместно и под эгидой Института им. Е. О. Патона украинские производители сварочного оборудования принимали участие в ряде международных выставок: «Сварка. Резка. Наплавка 2001» в Эссене (Германия), «Пекин–Эссен–Сварка–2002» (Китай). Такие мероприятия приносят большую пользу как в определении мировых тенденций развития сварочного производства, так и в поиске новых партнеров. На сегодняшний день ОАО «Фирма СЭЛМА» экспортит около 70% выпускаемой продукции, сотрудничает с компаниями стран СНГ, Сингапура, Вьетнама, ОАЭ, Иордании, Кении, Турции и т. д.

Уже несколько лет предприятие работает с Межотраслевым учебным аттестационным центром им. Е. О. Патона. Ежегодно «СЭЛМА» проводит ставшие традиционными тематические семинары для главных сварщиков крупных промышленных предприятий, и учебный центр всегда является активным участником таких мероприятий.

Еще один проект, где ведется совместная работа уже более двух лет, — Технологический парк «Институт электросварки им. Е. О. Патона». Участие в Технопарке способствует проведению фундаментальных и прикладных исследований, разработке новых изделий, материалов, внедрению передовых технологий. Для «СЭЛМЫ» были куплены немецкие штамповочные комплексы с программным управлением, листогибочные станки и автоматизированная линия пайки печатных плат, позволившие автоматизировать производственные процессы и значительно сократить сроки изготовления продукции. Наличие такого современного технологичного оборудования не только подтверждает отличное качество выпускаемых аппаратов, но и демонстрирует намерения предприятия работать на перспективу.



Ежегодно «Фирма СЭЛМА» предлагает рынку 10–15 ед. новых изделий, а также модернизирует уже выпускаемое оборудование. В частности, разработаны и серийно освоены сварочные мультисистемы ВД-306 ДК и ВД-506 ДК на базе выпрямителей с тиристорным управлением. Эти источники рассчитаны на силу тока соответственно от 350 до 500 А и обеспечивают три режима сварки: покрытым электродом с основным и целлюлозным покрытием, неплавящимся электродом в среде аргона при комплектации блоком БУСП-ТИГ и полуавтоматическую сварку в среде защитных газов при комплектации подающим механизмом. Мультисистемы прошли апробацию, их успешно эксплуатируют на строительных объектах РАО «Газпром», ОАО «Транснефть» и верфях Северодвинского судостроительного завода «Звездочка». ВД-306 ДК и ВД-506 ДК рекомендованы ВНИИСТ (Москва) для сварки нефте- и газотрубопроводов.

Анализируя требования рынка, динамично развивающиеся отрасли промышленности, «Фирма СЭЛМА» постоянно работает над перспективными направлениями в области производства сварочного оборудования. Так, на предприятии ведется разработка источников питания для полуавтоматической импульсно-дуговой сварки алюминия и для порталных машин автоматизированной резки.

За последние два года освоено производство нескольких видов сварочных автоматов на 800 и 1000 А для сварки под слоем флюса, энергосберегающей системы КСУ-320 для сварки покрытыми электродами от многопостовых источников без использования балластных реостатов, а также новых модификаций подающих



механизмов с применением цифровой индикации силы сварочного тока и напряжения. Новое оборудование успешно прошло испытания на судостроительных заводах Украины «Дамен Шипъядс Океан» (Николаев), «Завод 61 коммунара» (Николаев), «Севморверфь» (Севастополь), «Залив» (Керчь), на предприятиях тяжелого машиностроения «Азовмаш», «Азовсталь» (Мариуполь), НПО им. М. В. Фрунзе (Сумы) и получило хорошие отзывы главных сварщиков этих предприятий.

Сотрудничество между предприятиями одной отрасли не только возможно, но и необходимо. Научный потенциал ИЭС им. Е. О. Патона, производственные возможности ОАО «Фирма СЭЛМА», конструктивная совместная работа и обмен опытом будут способствовать росту эффективности работы сторон-участников, а это — и прогресс электросварочного производства в целом, и выход на мировые рынки, и улучшение экономического состояния Украины.

● #464



Профессионалам сварочного производства!

Ж У Р Н А Л

Сварщик

Техническая ИНФОРМАЦИЯ

будет необходима и в 2005 году.

Подписной индекс 22405 в каталогах «Укрпошта», «Пресса России»

Сотрудничество академических институтов

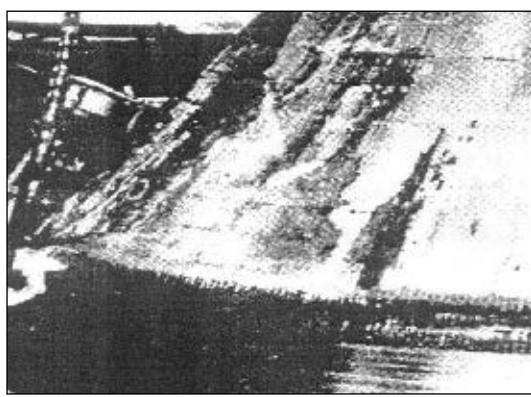
Механическая обработка — элемент технологии упрочнения и восстановления деталей

О. А. Розенберг, д-р техн. наук, С. А. Клименко, д-р техн. наук, Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины

Принципы и подходы, заложенные в Институте электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины проф. И. И. Фруминым в исследованиях по созданию материалов и технологий наплавки и в Институте сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины проф. Э. В. Рыжовым при изучении закономерностей механической обработки покрытий, продолжают приносить положительные результаты. Сегодня можно констатировать, что сложилась современная целостная интерпретация понятия «техника покрытий», включающая как технологии их нанесения, так и процессы механической обработки покрытий и устройства для их выполнения.

Еще в 1988 г. за цикл работ по совершенствованию технологий наплавки износостойких покрытий и разработке технологий обработки засыпных аппаратов доменных печей проф., д-ру техн. наук Ю. А. Юзленко (ИЭС НАН Украины), проф., д-ру техн. наук Э. В. Рыжому и старшему научному сотруднику, канд. техн. наук В. А. Рыбецкому (ИСМ НАН Украины) была присуждена премия Академии наук Украины им. Е. О. Патона. Группа ученых двух институтов создала фундаментальные основы механизированной наплавки открытой дугой, обосновала выбор наплавочных материалов, предложила их составы, получила комплексные данные о физико-механических свойствах и микроструктуре поверхностных слоев износостойких наплавочных материалов. Было дано физическое обоснование увеличения износстойкости контактных наплавленных поверхностей при использовании

Рис. 1.
Фрагмент
наплавлен-
ного (релит—
мельхиор)
конуса
засыпного
устройства
доменной
печи диамет-
ром 5,5 м,
обработанного
алмазно-
искровым
шлифованием
(НТМК,
Нижний
Тагил)



новой технологии алмазно-абразивной обработки, разработаны научно обоснованные технологические условия обработки, организовано производство специальных крупногабаритных алмазных кругов на новой связке для шлифования конусов (рис. 1) и чащ засыпных устройств доменных печей.

Наплавку и обработку конусов и чащ засыпных устройств доменных печей, БЗУ, валков прокатных станов, подкрановых колес и других ответственных элементов техники продолжают применять на всех крупных металлургических предприятиях: в Мариуполе, Кривом Роге, Запорожье, Липецке, Нижнем Тагиле, Новокузнецке и т. д. Эффективность этой работы определяется тем, что проблема восстановления деталей металлургического оборудования решается комплексно — методами наплавки на поверхности деталей создается слой материала с высокими функциональными свойствами, а механическая обработка выполняется таким образом, чтобы эти свойства реализовались в эксплуатации наиболее полно, т. е. были получены изделия требуемых размеров, точности и качества.

Комплексную исследовательскую и технологическую работу выполнили сотрудники Института электросварки и Института сверхтвердых материалов при создании системы восстановления и упрочнения деталей большегрузной карьерной техники для добывающих отраслей России (Ленск, Мирный, Удачный, Губкин), Украины (Кривой Рог), Узбекистана (Навои). Здесь решались технические задачи выбора наиболее перспективных для восстановления и эксплуатации наплавочных материалов, создания нового режущего токарного инструмента (рис. 2), способного производительно (глубина резания более 2 мм) обрабатывать высокотвердые материалы покрытий в условиях повышенных динамических нагрузок (обработка с ударом и переменным сечением среза) и эластичного алмазного инструмента для полирования наплавленных деталей до шероховатости

поверхности $Ra=0,1$. Новые технологии позволили сэкономить огромные валютные средства за счет надежного восстановления ответственных деталей импортной техники.

В последние годы специалистами ИЭС НАН Украины, ИСМ НАН Украины и ПКФ «Укркомплект» (Кривой Рог) впервые в отечественной промышленности решена важнейшая проблема восстановления крупномодульных (модуль 20) зубчатых венцов шаровых мельниц для размола руды. Решение задачи восстановления крупномодульных зубчатых венцов включает три составляющих:

- выбор материала электрода и технологии наплавки изношенных мест профиля зуба;
- разработку технологического процесса механической обработки зубчатого венца после наплавки с применением специального набора твердосплавных (цилиндрической, угловой и червячной) фрез;
- разработку технологий демонтажа, сборки и доводки зубчатого венца на барабане мельницы.

Для наплавки изношенных зубьев специалисты Института электросварки им. Е. О. Патона разработали порошковые проволоки, обеспечивающие получение низколегированного наплавочного материала твердостью 280–340 НВ. На производственном участке ПКФ «Укркомплект» наплавка зубьев ведется полуавтоматами в непрерывном режиме в течение 27 сут. с расходом 2350 кг порошковой проволоки.

Сотрудниками ИСМ им. В. Н. Бакуля выбраны и обоснованы условия механической обработки, проанализированы требования к производительности процесса фрезерования наплавленных зубчатых венцов, оценена допустимая твердость материала заготовки, изучены параметры загрузки оборудования. Выполненные исследования позволили разработать комплект уникальных твердосплавных фрез для обработки венца по наружному диаметру и профилю зубьев.

Для обработки наплавленных зубьев использовали зубофрезерный станок модели 5345 (максимальная скорость вращения фрезы — 15 об/мин) (рис. 3). Учитывая особенности процесса резания наплавленного материала, фрезерование зубчатого венца ведется по схеме:

- обработка конического-цилиндрической фрезой участков по наружному диаметру венца с целью создания баз для контроля размеров зубьев;

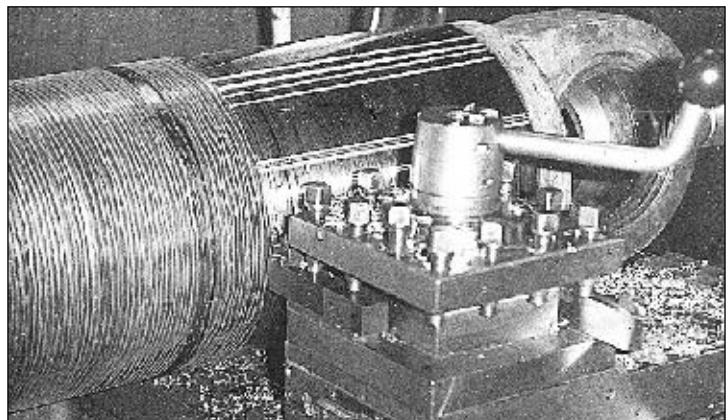
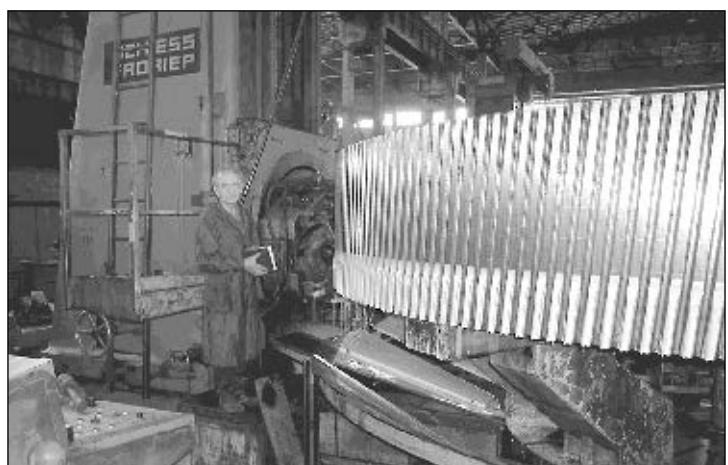


Рис. 2. Точение наплавленного (ПП-Нп-18Х1Г1М, 38–42HRC) штока подвески карьерного самосвала HD 1200 (Япония) инструментом из поликристаллов КНБ (РССУ, пгт. Удачный, Якутия)



- формирование впадин венца двухугловыми дисковыми фрезами;
- фрезерование зубчатого профиля одновременно червячной и дисковой фрезами методом обката.

Усилия научных коллективов принесли заслуженный успех — первый зубчатый венец был восстановлен и запущен в эксплуатацию на ОАО «Ингулецкий горнообогатительный комбинат» в 2000 г. К настоящему времени восстановлено семь зубчатых венцов, пять из которых уже находятся в эксплуатации. В 2004 г. планируется восстановить 3–5 венцов.

Опыт эксплуатации наплавленных зубчатых венцов привода шаровых мельниц говорит об актуальности и перспективности технологического процесса восстановления открытых зубчатых передач.

Многолетнее творческое научное сотрудничество академических институтов ИЭС им. Е. О. Патона и ИСМ им. В. Н. Бакуля показывает, что успешное решение масштабных практических задач определяется комплексным подходом.

● #465

Рис. 3.
Обработка
венца крупно-
габаритного
наплавленно-
го зубчатого
колеса

Наукова співдружність

В. Т. Трощенко, академік, Інститут проблем міцності ім. Г. С. Писаренка НАН України

Протягом всього періоду існування Інституту проблем міцності ім. Г. С. Писаренка НАН України між його науковими підрозділами та Інститутом електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України підтримувалося тісне наукове співробітництво, яке дозволило виконати низку актуальних науково-дослідних робіт, що мають важливе значення для народного господарства України.

Так, основним напрямом співробітництва між творчими колективами, які очолюють від ІПміц ім. Г. С. Писаренка д-р техн. наук Л. В. Кравчук, а від ІЕЗ ім. Є. О. Патона академік НАН України Б. О. Мовчан, було відпрацювання технології і визначення ефективності застосування жаростійких покріттів для захисту елементів гарячого тракту газотурбінних двигунів різного цільового призначення. Проведено комплексні дослідження щодо технології електронно-променевого нанесення покріттів у вакуумі (розроблювач д-р техн. наук І. С. Малашенко), оцінки їх впливу на несучу здатність і пошкоджуваність лопаток ГТД для морського й авіаційного транспорту та оптимізації складу покріттів. Великий цикл спільніх робіт було здійснено для дослідження ефективності жаростійких покріттів для жарових труб камер згоряння АГТД, отриманих методами плазмового напилювання, та оптимізації таких технологій (керівник робіт — д-р техн. наук Ю. С. Борисов).

У рамках співробітництва наукові колективи, очолювані від нашого інституту академіком А. О. Лебедєвим, а від ІЕЗ ім. Є. О. Патона академіком Б. Є. Патоном і д-ром техн. наук А. Я. Недосекою, розробляли наукові основи оцінки пошкоджень конструкційних матеріалів для широкого спектру дії термосилових факторів і обґруntовували критерії експлуатаційної надійності виробів сучасної техніки. Результатом виконаних досліджень стала модель накопичення пошкоджень в матеріалах, запропонован алгоритм і версія комп'ютерної програми його реалізації щодо оцінки пошкоджуваності після акустичного прозвучування матеріалів. Була також обґруntована методологія вибору критеріїв працездатності й експлуатаційної надійності типових конструкцій, на базі яких підготовлені такі керівні матеріали, як «Технічна діагностика. Котли, посудини під тиском і трубопроводи. Акустоемісійний метод контролю. СТП 50.01.2000», «Технічна діагностика. Котли, посудини під тиском і трубопроводи. Загальні технічні вимоги. СТП 50.02.2000» та ін.).

Науковий відділ ІПміц ім. Г. С. Писаренка, очолюваний чл.-кор. А. Я. Красовським, виконав разом з науковими підрозділами ІЕЗ ім. Є. О. Патона обстеження технічного стану і діагностування магістральних газопроводів ДК «Укртрансгаз» в 2003–2004 рр. (керівник робіт від ІЕЗ ім. Є. О. Патона — канд. техн. наук А. О. Рибаков і д-р техн.

наук С. Г. Поляков); паспортизацію магістрального аміакопроводу «Тольятті-Одеса» в 2003–2004 рр. (керівник робіт від ІЕЗ ім. Є. О. Патона — канд. техн. наук В. М. Проскудін); в 1997–2000 рр. цикл робіт по вирішенню проблеми міжкристалітного корозійного розтріскування під напругою зварних з'єднань напорних, опускних та САОР — трубопроводів Ду300 контура багаторазової примусової циркуляції блоку № 3 РБМК-1000 Чорнобильської АЕС (науковий керівник від ІЕЗ ім. Є. О. Патона — академік В. І. Махненко).

Значний обсяг спільних науково-дослідних робіт здійснено творчими колективами наших інститутів по дослідженняю міцності сплавів кріогенної техніки, а також по розробці нормативних документів, що регламентують норми розрахунку несучої здатності зварних з'єднань таких конструкцій в умовах їх глибокого охолодження до 4,2 К. Ці роботи виконувались впродовж трох десятиліть (1960–90-ті роки) разом з провідними організаціями Радянського Союзу (НВО «Кріогенмаш», НВО «Геліймаш», «Кислородмаш» та ін.). Основні здобутки, одержані при реалізації розглянутих проблем, знайшли відображення в стандарті ОСТ 26-04-2585-86 «Техника криогенна и криогенновакуумная. Сосуды и камеры. Нормы и методы расчета на прочность, устойчивость и долговечность сварных конструкций». Науковими керівниками робіт по кріогенній тематиці від ІЕЗ ім. Є. О. Патона були академік К. А. Ющенко і чл.-кор. А. Я. Іщенко, а від нашого інституту — академік М. В. Новіков і чл.-кор. В. О. Стрижало.

Слід підкреслити, що вище розглянуто лише деякі з важливих робіт, які були виконані при тісній взаємодії творчих колективів наших інститутів. І нині така співпраця не переривається. Так, починаючи з I кв. 2004 р. нашими інститутами проводяться спільні роботи в рамках комплексної програми наукових досліджень «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин», які мають на меті розробку нових методів прогнозування ресурсу відповідальних конструкцій та підвищення надійності їх роботи. ● #466

Главный арсенал

М. П. Шалимов, д-р техн. наук, ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет — УПИ»

Сотрудничество академического Института электросварки им. Е. О. Патона с уральскими предприятиями на протяжении многих десятков лет многогранно и плодотворно. С 70-летием Институт поздравляют ведущие специалисты предприятий Урала: А. В. Масалков (Уралвагонзавод), В. И. Панов (Уралмашзавод), С. Н. Гончаров и Н. З. Гуднев (Уралтрансмаш), В. В. Геймур, Б. В. Иванов, Л. А. Казаков, Л. И. Тюльпа, Ю. Д. Пашенко, В. Б. Чижов (Уралхиммаш), В. С. Величко (УралНИТИ), В. Л. Пребенин (Турбомоторный завод).



Уралвагонзавод

Совместная работа ИЭС им. Е. О. Патона и Уралвагон завода началась еще в 1938 г. с разработки автоматов для сварки вагонных конструкций. А в апреле 1941 г. на заводе уже работали первые автоматы для сварки под флюсом хребтовых балок железнодорожных платформ.

В начале Великой Отечественной войны ИЭС во главе с Е. О. Патоном был эвакуирован в Нижний Тагил и размещен непосредственно на Уралвагонзаводе. В январе 1942 г. на установке для автоматической сварки был сварен первый борт танкового корпуса. Монтаж, наладку и пуск установок для автоматической сварки под флюсом выполняли научные сотрудники ИЭС, среди которых был Б. Е. Патон. Благодаря автоматической сварке Уралвагон завод резко нарастил объемы производства (в пять раз) и повысил качество победоносных Т-34.

В 1950-х годах внедряли сварку под флюсом и ручную сварку покрытыми электродами, затем была внедрена сварка импульсной дугой плавящимся электродом в аргоне и сварка в смеси гелия и аргона в щелевую разделку цистерн из алюминиевых сплавов.

В 1960-х годах разработана и внедрена электрошлаковая сварка шпангоутов котлов из алюминиевых сплавов. Электродный цех освоил изготовление электродов АНО-1, что позволило увеличить скорость

сварки и втрое снизить выделение и токсичность сварочных аэрозолей.

В 1970-е годы по инициативе академика Б. Е. Патона были внедрены в производство автоматы типа А-1411, У-758, АД-164, А-1425, системы слежения СУ-106, позволившие резко повысить производительность труда, качество и культуру производства цельнометаллических полувагонов.



Уралмаш

Активное взаимодействие ИЭС и Уралмаша началось в 1942 г. Заводская газета «За тяжелое машиностроение» 27 октября 1942 г. писала: «В сентябре-октябре отдел начальника Шашкова совместно с бригадой ИЭС Академии наук и цехом провел работу по внедрению автоматической сварки под флюсом узлов боевых машин... первые узлы были сварены быстро и высококачественно» (Андрей Николаевич Шашков, впоследствии директор ВНИИавтогенмаша).

Около сборочного цеха в тупике стоял вагон с надписью «Институт электросварки», в котором жили и трудились сотрудники института.

Малоизвестен факт, что в эти годы заведующим сварочной лаборатории на Уралмаше работал В. И. Дятлов, открывший явление саморегулирования сварочной дуги.

Уралмаш производил семь типов средних, тяжелых танков и самоходные артиллерийские установки. Е. О. Патон называл Уралмаш «главным арсеналом», а уралмашевцев — «мужественными арсенальцами». Для сварки использовали автоматы, работавшие на трехфазном токе, по разработкам Григория Петровича Михайлова, зав. кафедрой сварки Уральского индустриального (позже политехнического) института.

С 1962 г. на Уралмаше начали освоение мощностей еще строящегося блока цехов сварных металлоконструкций. Внедряли новейшие для того времени разработки: электрошлаковую сварку цилиндров и станин мощных гидропрессов (Ю. З. Волош-

кевич, И. И. Сущук-Слюсаренко); износостойкую наплавку рабочих поверхностей конусов и засыпных аппаратов доменных печей сплавами типа сормайт (Ю. А. Юзленко и др.); печную и ручную наплавку композиционных сплавов на основе мельхиор-рэлита (Б. И. Максимович, И. В. Нетеса); сварку в смесях газов (В. Г. Свешинский); новые марки термически упрочненных сталей для изготовления стрелы шагающего экскаватора ЭШ-100,100 (Б. С. Касаткин, В. В. Волков) и др.

На Уралмашзаводе неоднократно бывали Б. Е. Патон, И. К. Походня, К. А. Ющенко, Л. М. Лобанов, В. И. Махненко, М. Г. Бельфор и многие другие сотрудники ИЭС им. Е. О. Патона. Не случайно по инициативе сварщиков Урала в энциклопедии «Инженеры Урала» опубликованы статьи о Е. О. Патоне и Б. Е. Патоне.



Уралтрансмаш

Наиболее значимы и известны по публикациям в отраслевых журналах совместные работы сотрудников ИЭС и завода по проблемам технологической прочности и надежности сварных соединений бронеконструкций самоходной артиллерии. Проведенные комплексные исследования позволили разработать и внедрить оптимизированную технологию сварки специальных высокопрочных сталей в углекислом газе и смесей газов, двухугловую сварку в защитных газах закаливающихся сталей, электронно-лучевую сварку тел вращения и ряд других разработок.

Ведущие специалисты сварочного производства Н. З. Гуднев и С. Н. Гончаров прошли обучение в аспирантуре при ИЭС им. Е. О. Патона. На становление их как специалистов-исследователей большое влияние оказали такие ученые, как А. М. Макара, Ю. А. Стеренбоген, Ю. Н. Готальский, В. В. Подгаецкий, В. Г. Гордонный, В. А. Саржевский и многие другие.



Уралхиммаш

Руководство и координацию работ в рамках творческого содружества завода и

института в разные годы осуществляли директор ИЭС им. Е. О. Патона Б. Е. Патон, заместители директора В. К. Лебедев, Д. А. Дудко, А. А. Казимиров, К. А. Ющенко.

Для повышения качества и производительности при сварке низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей под руководством и при непосредственном участии ведущих специалистов института (В. Е. Патона, М. Г. Бельфора, В. А. Богдановского, В. В. Подгаецкого, Б. Ф. Лебедева, В. М. Гаввы) были разработаны и внедрены оборудование и технология для автоматической и полуавтоматической сварки в смеси защитных газов, автоматической сварки под флюсом с добавление гранулированных присадок (крошки), автоматической сварки порошковой проволокой вертикальных тавровых швов с принудительным формированием. Разработаны, изготовлены и внедрены источники сварочного тока ВСЖ-1600 для автоматической сварки под флюсом, ставшие прообразом серии сварочных источников нового поколения.

Сотрудники отдела № 19 В. Н. Липодаев, Л. С. Захаров, В. Г. Фартушный, Ю. Н. Каховский, Ю. И. Евсюков, А. К. Авдеева и др. под руководством Н. И. Каховского, затем К. А. Ющенко разработали и внедрили многие процессы сварки, а также сварочные материалы для сварки высоколегированных сталей и биметаллов.

Под руководством академика И. К. Походни сотрудниками возглавляемого им отдела № 10 А. Е. Марченко, В. Н. Горпеником, В. Д. Макаренко, М. Ф. Гнатенко и Н. В. Скориной была разработана серия универсальных высокопроизводительных электродов с основным видом покрытия: АНО-11, АНО-25, АНО-26 и АНО-27, предназначенных для сварки углеродистых и низколегированных сталей, а также организовано их серийное производство и последующее техническое сопровождение технологии изготовления, аттестации.

По постановлению правительства СССР в содружестве с ИркутскНИИхиммашем и заводом Уралхиммаш ИЭС им. Е. О. Патона выполнил большой объем работ по созданию и изготовлению отечественных толстостенных цельнокованных и рулонированных сосудов высокого давления для производства аммиака, карбамида и др., работающих под давлением от 10 до 100 МПа и температуре стенки от минус 40 до плюс 525 °С. В работах принимали участие со-

трудники отдела № 184 под руководством О. О. Розенберга, а также В. А. Ковтуненко: Э. Г. Соколов, Н. А. Звонарев, Н. Г. Шамонина, И. Б. Шнайдер, В. В. Ковбасенко, А. В. Коваль, Н. П. Холодник, С. И. Соловьевяненко, В. Ф. Мусияченко и начальник ОКБ А. И. Чвертко, зам. начальника ОКБ А. И. Коренной, научный консультант Б. С. Касаткин.



УралНИТИ

Совместно с ИЭС им. Е. О. Патона впервые для производства бронированных боевых машин были созданы и внедрены на предприятиях специализированные установки с программным управлением для механизированной сборки и сварки основных корпусных узлов. Они были оснащены следящими системами для автоматизации сварки соединений с разделкой переменного сечения.

На одном из предприятий отрасли было создано поточно-конвейерное производство бронекорпусов с механизацией и авто-

матизацией основных технологических операций. За успешное решение этих и других задач ряд сотрудников предприятия и ИЭС были награждены высокими правительственные наградами и стали лауреатами Государственной премии СССР.



Открытое Акционерное Общество
«Турбомоторный завод»

Уральский турбомоторный завод

В 1981 г. ИЭС им. Е. О. Патона по техническому заданию завода разработал установку для индукционной наплавки клапанов тяжелых дизелей типа ДМ. Установка была смонтирована и запущена специалистами института. Производительность в сравнении с ранее применявшейся ручной наплавкой газовой горелкой возросла в шесть раз, и практически был исключен брак. Установка стablyно отработала более 20 лет. В настоящее время завод готовит институту заказ на новую установку для наплавки клапанов методом плазменно-порошковой наплавки.

● #467

Вниманию специалистов!

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

совместно с ОАО «Южтеплоэнергомонтаж» проводят научно-практический семинар

«Повышение надежности сварных соединений при монтаже и ремонте технологического оборудования в энергетике» (12–15 октября 2004 г., Киев).

Тематика семинара:

- Конструкционные материалы и конструктивные элементы в энергетике.
- Технологии, оборудование и материалы для сварки энергетического оборудования.
- Технологии ремонта и восстановления технологического оборудования.
- Технологии и оборудование для термообработки сварных соединений и конструкций.
- Механизация подготовительных и сборочно-сварочных работ.
- Техническая диагностика сварных конструкций.
- Контроль качества сварных соединений.
- Сертификация технологических процессов сварки, наплавки и резки.
- Аттестация и подготовка кадров.

Приглашаем принять участие в работе семинара специалистов, занятых в строительстве и эксплуатации энергогенерирующих комплексов, для ознакомления с современными достижениями в технической диагностике и прогнозировании эксплуатационного ресурса сварных конструкций, в средствах неразрушающего контроля сварных соединений, а также со специальными технологиями сборки, сварки и ремонта технологического оборудования в энергетике.

Конференц-зал ИЭС им. Е. О. Патона
(ул. Боженко, 11, корп. 4)

Справки по тел./ф. +380 44 268 3523

Патоновские электроды. Взгляд коллеги

З. А. Сидлин, д-р техн. наук, чл.-корр. МАК, ООО «СЗСМ «РОТЕКС» (Москва)

Российские электродчики желают своим коллегам дальнейших успехов.

Формально на знамени ИЭС им. Е. О. Патона начертано «Автоматическая сварка». Несмотря на это, комплекс вопросов ручной дуговой сварки всегда занимал видное место в научно-практической деятельности института. Этими проблемами занимались и занимаются многие отделы института, а в 1958 г. было создано отдельное подразделение, в задачи которого вошло исследование металловых и электрофизических проблем дуговой сварки покрытыми электродами и технологии производства электродов. Организатором и бессменным руководителем электродной лаборатории, преобразованной в 1962 г. в отдел физико-химических процессов в сварочной дуге, является академик НАН Украины, д-р техн. наук И. К. Походня.

За прошедшие годы в институте было создано много десятков марок электродов различного назначения: АНО (для сварки конструкционных сталей), АНВ (для сварки высоколегированных сталей), АНП (для сварки высокопрочных сталей), АНЖР (для сварки разнородных сталей), АНЦ (для сварки медных сплавов), УАНА (для сварки алюминия), АНГ (для сварки методом наклонного электрода), АНР (для резки металлов). Только простое перечисление наименований марок электродов показывает широту сферы научно-технических интересов института в области ручной дуговой сварки покрытыми электродами.



Разработки, выполненные в ИЭС им. Е. О. Патона, базируются на результатах обширных фундаментальных и прикладных исследований, выполненных в сотрудничестве с научными и производственными коллективами ведущих направлений. Для проведения необходимых исследований в институте были созданы, в частности, методики и соответствующая аппаратура:

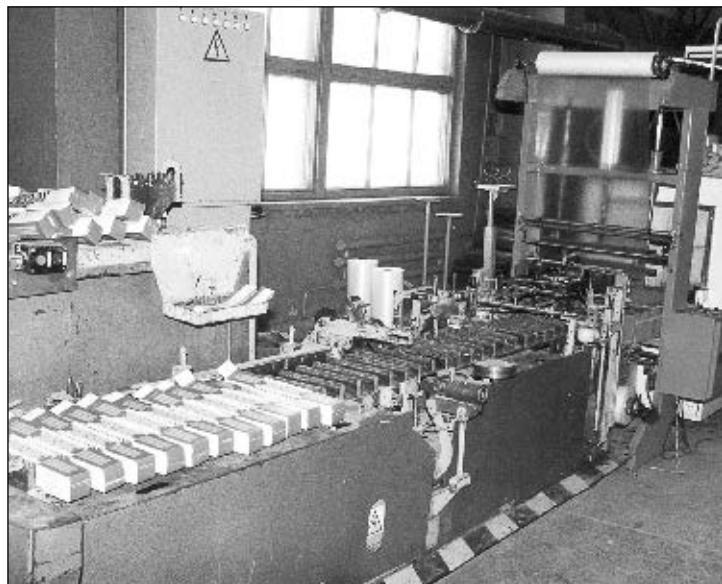
- для определения содержания диффузного водорода в металле шва;
- для экспресс-оценки токсичности сварочных аэрозолей;
- для рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализа рудо-минералометаллических композиций (электродных покрытий и сварочных шлаков), а также информационно-измерительная система для исследования технологических свойств сварочных материалов, оборудования и процессов сварки.

В проблематику создания сварочных электродов были вовлечены крупнейшие ученые, работавшие и работающие в институте, воспитана целая плеяда исследователей, в числе которых доктора технических наук А. Е. Аснис, Ю. Н. Готальский, В. И. Карманов, Б. С. Касаткин, Н. И. Каховский, В. Н. Липодав, В. Д. Макаренко, И. К. Походня, К. А. Ющенко, кандидаты технических наук А. В. Булат, В. Г. Войткевич, М. Ф. Гнатенко, В. Н. Горпенюк, Л. М. Гутман, Л. С. Захаров, В. М. Илюшенко, Ю. Н. Каховский, Г. Е. Коляда, Г. Г. Корицкий, А. Е. Марченко, С. С. Миличенко, А. П. Пальцевич, В. Е. Пономарев, Н. В. Скорина, В. В. Снисарь, Л. В. Стародубцев, Л. А. Тараборкин, В. Г. Фартушный, Б. В. Юрлов, И. Р. Явдошин, инженеры В. А. Аношин, А. М. Бейниш, П. В. Игнатченко, С. А. Шкурко и др.

Особую практическую ценность представляет созданная институтом цепочка: от разработки — к внедрению электродов. Еще в 1962 г. в институте было создано экспериментальное производство сварочных материалов, где отрабатывают элемен-

ты технологии изготовления новых разработок, выпускают опытно-промышленные партии электродов. В 1978 г. институту был передан опытный завод сварочных материалов (бессменный директор П. А. Консенко) — сегодняшний флагман электродной промышленности Украины. Именно это предприятие реализует многие разработки патоновцев.

Однако практический выход разработок института не замыкается в рамках системы НАН Украины. Значительный комплекс работ выполнен сотрудниками института по совершенствованию технологии серийного производства электродов. В сотрудничестве с металлургами, проектировщиками и производственниками в 70-е годы XX века была создана электродная подотрасль промышленности, выпускавшая ежегодно до 700 тыс. т электродов, в т. ч. сотни тысяч тонн электродов, разработанных в институте. И, естественно, потребителями этих электродов являлось множество организаций страны. За эту работу коллектив авторов, среди которых сотрудники института И. К. Походня (руководитель), А. М. Бейниш, А. Е. Марченко и И. Р. Явдошин, в 1971 г. был удостоен Государственной премии СССР. И в настоящее время трудоемкие и внешне невыигрышные работы по совершенствованию технологии производства электродов и их оперативных свойств занимают видное место в исследованиях. В



комплекс вопросов электродного производства, находящихся в сфере деятельности института, всегда входили проблемы сырьевой базы, основного технологического оборудования, подготовки кадров, инжиниринг. Выполненные в институте разработки защищены патентами многих стран, освещены в многочисленных публикациях, докладах и пр.

И в сегодняшних условиях институт не прекращает работы по совершенствованию электродов, по сохранению научно-технического потенциала, изыскивая новые формы деятельности.

● #468

Вниманию специалистов!

Украинский информационный центр «Наука. Техника. Технология», Украинское общество неразрушающего контроля и технической диагностики, Российское общество неразрушающего контроля и технической диагностики, Белорусская ассоциация неразрушающего контроля и технической диагностики, Днепропетровский национальный университет, НПП «Машностроение» проводят 12-ю Международную конференцию и выставку
«Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики» (20–24 сентября 2004 г., Ялта)

Тематика семинара:

- Общие вопросы неразрушающего контроля (НК) и технической диагностики (ТД).
- Теоретические вопросы взаимодействия физических полей с веществом контролируемых объектов.
- Средства, системы, методики НК и ТД.
- Эксплуатационные характеристики и определение остаточного ресурса изделий.
- Методологическое обеспечение средств НК.
- Вопросы подготовки и аттестации специалистов, аккредитация подразделений НК и ТД.
- Исполнение Законов Украины «О стандартизации», «О подтверждении соответствия», «Об аккредитации органов по оценке соответствия» — путь повышения конкурентоспособности украинской продукции.
- Разработка стандартов в области НК и ТД.
- Заседание правления УО НКТД.

Почтовый адрес:
02094 Киев,
а/я 41, УИЦ
«HTT»

Справки
по тел./ф.
+380 44 573 3040
(с 8.00 до 14.00)

Опыт применения плавленого пемзовидного флюса марки АН-348АП

Н. И. Дуда, инж., ОАО «Ворд Билдинг Системс Украина»,

В. И. Галинич, А. В. Залевский, кандидаты техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

В последние годы существенно повысились требования к качеству сварных конструкций. Особое требование предъявляется к формированию металла угловых швов: переход металла шва к основному не должен иметь заметных концентраторов напряжений (подрезов, наплыпов, других неровностей). Фактически критерием качества сварных соединений является отсутствие на их поверхности следов ремонта.

Такие жесткие требования заказчиков вынуждают изготовителей сварных конструкций тщательно подбирать сварочное оборудование и отрабатывать технологию сварки. Учитывая, что большая часть дефектов при сварке под флюсом, как правило, обусловлены сварочно-технологическими свойствами флюсов, их отбору уделяют особое внимание.

На ОАО «Ворд Билдинг Системс Украина» при изготовлении металлоконструкций ответственного назначения выполняют большой объем сварки угловых соединений из тонколистового проката, поэтому необходим флюс, способный обеспечить стабильный процесс сварки при использовании проволоки малого диаметра (1,2–1,6 мм), в том числе при сварке двумя проволоками в одну ванну. Традиционно используемый на предприятии флюс АН-348-АМ по ГОСТ 9087 часто не обеспечивает необходимый товарный вид шва, особенно при его большой длине.

В 2001–2004 гг. в рамках инновационного проекта «Технопарк «ИЭС им. Е. О. Патона» был разработан и внедрен на ОАО «Запорожский завод сварочных флюсов и стеклоизделий» метод двойного рафинирования флюсового расплава, благодаря чему появилась возможность улучшить сварочно-технологические свойства плавленых флюсов, в том числе АН-348-АМ. Полученный на заводе улучшенный флюс АН-348АП по ТУ У 05416923.049–99 был испытан и внедрен на ОАО «Ворд Билдинг Системс Украина» (таблица).

Как видно из таблицы, содержание вредных примесей (S, P) во флюсах, изготавляемых

по ТУ У 05416923.049–99, заметно ниже нормативного по ГОСТ 9087 (соответственно на 0,03 и 0,02%). Флюс АН-348АП первой партии, прошедший двойное рафинирование и поступивший на производственные испытания, содержал серу и фосфор в 6–8 раз ниже нормативной величины и имел пемзовидное строение зерен (насыпная плотность 0,98 г/см³). Строение зерен – необходимое условие для улучшения формирования металла швов. Учитывая влияние размера зерен флюса на формирование металла швов при использовании сварочной проволоки малого диаметра, испытания проводили на трех образцах флюса одинакового химического состава, но различного размера зерен (см. таблицу).

На первом этапе испытаний оценивали технологические возможности образцов флюса с целью выбора образца для изготовления промышленной партии. На втором этапе контролировали способность флюса при длительном применении обеспечить стабильное высокое качество сварных соединений. При испытаниях сравнивали качество сварных соединений при использовании стекловидных флюсов АН-348-А и АН-348-АМ (ГОСТ 9087), а при сварке двумя проволоками в одну ванну на линии «Conrak» с керамическим флюсом Lincoln 780 – с качеством сварного соединения при использовании флюса АН-348АП.

На первом этапе образцы № 1 и 3 перед сваркой не прокаливали, образец № 2 испытывали как в состоянии поставки, так и после прокалки (300 °C, 2 ч).

Образец № 1 испытывали на участке сборки и сварки стыковых швов при изготовлении поясов главных балок для моста на скоростной автодороге Киев–Одесса. Основной металл – сталь 09Г2СД толщиной 32 мм с X-образной разделкой кромок. Использовали автомат А-1412, источник питания ВДУ-1602. Режим сварки: I=750 A; U=36 В; V=15 м/ч (ток постоянный обратной полярности). В качестве

Таблица. Химический состав испытанных партий флюса АН-348АП

Марка флюса	Содержание основных ингредиентов, масс. доля, %							Насыпная плотность, г/см ³	Размер зерен, мм
	SiO ₂	MnO	CaO	CaF ₂	Fe ₂ O ₃	S	P		
АН-348-А	41–44	34–38	<10	4–6	0,5–2,0	<0,12	<0,12	1,3–1,8	0,25–2,8
АН-348АМ (ГОСТ 9087)				3–5					0,25–1,6
АН-348АП	40–44	31–38	<12	3–6	0,5–2,2	<0,09	<0,10	0,9–1,1	0,35–4,0
АН-348АПМ (ТУ У 05416923.049–99)									0,25–1,6
Партия 1: образец № 1	41,2	34,0	7,7	7,5	0,42	0,015	0,018	0,98	0,63–3,2
образец № 2									0,63–1,6
образец № 3									0,63–1,2

присадочного материала применяли сварочную проволоку марки Св-08ГА диаметром 4 мм.

Образец № 2 испытывали в сборочно-сварочном цехе при сварке автоматом А-1698 поясных швов двутавровых балок из стали 09Г2С с толщиной стенок 5 мм, полок 8 мм. Режим сварки: I=190...200 А; U=31 В; V=18 м/ч (ток постоянный обратной полярности), источник питания ВС-600; сварочная проволока Св-08Г2С диаметром 1,2 мм.

Образец № 3 испытывали на линии «Conrak» при одновременной сварке двух стыков в нижнем положении двумя дугами в одну ванну. Сваривали балки из стали Ст3 толщиной 12 мм. Режим сварки: V_{под.пров}=189 м/ч, U=28...31 В, V_{св}=50 м/ч (ток постоянный обратной полярности), источник питания Lincoln DC-1000; сварочная проволока Св-08ГА диаметром 1,6 мм.

Испытания показали, что во всех вариантах сварки поры, трещины, подрезы и неровности на поверхности швов отсутствовали. Пемзовый флюс обеспечивал более плавный переход к основному металлу и лучшую (самопроизвольную) по сравнению со стекловидным флюсом АН-348-А отделимость шлаковой корки на втором и последующих проходах.

Применение флюса АН-348АП с размером зерен 0,63–1,6 мм (образец № 2) показало, что по сравнению с известным стекловидным флюсом новый флюс обеспечивает равномерное формирование металла шва с плавным переходом к основному металлу, мелкочешуйчатую поверхность серебристого цвета, однотонную по всей длине стыка, отсутствие каких-либо дефектов, а также легкую отделимость шлаковой корки.

Замена керамического флюса плавленным не отразилась на работе сварочной установки и не потребовала существенной

корректировки режимов сварки; при этом угловой шов при сварке под новым плавленным флюсом имеет более плавный переход к основному металлу, чем при сварке под керамическим флюсом Lincoln 780. Поверхность шва более ровная и чистая по всей длине стыка; отделимость шлаковой корки такая же легкая, как и при использовании флюса Lincoln 780.

На основании положительных результатов производственных испытаний всех образцов флюса АН-348АП ко второму этапу испытаний было изготовлено 2 т флюса с размером зерен 0,63–3,2 мм и 4 т флюса с размером зерен 0,63–1,2 мм. Стабильность качества флюса оценивали по появлению дефектов сварки при полномасштабном производстве штатной продукции. Флюс крупной грануляции использовали для сварки угловых швов «в лодочку» на двутавровых балках из стали марки 09Г2С толщиной 12 мм. Режим сварки: I=600...650 А; U=28...31 В, V=18 м/ч (ток постоянный обратной полярности). Стыки сваривали одновременно на трех стендах автоматами ТС-17 проволокой Св-08ГА диаметром 4 мм. Перед применением флюс сушили при температуре 250–300 °С не менее 2 ч.

При сварке на всех трех стендах в течение трех дней дефектов не обнаружили; металл шва имел плавный переход к основному металлу; форма шва — вогнутая; шлаковая корка отделялась легко.

Сварочно-технологические свойства пемзового флюса марки АН-348АП, изготовленного методом двойного рафинирования, полностью удовлетворяют требованиям СниП III-18-75 «Правила производства и приемки работ. Металлические конструкции» к сварным соединениям. Новый флюс допущен к сварке металлических конструкций на ОАО «Ворд Билдинг Системс Украина».

● #469

Комбинированный процесс точечной плазменно-дуговой сварки

Н. М. Воропай, д-р техн. наук, В. М. Илюшенко, канд. техн. наук, В. А. Мишенков, инж.,
ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Дуговую точечную сварку нахлесточных соединений различных металлов и сплавов выполняют обычно плавящимся электродом с предварительным сверлением и зенковкой отверстий в верхнем листе. Диаметр отверстий превышает диаметр электрода не менее чем на 3–8 мм. Такая технология обеспечивает проплавление верхнего листа и уменьшение выпуклости электrozаклепочного шва. Однако сверление отверстий увеличивает трудоемкость работ, производимых перед общей сборкой и сваркой металлоконструкций.

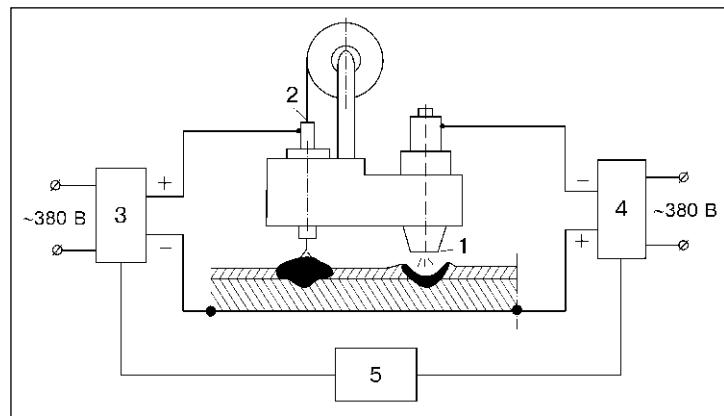


Рис. 1.
Схема комбинированного процесса точечной плазменно-дуговой сварки

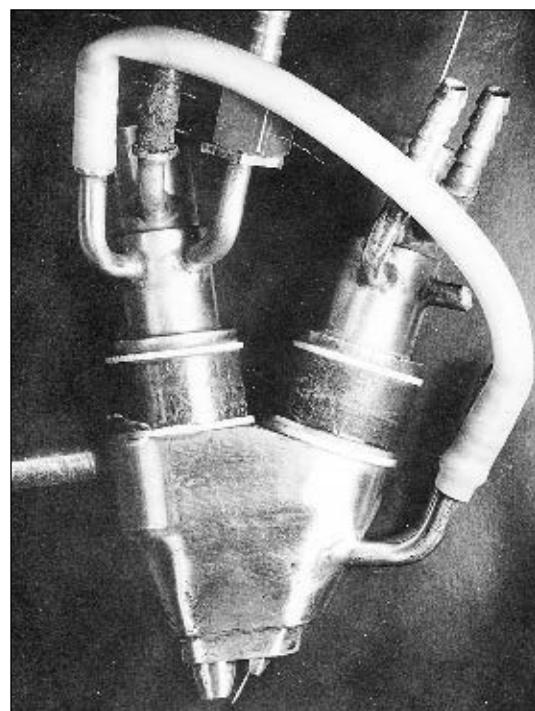


Рис. 2.
Горелка для гибридного процесса точечной плазменно-дуговой сварки

Более технологичным представляется использование комбинированного процесса точечной сварки (рис. 1), предусматривающего сквозное проплавление листов с использованием плазменной горелки 1 и последующую заварку полученных отверстий дугой с плавящимся электродом 2. Расстояние от оси горелки до оси мундштутка с плавящимся электродом регулируют в диапазоне 30–100 мм. Питание плазменного и дугового разрядов осуществляют отдельных источников 3 и 4, управляемых программирующим устройством 5.

Горелка для гибридного процесса плазменно-дуговой сварки (рис. 2) в одном из вариантов состоит из плазмотрона, механизма подачи электродной проволоки и водоохлаждаемого корпуса с соплом для подачи защитного газа (углекислого газа, аргона, либо смеси аргона с углекислым газом). Токоподводящий медный мундштук для плавящегося электрода размещен соосно с горелкой, расположенной непосредственно за плазмотроном. Диаметр электродной проволоки в зависимости от толщины свариваемого металла в обоих случаях составляет 1,2–1,6 мм.

Для комбинированного и гибридного процессов точечной плазменно-дуговой сварки целесообразно применять универсальный источник питания «Патон А-500». Он предназначен для плазменной и дуговой сварки импульсами постоянного, переменного и асимметричного тока. В нашем случае постоянный ток прямой полярности используют для проплавления отверстий в углеродистых и легированных стальях, меди, никеле и других металлах и сплавах. Легкие металлы и сплавы проплавляют переменным синусоидальным либо переменным асимметричным током с преобладанием импульсов прямой полярности. Длительность воздействия плазмы, питаемой импульсами тока прямой полярности, для низкоуглеродистых сталей толщиной 1–4 мм меняют в диапазоне 3–12 с

Таблица 1. Оптимальные режимы комбинированного процесса точечной плазменно-дуговой сварки

Толщина верхнего листа, мм	Плазменная сварка				Дуговая сварка		
	Сила плазменного тока, А	Напряжение, В	Расход плазмообразующего газа, л/мин	Время воздействия плазмы, с	Сила сварочного тока, А	Напряжение, В	Время сварки, с
1,0	60	10	0,8	3	90	15	3
2,0	90	12	1,0	5	120	18	5
3,0	120	14	1,2	8	180	22	8
4,0	150	16	1,5	12	280	26	10

Таблица 2. Конструктивные элементы шва при различной толщине верхнего листа, мм

Толщина верхнего листа δ	Диаметр точки		Высота усиления g	Глубина проплавления h	Толщина нижнего листа δ_2	Диаметр отверстия в верхнем листе d_o
	d	D				
0,8–1,0	5–6	8–10	$\leq 2,0$	$\geq 2,0$	3,0	$\geq 5,0$
1,0–2,0	6–8	10–12	$\leq 2,5$	$\geq 3,0$	5,0	$\geq 6,0$
2,0–3,0	8–10	12–14	$\leq 3,0$	$\geq 4,5$	5,0	$\geq 7,5$
3,0–5,0	10–12	14–16	$\leq 3,5$	$\geq 6,0$	6,0	$\geq 9,0$

(табл. 1). В перерывах между этими импульсами на дуговой промежуток электродной проволоки—изделие при комбинированном и гибридном процессах подают импульсы тока обратной полярности.

Длительность горения дуги с плавящимся электродом находится в пределах 3–10 с. Конкретную величину импульсов тока прямой и обратной полярности и время сварки выбирают исходя из толщины свариваемых металлов. Если плазменная струя и сварочная дуга с плавящимся электродом действуют совместно практически в одну точку сварочной ванны, то происходит гибридный процесс плазменно-дуговой сварки. При комбинированном процессе оба источника нагрева, находясь на определенном расстоянии друг от друга, создают единый термический цикл нагрева. Электромагнитное взаимодействие плазмы и дуги в данном варианте отсутствует.

Качество формирования отверстий при плазменном проплавлении в значительной мере зависит от расхода плазмообразующего газа (аргона). При относительно малом его расходе (менее 0,8 л/мин) образуются отверстия малого диаметра с небольшой глубиной проплавления (соответственно не более 5 и 2 мм). При расходе плазмообразующего газа выше 1,5 л/мин диаметр отверстия и глубина проплавления заметно увеличиваются. Однако из-за большого давления плазмообразующего газа происходят чрезмерные выплески жидкого металла из сварочной ванны и частые нарушения стабильности процесса. Наилучшее качество формирования отверстий получа-

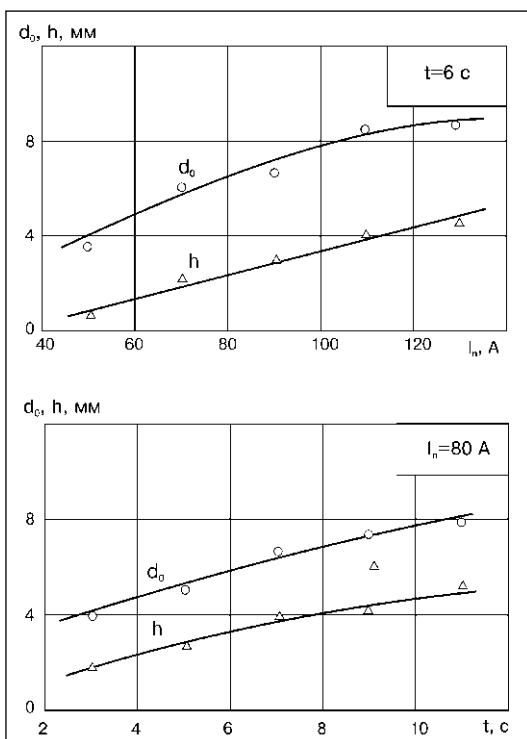


Рис. 3.
Влияние силы тока I_n и длительности сварки t на диаметр отверстия в верхнем листе d_o и глубину проплавления h (толщина верхнего и нижнего листов равна соответственно 3 и 5 мм)

ют при расходе плазмообразующего газа 0,8–1,5 л/мин.

Внешний вид точечных соединений, полученных комбинированным процессом плазменно-дуговой сварки, характеризуется равномерным формированием швов, стабильной глубиной проплавления верхнего и нижнего листов и отсутствием пор и трещин в металле швов. Размеры швов при различных толщинах свариваемого металла соизмеримы с предельными допусками, принятыми для аналогичных точечных соединений (табл. 2).

(Окончание
на стр. 29)

Разработки ИЭС им. Е. О. Патона в области пайки

В. Ф. Хорунов, д-р техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Пайкой в ИЭС им. Е. О. Патона занимались еще в начале 1970-х годов, отвечая на потребности авиации, ракетостроения и других оборонных отраслей. Был выполнен ряд ответственных программ, в результате чего институт занял одно из ведущих мест в СССР в области пайки.

Наиболее весомый вклад Институт электросварки внес в область вакуумной пайки сложных тонкостенных конструкций из нержавеющих сталей (решетчатые и сотовые панели, пластинчато-ребристые теплообменники и др.). К числу ключевых разработок следует отнести создание комплекса (припои, технология, оборудование) для пайки решетчатых конструкций — новых аэродинамических поверхностей большой эффективности. Их успешно применяют в качестве рулей современных ракет, они имеют большое будущее при создании сверхтяжелых самолетов, дирижаблей и др. Эта работа удостоена Государственной премии Украины в области науки и техники.

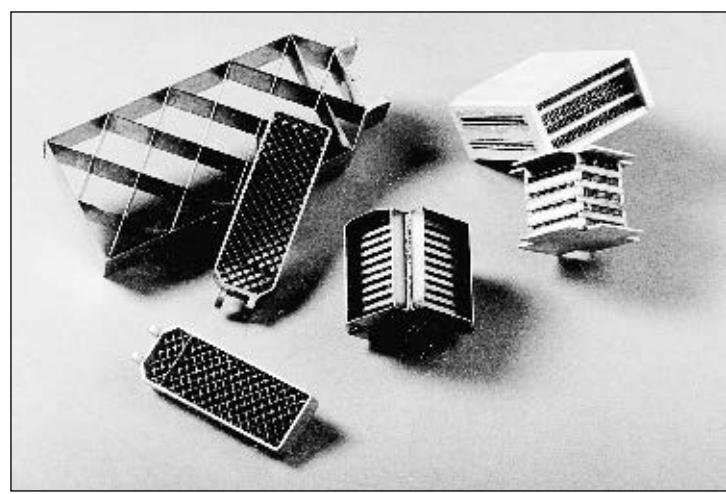
Важным является создание ряда вакуумных установок, из которых следует отметить прежде всего карусельные. Известно, что с помощью однокамерных вакуумных печей можно получить наилучшее качество пайки, но при этом процесс характеризует низкая производительность вследствие длительного времени охлаждения изделий. В ИЭС создан ряд карусельных вакуумных установок (У-925, П-111, П-126), которые

позволяют разрешить это противоречие. Такие печи не имеют аналогов в мире.

Фундаментальные и технологические исследования проведены в институте в области пайки высоколегированных жаропрочных сплавов на основе никеля. Так, исследована система сплавов Ni-Cr-Zr, построена диаграмма, позволяющая судить о температуре плавления и фазовом составе сплавов, и на этой основе предложены припои для вакуумной и дуговой пайки. Такие припои имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными системами припоев (Ni-Cr-B-Si, Ni-Cr-B, Ni-Cr-Si и др.), применяемыми в мировой практике.

В ИЭС им. Е. О. Патона разрабатывают технологии дуговой пайки не только применительно к устранению дефектов на деталях из жаропрочных сплавов, но и для изготовления конструкций из углеродистых, низколегированных и нержавеющих сталей. Эта технология имеет большое будущее для соединения тонкостенных конструкций, в том числе из оцинкованных сталей. Она позволяет полностью исключить разбрзгивание, прожоги и некоторые другие дефекты, свойственные дуговой сварке. В ИЭС им. Е. О. Патона прорабатывают все аспекты применения дуговой пайки, включающие присадочный металл, технологию и оборудование.

Большой шаг сделан в области пайки алюминия. На основе фундаментальных исследований разработаны флюсы для высокотемпературной и низкотемпературной пайки алюминия, выгодно отличающиеся от зарубежных аналогов. Например, разработанный флюс ФАФ-540 для высокотемпературной пайки позволяет в большинстве случаев производить пайку без припоя. Последний образуется автоматически в любой точке, где флюс смачивает металл, за счет появления в расплаве кремния и его взаимодействия с алюминием. Это невозможно осуществить, применяя любой зарубежный флюс. Идеи, заложенные при разработке флюса, позволяют производить дополнительное легирование металла, вы-



саживая из расплава элементы, облегчающие соединение алюминия, например, с нержавеющей сталью.

Успешно решена задача разработки бессеребряных припоев. Медно-фосфористые припои (ПМ-90, ПМ-90М) применяют вместо серебряных для пайки широкого круга изделий из меди и ее сплавов, особенно при пайке кондиционеров, холодильников, деталей электрооборудования. Для пайки сталей различных классов разработаны припои на медно-марганцевой (ПМ-72) и медно-цинковой основе (ПМ-50). Создана серия припоев для пайки обрабатывающего инструмента (ПАН-23, ПАН-212, ПАН-21 и др.).

Несомненным достижением является разработка бескадмийевых серебряных припоев с различной температурой плавления для пайки под флюсом, на воздухе, в вакууме или инертной среде. Развитые в Институте электросварки идеи были использованы при выполнении совместной программы с Национальной лабораторией «Сандия» (США) по разработке технологии пайки авиационных трубопроводов (из нержавеющих сталей) без никелевого покрытия.

Большое внимание в ИЭС уделяют разработке технологии соединения новых материалов: композиционных на основе меди и алюминия, интерметаллидных сплавов. Эти работы во многом выполняют в рамках международных программ. Так, совместно с Ливерморской Национальной лабораторией (США) проведены исследования пайки интерметаллидного сплава γ -TiAl. Проведены фундаментальные исследования сплавов систем Ti-Zr-Fe и Ti-Zr-Mn и на этой основе разработаны припои для пайки алюминидов титана. Полученные соединения близки по структуре и свойствам к основному металлу.

С фирмой «General Electric» проведены исследования пайки дисперсионнoprочненного сплава на основе меди (МАГТ). Задача соединения этих материалов осложняется необходимостью смачивания Al_2O_3 , который является упрочняющей фазой. Выбранные припои и технология пайки позволили получить соединения, достигающие 90% прочности основного металла.

Большое значение имеет пайка для решения проблемы соединения разнородных материалов. Например, в рамках международной программы «Токамак» по созданию установки термоядерного синтеза в ИЭС решена проблема соединения меди с вольфрамом, важная для работы конструкций в условиях нейтронного облучения и жесткого термоциклирования. В рамках этой же программы разработана технология соединения молибдена с графитом.

В области электроники выполнен ряд важнейших программ, из которых особо следует отметить создание конструкции и технологии сборки бескорпусных выпрямительных диодов средней мощности. Изготовление диодов новой конструкции позволило отказаться от применения десятков тысяч метров коваровой трубы, металлокерамических корпусов, снизить расход ценных металлов и, в конечном итоге, стоимость диодов. Работа также отмечена Государственной премией Украины в области науки и техники.

По Европейской программе «Коперникус» выполнены исследования по созданию теплостойкого припоя для электронной промышленности. В нем была реализована идея упрочнения оловянно-свинцовой матрицы мелкодисперсными интерметаллидами. Разработанный припой позволил поднять рабочую температуру паяных соединений до 120 °C.

● #471

Комбинированный процесс точечной плазменно-дуговой сварки

(Окончание.
Начало
на стр. 27)

Наибольшие значения прочности нахлесточных точечных соединений достигают при максимальных диаметрах швов в месте соприкосновения свариваемых элементов d . Характерно, что диаметр отверстий в верхнем листе d_o и глубина проплавления h зависят от силы плазменного тока I_p и длительности сварки t (рис. 3). В

результате выполненных работ создан комбинированный процесс точечной плазменно-дуговой сварки, расширены его технологические возможности в части выполнения нахлесточных соединений, повышена производительность и улучшено качество сварных соединений. Описанную технологию точечной плазменно-дуговой сварки целесообразно применять вместо клепки и дуговой сварки прерывистыми швами плавящимся и неплавящимся электродом.

● #470

Автоматическая сварка мостовых конструкций

**А. Н. Пащин, В. А. Ковтуненко, кандидаты техн. наук,
С. А. Резник, инж., ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины**

Мостостроение всегда было и остается областью, на которую равняются создатели других видов строительных конструкций. Это объясняется большой ответственностью и сложностью конструкций мостов, тяжелыми условиями эксплуатации. Основы мостостроения были заложены выдающимися учеными и инженерами Д. И. Журавским, Н. А. Белебюсским, С. В. Кербедзом, Л. Д. Прокуряковым, Г. П. Передерием, Е. О. Патоном и др.

В довоенный период в СССР было сооружено более двадцати сварных мостов, однако конструкции их были далеко не совершенны, сварку выполняли вручную, как правило, электродами с ионизирующими покрытиями, качество сварки было низким, в швах появлялись многочисленные трещины. Поэтому говорить о возникновении новой области в строительной практике — сварного мостостроения — еще не было оснований.

В годы Великой Отечественной войны электросварку стали широко применять в железнодорожном мостостроении — для восстановления разрушенных мостов и скоростного строительства новых. За годы войны с помощью электросварки сооружено более 150 пролетных строений мостов общей массой свыше 12 тыс. т, что в восемь раз больше, чем до войны. Из-за тяжелых условий военного времени в большинстве

случаев сварные мосты изготавливали из случайных материалов, сварку проводили на предприятиях, не имевших необходимой оснастки и оборудования. Поэтому лишь незначительное количество сварных пролетных строений железнодорожных мостов работало удовлетворительно.

Опыт применения электросварки при строительстве железнодорожных мостов был признан неудачным. Против сварных мостов выступил ряд инженеров-мостовиков. В ходе развернувшейся дискуссии Е. О. Патон и его ученики решительно выступили за строительство сварных мостов. Они указали путь, по которому должно было идти сварное мостостроение, основанное на применении автоматической сварки.

В июле 1946 г. Совет Министров СССР принял постановление по развертыванию научно-исследовательской работы, направленной на внедрение автоматической сварки в мостостроении. Постановление обязывало разработать монтажную сварку и намечало программу строительства опытных цельносварных мостов.

Большая работа по изучению прочности сварных соединений мостовых конструкций была проведена в ИЭС им. Е. О. Патона. Для выяснения причин возникновения хрупких трещин в швах и соединениях выполнен комплекс исследований по установлению влияния остаточных напряжений, вызванных сваркой, роли геометрических концентраторов напряжений, влияния пластических свойств основного металла, металла шва и ЗТВ сварных соединений, сопротивляемости хрупким разрушениям различных конструкционных сталей. Эти работы, проведенные под руководством Е. О. Патона В. В. Шеверницким, В. И. Новиковым, Г. В. Жемчужниковым, В. И. Труфяковым, А. А. Казимировым и другими, легли в основу технических условий по проектированию сварных мостов.

Анализ аварий мостов в нашей стране и за рубежом показал, что их главной причиной являлось низкое качество стали. На

1907 г.
Мухранский
арочный мост
(р. Кура,
Тбилиси).
Пролет 73 м



основании многолетних исследований, проведенных Б. С. Касаткиным, А. Е. Аснисом, Т. М. Слуцкой и другими, при консультации Н. Н. Дорохотова были созданы улучшенная низкоуглеродистая сталь для ответственных сварных конструкций (СтЗ для сварных мостов, в дальнейшем названа М16С, а в настоящее время 16Д) и способ проверки стали на свариваемость.

Большой объем работ выполнен по созданию технологии автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом (А. А. Казимиров, С. А. Островская, Д. М. Рабкин). Необходимо было найти условия, обеспечивающие высокое качество сварных швов, в частности, отсутствие трещин. Поскольку свойства металла шва при сварке стали марки М16С зависят от качества флюса и электродной проволоки, в ИЭС им. Е. О. Патона был разработан плавленый флюс с улучшенными сварочно-технологическими свойствами, а также состав электродной проволоки с несколько повышенным содержанием марганца.

Важное значение, особенно для сварки сталей больших толщин, имел выбор режимов автоматической сварки элементов сварных мостов, которые обеспечивали хорошее качество сварных швов и высокую производительность сварки.

В 1947–1948 гг. ИЭС им. Е. О. Патона и ряд организаций Министерства путей сообщения СССР работали над изысканием рациональных схем и конструкций сварных мостов. Для максимального сокращения монтажной сварки основная масса сварочных работ была перенесена на завод. На этом этапе пришлось отказаться от сквозных решетчатых ферм, которые уступали по технологичности сплошным листовым конструкциям. Институт остановился на пролетных строениях, состоящих из крупных блоков, свариваемых на заводе и поставляемых на место монтажа. Было разработано несколько вариантов цельносварных пролетных строений, два эскизных проекта для пролета в 66 м.

В октябре 1948 г. в Киеве состоялось совещание, на котором обсуждали представленные проекты и наметили направления дальнейшей работы по сварному мостостроению. В нем принимали участие многие ученые, инженеры-мостостроители и сварщики страны.

Евгений Оскарович Патон и его сотрудники на совещании по сварному мостостроению смело выступили за сварку под флю-



1925 г. Мост Евгении Баш

сом при сооружении цельносварных мостов. Для того чтобы создать условия для развития сварного мостостроения, была создана межведомственная комиссия в составе представителей Главмостостроения, НИИ мостов, Главстальконструкции, Гостехники и ИЭС им. Е. О. Патона. Решено было построить опытный сварной мост с клепанными монтажными соединениями, к изготовлению проектных строений которого приступил осенью 1948 г. Днепропетровский завод металлоконструкций им. И. В. Бабушкина. Для этого моста была выполнена и прокатана опытная партия стали по специальным техническим условиям, разработанными ИЭС им. Е. О. Патона и ЦНИИМ. В 1949 г. опытный мост пролетом 77 м установили на железнодорожной линии Брянск–Орел. Все испытания мост выдержал успешно.

В 1949 г. было решено подготовить к перевозке изготовление металлических пролетных строений мостов на автоматическую сварку под флюсом, намечена широкая программа исследований и строительства опытных цельносварных мостов.

В 1951 г. в Брянске через р. Болву установлен первый цельносварной железнодорожный мост, состоящий из двух строений длиной 66 м каждое. Первое пролетное строение со сквозными фермами и параллельными поясами спроектировано НИИ мостов при Ленинградском институте инженеров транспорта, второе — с фермами в виде арок с жесткой затяжкой — конструкции ИЭС им. Е. О. Патона. Впервые в мировой практике монтажныестыки главных балок пролетного строения выполнены автоматической сваркой под флюсом. Технология сварки и специальное оборудование разработаны Г. З. Волошкевичем, С. Л. Мандельбергом и др.

Для автоматической сварки высоких двутавровых балок разработана специальная конструкция монтажных стыков, предусматривающая вставки стенки и верхнего пояса для пропуска автоматов. Первым сваривали стык нижнего пояса трактором ТС-17М при отсутствии вставок стенки и верхнего пояса. Затем после подгонки вставки аппаратом А-287 с принудительным формированием шва сваривали вертикальные стыки стенки. Последним выполняли стыковые швы вставки верхнего пояса. Автоматическая сварка монтажных стыков главных балок обеспечила высокое качество сварки, снизила трудоемкость работ. Этот первый послевоенный цельносварной мост успешно эксплуатируют до настоящего времени. В 1977 г. Специальная комиссия Министерства путей сообщения СССР после обследования моста присвоила пролетному строению конструкции Института электросварки Знак качества и рекомендовала эту конструкцию, имеющую высокие эксплуатационные свойства, как типовую для широкого применения в практике мостостроения.

В 1950-е годы в результате успешно проведенных научно-исследовательских работ в сварном мостостроении произошли существенные сдвиги. Там, где почти безраздельно господствовала клепка, перешли на автоматическую и полуавтоматическую сварку под флюсом. Основной объем работ по сварке

перенесен на заводы. ИЭС им. Е. О. Патона оказал большую техническую помощь мостостроительным заводам, перешедшим на изготовление сварных мостов. Кроме того, он выполнил большую работу по монтажной сварке пролетных строений мостов.

Большой вклад в развитие сварного мостостроения внес Днепропетровский завод металлоконструкций им. И. В. Бабушкина. В творческом содружестве с институтом коллектив завода наладил технологию изготовления крупноблочных элементов цельносварных мостов, предложенную в свое время Е. О. Патоном. Все построенные мосты выдержали испытание временем и успешно эксплуатируются в настоящее время.

Многолетняя работа Е. О. Патона в области сварного мостостроения завершена сооружением самого большого в мире на то время цельносварного автодорожного моста через Днепр в Киеве — длиной 1542 м. Его строительство — это результат содружества Института электросварки, ГПИ Укрпроектстальконструкция, Мостостроя Министерства транспортного строительства, Днепропетровского завода металлоконструкций им. И. В. Бабушкина и Министерства коммунального хозяйства УССР. Руководящая роль в проектировании, изготовлении и монтаже этого моста принадлежит Институту им. Е. О. Патона. Проект моста разработан ГПИ Укрпроектстальконструкция (авторы И. З. Маракин, О. И. Шумицкий, В. И. Кириенко, Л. И. Гомин). В основу проекта моста положены крупноблочность и максимальное использование автоматической и полуавтоматической сварки на заводе и при монтаже. Все пролетные строения состоят из 264 однотипных крупных плоскостных блоков высотой 3,6 м, длиной до 29 м, массой до 28 т. До этого ни один завод нашей страны подобных блоков не изготавливали. Масса металлических конструкций моста около 10 тыс. т. При изготовлении главных ферм выполнено механизированными способами сварки на заводе 97, а при монтаже — 88% всех швов.

При монтаже моста работало два «сварочных поезда», передвигавшихся по рельсам, установленным по краям пролетного строения. Работы вели летом и зимой. Применили поточные методы производства с механизацией сборочно-сварочных операций. Монтажные стыки балок сваривали автоматической сваркой под флюсом аппаратами А-314 и ТС-17М, изготовленными в Институте электросварки.

1952 г.
Во время
строительства
цельносвар-
ного моста
через Днепр
(Киев).
Будущий
мост имени
Е. О. Патона



Учитывая большие заслуги Е. О. Патона в области сварного мостостроения и в сооружении моста, в 1953 г. киевскому городскому автодорожному мосту через р. Днепр было присвоено имя его создателя.

В 1950–1960 гг. в период массового строительства цельносварных мостов шел интенсивный поиск рациональных конструктивных решений мостов, наиболее отвечающих особенностям сварки. Разрабатывали и внедряли прогрессивные балочные системы и пролетные строения.

В 1955–1966 гг. во всех областях строительства, в том числе и в мостостроении, интенсивно внедряли сборные железобетонные конструкции. В этот период НИИ экономики строительства Госстроя СССР совместно с Транспроектом и ГПИ Союздорпроектом выполнили интересное и важное экономическое исследование, определившее границы, в которых целесообразно и экономично применять сборные железобетонные и сварные пролетные строения. Для автодорожных мостов при средних условиях строительства границу применения железобетонных пролетных строений определяет длина пролета не более 80, а для стальных и сталежелезобетонных — более 80 м.

В 1973 г. завершено строительство цельносварного автодорожного моста в Каменец-Подольском. Мост спроектирован в Укрпроектстальконструкции под руководством В. И. Кириенко при участии ИЭС им. Е. О. Патона. Крупные монтажные блоки изготовлены на Днепропетровском заводе металлоконструкций им. И. В. Бабушкина. Монтаж моста осуществлялся трестом Мостострой-1 Министерства транспортного строительства СССР. Это первый мост в СССР, где применена высокопрочная сталь 14Х2ГМР с пределом текучести 600 МПа (60 кгс/мм², класс С 70/60). Высокопрочная сталь использована в нижних растянутых поясах бистальных балок коробчатого сечения. Поперечное сечение пролетных строений состоит из двух таких балок и ортотропной плиты. Каменец-Подольский мост подтвердил целесообразность строительства цельносварных мостов с использованием одновременно сталей различных классов прочности, в том числе класса С 70/60.

Технику и технологию сооружения сварных мостов продолжают совершенствовать. Все больше применяют низколегированные и высокопрочные стали (15ХСНД; 09Г2С; 10ХСНД; 15Г2АФ; 14Х2ГМР и др.).

разрабатывают новые оригинальные конструктивные решения (балки коробчатого сечения, облегченные ортотропные плиты, включение в совместную работу металлических и железобетонных элементов и т. п.), внедряют прогрессивные способы механизированной сварки (автоматическая со свободным и принудительным формированием шва, полуавтоматическая порошковой проволокой и в среде защитных газов).

В июле 1973 г. началось строительство Московского моста через Днепр в Киеве, который был введен в эксплуатацию в конце 1976 г. Мост состоит из двух частей — эстакадной (из низколегированной стали 15Г2АФ) и вантового пролетного строения (из стали 10ХСНД) длиной 447 м, представляющего собой коробчатую балку жесткости, подвешенную к прямолинейным вантам. Полная ширина пролетного строения — 31 м. Для сварки вертикальных стенок балок впервые в практике мостостроения применена порошковая проволока марки ПП-2ВДСК. Вертикальныестыки сваривали аппаратом А-1150М конструкции ИЭС им. Е. О. Патона. Проект моста разработан Киевским филиалом «Союздорпроект», конструкции изготовлены Днепропетровским заводом им. И. В. Бабушкина. Строительство и монтаж металлоконструкций вел трест «Мостострой-1» Минтрансстроя СССР.

В связи с реконструкцией Днепровского гидроузла в Запорожье, проведенной в 1970-х гг., возникла необходимость перестройки мостовых сооружений для увеличения их пропускной способности. По проекту ГПИ Укрпроектстальконструкция, разработанному в содружестве с ИЭС им. Е. О. Патона, сооружены цельносварные пролетные строения из низколегированной стали класса С46/33 через шлюзы, по плотине и через аванкамеру. Для моста через шлюзы, радиус кривизны которого 250 м, была разработана новая система, в которой кривизну пролетного строения использовали как положительный фактор, повышающий эффект пространственной работы. Шарнирное крепление к устоям превратило сооружение в комбинированную систему, работающую в горизонтальной плоскости как двухшарнирная арка, поддерживаемая в ортогональной плоскости гибкими стойками. Поперечник пролетного строения представлен трапециадальной коробчатой балкой и облегченной проездной частью в виде ортотропной

плиты. Сопряжение с плотиной выполнено аналогичной кривой рамной эстакадой.

Сегодня отечественное мостостроение развивается в нескольких направлениях:

- Расширение номенклатуры применяемого в мостостроении стального проката: характерные для 70-х годов стали с нитридным упрочнением (14Г2АФ и 15Г2АФДпс) уступают место экономнолегированным малоперлитным сталим (06ГБД, 06Г2БД), обладающим высокой изотропией свойств во всех направлениях, пониженной чувствительностью к термическому циклу сварки и высоким сопротивлением зарождению и развитию хрупких трещин.

В новую редакцию СНиП «Мосты и трубы», работа над которой завершается в этом году, включены перспективные стали, применяемые в судостроении и трубопроводном транспорте, расширен перечень сварочных материалов, рекомендованных для изготовления мостовых конструкций.

- Совершенствуются методы монтажа сварных мостовых конструкций. В зависимости от условий строительства, оснащенности мостостроительных организаций наряду с цельносварными монтажными соединениями отдельных блоков применяют комбинированные болто-сварные монтажные стыки. Стенки главных балок собирают на высокопрочных болтах, а пояса соединяют с применением автоматической сварки под флюсом.

- В мостостроении внедряются новые технологические процессы сварки. Еще 10–15 лет назад не могло быть и речи об использовании полуавтоматической и автоматической газоэлектрической сварки при изготовлении и монтаже мостовых конструкций. А сегодня широко применяют не только сварку в углекислом газе, но и в смеси 80% аргона+20% углекислого газа. На монтаже газоэлектрическую сварку успешно внедряют при сборке и выполнении корневых проходов стыковых швов. В перспективе — использование самозащит-

ных порошковых проволок малых диаметров (до 2,5 мм).

- В силу ряда факторов, связанных с продлением сроков эксплуатации мостов и снижением эксплуатационных расходов, большое внимание уделяется сталежелезобетонным пролетным строениям. Надежное включение в совместную работу железобетонной плиты проезжей части осуществляют через гибкие упоры, привариваемые к верхним поясам. В ИЭС им. Е. О. Патона закончена разработка аппаратуры для выполнения этой операции контактно-дуговым способом. Совершенствуется технология и компоненты, необходимые для ее реализации. Технология прошла апробацию на Житомирском заводе металлоконструкций при изготовлении пролетных строений для автострады Киев—Одесса и будет внедрена при строительстве комплекса мостов Подольского путепровода (Киев).

Продолжается совершенствование конструкций мостов. Изучение причин образования усталостных трещин в железнодорожных пролетных строениях, большой объем работ по исследованию выносливости и хрупкой прочности сварных конструкций позволили изменить подход к конструированию блоков железнодорожных мостов. Группе специалистов под руководством В. И. Труфякова удалось создать опытное пролетное строение, представляющее собой жесткую конструкцию, в которой главные балки объединены горизонтальными и вертикальными сварными диафрагмами.

Изготовленное в 1986 г. опытное пролетное строение, установленное на испытательном полигоне под Москвой, в настоящее время отработало срок, равный 70-летней эксплуатации. Никаких повреждений до настоящего времени не установлено.

Сегодня мы стоим на пороге нового подъема мостостроения в Украине. Институт электросварки им. Е. О. Патона всегда будет в первых рядах создателей мостов. ● #472



Восстановление колец опорно-поворотного устройства крана МКТ-250

И. А. Рябцев, Ю. М. Кусков, кандидаты техн. наук, Я. П. Черняк, инж., ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, И. Г. Острик, инж., ООО «Центрстальконструкция», В. Л. Бондарчук, инж., ГП СУ-39 (Ровно)

В рамках выполнения программы НАН Украины «Ресурс», направленной на повышение ресурса эксплуатации уникальных конструкций, машин и сооружений, отделом № 2 ИЭС им. Е. О. Патона совместно с ООО «Центрстальконструкция» и ГП СУ-39 был выполнен ремонт уникального крана МКТ-250. Кран МКТ-250 позволяет производить монтаж конструкций массой до 250 т на высоте 73 м. При помощи этого крана выполнен монтаж различных крупногабаритных металлоконструкций: колонны монумента на Майдане Незалежности в Киеве, кровли большой спортивной арены на стадионе «Лужники» в Москве (рис. 1), различные резервуары большой вместимости и т. д.

В результате длительной эксплуатации у крана МКТ-250 вышел из строя один из основных базовых узлов — опорно-поворотное устройство (ОПУ). Это устройство по своей сути представляет собой крупногабаритный радиально-упорный роликовый подшипник большой массы (рис. 2). Например, масса зубчатого кольца ОПУ достигает 1,5 т, а средний диаметр 3 м. ОПУ — дорогостоящий узел, и он выходит из строя, как правило, из-за повышенного износа беговых дорожек зубчатого и соединительного колец (рис. 3, а, б). Срок эксплуатации крана МКТ-250 без замены ОПУ превысил 18 лет. Вследствие сверхнормативного и неравномерного изнашивания беговых дорожек ОПУ возникали заклинивания роликов, нарушалась плавность работы крана, возрастили динамические нагрузки на зубчатое зацепление, наблюдалось раскачивание стрелы крана — так называемые «клевки». Все это увеличивало опасность при выполнении строительно-монтажных работ и могло привести к преждевременному выходу из строя уникального механизма.

Внешний осмотр, цветная и ультразвуковая дефектоскопия показали, что для поверхностей катания зубчатого и соедини-

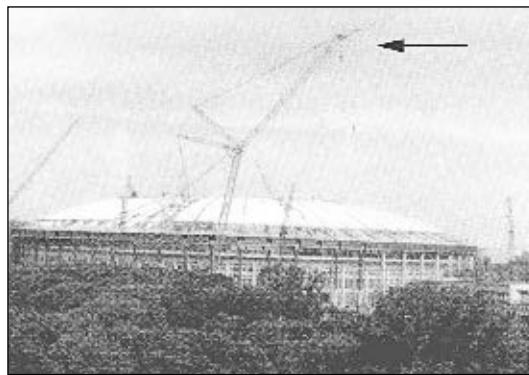


Рис. 1.
Монтаж
краном
МКИ-250
металло-
конструкций
кровли
большой
спортивной
арены
«Лужники»

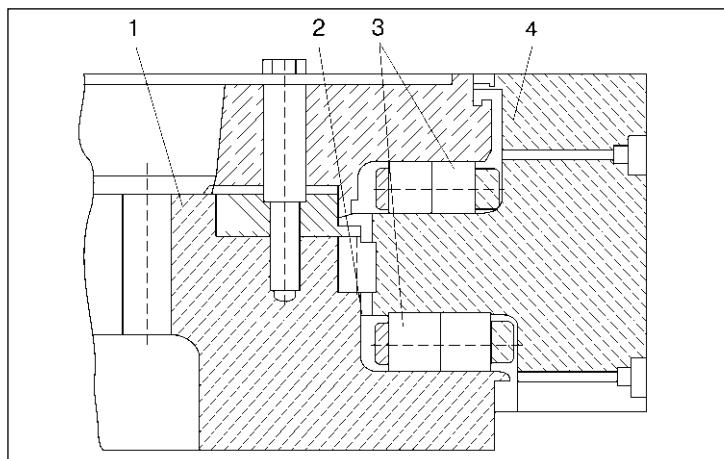


Рис. 2. Эскиз поперечного сечения опорно-поворотного устройства в сборе: 1 — зубчатое кольцо; 2 — вертикальные ролики; 3 — горизонтальные ролики; 4 — соединительное кольцо

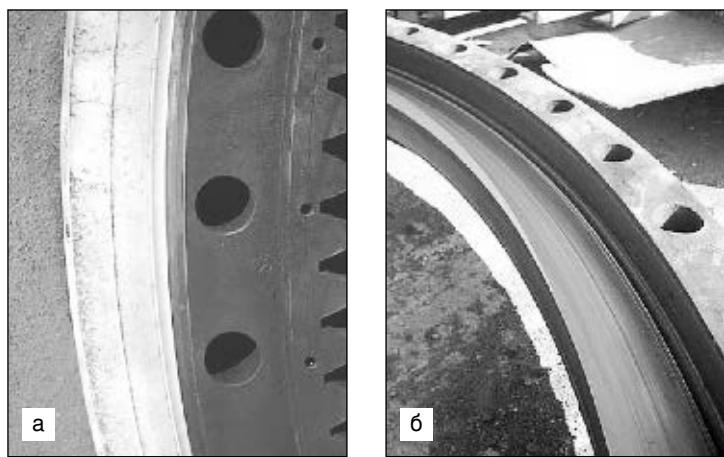


Рис. 3. Внешний вид изношенных поверхностей катания зубчатого (а) и соединительного (б) колец ОПУ

Таблица. Химический состав сталей, из которых изготовлены кольца опорно-поворотного устройства крана

Деталь	Сталь	Массовая доля элементов, %				Твердость, HRC ₃
		C	Mn	Si	Cr	
Зубчатое кольцо	50Х	0,474	0,66	0,17	0,82	26–47
Соединительное кольцо	50ХГМ	0,60	1,60	0,25	0,93	24–47

тельного колец характерны следующие дефекты: неравномерный механический износ беговых дорожек, усталостный износ, проявляющийся в виде микротрещин и местных отслоений металла вследствие много-

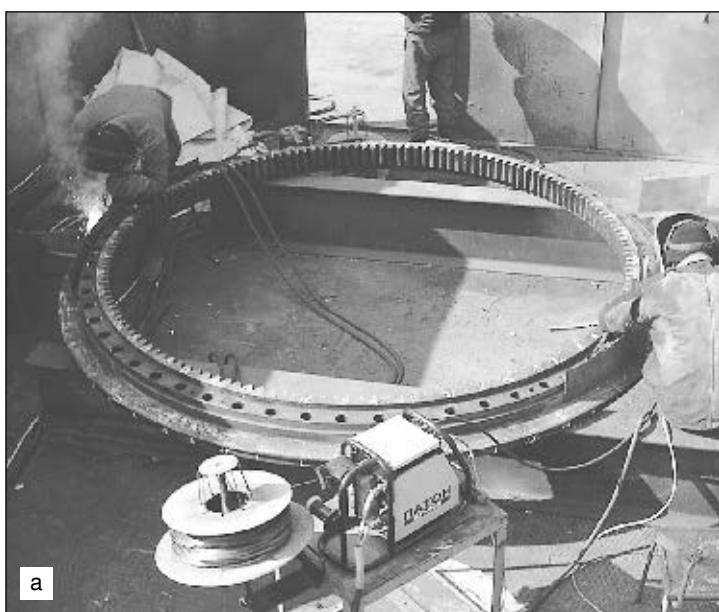
кратного деформирования одних и тех же объемов металла. Как было установлено, усталостные микротрещины не распространялись на глубину более 2 мм при общей толщине деталей ОПУ, достигающей 70 мм. Было отмечено, что зубчатое кольцо имеет относительно равномерный износ глубиной примерно 1,5–2,0 мм. Соединительное кольцо было изношено неравномерно и величина износа колебалась в пределах 1,5–3,0 мм. В некоторых зонах были отмечены локальные вырывы металла, связанные с разрушением роликов подшипника и взаимодействием продуктов разрушения с металлом колец.

В результате проведенной оценки величины и характера изнашивания поверхностей катания деталей ОПУ в ИЭС им. Е. О. Патона была разработана технология их восстановления дуговой полуавтоматической наплавкой. Необходимо было наплавить три изношенных поверхности: одну на зубчатом кольце и две на соединительном кольце (рис. 2, поз. 1 и 4). Кольца изготовлены из высокоуглеродистых низколегированных сталей 50Х и 50ХГМ, химический состав которых приведен в таблице.

Исходя из распределения твердости в различных зонах колец, можно предположить, что более высокие значения твердости соответствуют изношенным поверхностям, где произошло упрочнение металла роликами. Более низкую твердость имеют поверхности, которые не подвергались изнашиванию.

Для наплавки изношенных поверхностей обоих колец использовали самозащитную порошковую проволоку ПП-АН202 диаметром 2,0 мм, обеспечивающую получение наплавленного металла типа низкоуглеродистой высоколегированной хромомарганцевоникелевой стали со структурой метастабильного аустенита и с минимальным количеством мартенсита. Непосредственно после наплавки металл имеет твердость ≤ 40 HRC₃, в результате наклена его твердость возрастает до 45–50 HRC₃. Проволоку ПП-АН202 рекомендуют для наплавки деталей из высокоуглеродистых сталей без или с минимальным подогревом.

Перед наплавкой изношенные поверхности и сами кольца очищали от пыли, грязи, смазки и ржавчины. Все поверхности, подлежащие наплавке, были проверены с помощью УЗК и цветной дефектоскопии



а



б

Рис. 4.
Наплавка
зубчатого
кольца одно-
временно
двумя на-
лавлениими
участками
зубчатого
кольца (а)
и наплав-
ленный
участок
зубчатого
кольца (б)

на наличие трещин и других дефектов. Изношенные поверхности обоих колец обрабатывали механически на расточном станке до полного удаления всех дефектов. Толщина удаленного слоя на кольцах не превышала 5 мм. Повторная цветная и ультразвуковая дефектоскопия подтвердила отсутствие дефектов после механической обработки.

Перед наплавкой наплавляемые участки колец были подогреты газовыми горелками до 120–150 °С, и эту температуру поддерживали в течение всего процесса наплавки. Восстанавливаемые поверхности наплавляли секторами (около 50 секторов) с длиной дуги (по наружному диаметру) примерно 200–250 мм. Наплавку колец выполняли одновременно два наплавщика (рис. 4) на диаметрально противоположных участках. Внутреннюю поверхность соединительного кольца наплавлял один наплавщик секторами с длиной дуги 400–500 мм по аналогичной схеме с кантовкой кольца краном.

Наплавку производили в удобном положении при горизонтальном или близком к нему расположении наплавляемых поверхностей. Для восстановления внутренней

поверхности соединительного кольца его устанавливали вертикально. Последующая кантовка обеспечивала примерно горизонтального расположения наплавляемого сектора.

Наплавку горизонтальных поверхностей выполняли в два слоя, а внутренней поверхности соединительного кольца — в один. Общую толщину наплавленного слоя выбирали с припуском 3–5 мм, учитывая окончательную механическую обработку.

Наплавку производили в две смены на протяжении семи дней. После наплавки для медленного охлаждения наплавленные кольца обматывали теплоизоляционными материалами.

Наплавленные кольца ОПУ были механически обработаны, дефектов в наплавленном слое при ультразвуковом и цветном контроле не обнаружено. Результаты оценки качества восстановленных колец позволяют их эксплуатацию в ОПУ крана МКТ-250, что подтверждено соответствующим актом.

Разработанная технология наплавки позволила продлить ресурс работы колец ОПУ крана МКТ-250.

● #473

Вышли из печати

И. А. Рябцев. Наплавка деталей машин и механизмов

К.: «Екотехнологія», 2004. — 160 с.

Обобщен опыт применения наплавки при изготовлении и восстановлении деталей машин и механизмов в различных отраслях промышленности. Изложены сведения о различных способах и технологиях наплавки и наплавочных материалах. Даны примеры промышленного применения наплавки. Рассмотрены проблемы образования дефектов в наплавленном металле и меры борьбы с ними. Описаны компьютерные системы проектирования технологий восстановления и упрочнения деталей наплавкой.

Рассчитана на инженерно-технических работников, занимающихся проблемами восстановления и упрочнения деталей в различных отраслях промышленности. Может быть полезна студентам и аспирантам вузов соответствующих специальностей.

І. А. Рябцев
НПЛАВКА
ДЕТАЛЕЙ МАШИН
І МЕХАНІЗМОВ

ІДІМІСІЯ — ПУБЛІКАЦІЯ — ДИСТАБІЛІЗАЦІЯ



**В. И. Лакомский, М. А. Фридман.
Плазменно-дуговая сварка углеродных материалов с металлами**

К.: «Екотехнологія», 2004. — 196 с.

Представлены результаты работ Института электросварки им. Е. О. Патона Национальной Академии наук Украины по технологии сварки электрических контактов углеродных материалов с металлами и их широкая промышленная проверка на электрометаллургических заводах цветной металлургии. Приведены физико-химические основы нового процесса плазменно-дуговой сварки крупногабаритных электродов из углеродных материалов с металлами без защиты зоны сварки от воздуха и разработанные конструкции сварных электроконтактных соединений. На примере алюминиевых электролизеров и электротермических печей для графитации и синтеза карбида кремния показано, как можно, используя новый способ сварки, экономить электроэнергию в производстве первичного алюминия, магния и графитированных электродов, заменять медную ошиновку печей на алюминиевую, создавать новые совершенные конструкции электрических сборок.

Рассчитана на инженерно-технических работников, занимающихся проблемой энергосбережения, инженеров-сварщиков, инженеров-электриков, может быть полезна студентам вузов соответствующих специальностей.

Производство ферротитана методом электронно-лучевой плавки

Н. П. Тригуб, С. В. Ахонин, Г. В. Жук, доктора техн. наук, А. Е. Марченко, Н. В. Скорина,
кандидаты техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Порошок ферротитана — важнейшая составляющая покрытий электродов, предназначенных для сварки низкоуглеродистых, низколегированных и высоколегированных (коррозионностойких и жаростойких) сталей. При сварке низкоуглеродистых и низколегированных сталей титан выполняет функцию раскислителя, а при определенных условиях — еще и модификатора металла шва, регулирующего «выход» игольчатого феррита, с увеличением доли которого в структуре металла шва возрастает ударная вязкость. При сварке высоколегированных сталей титан связывает углерод в прочные карбиды и подавляет образование карбидов хрома, уменьшая таким образом межкристаллитную коррозию и улучшая свариваемость нержавеющих хромоникелевых сталей.

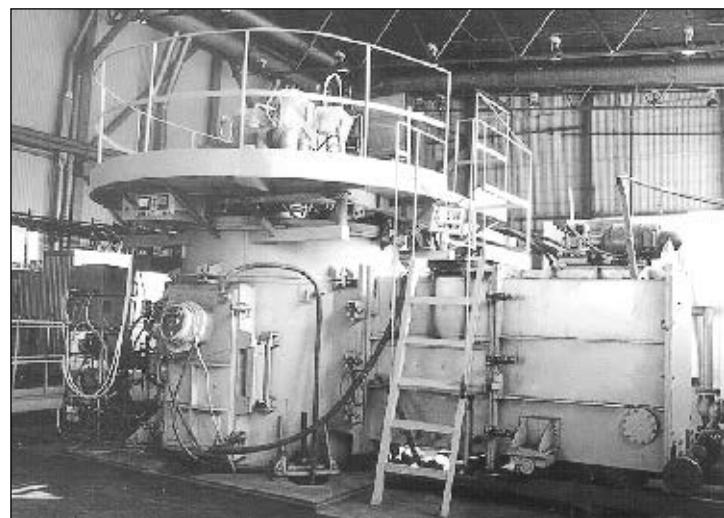


Рис. 1.
Электронно-лучевая
установка
УЭ-121

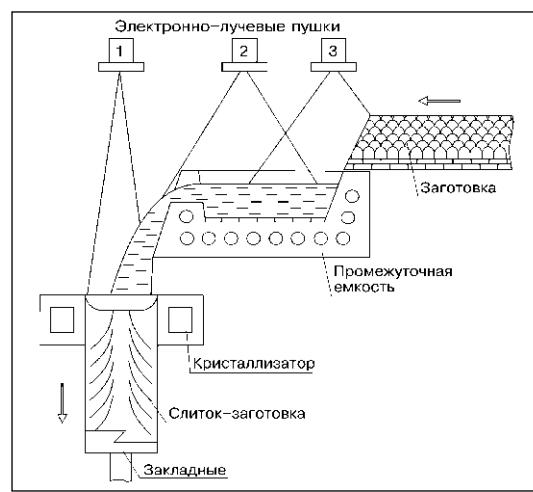


Рис. 2.
Схема
процесса
получения
ферротитана
методом
ЭЛПЕ

Традиционная технология производства электродного ферротитана заключается в алюмотермическом восстановлении оксидов титана из концентратов ильменитовых руд. Процесс происходит на воздухе, что приводит к обогащению ферротитана кислородом и азотом, и, соответственно, к увеличению концентрации этих элементов в металле шва.

Альтернативными методами производства ферротитана являются такие методы специальной электрометаллургии, как индукционная и электрошлаковая плавки, в которых в качестве исходного сырья используют лом титана и железа. Однако эти технологии не обеспечивают достаточной защиты жидкого ферротитана при взаимодействии с атмосферным воздухом или шлаком. Поэтому в ИЭС им. Е. О. Патона было предложено выплавлять ферротитан в вакууме методом электронно-лучевой плавки с промежуточной емкостью (ЭЛПЕ).

Ферротитан получали в электронно-лучевой установке УЭ-121 (рис. 1), оснащенной промежуточной емкостью размерами 660×330×80 мм, кристаллизатором диаметром 600 мм и четырьмя электронно-лучевыми пушками аксиального типа «Патон-300», на каждой из которых установлены системы дифференциального вакуумирования катодного узла пушки и лучевода. Это обеспечивало высокий вакуум в пушках (порядка $133 \cdot 10^{-5}$ Па) и их стабильную работу при выплавке ферротитана.

В качестве исходной шихты использовали кусковые отходы титана, технического железа и стали с низким (менее 0,18%) содержанием углерода, поверхность которых предварительно очищали от загрязнения и окалины. При этом процентное содержание массы отходов титана и железа соответствовало требуемой марке производимого ферротитана. Например, при производстве ферротитана марки ФТи25 отходы титана составляли 25%, а отходы стали вместе с расходуемым коробом — 75%.

Исходную шихту горизонтально с заданной скоростью подавали в зону плавки,

Таблица 1. Химический состав партий ферротитана, полученного методом ЭЛПЕ

Номер партии	Концентрация элементов, % по массе										
	Ti	Al	Si	C	P	S	Cu	V	Mo	Zr	Sn
8	30,2	0,14	0,22	0,074	0,029	0,005	0,02	0,10	0,09	0,14	<0,01
9	33,5	0,14	0,16	0,094	0,031	0,011	0,01	0,15	0,13	0,09	<0,01
58	32,1	0,16	0,24	0,080	0,025	0,014	0,02	0,07	0,18	0,11	<0,01
103	31,4	0,24	0,14	0,093	0,018	0,015	0,02	0,18	0,15	0,17	<0,01
107	32,5	0,10	0,18	0,078	0,011	0,015	0,01	0,19	0,25	0,13	<0,01
112	32,8	0,26	0,14	0,095	0,032	0,026	0,01	0,11	0,19	0,14	<0,01
ФТи35С8 по ГОСТ 4761–91	28–40	≤14	≤8	≤0,02	≤0,07	≤0,07	≤3	≤1,0	≤1,0	≤0,7	≤0,08

Примечание. Основа сплава — железо.

и расплавленная электронными лучами она попадала в промежуточную емкость (рис. 2). По мере заполнения промежуточной емкости расплавом и усреднения его химического состава жидккий ферротитан сливался в водоохлаждаемый кристаллизатор. В процессе плавки поверхность жидкого металла в промежуточной емкости, на сливном носке и кристаллизаторе обогревали электронными лучами пушек.

Использование промежуточной емкости для смешивания жидкого титана и железа гарантировало высокую однородность выплавляемых слитков ферротитана, а тщательная подготовка отходов и расходуемых заготовок обеспечила стабильность химического состава выплавляемых партий (табл. 1).

Приведенные результаты химического анализа свидетельствуют, что содержание основного вещества (титана) соответствует требованиям ГОСТ 4761–91. В то же время по концентрации вредных примесей полученный ферротитан — значительно более чистый продукт, чем используемые в настоящее время ферротитан промышленных марок ФТи35С5, ФТи35С8 и ФТи30.

Выплавленные методом ЭЛПЕ слитки ферротитана дробили на щековой дробилке, а затем на шаровой мельнице измельчали в порошок. Полученный порошок ферротитана испытывали в качестве компонента покрытия сварочных электродов основного типа марки УОНИ–13/55. Для этого порошок ферротитана в количестве 7% вводили в шихту электродов и изготавливали лабораторные партии электродов диаметром 3,0 мм. Контрольная партия электродов была изготовлена с использованием ферротитана марки ФТи35С8. Технологические свойства обмазочных масс и качество электродов с ферротитаном, получаемым методом ЭЛПЕ, и с контрольной пробой ферротитана, полученного по тра-

Таблица 2. Химический состав металла, наплавленного электродами УОНИ–13/55 с ферротитаном, полученным методом ЭЛПЕ, в покрытии

Партия ферротитана	Концентрация элементов, % по массе				
	Mn	Si	C	S	P
ЭЛПЕ, №8	0,98	0,22	0,089	0,017	0,019
ЭЛПЕ, №9	0,99	0,21	0,084	0,017	0,019
Контрольная	1,14	0,35	0,092	0,017	0,020
Требования НТД на электроды УОНИ	0,6–1,2	0,2–0,5	0,08–0,11	<0,030	<0,035

диционной технологии алюмотермического восстановления, ничем не отличались.

Анализ химического состава металла, наплавленного электродами с испытываемым ферротитаном (табл. 2), и исследование его механических свойств показали, что он полностью соответствует требованиям нормативной технической документации на электроды УОНИ–13/55. Более высокое содержание марганца и кремния в наплавке партии электродов с контрольной пробой ферротитана, по всей видимости, объясняется большей концентрацией алюминия и кремния в ферротитане ФТи35С8. Существенное колебание указанных элементов ($Al < 14\%$ и $Si < 8\%$) вызывает необходимость постоянной корректировки состава покрытия и требует постоянного пересчета дозируемой массы ферросплава в шихте.

Таким образом, разработанная в ИЭС им. Е. О. Патона технология производства 30%-ного ферротитана методом электронно-лучевой плавки обеспечивает получение ферротитана, который по качеству превосходит используемый в настоящее время ферротитан марок ФТи35С5 и ФТи35С8 и может быть использован для производства низководородных сварочных электродов. Изготовленные по методу ЭЛПЕ в Научно-производственном центре «ТИТАН» ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины промышленные партии ферротитана марки ФТи30А поставляют на электродные заводы Украины и на экспорт.

● #474



Современное представление о машинах для резки металлов

Современная машина должна обеспечивать высокую производительность и качество вырезанных деталей, при котором нет необходимости в дополнительной обработке, такой как зачистка грата и фрезерование кромки. Вырезанные детали должны соответствовать допуску, иметь перпендикулярную кромку с минимальной насечкой. Остановки машин на ремонт должны быть сведены к минимуму, не принося заметного снижения производительности.

Безопасность

Современная машина должна обеспечивать защиту оператора от излучения и шумового давления при плазменной резке, а также защиту оборудования от аварийных ситуаций, таких как: отключение сети, падение давления технологических газов, упор резака в разрезаемый лист, наезд на препятствие, изменения направления истечения технологических газов.

Экология

Эксплуатация режущих машин в соответствии с современными экологическими нормами возможна только при наличии вытяжной вентиляции, которая очищает рабочую зону от продуктов сгорания. Ведущие производители или предлагают ее в виде опции, или обеспечивают заказчиков соответствующим проектом.

Сервис

Для того чтобы свести простои машины к минимуму, в систему ее управления должна входить встроенная система проверки ошибок, выдающая данные оператору и сервисной службе. Сервисная служба должна иметь возможность быстрой проверки всех систем машины.

Технические требования к современной машине

Для удовлетворения вышеуказанных требований необходимо высококачественное изготовление механических узлов машины, точность изготовления основных деталей должна быть на порядок выше, чем допуск, гарантированный при прорезывании контура вырезаемой детали. Особые требования предъявляются к координатной системе электропривода. Электродвигатель должен иметь достаточный запас мощности, координатный редуктор — не иметь люфтов во время всего срока эксплуатации. Сервоусилитель должен иметь доста-

точный диапазон регулирования. Вся система должна обеспечивать плавность хода во всем диапазоне скоростей. На современных плазменных машинах скорость перегона между контурами для резки составляет 12–40 м/мин, контурная скорость плазменной резки — до 12 м/мин. При газокислородной резке больших толщин система электропривода должна обеспечивать плавность хода на малых скоростях для сведения насечек к минимуму.

Резаки должны быть снабжены устройствами защиты от столкновения и системами электродугового либо емкостного сканирования, обеспечивающими поиск листа и поддержание рабочего зазора.

CNC управление

Для обеспечения высокого качества резки необходимо точное введение параметров резки с помощью станочных констант либо методом программирования.

Новые системы CNC способны контролировать весь процесс резки, оптимизировать его, автоматически вводя нужные параметры, такие как скорость резки, расход технологических газов, высота резака при пробивке и во время резки, торможение на острых углах с автоматическим изменением тока дуги и расхода газов. Более того, соединенные с компьютерной сетью и Интернетом, эти системы могут проверять сервисные центры заводов-изготовителей и обновлять технологическую базу.

Система управления современной машины оснащена пакетом прикладных программ, которые позволяют разрабатывать специальные программы раскроя листов и иметь связь с ПК, расположенным вне машины.

Технологическая оснастка

Современные машины для резки металлов обычно комплектуют резаками как для плазменной, так и для газокислородной резки. Плазменные резаки применяют для резки тонких листов из конструкционной стали либо для резки нержавеющих и цветных листов, а газокислородные резаки — для резки толстых листов из низкоуглеродистой стали.

Современная оснастка для плазменной резки — это дорогое технологическое оборудование, обеспечивающее максимальную

производительность при резке листов толщиной до 30 мм. В качестве плазмообразующего газа применяют азот, воздух, аргон, а для получения наивысшего качества реза — специальные газовые смеси. Для уменьшения насыщения кромок металла азотом в качестве основного газа применяют кислород. Срок службы электродов зависит от количества пробивок, длины реза и толщины разрезаемого металла. В современных плазмотронах при цикле резки до 30 секунд количество пробивок достигает более 1000.

Для газокислородной резки традиционно применяют резак с нижней смесительной камерой и соплом щелевого типа, с высокой чистотой поверхности канала режущего кислорода для создания максимально возможной энергии режущей струи. Таким резаком можно резать листы толщиной до 300 мм. При малом давлении горючего газа используют резаки с верхней смесительной камерой инжекторного типа. Ими обычно режут листы небольших толщин, при этом верхняя кромка не оплавляется и остается острой, грат минимальный.

Для подготовки кромок под сварку применяют поворотные резаковые блоки, в которых одновременно работают до трех резаков: причем один установлен вертикально, два других — под углом. Система управления обеспечивает перпендикулярность боковых резаков к контуру резки. Угол наклона можно изменять и таким образом получать различный угол наклона фаски, а также вертикальное притупление.

Такие машины широко применяют в заготовительных цехах машиностроительных предприятий и в судостроении.

Маркировка

В дополнение к резке часто используют маркировку, или разметку, листов металла, особенно в судостроении. Обычно продолжительность маркировки соизмерима с продолжительностью процесса резки.

Для многих заказчиков важна высокоскоростная маркировка, поскольку процесс маркировки считается вторым по значению технологическим процессом после резки. Улучшение процесса маркировки важно и с точки зрения качества, и с точки зрения производительности. Сегодня в мире есть несколько методов разметки и маркировки:

- **Порошковая разметка.**

При порошковой разметке специальный порошок подается в канал режущего кислорода газокислородной горелки. В зависимо-

сти от условий скорость нанесения линий достигает 20 м/мин. Маркировочные линии хорошодерживаются на поверхности, ширина линий не изменяется. Недостатком этой разметки является гигроскопичность порошка и зависимость качества маркировки от состояния поверхности листа.

- **Дуговая (плазменная) разметка.**

В отличие от порошковой при плазменной разметке снимается верхний слой металла на глубину до 0,1 мм, что иногда нежелательно.

- **Струйная маркировка.**

Появление струйной маркировки дало возможность, в отличие от двух предыдущих способов, наносить линии различного типа или буквенно-цифровую маркировку, что облегчает определение технологических потоков заготовок и логистику. Скорость струйной маркировки достигает 20 м/мин (как при нанесении линий, так и при начертании знаков). Читаемость этой маркировки хорошая и позволяет быстро находить необходимые заготовки и детали.

Современная машина для резки металлов, оснащенная разметчиком либо маркировщиком, расширяет технологические возможности всего цикла раскроя, а также улучшает последующие технологические операции.

В ближайшем будущем современные машины, открытые для Интернета, смогут работать без участия оператора или с минимальным обслуживающим персоналом. Телефонная линия, соединенная с системой управления, позволит передавать данные технического состояния машины или параметры процесса резания в центр управления машинами. Таким образом, один оператор может без проблем управлять несколькими машинами. Связь с Интернетом дает возможность обнаружить и исправить сбои, которые могут возникнуть в работе машины. В центре обслуживания может накапливаться и сохраняться в памяти вся информация о работе и управлении машиной. Системы управления будут обеспечивать контроль состояния быстроизнашивающихся деталей плазменных резаков. Процесс плазменной резки будет управляться точными параметрами, гарантирующими наилучшее повторяемое качество резки.

● #475

B. H. Копытко,

ОАО «ЗОНТ», АВТОГЕНМАШ

65104 Одесса, просп. Маршала Жукова, 104,

Тел.: (+3 8048) 717-0050

Факс: (+3 8048) 715-6950



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 52 или позвонить по телефону (044) 261-0839. На Ваши вопросы ответит канд. техн. наук, Международный инженер-сварщик Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

Какие требования предъявляют к материалам и конструкции электродов для машин контактной сварки?

A. Г. Сагайдак (Киев)

Требования к материалам и конструкции электродов для машин контактной сварки обусловлены специфическими условиями работы электродов — значительным нагревом с одновременным сжатием, тепловыми напряжениями, возникающими внутри электрода вследствие неравномерного нагрева, и др. Стабильность качества сварного соединения зависит от сохранения формы рабочей поверхности электрода, контактирующей со свариваемой деталью. Обычно стойкость электродов точечных машин оценивают по количеству точек, сваренных при интенсивном режиме, при котором диаметр торца электрода увеличивается до размеров, требующих его заточки (примерно на 20%).

Перегрев, подплавление, окисление, деформация, смещение электродов при нагре-

ве усиливают их износ. Чистая медь электро- и теплопроводна, но нежаропрочна. Нагартованную медь из-за низкой температуры рекристаллизации применяют редко. Чаще используют различные сплавы меди с добавками легирующих элементов. Легирование меди кадмием, хромом, бериллием, алюминием, цинком, цирконием и магнием, мало снижающими электропроводность, повышает ее твердость в нагретом состоянии. Железо, никель и кремний вводят в медь для упрочнения. Электропроводность сплавов оценивают в процентах по сравнению с проводимостью отожженной меди — 0,017241 Ом·мм²/м.

Электропроводными являются сплавы с содержанием кадмия 0,9–1,2%, магния — 0,1–0,9% и с добавками бора 0,02% или серебра 0,1%. Сплавы по сравнению с чистой медью в 3–6 раз более стойки, а их расход в 6–8 раз меньше.

Электроды со вставками из молибдена и вольфрама обеспечивают высокую стойкость при сварке оцинкованной стали. Электроды-плиты из сплавов с твердостью 140–160 НВ оснащают вставками из металлокерамического сплава (60% W и 40% Cu) или бронзы Бр.НБТ (*таблица*).

При точечной сварке применяют электроды разнообразной формы, которая зависит от конфигурации свариваемых изделий (*рис. 1*). Часто используют электроды цилиндрической формы с посадочной частью в виде конуса с конусностью 1:10 (для $d_{эл} \leq 32$ мм) и 1:5 (для $d_{эл} \leq 32$ мм). В зависимости от усилия сжатия по нормам Международного института сварки диаметр электрода выбирают исходя из соотношения $P_{эл} \leq 2,5 d_{эл}^2$, где $P_{эл}$ — усилие сжатия электрода; $d_{эл}$ — диаметр электрода. Обычно используют соотношение $P_{эл} = (3...4) d_{эл}^2$. Конусность 1:10 применяют при $P_{эл} < 15000$ Н, а 1:5 при $P_{эл} < 15000$ Н.

Форму рабочей части электрода выбирают в зависимости от конструкции и материала свариваемых деталей, а также типа машины. Основные типы электродов предусмотрены ГОСТ 14111. При сварке цветных металлов широко используют сплошные

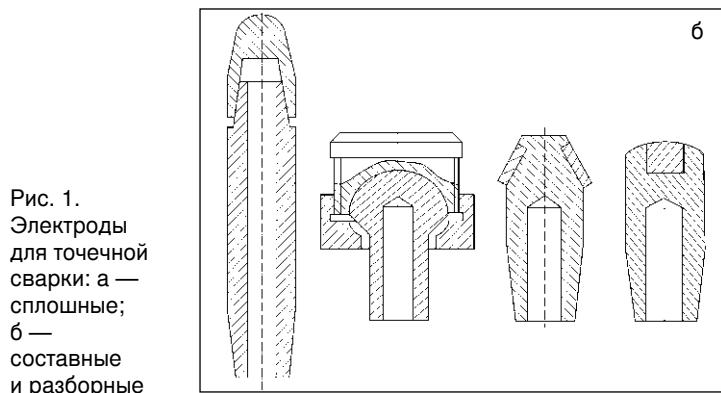
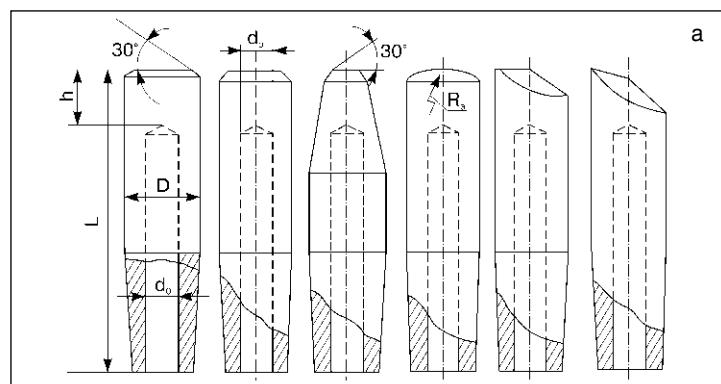


Рис. 1.
Электроды
для точечной
сварки:
а —
сплошные;
б —
составные
и разборные

Таблица. Характеристика некоторых медных сплавов, применяемых для электродов машин контактной сварки

Материал, марка	Содержание легирующих элементов, % по массе	Минимальная твердость НВ	ρ^* , %	T_p , °C	Основное назначение
Медь М1	99 Cu	70–90	93	150–300	Электроды и ролики для сварки алюминиевых сплавов
Сплав МС	1,0 Ag	75–90	90–92	250–300	
Бронза Бр.ХЦрА 0,3–0,09	0,4–1,0 Cr; 0,03–0,08 Zr	110–120	90–95	340–350	Электроды и ролики для сварки алюминиевых и медных сплавов
Бронза Бр.К1 (МК)	0,9–1,2 Cd	100–120	80–88	250–300	
Бронза Бр.Х	0,4–1,0 Cr	110–130	70–80	350–450	Электроды и ролики для сварки углеродистой, низколегированной стали и титановых сплавов
Бронза Бр.ХЦр 0,6–0,05	0,4–1,0 Cr; 0,03–0,08 Zr	120–130	80–85	480–500	
Бронза Бр.НТБ	1,4–1,6 Ni; 0,2–0,4 Be; 0,05–0,15 Ti	170–230	45–55	500–550	Электроды и ролики для сварки углеродистой, нержавеющей стали и жаропрочных сплавов
Бронза Бр.КН1–4	0,6–1 Si; 3–4 Ni	130–140	35–40	420–450	Губки для сварки углеродистой, нержавеющей стали и жаропрочных сплавов
Кадмиевая бронза Бр.Кд1 (МК)	0,9–1,2 Cd	110	85	—	Электроды и ролики для сварки легких и медных сплавов
Хромоциркониевая бронза Бр.ХЦр 0,3–0,9	0,15–0,35 Cr; 0,07–0,15 Zr	110	85	—	
Хромовая бронза Бр.Х	0,4–1,0 Cr; 0,3–0,6 Zn	120	80	—	
Хромоциркониевая бронза Бр.ХЦр 0,6–0,05	0,4–1,0 Cr; 0,03–0,08 Zr	130	80	—	Электроды и ролики для сварки меди, никеля, титана и их сплавов
Никелево-хромокобальтовая бронза Бр.НКХКо	≤0,5 Ni; ≤1,5 Cr; ≤5,0 Co; ≤2,0 Si	140	45	—	
Никелево-бериллиевая бронза Бр.НБТ	1,4–1,6 Ni; 0,2–0,4 Be; 0,05–0,15 Ti	170	50	—	Электроды, ролики и губки для сварки химически активных и тугоплавких металлов и сплавов
Хромовая бронза Бр.Х08	0,4–0,7 Cr	120	80	—	
Кремненикелевая бронза Бр.КН1–4	0,6–1,0 Si; 3–4 Ni	140	40	—	Контактные губки
Кремненикелевая бронза Бр.НК1,5–0,5	1,2–2,3 Ni; 0,3–0,8 Si; 0,15–0,5 Ti	170	45	—	

* ρ — электропроводность сплава по отношению к электропроводности отожженной меди

электроды (*рис. 1, а*) со сферической рабочей частью и составные электроды (*рис. 1, б*). Корпус составного электрода изготавливают из сплава с высокой электропроводностью. Съемную рабочую часть электрода (вставку) изготавливают из материала с особыми свойствами (высокой твердостью, износостойкостью и др.). Такие электроды применяют в многоэлектродных машинах для точечной сварки. Электроды для шовной (роликовой) сварки представляют собой диски из электродного сплава. Форму рабочей поверхности роликов выбирают в зависимости от свариваемого металла, а также толщины деталей. Для сварки легких сплавов применяют ролики со сферической поверхностью. Электроды для рельефной сварки могут быть плоскими и сферическими (*рис. 2*). Форма электродов (контактных губок) для стыковой сварки (*рис. 3*) зависит от конфигурации свариваемых деталей. Для сварки полос, листов, брусков и т. п. обычно применяют контактные губки с плоской рабочей поверхностью. Круглые детали (стержни, прутки) сваривают с ис-

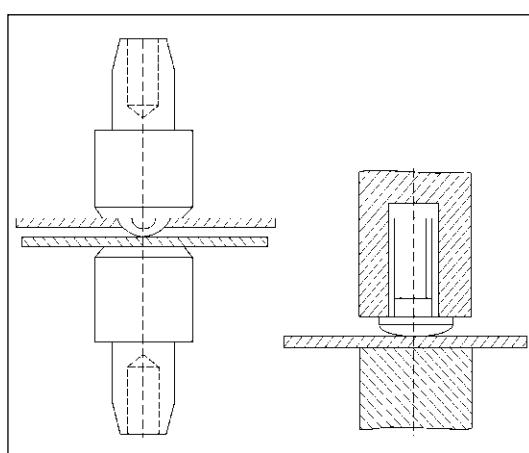


Рис. 2.
Электроды
для
рельефной
сварки

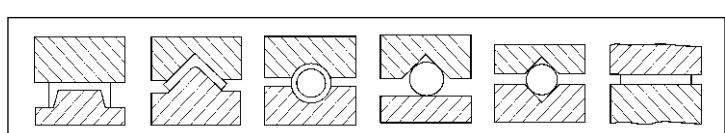


Рис. 3.
Контактные
губки для
стыковой
сварки

пользованием призматических контактных губок. Для тонкостенных труб применяют губки с цилиндрическими проточками, для профильного материала — губки с фигурными пазами.

● #476

Памяти Льва Николаевича Горбаня



22 мая 2004 года ушел из жизни Лев Николаевич Горбань — известный ученый в области гигиены и профилактической токсикологии, заведующий лабораторией гигиены труда в электросварочном производстве и токсикологии сварочных аэрозолей Института медицины труда АМН Украины, председатель Комитета по вопросам гигиенического регламентирования Минздрава Украины, лауреат Государственной премии в области науки и техники, вице-президент Международной академии безопасности жизнедеятельности.

С 1970 г. Лев Николаевич Горбань работал в Институте медицины труда АМН Украины. Здесь он защитил диссертацию, возглавил лабораторию гигиены труда в электросварочном производстве и токсикологии сварочных аэрозолей. Именно Лев Николаевич обеспечил плодотворное сотрудничество лаборатории с Институтом электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, возглавил Комитет по вопросам гигиенического регламентирования МЗ Украины с момента его основания, представлял Украину как национальный орган по вопросам внедрения в Украине Лондонских руководящих принципов обмена информацией о химических веществах в международной торговле (Роттердамская конвенция).

Ученый был автором и соавтором более чем 250 научных работ, которые известны не только в Украине, но и за рубежом.

Лев Николаевич Горбань также возглавлял Комиссию по гигиене труда секции «Охрана и гигиена труда в электросварочном производстве» Координационного Совета СССР по сварке, был членом секций «Гигиена труда в ведущих областях народного хозяйства» и «Аэрозоли и газы» Проблемной Комиссии «Научные основы гигиены труда и профпатологии» АМН СССР.

В среде ученых-гигиенистов и санитарных врачей он пользовался заслуженным уважением как один из ведущих исследователей в области медицины труда, как инициатор многих разработок по гигиене и токсикологии металлов, входящих в состав сварочных аэрозолей, как гигиенист широкого профиля, творчески

решающий вопросы современной регламентации экзогенных факторов. Он был ученым, преподавало ищущим научную истину, принципиальным в дискуссиях. Его увлеченность научными исследованиями, стремление обогатить профилактическую медицину результатами новых изысканий, интересными публикациями, неординарными выступлениями снискали ему широкое признание медицинской общественности.

Лев Николаевич свою основную научно-организационную деятельность активно сочетал с постоянным участием в общественной работе, был членом правления научного гигиенического общества. Являясь членом редакционной коллегии журнала «Сварщик», не раз поднимал на его страницах вопросы, касающиеся улучшения условий труда сварщиков и охраны окружающей среды при проведении сварочных работ. Сочетание высокого профессионализма и общественной деятельности было для него органичным.

Он был подкупающе доступным, остроумным, доброжелательным, особенно по отношению к молодым ученым. Любовь к науке, к творчеству, музыке, живописи, литературе — вот далеко не все грани его притягательной натуры.

Лев Николаевич любил общение с интересными и близкими по духу людьми, любил помогать не по обязанности, а по своей внутренней доброте. С ним рядом всегда было легко.

Память об истинном ученом, добром друге и светлом человеке будет жить вечно в сердцах всех, кто его знал.

*Институт медицины труда АМН Украины,
Институт электросварки им. Е. О. Патона,
Совет Общества сварщиков Украины,
редколлегия и редакция журнала «Сварщик»*

Памяти Хрисанфа Лазаревича Яровинского



Ушел из жизни Хрисанф Лазаревич Яровинский, в течение пятнадцати лет возглавлявший Московский опытный сварочный завод.

Талантливый исследователь и руководитель, всесторонне развитый человек, он оставил яркий след в памяти тех, кто сотрудничал с ним в области науки, производства, в общественной деятельности, встречался в повседневной жизни. Его несомненные заслуги в сварочной науке и

технике были отмечены почетными званиями лауреата премии Совета Министров СССР, заслуженного металлурга страны, академика двух международных академий, правительственными наградами. Как общественный деятель он приложил немало усилий для повышения потенциала отечественной сварочной техники, а в последние годы — для сохранения научно-технических и

производственных связей между Россией и Украиной, будучи руководителем предприятия и вице-президентом РНТСО, членом межгосударственного совета по сварке, членом первого состава Совета Ассоциации «Электрород» стран СНГ, одним из учредителей Международной Ассоциации «Сварка».

Его коммуникабельность, бесконфликтность, честность, порядочность притягивали к нему людей. Зная о своем тяжелом недуге, он продолжал занимать активную жизненную позицию.

Светлую память о Хрисанфе Лазаревиче Яровинском надолго сохранят все знавшие его. *Ветераны Московского опытного сварочного завода,*

*Институт электросварки им. Е. О. Патона,
Совет Общества сварщиков Украины,
редколлегия и редакция журнала «Сварщик»*

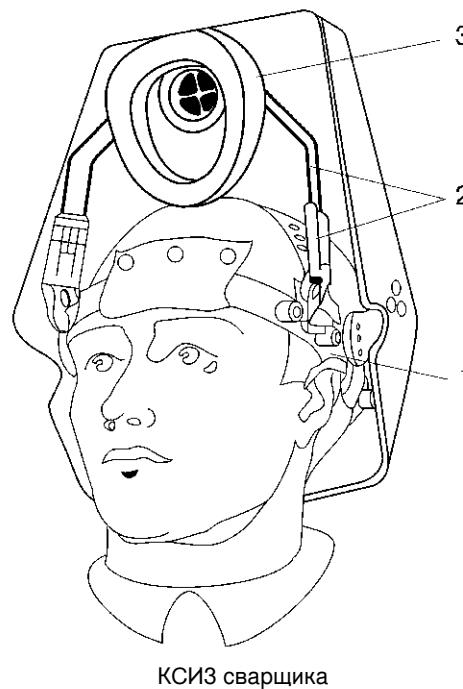
История создания комплексного средства индивидуальной защиты сварщика

А. А. Эннан, В. Г. Шнейдер, В. И. Байденко, Физико-химический институт защиты окружающей среды и человека Министерства образования и науки Украины и Национальной академии наук Украины (Одесса), **Ю. Г. Масенкис**, завод «Ленинская кузница» (Киев), **А. А. Мазур**, ИЭС им. Е. О. Патона (Киев)

Применение в 1980 г. общеобменной вентиляции, переносных, передвижных и стационарных фильтропоглотительных установок для локализации в непосредственной близости от сварочной дуги и улавливания необходимого количества сварочных аэрозолей, образующихся в зоне дыхания сварщика, не обеспечило в полной мере профилактику профзаболеваний сварщиков, особенно при работе в экстремальных условиях. Не решали проблему и СИЗ органов дыхания, поскольку ни в одной из известных в то время конструкций респиратор не совмещалась со щитком сварщика.

По заданию Института КСИЗ электросварки им. Е. О. Патона и Министерства тяжелого машиностроения СССР в 1983 г. впервые было разработано и успешно испытано на ПО «Уралмаш» (гл. сварщик ПО «Уралмаш» Е. А. Кириллов, гл. инженер ЗСМК ПО «Уралмаш» в г. Верхняя Пышма Э. М. Здравосмыслов) оригинальное КСИЗ, обеспечивающее защиту лица, глаз и органов дыхания (*рисунок*).

КСИЗ сварщика состоит из защитного щитка типа НН 1 с регулируемым оголовьем, фильтрующей полумаски 3 респиратора «Снежок ГП-В» со сменными противоаэрозольным фильтром из материала ФПП-70-0,5 и противогазовым элементом из ионообменного волокнистого материала ЦМ-А2НД, механизма 2 для соединения полумаски респиратора со щитком и регулировки положения полумаски на лице. Механизм обеспечивает плотное прижатие полумаски к лицу и различное взаимное расположение полумаски и щитка: исходное; рабочее (защита органов дыхания) и положение при работе сварщика (защита органов дыхания, лица и глаз). Полумаску и щит-



ток можно легко перевести в соответствующее положение усилием руки, достаточным для преодоления натяжения пружины механизма 2.

КСИЗ можно использовать при концентрации в воздухе не менее 18% свободного кислорода, 85% ПДК твердой составляющей сварочного аэрозоля и не более 15% ПДК газообразных фтористых соединений (в пересчете на фторидион).

КСИЗ сварщика — фактически первая в СССР и успешная попытка создания средств индивидуальной защиты многоцелевого назначения для работы в различных условиях, в том числе и в экстремальных.

В 1986 г. после аварии на Чернобыльской АЭС нужно было организовать производство КСИЗ в сжатые сроки. Работа выполнялась под руководством академика Б. Е. Патона. При содействии академика И. В. Петрянова Всесоюзное объединение «Изотоп» (ген. директор В. М. Ко-лошин) поставило фондируемый материал ФП, применяемый для улавливания радиоактивных аэрозолей; по распоряжению председателя Одесского облисполкома А. И. Бутенко машиностроительные предприятия Одессы изготовили недостающую оснастку. Заключение об эффективности защиты КСИЗ с модифицированным каркасом полумаски респиратора «Снежок ГП-В» и возможности использования КСИЗ сварщика в условиях радиоактивного фона было подготовлено Институтом биофизики Минздрава СССР (Москва). Установленная в цехах ПО «Уралмаш» надежность КСИЗ сварщика (ТУ 6-27-1-88) была подтверждена на заводе «Ленинская кузница» (Киев) при сварке конструкций, загрязненных радионуклидами.

Защита электродвигателей промышленного назначения

В. П. Каргапольцев, Кировский Центр стандартизации и метрологии

Современные стандарты большинства стран мира, в том числе и России, предъявляют все более высокие требования к безопасности работы персонала во всех отраслях промышленности. Важнейшими факторами ее обеспечения являются защита и контроль оборудования и механизмов, приводимых в действие асинхронными электродвигателями. Пренебрежение указанными требованиями приводит к непредвиденному и значительному ущербу – снижению срока службы оборудования и повышению вероятности травматизма.

На сегодняшний день существуют три направления развития систем защиты: использование механических, электромеханических и электронных устройств.

К первой группе относятся различные *механические устройства*, обеспечивающие отключение нагрузки от двигателя при перегрузках (фрикционные муфты). Вторая группа — *электромеханические системы* — осуществляют контроль силы тока нагрузки и отключают питающую сеть при перегрузках и коротких замыканиях (автоматический выключатель с тепловым и электромагнитным расцепителем). Наиболее эффективно третье направление развития систем защиты — применение *электронных систем защиты*.

В настоящее время разработаны различные методы определения режима работы двигателя. Наибольшее распространение получили углофазовый метод, реализованный в большинстве импортных дорогостоящих устройств, и метод, основанный на контроле параметров двигателя по величине действующего тока в каждой из питающих фаз. Именно по данному методу работает монитор тока двигателя (МТД), разработанный кировским предприятием «Энергис». МТД может предотвратить поломки оборудования и травмы персонала, подавая сигналы управления при неноминальной нагрузке двигателя. При своей сравнительно небольшой стоимости он с успехом заменяет более дорогое и трудоемкое в обслуживании оборудование.

Монитор имеет набор различных выходных сигналов (реле, стандартный токовый и др.), а также органов управления (кнопки, переключатели, различные интерфейсы), может быть легко встроен в различные системы управления и автоматизации промышленного оборудования.

Наличие функции автоматической настройки позволяет достаточно простым способом получить высокоэффективную защиту от недогрузки либо перегрузки вследствие заклинивания, обрыва ремня или цепи, работы без смазки, повреждения подшипников.

Возможности МТД включают задержку при реверсе двигателя 1–99 с; задержку отключения двигателя при перегрузке (недогрузке) 1–99 с; отображение текущего тока любой фазы на дисплее.

Действующее значение тока нагрузки в каждой фазе измеряется при помощи трех гальванически изолированных датчиков тока.

Простое и удобное меню позволяет запрограммировать параметры срабатывания МТД: перегрузка относительно номинального тока; недогрузка относительно номинального тока; время задержки перед включением двигателя в противоположном направлении (реверс); время задержки отключения при четырехкратной перегрузке; время задержки отключения при перегрузке; время задержки отключения при недогрузке.

При активации режима автоматической настройки, обычно при первом запуске, МТД по истечении 15 с записывает номинальный ток двигателя и устанавливает параметры защиты. Наличие возможности установки величины перегрузки и недогрузки, а также длительности задержки срабатывания защиты при возникновении аварии позволяет реализовать в одном приборе функции монитора недогрузки и монитора перегрузки. МТД защищает электрооборудование от следующих аварийных ситуаций: превышение номинального тока в 4 раза; перегрузка; недогрузка; обрыв любой из фаз.

В 2002 г. на муниципальном предприятии тепловых сетей г. Кирова были проведены испытания МТД, где их установили на электродвигателях насосов системы отопления центральных тепловых пунктов. По завершении испытаний было получено заключение, рекомендовавшее МТД для широкого применения в производстве. Отмечено также, что предложенное устройство реализует защиту двигателя в более полном объеме, чем применяемые ранее устройства ФУЗ-МУ, АЗДМ, УЗД, БТЗ.

Количество реализованных функций, простота и удобство в работе, а также невысокая цена для оборудования такого класса делают МТД лидером среди защитных приборов и оборудования.

Тарифы на рекламу

Стоимость блочной рекламы на внутренних страницах

Площадь	Размер, мм	Цена		— линия отрыва — линия отрыва —
		Грини*	Евро**	
(гориз.- вертик.)	Черно- белая	Цветная	Черно- белая	Цветная
1 полоса	180×254	1580	2380	315 480
1/2 полосы	180×125	880	1320	180 270
1/4 полосы	88×125	530	800	110 160
1/8 полосы	88×60	330	500	75 100

Стоимость рекламы на обложках

Страницы	Размер, мм	Цена		— линия отрыва — линия отрыва —
		Грини*	Евро**	
Первая	Не продается	—	—	
Последняя	205×285	4244	665	
Другие	205×285	3168	498	

Стоимость размещения строчных позиций в «Торговом ряду» (цены с НДС и ННР)

Кол-во позиций	Цена (грн.)			— линия отрыва — линия отрыва —
	обычные позиции	выделенные рамкой	прайс-блок	
• От 1 до 5	60	80	100	
• От 6 до 10	100	130	160	
• За каждые последующие 5	40	50	60	

Логотип в прайс-блоке – 50 грн.

Стоимость изготовления оригинал-макета –

10% стоимости рекламной площади

Статья на правах рекламы – 50% стоимости рекламной площади

Скидки на размещение рекламы при единовременной оплате

Количество подач	2	3	4	5	6 и более
• Скидка	5%	10%	15%	20%	25%

Требования к оригинал-макетам

Для макетов «под обрез»:

формат журнала после обрезки 205×285 мм;
до обрезки 215×295 мм; внутренние поля для текста
и информативных изображений не менее 12 мм.

Черно-белые: TIF grayscale не менее 300 dpi для фото-изображений, EPS Illustrator for PC от 5 версии, include placed images (EPS-файлы placed images отдельно, текст в кривых), или CorelDraw 9 – 10, текст в кривых.

Цветные: TIF CMYK 300 dpi или EPS Illustrator for PC от 5 версии, include placed images (EPS-файлы placed images отдельно — EPS CMYK 300 dpi или bitmap 600 dpi, текст в кривых), или CorelDraw 9 – 10, текст в кривых.

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

Носители: дискеты 3.5" — 2 копии файла или архива, или ZIP, или CD-ROM.

Сервисная карточка читателя

Без заполненного
формуляра
недействительна

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

- обведите в Сервисной карточке индекс, соответствующий интересующей Вас продукции/услуге (отмечен на страницах журнала после символа «#»);
- заполните Формуляр читателя;
- укажите свой почтовый адрес;
- отправьте Сервисную карточку с Формуляром по адресу: 03150 Киев-150, а/я 52 «Сварщик».

416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427
428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439
440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451
452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463
464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475
476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487
488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499
500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Подробный почтовый адрес: _____

« _____ » _____ 2004 г.

подпись _____

Формуляр читателя

Ф. И. О. _____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Виды деятельности предприятия _____

Выпускаемая продукция/оказываемые услуги _____

Руководитель предприятия (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

Отдел маркетинга/рекламы (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

Отдел сбыта/снабжения (Ф. И. О.) _____

Тел. _____ Факс _____

ТАЛОН-ЗАКАЗ

на специализированную литературу издательства «Экотехнология»

Прошу выслать мне почтой следующие книги:

Название книги	Кол-во экз.	Цена (грн.)
Современные средства защиты сварщиков	12	
Плазменная резка металлов и сплавов	12	
Вибрационная обработка сварных конструкций	12	
Плазменное упрочнение и напыление	12	
Механизированная электродуговая наплавка деталей металлургического оборудования	12	
Термическая обработка сварных соединений, изд. 2-е	20	
Русско-украинский и украинско-русский словарь сварочной терминологии	30	
Оборудование для сварки, наплавки, плазменного упрочнения и напыления. Каталог-справочник	35	
Вчені і фахівці України в галузі зварювання і споріднених технологій. Довідник	18	
Сварка и термическая обработка корпусного энергетического оборудования при ремонте	20	
Плазменно-дуговая сварка углеродных материалов с металлами	24	
Наплавка деталей машин и механизмов	20	

Книги прошу выслать по адресу:

Куда
почтовый индекс

Кому

Счет на оплату прошу выслать по факсу:

(.)

Реквизиты плательщика НДС:

Св. № идент. №

Ф. И. О. лица, заполнившего талон, телефон для связи:

Заполните этот талон и вышлите в редакцию
журнала «Сварщик» по факсу: (044) 227-6502.

Цены на книги указаны без учета НДС и стоимости доставки.

Открыта подписка-2004 на журнал «Сварщик»

в почтовых отделениях Украины и России,
подписной индекс 22405. Подпиську на журнал
можно оформить у региональных представителей:

Город	Название подписанного агентства	Телефон
Винница	ЗАО «Блиц-Информ»	(0432) 27-66-58
	«Баланс-Клуб»	(056) 370-44-23
Днепропетровск	ЗАО «Блиц-Информ»	(056) 370-10-50
	ИД «Дудник»	(0562) 34-13-52
Донецк	ООО «Меркурий»	(056) 778-52-86
	ЗАО «Блиц-Информ»	(062) 381-19-32
Житомир	НПФ «Криотехника»	(0622) 55-76-81
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0412) 36-04-00
Запорожье	ЧП «VIP доставка»	(0612) 13-49-50
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0612) 63-91-82
Ивано-Франковск	ЧП ККК «Пресс Сервис»	(0612) 62-52-43
	ООО «Светла»	(0612) 64-22-29
Киев	ЗАО «Блиц-Информ»	(03422) 52-28-70
	ООО «Бизнес Пресса»	(044) 248-74-60
Кировоград	ЗАО «Блиц-Информ»	(044) 205-51-10
	ООО «Периодика»	(044) 449-05-50
Кременчуг	СПД «Понедельченко В. И.»	(044) 450-26-81
	ООО «Пресс-Центр»	(044) 252-94-77
Кривой Рог	АОЗТ «САММИТ»	(044) 537-97-44
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0522) 32-03-00
Луганск	ЧП «Булгакова И. В.»	(0522) 22-70-94
	ЗАО «Блиц-Информ»	(05366) 79-90-19
Луцк	ООО «САММИТ-Кременчуг»	(0536(6) 3-21-88
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0564) 66-24-36
Львов	ЗАО «Блиц-Информ»	(0564) 92-16-32
	ЧП «Львовский курьер» КС	(0322) 23-04-10
Мариуполь	«Львівські оголошення»	(0322) 97-15-15
	ООО «САММИТ-Львов 247»	(0322) 74-32-23
Николаев	«Фактор»	(0322) 41-83-91
	ООО «Бизнес партнер»	(0629) 37-60-79
Одесса	ЗАО «Блиц-Информ»	(0629) 33-54-98
	ЧП «Прес-Кур'єр»	(04631) 5-37-66
Прилуки	ЗАО «Блиц-Информ»	(0512) 47-10-82
	ООО «Ноу Хай»	(0512) 47-20-03
Полтава	ООО «САММИТ-Николаев»	(0512) 23-40-86
	ЧП «ТЕПС & Со»	(0512) 47-47-35
Ровно	МЧП «Благословенный город»	(0482) 25-07-07
	ЗАО «Блиц-Информ»	(048) 711-70-79
Ровно	ЧП «Агентство «Наш Бизнес»	(0482) 35-74-57
	СПД «Пугачева И. Ю.»	(0482) 37-17-80
Сумы	ЧП «Прес-Кур'єр» (филиал)	(04637) 3-04-62
	ЧП «АНП агентство подписки»	(0532) 50-93-10
Симферополь	ЗАО «Блиц-Информ»	(05322) 7-31-41
	ЧП «Блаватская М. В.»	(0362) 62-33-17
Севастополь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0362) 62-56-26
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0692) 55-44-51
Харьков	ЗАО «Блиц-Информ»	(0652) 24-93-00
	ДП «САММИТ-Крым»	(0652) 44-36-95
Херсон	ООО «Флора»	(0652) 27-00-92
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0542) 27-52-09
Хмельницкий	ООО «Диада»	(0542) 37-03-55
	«Элада-С»	(0542) 25-12-49
Черновцы	«Айсберг»	(0352) 43-10-11
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0352) 43-08-10
Черкассы	ЗАО «Блиц-Информ»	(03122) 2-38-16
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0572) 17-13-27
Чернигов	АОЗТ «САММИТ -Харьков»	(0572) 14-22-61
	ДП «Фактор-Пресса»	(0572) 26-43-33
Черновцы	«Форт» Издательство	(0572) 14-09-08
	ДПЗАО «Блиц-Информ»	(0552) 26-36-49
Черновцы	ЗАО «Блиц-Информ»	(0382) 79-24-23
	ВКП «Фактор-Запад»	(0382) 70-20-93
Черновцы	ЗАО «Блиц-Информ»	(0472) 47-05-51
	ЗАО «Блиц-Информ»	(03722) 2-00-72