



Сварочное производство

3 (868)
Март
2007

УЧРЕДИТЕЛЬ:

Издательский центр "Технология машиностроения"

Издается с января 1930 года

Журнал издается при содействии Министерства промышленности и энергетики РФ,
Министерства образования и науки РФ,
Российской инженерной академии,
Российского союза разработчиков и производителей сварочной продукции

Редакционная коллегия:

Гл. редактор **В. А. Казаков**

Зам. гл. редактора **Н. В. Посметная**

В. К. Драгунов	О. Н. Севрюков
Е. А. Калашников	З. А. Сидлин
В. И. Лукин	Н. В. Смирнов
В. П. Лялякин	В. А. Судник
Г. А. Меньшиков	В. А. Фролов
О. Е. Островский	В. А. Хаванов
В. Н. Панин	Ф. А. Хромченко
В. В. Пешков	О. А. Цукуров
А. И. Рымкевич	И. Н. Шиганов

Редакция:

**С. В. Богус, Л. Т. Мартыненко,
Т. П. Маслик**

Электронная верстка: *И. С. Павлова*
Дизайн обложки: *Е. С. Благовидов*
Редактор-переводчик *Е. О. Егорова*
Редактор-обозреватель *Ан. А. Суслев*
Корректор *Т. В. Арбузова*

Адрес редакции:

129626, Москва, проспект Мира, 106.

Для корреспонденции:

129626, Москва, а/я 78,

ОАО "Издательство "Машиностроение"

(для журнала "Сварочное производство").

Телефоны: гл. редактор — (495) 687 6316;

редакция — (495) 682 3856.

Факс: (495) 687 6316.

E-mail: svarka@mashin.ru

Http://www.mashin.ru

Журнал "Сварочное производство" переводится на английский язык издательством Woodhead Publishing Ltd. (Великобритания).

Перепечатка материалов из журнала "Сварочное производство" возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией журнала.

При перепечатке материалов ссылка на журнал "Сварочное производство" обязательна.

В случае обнаружения полиграфического брака редакция журнала просит обращаться в типографию. Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № 77-7778.

Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней.

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

Цена свободная.

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Панин В. Н. — Особенности сварки гидротехнических конструкций и оборудования _____	3
Варуха Е. Н. — Классификация способов контактного зажигания дуги при сварке проволоками малого диаметра _____	15
Кавришвили З. О., Чернов А. В., Бурдаков С. М. — Оценка качества составляющих процесса ручной дуговой сварки энтропийными методами _____	19
Нафиков М. З., Загиров И. И. — Исследование процесса износа ролика-электрода при электроконтактной наплавке проволокой _____	23

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

Доронин Ю. В. — Некоторые особенности конструирования формирующих слоев подкладочных устройств для односторонней дуговой сварки сталей _____	25
Иванников А. В. — Пути повышения стабильности процесса и снижения потерь электродного металла на разбрызгивание при сварке в CO ₂ _____	28
Кудрявцев А. Ю. — Автоматизация сварочного процесса в стройиндустрии при внедрении линии "АЛИКС-2601" _____	31
Тарасов А. Н., Панфилов В. А., Тилипалов В. Н. — Технологические особенности изготовления тонколезвийных твердосплавных паяных резцов _____	35
Дубов А. А., Колокольников С. М. — Особенности контроля сварных соединений методом магнитной памяти металла _____	40

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Орстик Л. С., Федоров А. А. — Оценка эффективности и ранжирование инвестиционных проектов _____	46
--	----

ОБРАЗОВАНИЕ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ

Павлючков С. Е., Рубцов Е. А., Шилов В. В. — Опыт взаимодействия вуза и коммерческой фирмы в подготовке специалистов в области информационных технологий _____	49
---	----

ИНФОРМАЦИЯ

Иванов А. Н. — Международная выставка "Интертул. Экспосварка. Мера—2006" _____	52
Сидлин З. А. — Отчетное собрание Ассоциации "Электрод" _____	57

БИБЛИОГРАФИЯ

Содержание зарубежных журналов по сварке _____	58
Патенты РФ, свидетельства РФ на полезные модели, авторские свидетельства и патенты СССР на изобретения в области сварки _____	59
Рефераты опубликованных статей _____	62

И. К. Походне — 80 лет _____	63
А. П. Аммосов — 70 лет _____	64



FOUNDER:

Publishing Centre "Tekhnologiya Mashinostroeniya"

Published since January 1930

Journal is published in collaboration with RF Ministry of Industry and Energetics,
RF Ministry of Education and Science,
Russian Engineering Academy,
Russian union of developers and manufacturers of welding production

Editorial board:

V. A. Kazakov Editor-in-Chief
N. V. Posmetnaya Deputy Editor-in-Chief

V. K. Dragunov	O. N. Sevryukov
E. A. Kalashnikov	Z. A. Sidlin
V. I. Lukin	N. V. Smirnov
V. P. Lyalyakin	V. A. Sudnik
G. A. Menshikov	V. A. Frolov
O. E. Ostrovsky	V. A. Khavanov
V. N. Panin	F. A. Khromchenko
V. V. Peshkov	O. A. Tsukurov
A. I. Rymkevich	I. N. Shiganov

Editorial staff:

S. V. Bogus, L. T. Martynenko,
T. P. Maslik

Electron galley: I. S. Pavlova
Cover design: E. S. Blagovidov
Editor-translator E. O. Egorova
Editor-reviewer An. A. Suslov
Proof-reader T. V. Arbuzova

Address of the editorial office:

Prospekt Mira, 106, Moscow.

For correspondence:

"Mashinostroenie" Publishers,
P.O.B. 78, Moscow, 129626, Russia
(for "Svarochnoe Proizvodstvo").

Phones: (495) 687 6316— Editor-in-Chief;
682 3856 — Editorial office.

Fax: (495) 687 6316.

E-mail: svarka@mashin.ru

Http://www.mashin.ru

In case of printing waste you should appeal to the printing establishment.

Reprinting of materials from "Svarochnoe Proizvodstvo" journal is possible with writing permission of editorial staff.

Reference to "Svarochnoe Proizvodstvo" at re-print is obligatory.

The "Svarochnoe Proizvodstvo" journal is being translated into English by the publishing house "Woodhead Publishing Ltd." (Great Britain).

The journal is registered by RF Ministry of Press, Tele-and-Broadcasting and Mass Communications Media.

Registration certificate ПИ N 77-7778.

Journal is included into the list of editions certified by RF Supreme Attestation Committee for publication of competitors works for scientific degrees.

CONTENTS

SCIENTIFIC-TECHNICAL SECTION

- Panin V. N. — Welding special features of hydraulic engineering constructions and equipment _____ 3
- Varukha Ye. N. — Striking technique classification at minor-diameter-wire welding ____ 15
- Kavrishvili Z. O., Chernov A. V., Burdakov S. M. — Manual arc welding components quality assessment by the entropic method _____ 19
- Nafikov M. Z., Zaguirov I. I. — Study of the seam-welding rollers wears process at wire electrocontact build-up welding _____ 23

PRODUCTION SECTION

- Doronin Yu. V. — Some factors of designing formative layers of linings for the steel series arc welding _____ 25
- Ivannikov A. V. — Main means to improve process stability and to reduce electrode metal splitting losses at carbon-dioxide-shielded arc welding _____ 28
- Kudryavtsev A. Yu. — Welding process automation in construction industry by introducing the "ALIKS-2601" line _____ 31
- Tarasov A. N., Panfilov V. A., Tilipalov V. N. — Manufacturing process properties of featheredged carbide brazed cutters _____ 35
- Dubov A. A., Kolokolnikov S. M. — Welded joints quality assessment by the method of metal magnetic memory compared to the radiation and ultrasonic methods ____ 40

ECONOMICS AND PRODUCTION ORGANIZATION

- Orsik L. S., Fiodorov A. A. — Investment projects efficiency rating _____ 46

EDUCATION & PERSONNEL TRAINING

- Pavlyuchkov S. Ye., Rubtsov Ye. A., Shilov V. V. — An institute of higher education and commercial firm interaction practice of training technical specialists _____ 49

INFORMATION

- Ivanov A. N. — The International exhibition "InterTool. Expo Welding. Measure'2006" 52

BIBLIOGRAPHY

- Contents of the foreign journals in the field of welding _____ 59
- RF patents, RF certificates for useful models, author's certificates, USSR patents for inventions in the field of welding _____ 60
- Abstracts of the published articles _____ 62

- I. K. Pokhodnya is 80 years old _____ 63
- A. P. Ammosov is 70 years old _____ 64

В. Н. ПАНИН, канд. техн. наук
ОАО ИТЦ "Прометей" (г. Чехов Московской обл.)

Особенности сварки гидротехнических конструкций и оборудования

Сооружение гидротехнических объектов, в том числе ГЭС и ГАЭС, сопряжено с изготовлением и монтажом большого объема специальных гидротехнических металлических конструкций (ГТМК) и гидромеханического оборудования (ГМО). Общая масса ГТМК и ГМО на этих объектах составляет от десятков до сотен тысяч тонн.

Структурно ГТМК практически на 100, а ГМО на 70—90 % являются по существу сварными конструкциями. При этом сварные соединения являются основными как на стадии изготовления, так и монтажа этих видов изделий. Учитывая специфику работы ГТМК и ГМО, для их изготовления используют, как правило, листовой прокат относительно большой толщины (до 40—80 мм), отсюда объем наплавленного металла достигает 2,0—2,5 % мас-

сы изделия. В силу незавершенности протекания физико-химических процессов при формировании сварного соединения и, как следствие, анизотропии механических свойств металла сварного соединения именно этот объем металла в большей степени определяет работоспособность и надежность конструкции, оборудования и сооружения в целом. По этой причине сварке как основному технологическому процессу уделяется особое внимание на всех стадиях создания ГТМК и ГМО, включая проектирование, изготовление и монтаж.

Свариваемость сталей как критерий надежности сварных конструкций и оборудования. Надежность сварных конструкций определяется комплексом факторов [1], начиная от выбора основного металла до методов и условий монтажной

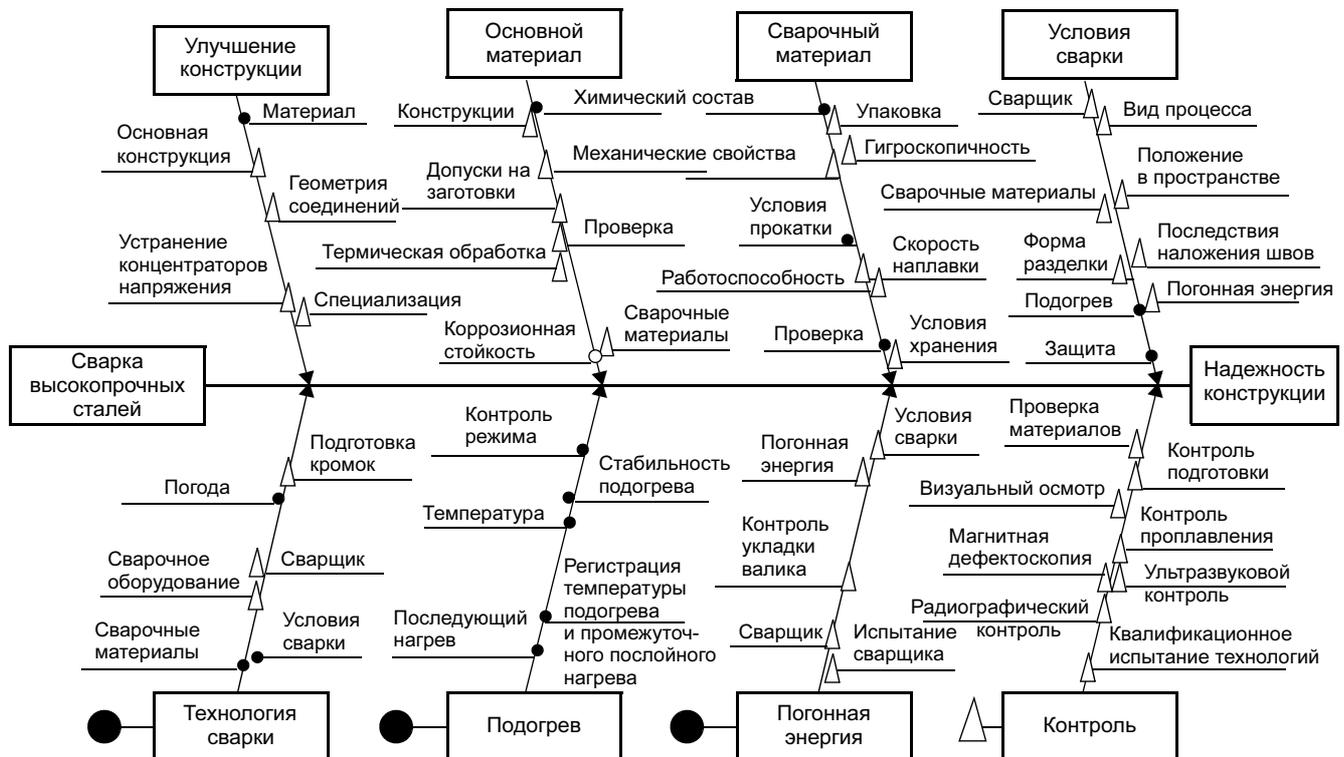


Рис. 1. Схема обеспечения надежности производства высокопрочных стальных конструкций (○, ● — эксплуатационная и технологическая прочность соответственно; △ — эксплуатационная и технологическая прочность)

сварки и контроля (рис. 1). В настоящее время не существует единого подхода к прогнозированию надежности сварных конструкций от всей совокупности факторов, влияющих на нее. Однако по ряду интегральных факторов есть очень хорошие корреляционные зависимости, одним из таких факторов является свариваемость сталей.

При изучении свариваемости применяют как экспериментальные, так и расчетно-экспериментальные методы. Первый подход предполагает проведение большого объема испытаний, на основании которых делается вывод об оптимальности сочетаний требуемых параметров режима сварки, применяемых материалов и т. д. Этот подход не оперативен и трудоемок. Второй — предполагает расчетный анализ интересующих параметров с использованием известных либо откорректированных под специфические условия сварки эмпирических зависимостей.

Основным ядром принятой в данной работе расчетной схемы является критерий трещинообразования P_c применительно к пробе "Теккен" [2]:

$$P_c = P_{см} + \frac{H}{60} + \frac{\delta}{600}, \quad (1)$$

где $P_{см}$ — химический эквивалент; H — содержание диффузионного водорода в наплавленном металле; δ — толщина металла.

Дальнейшее исследование условий применимости критерия трещинообразования P_c и набор определенной статистики позволили расширить область использования данного критерия [3, 4]. С его помощью появилась возможность определения допустимой эквивалентной скорости охлаждения $W_{э,д}$, уже учитывающей толщину металла, содержание водорода в металле шва и химический состав стали. Анализ зависимости скорости охлаждения W от толщины стали и показателя $P_c + \frac{H}{60}$, выполненный численными методами в диапазонах $12 \leq \Delta \leq 60$ мм и $0,2 \leq P_{см} + \frac{H}{60} \leq 0,5$, позволил получить интерполяционную модель

$$W_{э,д} = \xi \exp \left[5,637 - 8,723 \left(P_{см} + \frac{H}{60} \right) \right], \quad (2)$$

где $\xi = 1$, если $\Delta \leq \Delta_k = 6,13 + 115 \left(P_{см} + \frac{H}{60} \right)$ и $\xi = 1 - 0,24 \left(\frac{\Delta}{\Delta_k} - 1 \right) - 0,12 \left(\frac{\Delta}{\Delta_k} - 1 \right)^2$, если $\Delta > \Delta_k$.

Таким образом, комплексный критерий трещиностойкости позволяет выявить оптимальные условия для сохранения при сварке необходимой технологической прочности по критерию отсут-

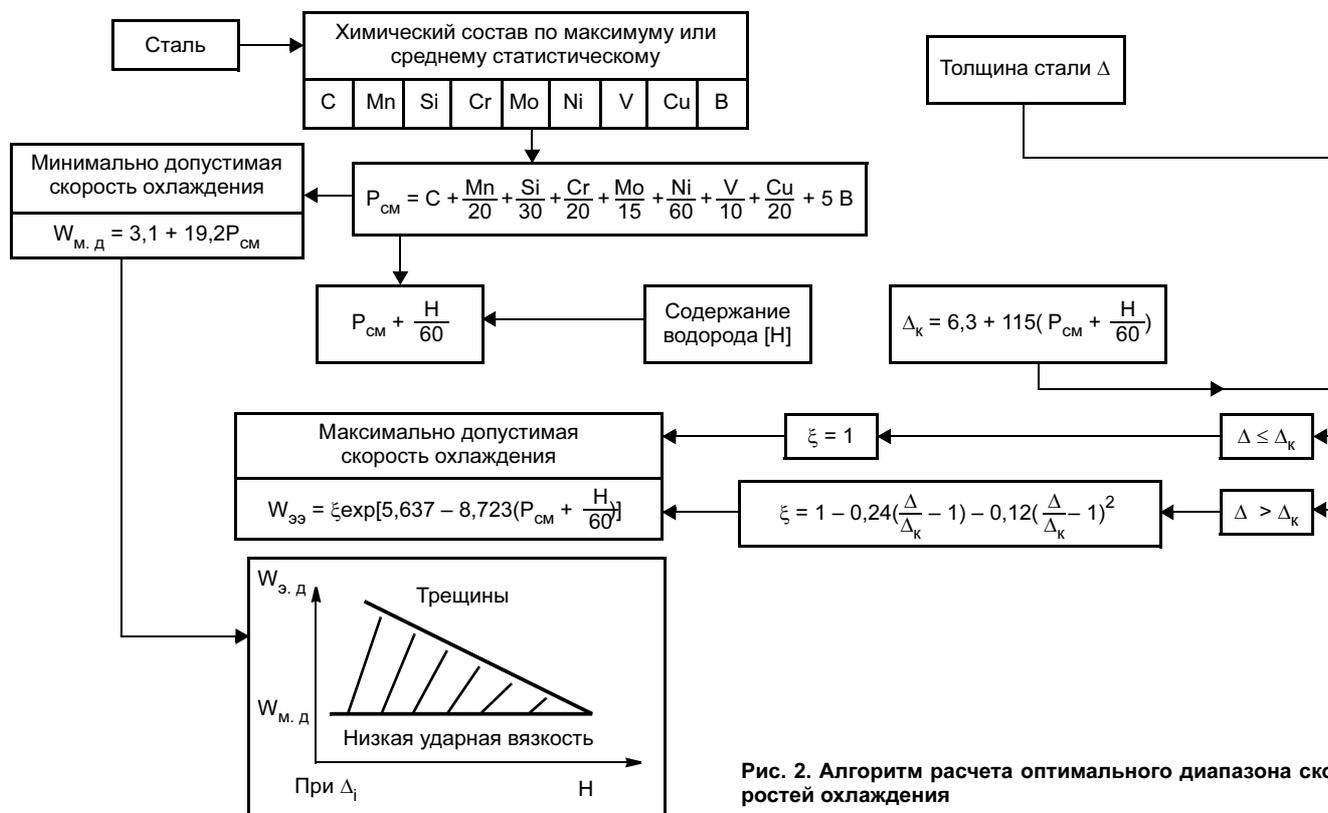


Рис. 2. Алгоритм расчета оптимального диапазона скоростей охлаждения

лей 14X2ГМР и МС. Это связано с тем, что искусственный сток теплоты нарушает "жесткость" термического цикла сварки (соотношение времени пребывания выше температуры A_{c3} высокотемпературных фибр околошовной зоны (ОШЗ) на стадиях нагрева и охлаждения), что приводит к отличной от традиционного варианта ЭШС кинетики роста зерна, фазовых превращений и, как следствие, различным механическим свойствам преимущественно ОШЗ по показателю ударной вязкости.

Решение этой задачи осуществлено путем проведения большого объема экспериментальных работ по искусственному регулированию термического цикла сварки, анализа продуктов фазового превращения, получения корреляционных зависимостей мощностей ввода стока энергии и показателей ударной вязкости. Эти работы позволили предложить расчетно-экспериментальную модель прогнозирования ударной вязкости металла шва и ОШЗ в зависимости от переменных факторов, влияющих на этот показатель (рис. 4).

Нестандартизированные конструктивные ре-

шения сварных соединений. Сооружение ГМО и ГТМК сопряжено в ряде случаев с применением нестандартизированных сварных соединений. В таблице приведены примеры типовых конструктивных решений таких соединений, применяемых в гидротехнике.

Основными причинами принятия таких решений являются технологические особенности конструкций и оборудования, т. е. невозможность в ряде случаев применить стандартизированные соединения, повышение надежности и долговечности сварных соединений; повышением производительности изготовления конструкций и оборудования. Типичным примером нестандартизированного сварного соединения, принятого по технологическим особенностям, является кольцевой монтажный стык напорного водовода ГЭС (п. 1 таблицы). Основная причина — малое затрубное пространство и, как следствие, монтаж, сварка и дефектоскопия только с внутренней стороны водовода. Разработка соединений по п. 6 таблицы преследовала цель повышения надежности и долговечности соединений. Так,

предложенный вариант сварного соединения превышает свой аналог по статической прочности более, чем на 50 % при сохранении долговечности. Кроме того, при использовании этого варианта отпадает необходимость в операции изгиба анкеров за счет повышения сцепления бетона с арматурой периодического профиля. Эти соединения были рекомендованы для применения при изготовлении облицовок водопропускных трактов ГЭС. Цель разработки соединений по п. 2—4 таблицы — снижение трудозатрат и повышение производительности изготовления и монтажа конструкций и оборудования.

Во всех случаях применения тех или иных нестандартизированных конструктивных решений сварных соединений требуется подтверждение их работоспособности как минимум на уровне их стандартизированных аналогов. Чаще всего эту задачу решают экспериментально, т. е. путем сравнительных механических (статических, динамических, малоцикловых — в зависимости от условий работы этих соединений в конструкциях) испытаний

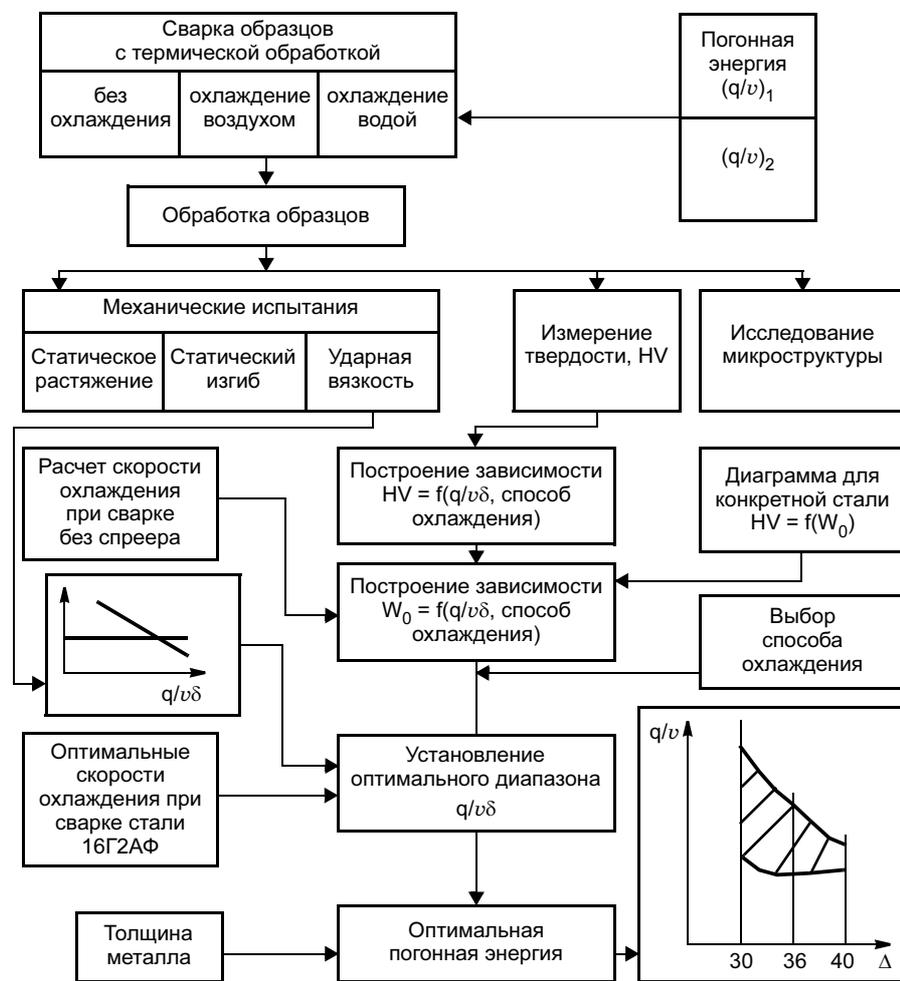


Рис. 4. Алгоритм расчета оптимальных параметров технологии электрошлаковой сварки с искусственным стоком теплоты

Номер варианта	Эскиз сварного соединения		Объект применения
	Стандартизованного	Нестандартизованного	
1			Кольцевой неповоротный монтажный стык турбинного водовода (уменьшенное затрубное пространство)
2			Кольцевой поворотный стык турбинного водовода, выполненного электрошлаковой сваркой
3			Соединение стенки опорно-концевой стойки с обшивкой (плоские затворы водопропускных регулируемых трактов)
4			Соединение ригелей с обшивкой (то же)
5			Соединение обшивки с воротниками (развилки, коллекторы турбинных водоводов)
6	<p>Арматура класса А-I сталь — Ст 3 Ø25 мм</p>	<p>Арматура класса А-II сталь — Ст 5 Ø25 мм</p>	Соединение армостержней с ребрами жесткости облицовок

либо гостированных образцов, либо натуральных соединений.

В ряде случаев для этих же целей применяют расчетно-экспериментальные методы. Так, для обоснования применения сварных соединений с технологическим непроваром стенки опорной балки плоского затвора (п. 3 таблицы) использовали известные зависимости [1]:

$$\sigma_{\text{ср}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_{\text{в}} \psi \left(\eta + \frac{1}{\text{tg} \beta} \right) \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \theta) \sin \theta}; \quad (4)$$

$$\eta = \frac{h}{\sqrt{2F}}; \quad \psi = \frac{\sqrt{2F}}{\beta}; \quad h = \frac{\beta - l}{2},$$

где $\sigma_{\text{ср}}$ — напряжение среза; $\sigma_{\text{в}}$ — предел прочности для однородных механических свойств основного и наплавленного металлов; ψ — относительная площадь сечения наплавленного металла; η — относительная глубина провара присоединенных пластин; β — угол наклона образующего шва; θ — угол направления полосы текучести; h — глубина провара; F — площадь шва; B — толщина металла вертикального элемента; l — длина непровара.

Иначе формулу (1) можно представить в виде $\sigma_{\text{ср}} = K_{\text{T}} \sigma_{\text{в}}$ (K_{T} — коэффициент интенсивности напряжений среза, объединяющий геометрические размеры сварного соединения и отношение величины непровара к сечению шва и толщине свариваемого металла).

В ходе экспериментальных работ эта зависимость была откорректирована под реальные неоднородные свойства основного и наплавленного металла с учетом различной глубины проплавления.

На основании этой зависимости осуществлен расчетный прогноз работоспособности подобных сварных соединений по критерию $\sigma_{\text{ср}}$. Что позволило заложить его в стандарт предприятия и использовать при дальнейшем проектировании подобных соединений (рис. 5).

Остаточные сварочные деформации. Локальность термического цикла сварки приводит, как правило, к неравномерному распределению сварочных напряжений как в процессе формирования сварного соединения, так и остаточных напряжений. Эти напряжения в свою очередь обуславливают различный уровень остаточных деформаций сварных конструкций, выходящих в ряде случаев за пределы требований нормативно-технической документации. И в этих случаях единственным средством придания конструкции заданных проектом размеров является, как правило, правка: для простых конструкций — механическая, для более сложных — огневая. Данные операции весьма трудоемкие и дорогостоящие. Кроме того, с их помощью не всегда удается придать конструкции проектные параметры.

Уровень остаточных деформаций зависит от ряда конструктивно-технологических параметров и не всегда поддается расчетному прогнозированию с необходимой точностью. Чаще всего прогнозы строят на основе расчетно-экспериментальных методов с использованием известных эмпирических зависимостей с последующей их корректировкой под конкретные условия.

При наличии завершеного проекта прогнозирование остаточных деформаций возможно только за счет технологических параметров (последовательности сварки, способов и режимов сварки и т. д.).

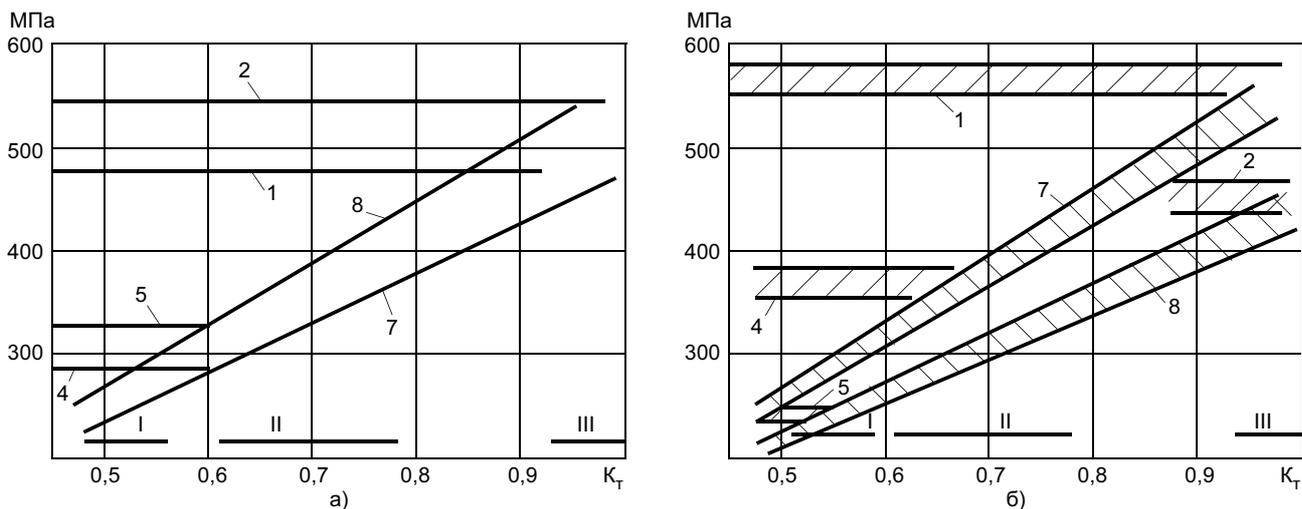


Рис. 5. Зависимость расчетного напряжения среза в сварном тавровом соединении от коэффициента интенсивности срезающих напряжений: а — сталь 09Г2С, проволока Св-08Г2С; б — Ст3сп, Св-08Г2С (1, 2 — предел прочности; 4, 5 — фактическое напряжение среза; 7, 8 — расчетное напряжение среза; 1, 4, 7 — металл шва; 2, 5, 8 — основной металл; I, II, III — скос кромок 0, 5, 10 мм соответственно)

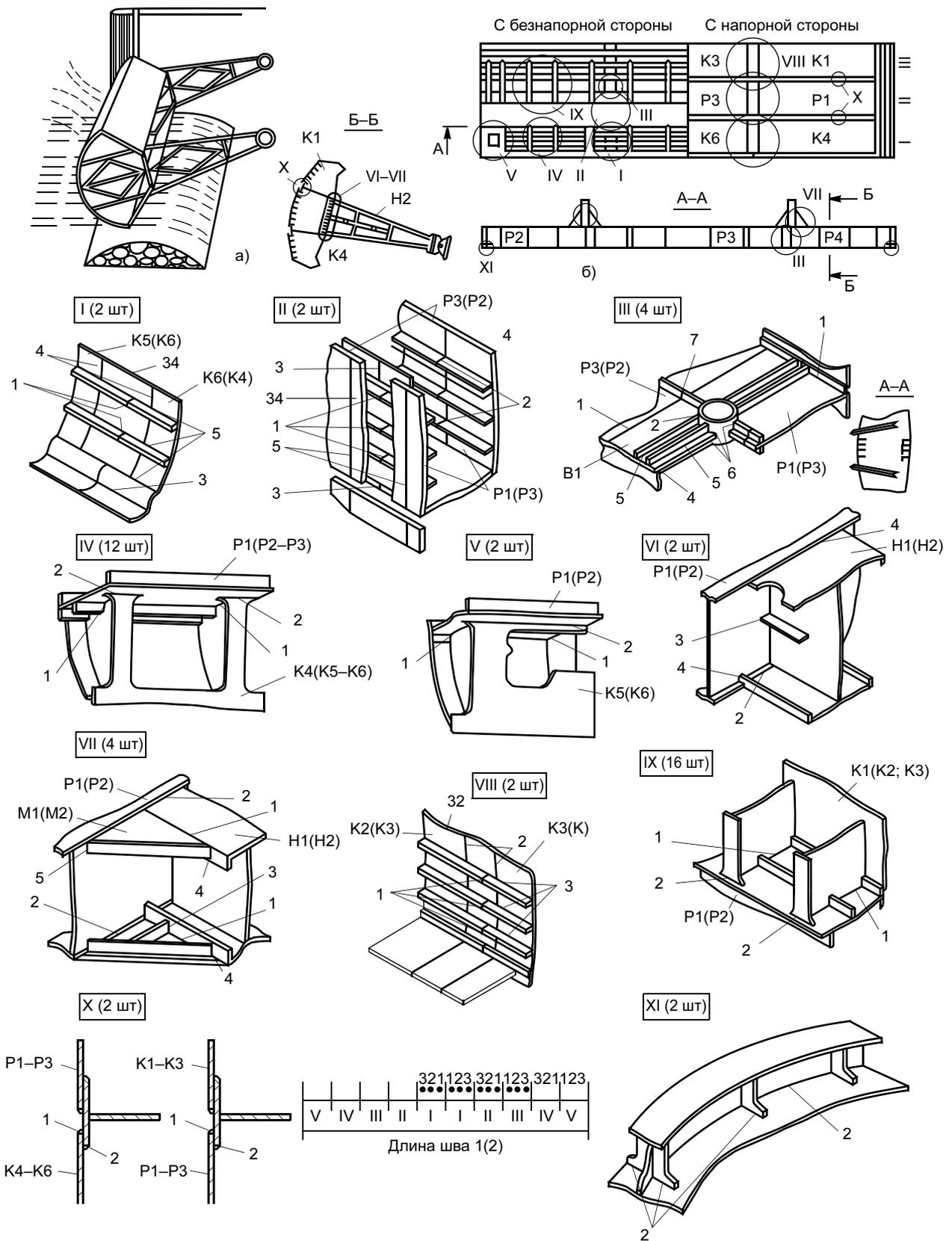


Рис. 6. Последовательность сварки монтажных стыков сегментного затвора: а — общий вид; б — разбивка на технологические узлы (I—XI — технологические узлы по последовательности сварки; 1—7 — последовательность наложения швов внутри узла; K1—K6; P1—P3; B1; M1; M2; H1; H2; 32; 34 — монтажные марки затвора)

При подключении технологов на стадии проектирования арсенал средств регулирования остаточных деформаций резко возрастает за счет возможности изменения конструктивных элементов. Кроме того, при наличии завершеного проекта не всегда удается получить сварную конструкцию в допусках по остаточным деформациям только за счет технологических приемов. А это приводит либо к отбраковке конструкции, либо к ее правке.

На примерах типовых конструкций показаны подходы прогнозирования остаточных сварочных деформаций. Регулирование остаточных деформаций за счет оптимизации отдельных технологических параметров (в данном случае последовательности выполнения сварных швов, режимов сварки и т. д.) показано на примере укрупнения сегментного затвора ГЭС (рис. 6). Расчетно-экспериментальный подход на стадии разработки технологии (изделие в конструктивном плане имеет законченный вид) — на примере электрошлаковой сварки продольных стыков обечаек турбинных водоводов ГЭС [7].

На основании исследований с привлечением известных расчетных подходов [8] получена эмпирическая зависимость

$$f = 49,2 \cdot 10^{-6} \frac{q_n}{\delta} \left(\frac{L}{R} \right)^{0,11}, \quad (5)$$

где f — прогиб продольного стыка; q_n — погонная энергия сварки; δ , L , R — соответственно толщина, длина, радиус обечайки, позволяющие прогнозировать уровень остаточных деформаций обечаек турбинных водоводов ГЭС с учетом варьирования как технологических параметров, в том числе параметров режима сварки, так и конструктивных, в том числе жесткости конструкции (рис. 7).

Расчетно-экспериментальный подход на стадии проектирования конструкции представлен на примере конструкции облицовки механического оборудования подводящего тракта ГЭС. Результаты этого подхода в виде нового конструктивного решения облицовки приведены на рис. 8.

Технологические особенности заводского изготовления, укрупнения и монтажа ГТМК и ГМО. Технологическая схема изготовления сварных конструкций в заводских условиях состоит из следующих основных этапов: подготовка элементов конструкции (заготовительный этап), сборка конструкции, сварка, поэтапный и финишный контроль, включая неразрушающие методы контроля. В процессе всех этапов в поле зрения сварщиков-технологов находятся поэтапные технологические процессы, материалы и оборудование.

Основной объем заготовительных операций выполняется серийно выпускаемым механическим

оборудованием: гильотинными ножницами, прессножницами, вальцами, кромкострогальными станками и т. д. Раскрой листового проката осуществляют в основном с применением плазменных установок portalного типа серии "Кристалл", ПКФ и др. Укрупнение листового проката в заготовительном отделении выполняют с помощью автоматической сварки под флюсом автоматами серии АДФ с источником питания серии ВДУ. Этот способ свар-

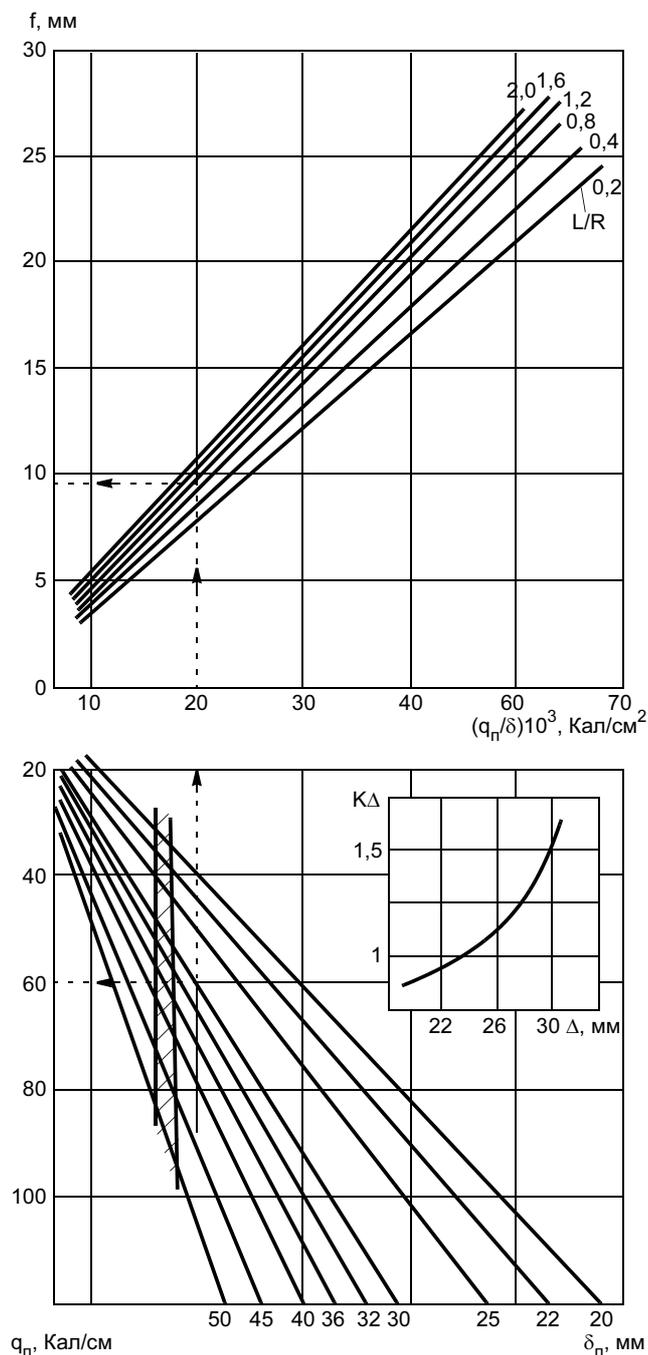


Рис. 7. Номограмма для определения максимальной стрелы прогиба f при электрошлаковой сварке продольного стыка обечайки звена трубопровода

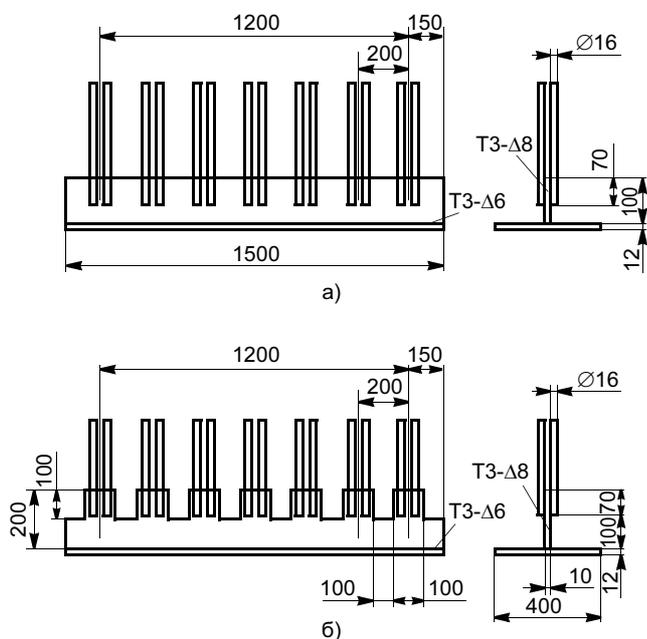


Рис. 8. Фрагменты конструкций облицовок подводящих трактов ГЭС: а — типовой конструктивный вариант; б — предложенный вариант

ки применяют также при изготовлении листовых конструкций и трубопроводов. В последнем случае применяют специальные вращатели либо манипуляторы.

Автоматическую сварку под флюсом в заводских условиях применяют для получения как стыковых (с разделкой и без разделки кромок), так и угловых соединений (в том числе в "лодочку" и угловых). В качестве плавящихся электродов при автоматической сварке применяют сплошные проволоки Св-08А, Св-08ГА, Св-10НМА и др.; для защиты расплавленного металла используют флюсы АН-47, АН-348А, АН-348АМ.

При сварке конструкций типа ортотропных плит, рамного или ферменного типа (например, затворы, опоры, вышки и т. д.) применяют механизированную сварку плавящимся электродом (преимущественно сплошного сечения) в защитных газах (CO_2 или смесь CO_2 и Ar). В качестве плавящегося электрода применяют сплошную проволоку Св-08Г2С (реже Св-08ГСМТ или Св-08ГСНТ). Особенностью последних лет является то, что этот материал применяют в упаковках европейского типа, т. е. в касетах по 15 и 5 кг с рядной и нерядной намоткой, гарантиями по таким параметрам, как дрессура и винтообразность. В качестве сварочного оборудования применяют как отечественные (серии ПДГ с ВДУ), так и импортные (Кемпри, ESAB и др.) полуавтоматы.

Контроль качества металла и сварных соединений неразрушающими методами осуществляют в

основном с использованием ультразвуковой дефектоскопии и рентгенографии. При этом применяют в основном отечественные оборудование, аппаратуру и аксессуары. Так, для ультразвуковой дефектоскопии применяют дефектоскопы серии УД, для толщинометрии — УТ, для рентгенографии — рентгеновские аппараты "Рапан", "Арина-05" и др. Аксессуары к этим аппаратам (денситометры, негатоскопы, оптические линейки и т. д.) поставляются по отдельному списку в зависимости от назначения лабораторий.

Одной из особенностей ГТМК и ГМО являются их большие габаритные размеры, не вписывающиеся ни в одну транспортную схему: ни автомобильную, ни железнодорожную. Поэтому сооружение любого объекта ведется по следующей схеме: заводское изготовление элементов (блоков) конструкции или оборудования в пределах железнодорожных габаритных размеров, предмонтажное укрупнение на приобъектном промышленном полигоне и, наконец, монтаж.

Такая схема предполагает выполнение большого объема сварочных работ непосредственно на приобъектном полигоне и монтаже. В ряде случаев, например, при сооружении негабаритных турбинных водоводов ГЭС практически весь объем сварочных работ выполняют на приобъектном полигоне и в процессе монтажа. Функции завода сведены до функций заготовительного участка.

В связи с тем, что на приобъектном полигоне выполняют сварку ответственных стыков (включая стыки I и II категорий), требуются специальные условия для ее качественного исполнения. К этим условиям относятся разработка специальных технологических процессов сварки и контроля (причем, заводской опыт в этих условиях не всегда приемлем); разработка и создание нестандартизированного технологического оборудования и оснастки; подготовка персонала; возведение цехов и промышленных площадок с необходимыми инженерными коммуникациями. В сущности, создается мини-завод со всеми организационными связями.

На рис. 9 представлен технологический процесс укрупнения турбинных водоводов ГЭС (один из типовых вариантов). Этот процесс является наиболее насыщенным с точки зрения применения автоматизированных способов сварки и контроля, выполняемых в условиях приобъектного полигона.

Так, соединение продольных стыков обечаек осуществляют электрошлаковой сваркой: для обычных сталей — с фиксированным зазором и без спреерного охлаждения, для высокопрочных сталей — с клиновидным "плавающим" зазором и дополнительным спреерным охлаждением. Сварку выполняют на специальных плазах сварочными

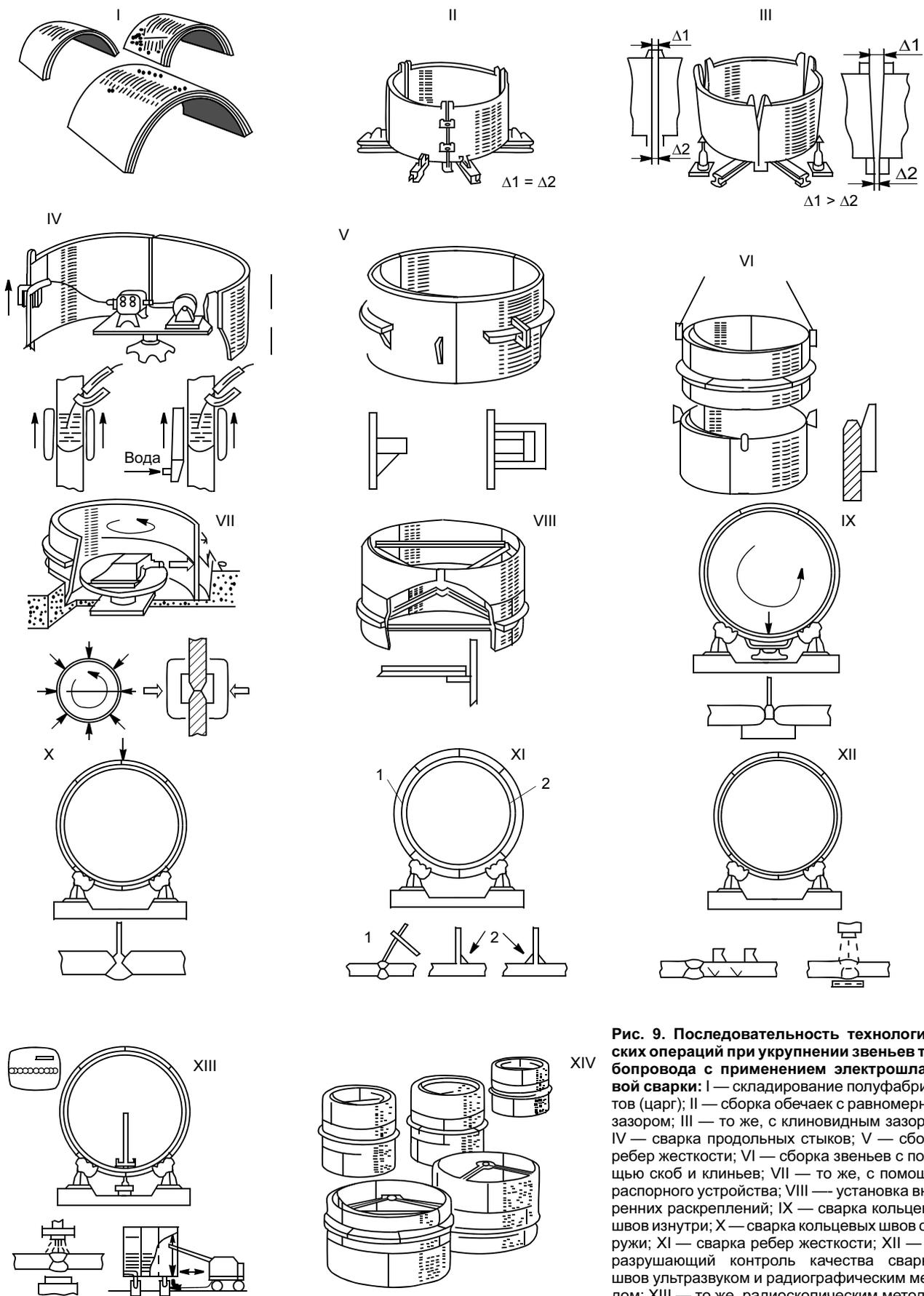


Рис. 9. Последовательность технологических операций при укрупнении звеньев трубопровода с применением электрошлаковой сварки: I — складирование полуфабрикатов (царг); II — сборка обечаек с равномерным зазором; III — то же, с клиновидным зазором; IV — сварка продольных стыков; V — сборка ребер жесткости; VI — сборка звеньев с помощью скоб и клиньев; VII — то же, с помощью распорного устройства; VIII — установка внутренних раскреплений; IX — сварка кольцевых швов изнутри; X — сварка кольцевых швов снаружи; XI — сварка ребер жесткости; XII — неразрушающий контроль качества сварных швов ультразвуком и радиографическим методом; XIII — то же, радиоскопическим методом; XIV — складирование готовых звеньев

аппаратами А-820М с источником питания ВДУ 1202. В зависимости от применяемых сталей в качестве сварочных материалов используют проволоки сплошного сечения Св-08ГА, Св-10ГА, Св-10Г, Св-10НМА и флюсы АН-8, АН-22.

Соединение кольцевых звеньев трубопроводов выполняют, как правило, автоматической сваркой под флюсом с применением как серийно выпускаемого сварочного оборудования (сварочные автоматы АДФ 1002 с ВДУ 1202), так и большого спектра нестандартизированного оборудования и оснастки (роликовые, вращатели-стенды (выкатные и стационарные), флюсовые подушки, радиационные и индукционные нагреватели — для сварки высокопрочных сталей и т. д.). В качестве сварочных материалов применяют сплошные проволоки Св-08А, Св-08ГА, Св-10Г2, Св-10НМА и флюсы АН-348, АН-47, АНК-30.

Для этих же целей специалистами треста "Гидромонтаж" совместно с ИЭС им. Е. О. Патона разработана и внедрена в производство [9] уникальная технология электрошлаковой сварки, не имеющая аналогов ни в отечественном, ни в зарубежном гидростроительстве (рис. 10). Эта технология позволяет за один проход в непрерывном режиме выполнить сварку кольцевого поворотного стыка турбинного водовода ГЭС диаметром 6 м с толщиной стенки 40 мм.

Для сварки стыковых соединений ребер жесткости применяют либо ручную дуговую сварку покрытым электродом, либо автоматическую дуговую сварку с принудительным формированием порошковой проволоки. Приварку ребер жесткости к оболочке трубопровода (угловые швы) осуществляют также автоматической сваркой под флюсом.

Контроль качества сварных соединений осуществляют, как правило, неразрушающими методами: ультразвуковой дефектоскопией и рентгенографией. При этом применяют серийно выпускаемое оборудование и аппаратуру: для ультразвуковой дефектоскопии — дефектоскопы серии УД, для рентгенографии — аппараты "Рапан", "Арина", "РУП" и др. Эти технологические процессы контроля весьма трудоемки и малопродуктивны. Кроме того, они требуют большой подготовительной работы: зачистки поверхности ОШЗ — для ультразвуковой дефектоскопии; установки и фиксации кассет с пленкой — для рентгенографии.

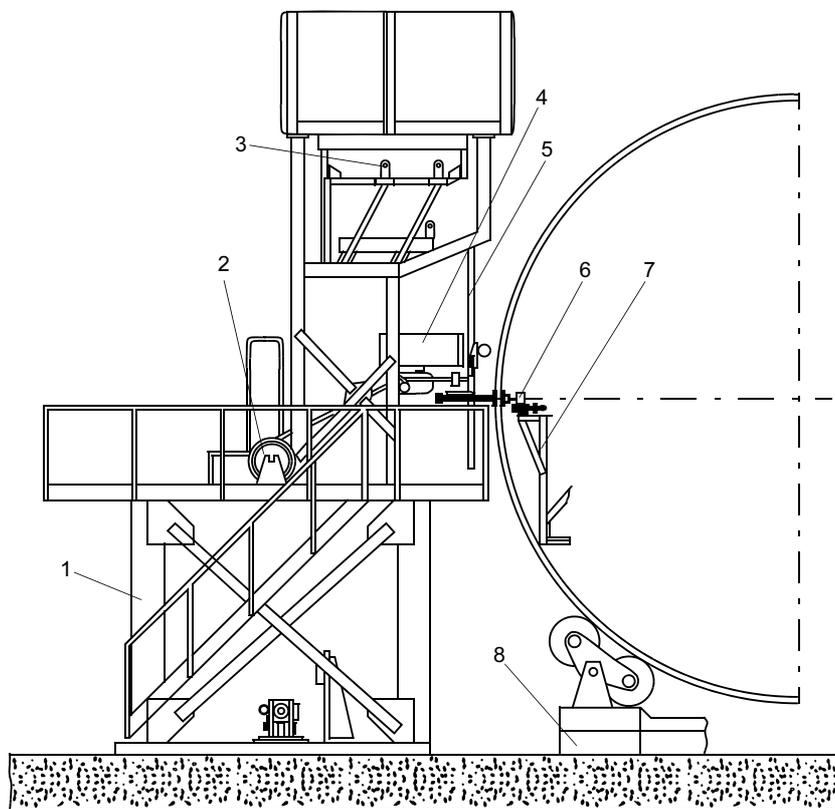


Рис. 10. Установка для электрошлаковой сварки кольцевых поворотных стыков негабаритных трубопроводов: 1 — металлоконструкция; 2 — кассета со сварочной проволокой; 3 — пантограф; 4 — сварочный автомат; 5 — штанга; 6 — прижимное устройство; 7 — консольный мостик; 8 — роликовый стенд

Для последнего метода удаление персонала из зоны работ по контролю является обязательным условием.

С целью устранения этих недостатков специалистами треста "Гидромонтаж" совместно с НИИИнтроскопии разработана и внедрена технология автоматического рентгенотелевизионного контроля стыковых соединений турбинных водоводов ГЭС (рис. 11). Эта технология позволяет осуществлять контроль сварных стыков в автоматическом режиме со скоростью 5—10 м/мин с одновременной визуализацией результатов контроля, записью на видеомэгнитофон и отметкой на конструкции дефектных мест. Применение этой технологии позволило, с одной стороны, резко сократить время контроля по сравнению с традиционными методами, с другой — благодаря увеличению объема контроля (100%-ный контроль продольных и кольцевых швов) повысить надежность турбинных водоводов и сооружения в целом.

Кроме указанных объектов автоматическую сварку под флюсом широко применяют при укрупнении полотнищ облицовок железобетонных турбинных водоводов ГАЭС (в том числе одностороннюю с обратным формированием корня шва;

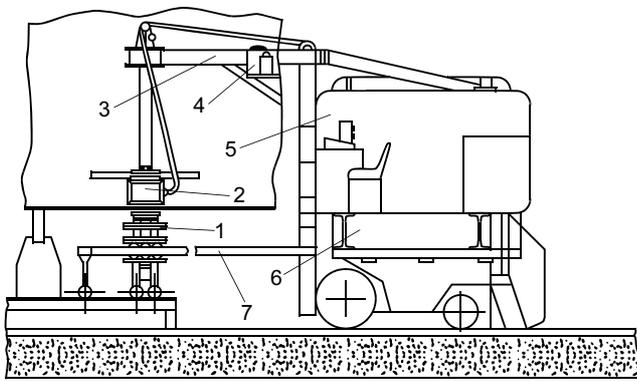


Рис. 11. Установка рентгеновского телевизионного контроля сварных швов: 1 — телевизионная камера; 2 — рентгеновская трубка; 3 — верхняя стрела; 4 — генератор аппарата РУП-150/300-1; 5 — кабина; 6 — тележка; 7 — нижняя стрела

сварку полов облицовок ряда водопропускных трактов).

Соединение монтажных стыков ГТМК и ГМО осуществляют в основном с использованием ручной дуговой сварки. Это обусловлено рядом обстоятельств: сварку выполняют в основном на открытом воздухе — современные механизированные способы не всегда гарантируют качество сварных соединений в этих условиях; сварку выполняют во всех пространственных положениях — на сегодняшний день нет универсального механизированного способа сварки, обеспечивающего качественное формирование сварного шва во всех пространственных положениях.

В этих условиях особое внимание уделяют подготовке стыков под сварку (зачистка, просушка, при необходимости закрытие от осадков и т. д.), подготовке сварочных материалов (прокалка, просушка по заданным режимам), последовательности наложения сварных швов (блоков, валиков внутри блоков), режимам сварки (ток, напряжение, длина дуги), режиму подогрева (предварительный, сопутствующий, послесварочный — при необходимости). Основные параметры технологии сварки должны быть указаны в технологическом регламенте, являющемся неотъемлемой частью технологической документации.

Армокаркасы гидротехнических сооружений изготавливают либо на приобъектном полигоне (отдельные блоки), либо непосредственно на месте монтажа всего сооружения.

Укрупнение арматурных стержней в непрерывную плетель с последующей разрезкой на нужную длину осуществляют с помощью специализированных технологических линий, в состав которых входят стыковочные машины МС-2008, К-375,

К-190П и др. Линии обеспечивают автоматическую подачу мерных стержней на приводной рольганг и к месту сварки; автоматическую стыковую сварку по заданной программе; снятие грата; резку стержней заданной длины и далее либо складирование (для последующего изготовления армосеток), либо подачу для дальнейшего передела (например изготовления спирали для армокаркасов трубопроводов).

Контроль качества сварки стержней арматуры, выполненных на стыковочных машинах, осуществляют путем выборочных механических испытаний на разрыв образцов-свидетелей.

Качество сварки проверяют с помощью специальной методики и аппаратуры ультразвуковой дефектоскопией. Этот метод применительно к гидротехническим условиям (арматура большого диаметра до 70 мм) разработан специалистами треста совместно с МГТУ им. Н. Э. Баумана и НИИЖБ [10]. Он основан на корреляционной зависимости между площадью дефектов шва и статической и динамической прочностью стыка. В свою очередь, площадь дефекта определяется по степени затухания ультразвукового сигнала в процессе его контроля.

Этот метод благодаря его простоте и мобильности позволяет увеличить объем контроля и, как следствие, надежность всего сооружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прохоров Н. Н. Состояние и перспективы развития теории прочности сварных конструкций как основы повышения их качества // Сварочное производство. 1977. № 2. С. 3—8.
2. Bessiock Ho. Y. Weldability Formula of High Strength Steels // Dok. IIV—W—576—68.
3. Касаткин О. Г., Мусяченко В. Ф. Расчет режимов сварки высокопрочной низколегированной стали // Автоматическая сварка. 1977. № 10. С. 1—6.
4. Касаткин О. Г., Мусяченко В. Ф. Разработка информационно-расчетной схемы по технологии сварки // Автоматическая сварка. 1977. № 11. С. 27—31.
5. Влияние технологии сварки на закономерности малоциклового деформирования и разрушения стыковых соединений стали 13ХГМФ / В. В. Якубовский, В. В. Волков, В. Н. Панин, М. А. Буранов // Гидротехническое строительство. 1985. № 2.
6. Панин В. Н., Буранов М. А., Волков В. В. Технология сварки напорных водоводов ГЭС из высокопрочных сталей МС-9 и МС-10 // Сварочные работы в энергетическом строительстве. М.: Информэнерго, 1981. Вып. 3.
7. Шахматов М. В., Ерофеев В. В., Хмарова Л. И. Влияние геометрических параметров сварных соединений с угловыми швами на их несущую способность и сопротивляемость хрупким разрушениям // Автоматическая сварка. 1986. № 5. С. 1—7.
8. Кузьминов С. А. Сварочные деформации судовых корпусных конструкций. Л.: Судостроение, 1974.
9. Электрошлаковая сварка кольцевых стыков тонкостенных обечаек большого диаметра / И. И. Сузук-Слюсаренко, В. М. Хрундже, В. Н. Панин и др. // Автоматическая сварка. 1981. № 2. С. 50—53.
10. Ультразвуковой контроль качества сварных соединений арматуры периодического профиля / В. Н. Панин, Л. И. Шведов, Е. А. Билев и др. // Сварочные работы в энергетическом строительстве. М.: Информэнерго, 1981. Вып. 3.

Е. Н. ВАРУХА, д-р техн. наук
Донской ГТУ (Ростов-на-Дону)

Классификация способов контактного зажигания дуги при сварке проволоками малого диаметра

При автоматической и механизированной сварке в защитных газах в основном применяют проволоки диаметром не более 2,0 мм. При этом зажигание дуги осуществляется контактным способом путем замыкания на изделие непрерывно подаваемой проволоки, находящейся под напряжением. После первоначального контакта проволоки с изделием происходит разогрев неподвижного вылета

та током короткого замыкания и перегорание проволоки, как правило, у токоподводящего мундштука с выбросом в сторону отгоревшего участка вылета. При достаточном напряжении на межэлектродном промежутке дуга не гаснет. В противном случае происходит обрыв дуги, за которым следует повторный контакт проволоки с изделием. Возбуждение дуги происходит после двух и более контактов (рис. 1, а).

Наравне с рассмотренным циклическим процессом в редких случаях возможны зажигание дуги при первоначальном контакте электрода и изделия и последующая сварка (рис. 1, б). При этом дуга зажигается в результате перегорания микровыступов на торце проволоки и поверхности изделия. Наличие микровыступов, тем не менее, не всегда приводит к развитию процесса сварки после первоначального контакта проволоки с изделием. Если мощности дуги, образовавшейся после перегорания микровыступов, недостаточно для превышения скорости плавления проволоки над скоростью ее подачи к изделию v_n , то такая дуга гаснет и процесс переходит в циклический с несколькими контактами проволоки с изделием.

Перегорание проволоки в различных местах вылета обусловлено неравномерным ее нагревом при коротком замыкании [1] (рис. 2). Преимущественно нагрев происходит в участках проволоки, которые примыкают к токопроводящим контактам мундштука — проволока и проволока — изделие и нагреваются за счет двух источников теплоты — джоулева теп-

ловыделения в электроде и теплопередачи от контактных переходов.

Нагрев остальной длины вылета электрода происходит только в результате выделения джоулевой теплоты. Поэтому перегорание электрода при зажигании дуги происходит в участках вылета, примыкающих к контактным переходам.

В соответствии с изменением сопротивлений в контактных переходах изменяется и мощность (см. рис. 2) [1].

Сопротивление $R_{к1}$ сначала уменьшается, что связано с деформацией вылета при контакте и возрастанием усилия прижатия проволоки к каналу мундштука в месте токоподвода. Затем по мере разогрева самого контакта и проволоки в месте контакта сопротивление $R_{к1}$ начинает возрастать (рис. 3).

В начале короткого замыкания $R_{к2}$ больше, чем $R_{к1}$, но через

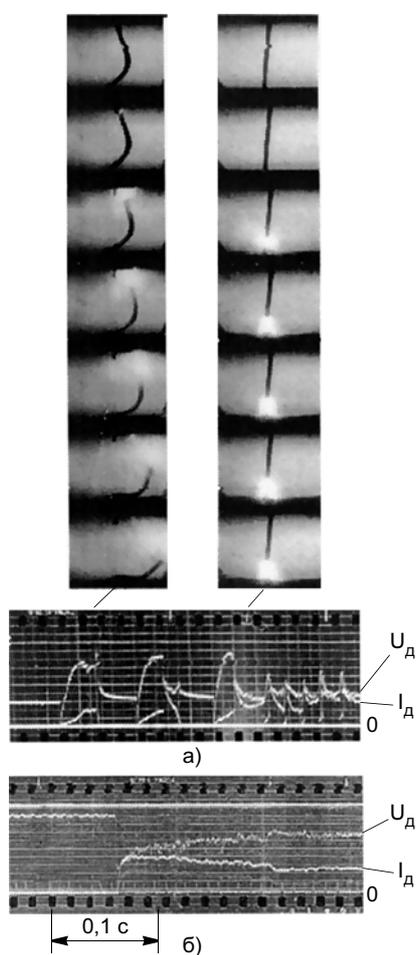


Рис. 1. Установление процесса сварки после нескольких контактов (а) и после первоначального контакта проволоки с изделием (б)

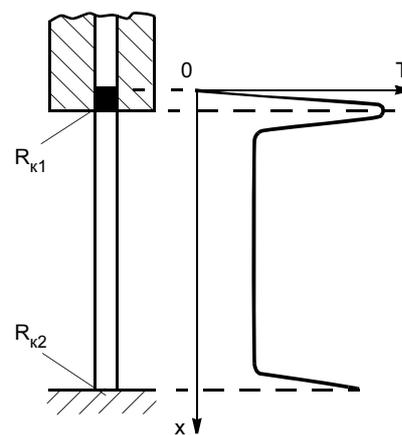


Рис. 2. Распределение температуры на неподвижном вылете электрода при первоначальном контакте проволоки с изделием ($R_{к1}$, $R_{к2}$ — сопротивления контактных переходов мундштука — проволока и проволока — изделие)

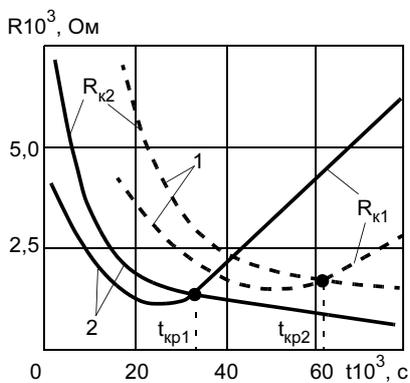


Рис. 3. Сопротивление контактных переходов R_{k1} и R_{k2} в период первого короткого замыкания проволоки с изделием (проволока Св-08Г2С, $d_s = 1,6$ мм; $U_{xx} = 20$ В): 1, 2 — v_n равна 130 и 230 м/с соответственно

некоторое критическое время в результате разогрева и смятия микровыступов в месте контакта с изделием сравнивается со значением R_{k1} (точка с абсциссой t_{kp}), а затем становится меньше последнего. Уменьшение скорости подачи проволоки приводит к увеличению t_{kp} .

Если обеспечить перегорание электрода за время t меньше t_{kp} , то зажигание дуги произойдет у поверхности изделия и сразу же может установиться процесс сварки. При длительности короткого замыкания $t_{кз} > t_{kp}$ перегорание электрода происходит под мундштуком, а не у изделия, и дуга гаснет.

Если после первого короткого замыкания подвести к электродам напряжение, величина которого позволяет обеспечить разрывную длину дуги l_p больше, чем длина образовавшегося дугового промежутка l_d , то независимо от места перегорания электрода дуга остается устойчивой.

Исходя из этого, основным условием установившегося процесса сварки после первоначального контакта электрода с изделием является

$$l_d < l_p. \quad (1)$$

Тепловая мощность q_i (где $i = 1, 2$) при коротком замыкании в неподвижных токоподводящих

контактах проволоки с мундштуком и изделием складывается из джоулевой теплоты (первое слагаемое) и контактных переходов (второе):

$$q_i = \frac{1}{t_{кз}} \left[\int_0^{t_{кз}} i^2(t) r_{0i}(t) dt + \eta_i \int_0^{t_{кз}} i^2(t) r_{ki}(t) dt \right], \quad (2)$$

где $i(t)$ — функция зависимости тока короткого замыкания от времени t ; $r_{0i}(t)$ — функция зависимости сопротивлений i -го участка вылета, прилегающего к контактному переходу, от времени; η_i — коэффициенты, учитывающие доли тепловых мощностей в указанные участки вылета за счет теплопередачи от контактных переходов; $r_{ki}(t)$ — функции зависимости сопротивлений контактных переходов мундштука — проволока и проволока — изделие от времени.

Формулы (1), (2) и зависимости, приведенные на рис. 3, позволяют выявить основные факторы, определяющие место перегорания электрода на вылете при первоначальном зажигании сварочной дуги, и положить их в основу классификации способов зажигания дуги, обеспечивающих установившийся процесс сварки после первого контакта проволоки с изделием. К ним относятся:

— напряжение на образовавшемся после первого короткого замыкания межэлектродном промежутке, определяемое условием (1);

— эффективный ток за время короткого замыкания (в дальнейшем эффективный ток короткого замыкания)

$$I_{кз}^{эф} = \sqrt{\frac{1}{t_{кз}} \int_0^{t_{кз}} i_{кз}^2(t) dt}; \quad (3)$$

— интегральное сопротивление в контактных переходах за время короткого замыкания

$$R_{ki} = \frac{1}{t_{кз}} \int_0^{t_{кз}} r_{ki}(t) dt; \quad (4)$$

— интегральные собственные сопротивления участков проволоки, примыкающих к контактным переходам, R_{01} и R_{02} ;

— условия теплонасыщения участков проволоки, примыкающих к контактным переходам в период короткого замыкания.

Если воздействовать на основные факторы таким образом, чтобы тепловая мощность снижалась в участке проволоки, примыкающем к контактному переходу мундштука — проволока, и/или повышалась в участке проволоки, примыкающем к контактному переходу проволока — изделие, то перегорание проволоки произойдет у самой поверхности изделия, что сразу же создает условия для установления процесса сварки после первоначального контакта проволоки с изделием при сварочном напряжении. В противном случае перегорание электрода происходит под мундштуком и для установления процесса сварки необходимо или подавать повышенное напряжение (и/или регулировать ток дуги) на межэлектродном промежутке¹, или временно уменьшать вылет проволоки, чтобы сварочное напряжение было достаточным для поддержания горения дуги на образовавшемся большом дуговом промежутке².

Следует особо выделить условие, при котором действуют выявленные факторы: неподвижность проволоки на вылете в течение некоторого времени в период короткого замыкания, приводящая к интенсивному нагреву неподвижного участка проволоки, примыкающего к токопроводящему контакту мундштука — проволока. Изменение этого условия может кардинально изменить соотношение мощностей в участках

¹ А. с. 941065 (СССР).

² А. с. 893450 (СССР).

вылета, в которых может происходить перегорание проволоки при установившемся процессе сварки.

Увеличивать ток $I_{кз}^{эф}$ и, следовательно, способствовать перегоранию проволоки у поверхности изделия можно посредством:

— повышения напряжения в сварочной цепи (при жесткой ВАХ источника питания)³;

— управления формой ВАХ источника питания⁴;

— снижения общего индуктивного и активного сопротивлений сварочной цепи и источника питания дуги [1, 2];

— наложения в период короткого замыкания кратковременного мощного импульса тока⁴.

Путем уменьшения $I_{кз}^{эф}$ можно добиться приближения к поверхности изделия участка вылета, находившегося в неподвижном токоподводящем контакте с мундштуком при коротком замыкании, и его перегорания на участке, не превышающем разрывной длины дуги при сварочном напряжении [3], что достигается за счет:

— ограничения тока короткого замыкания на заданный промежуток времени и затем снятия такого ограничения;

— задания высокого значения тока в начальной фазе короткого замыкания с последующим его ограничением на определенный промежуток времени и затем снятия такого ограничения.

Способы, увеличивающие интегральное сопротивление в контакте проволока — изделие и обеспечивающие гарантированное перегорание электрода у поверхности изделия, реализуются в следующих технических решениях:

— размещение в контактном переходе проволока — изделие промежуточной среды (легкоплав-

ких вставок, токопроводящих таблеток, металлических опилок, стружки, пасты, пудры, пружинящих пластинок) с низкими температурами плавления или высоким сопротивлением⁵ [4];

— поперечная вибрация конца проволоки⁶ [5];

— уменьшение скорости подачи проволоки⁷ на время $t_{кз}$ [6].

Уменьшить интегральное сопротивление в переходе мундштук — проволока за счет снижения контактного сопротивления можно следующими способами:

— поверхность одного или обоих контактирующих элементов выполнять из относительно мягких материалов с высокой электропроводностью (мундштук из меди или мягкого медного сплава и омедненная сварочная проволока) [3];

— создавать постоянное высокое усилие прижатия контактирующих поверхностей (специальные конструкции мундштуков, задание проволоке определенного радиуса кривизны, заклинивание электрода в канале мундштука [1, 7]).

Исходя из классической зависимости сопротивления от параметров проводника $R_{0i} = \rho(T)/F_{\text{э}}^{-1}$, увеличить сопротивление участка вылета R_{02} длиной l , примыкающего к контакту электрод — изделие, можно путем уменьшения площади поперечного сечения $F_{\text{э}}$ на рассматриваемом участке или предварительного повышения его температуры T за счет:

— уменьшения размера капли на электроде (при наложении магнитного поля, программирования напряжения дуги при окончании сварки)⁸;

— предварительного подогрева конца электрода⁹;

— сокращения промежутка времени между окончанием сварки одного шва и началом сварки другого, предотвращающего охлаждение капли на конце электрода ниже определенной температуры [8];

— создания на вылете локального участка уменьшенного сечения на расстоянии, не превышающем разрывную длину сварочной дуги [9];

— заострения конца проволоки (заточкой на конус, обрезанием на острие, отрывом капли путем втягивания электрода в мундштук после погасания дуги)¹⁰ [4].

Единственной пока возможностью воздействия на сопротивление R_{01} участка вылета у контакта мундштук — проволока является его предварительное переохлаждение. Однако такой способ весьма нетехнологичен и поэтому не представляет практического интереса.

Имеющиеся доступные варианты технических решений не оставляют возможности для разработки принципиально новых способов первоначального контактного зажигания дуги, основанных на воздействии на сопротивление участков вылета у контактных переходов. Чтобы обеспечить перегорание проволоки при первоначальном зажигании дуги непосредственно у поверхности изделия, можно снизить тепловложение участка проволоки, контактирующего с переходом мундштук — проволока.

Приращение энтальпии $\Delta H'$ участка проволоки, примыкающего к контактному переходу проволока — изделие, происходит за счет теплопередачи в течение времени короткого замыкания в соответствии с правилом Ньютона

$$\Delta H' = \frac{\alpha}{\Delta x'} \int_0^{t_{кз}} \{T_c'(t) - T_n(t)\} dt, \quad (5)$$

где α — коэффициент полной теплоотдачи; $\Delta x'$ — длина участка

³ Патент 51-8106 (Япония).

⁴ Патент 50-5140 (Япония), 4950864 (США).

⁵ Патент 31-746 (Япония).

⁶ А. с. 408729 (СССР).

⁷ А. с. 916174, 893450 (СССР), патент 3968340 (США).

⁸ А. с. 610628 (СССР).

⁹ Патент 2052152 (Франция).

¹⁰ Патент 124411 (ГДР).

электрода, примыкающего к контактному переходу проволока — изделие, который нагревается за счет теплопередачи; $T'_c(t)$ — температура в контактном переходе проволока — изделие; $T_n(t)$ — температура проволоки в месте контакта с токопроводящим переходом.

Приращение теплосодержания ΔH участка проволоки, находившегося в неподвижном токопроводящем контакте с мундштуком при коротком замыкании, за счет теплопередачи от контактного перехода в упрощенной форме

$$\Delta H = \frac{\alpha F_k}{\Delta x F_\Sigma} \int_0^{t_H} \{T_c(t) - T_n(t)\} dt, \quad (6)$$

где F_k — площадь токопроводящего контакта проволоки с мундштуком; Δx — длина участка проволоки, находившегося в неподвижном токопроводящем контакте с мундштуком, по которому происходит перегорание электрода

под мундштуком; t_H — время неподвижности проволоки на вылете при коротком замыкании; $T_c(t)$ — температура в контактном переходе мундштук — проволока.

Очевидно, что влиять на передачу теплоты в электрод от контактного перехода проволока — изделие весьма проблематично. Наиболее приемлемым является воздействие, направленное на отбор теплоты от участка проволоки, находившегося в неподвижном токопроводящем контакте с мундштуком при коротком замыкании, либо на снижение теплопередачи в него от контактного перехода.

Для отбора теплоты от участка проволоки, находившегося в неподвижном токопроводящем контакте с мундштуком при коротком замыкании, разработан способ¹¹,

¹¹ А. с. 1119801 (СССР).

в котором для этой цели используются медные башмаки, вводимые в контакт с электродом у торца мундштука на время первоначального короткого замыкания. При отборе от указанного участка не менее 50 % накопленной теплоты перегорание проволоки происходит на расстоянии, меньшем разрывной длины дуги, и сразу устанавливается процесс сварки.

В уравнение (6) входят все параметры, влияющие на величину приращения энтальпии ΔH , однако реально уменьшить ΔH можно только за счет изменения Δx , F_Σ и T_n . Остальные параметры являются практически неуправляемыми.

Из уравнения (6) также следует, что ΔH будет равно нулю, если $T_n \geq T_c$, т. е. если предварительно нагреть электрод до температуры контакта в переходе мундштук — проволока и выше, то при коротком замыкании на вылете уже не будет наблюдаться характерных двух пиков температуры и весь

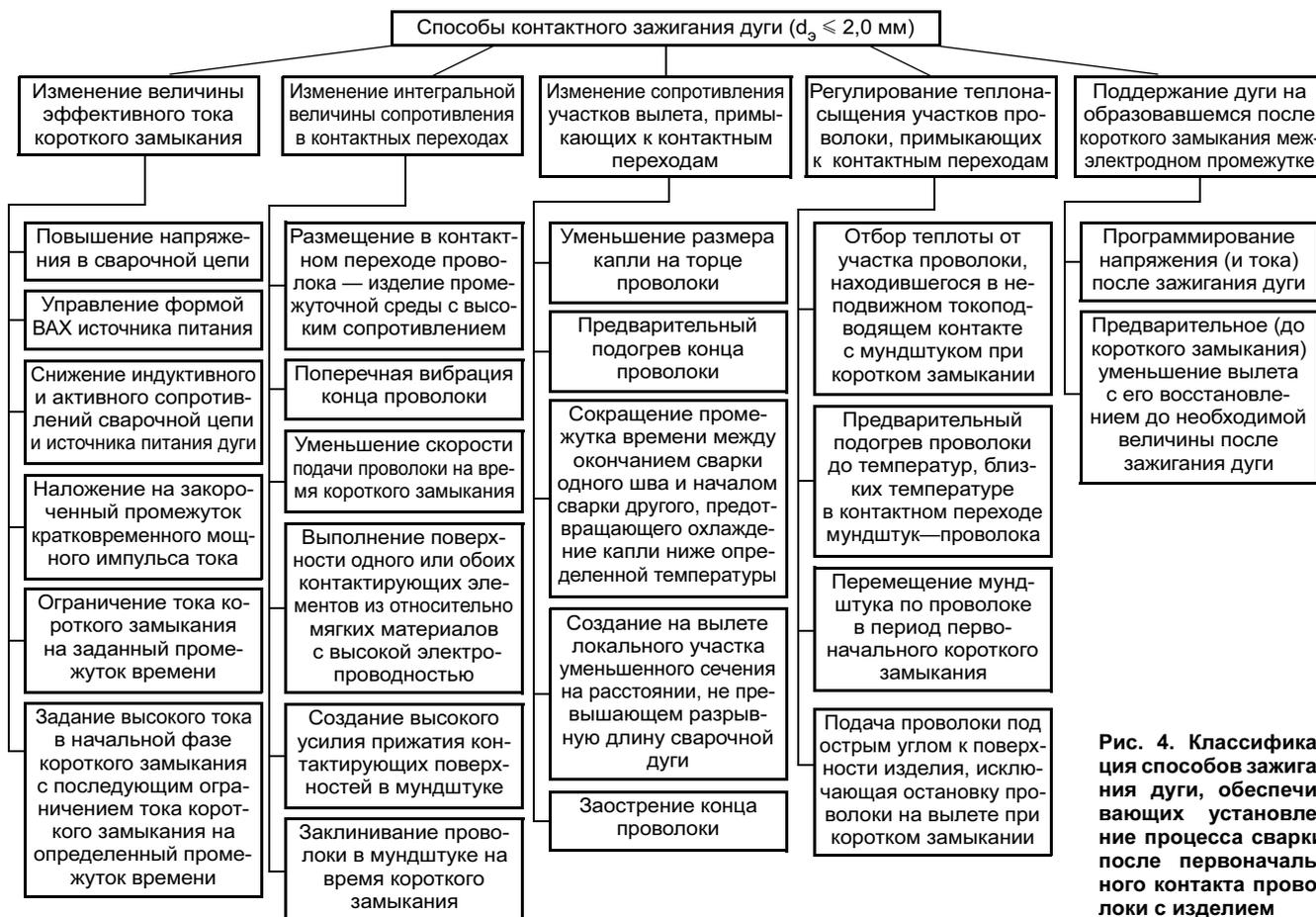


Рис. 4. Классификация способов зажигания дуги, обеспечивающих установление процесса сварки после первоначального контакта проволоки с изделием

вылет будет находиться в одинаковых условиях для нагрева. Однако это приведет к тому, что процесс станет неуправляемым — возникает вероятность перегорания проволоки в любом месте вылета.

Тем не менее, если подогреть проволоку до температур, меньших T_c на несколько десятков градусов, то можно сразу же зажечь дугу в месте контакта проволоки с изделием, поскольку сокращается время короткого замыкания и оно становится меньше $t_{кр}$ [3].

Изменение F_3 одинаково влияет на приращение теплосодержания в обоих участках электрода, примыкающих к контактному переходу, поэтому качественно изменить картину процесса F_3 не может, и ее не следует рассматривать как параметр воздействия.

Еще один способ снижения ΔH заключается в увеличении параметра Δx , что может быть достигнуто в процессе короткого замыкания только за счет перемещения электрода относительно точечного контактного перехода или наоборот [3]. Чтобы получить такое перемещение, необходимо устранить причину, приводящую к перегоранию электрода под мундштуком, — остановку пере-

мещения проволоки на вылете при первоначальном коротком замыкании. Это достигается за счет:

— перемещения мундштука по электроду (к изделию или от него) в течение времени первоначального короткого замыкания;

— подачи проволоки под острым углом к поверхности изделия (что приводит к проскальзыванию конца проволоки по поверхности изделия).

Все рассмотренные воздействия положены в основу классификации способов зажигания дуги (рис. 4), обеспечивающих установление процесса сварки после первоначального контакта проволоки с изделием.

ВЫВОДЫ

1. Способы управления местом перегорания электрода на вылете могут быть основаны как на одном виде воздействия, так и на нескольких воздействиях, осуществляемых одновременно или последовательно.

2. Все способы контактного зажигания сварочной дуги имеют свои достоинства и недостатки, которые проявляются в конкретных условиях сварки. Многообразие таких условий предполагает и

многообразие способов установления процесса сварки, однако общей тенденцией является применение наиболее простых способов управления рассматриваемым процессом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Потальевский А. Г.* Сварка в защитных газах плавящимся электродом. М.: Машиностроение, 1974. 240 с.
2. *Dorhofer F., Romaska H.* Welche Anforderung muß eine Metall — Aritiv-gossschweißan lamge arfilen // Schweissen und Schneiden. 1978. N 12. S. 491—496.
3. *Варуха Е. Н.* Нагрев и плавление электрода при дуговой механизированной сварке: Дис. ... д-ра техн. наук. Ростов-на-Дону, 1998. 294 с.
4. *Вайнбойм Д. И.* Автоматическая дуговая точечная сварка. М.: Машиностроение. 1966. 200 с.
5. *Чвертко А. И., Иванов Г. П., Порхун Б. В.* Новый способ возбуждения дуги при сварке под флюсом // Автоматическая сварка. 1973. № 4. С. 44—45.
6. *Мартинович В. В., Заколов Г. И.* Исследование возбуждения дуги при сварке электродозаклепками в углекислом газе // Вопросы газозащитной сварки. Ростов-на-Дону: РИСХМ, 1972. С. 60—64.
7. *Ленивкин В. А., Кленов Г. Г.* Распределение тока и контактного сопротивления в токоподводящем наконечнике // Сварочное производство. 1990. № 9. С. 27—29.
8. *Улучшение стабилизации возбуждения дуги при выполнении коротких и прерывистых швов / В. А. Ленивкин, Г. Г. Кленов, Р. Я. Докторский и др.* // Сварочное производство. 1988. № 11. С. 35—37.
9. *Ленивкин В. А., Варуха Е. Н., Кленов Г. Г.* Определение условий начального возбуждения сварочной дуги. Ростов-на-Дону: РИСХМ. 1979. 16 с. Деп. в НИИМаш 16.10.79. № 92—79.

УДК 621.791.75:519.2:519.72

**З. О. КАВРИШВИЛИ, канд. техн. наук, А. В. ЧЕРНОВ, д-р техн. наук,
С. М. БУРДАКОВ, канд. техн. наук
ВИ(Ф) ЮРГТУ (НПИ) (Волгодонск Ростовской обл.)**

Оценка качества составляющих процесса ручной дуговой сварки энтропийными методами

Сварочное оборудование, сварочные материалы и квалификация сварщика являются основными факторами, влияющими на качество выполняемых сварочных работ. НАКС устанавливает правила аттестации и технологические регламенты проведения их аттестации. При этом оговариваются технологические характеристики источников питания (ИП) и сварочных материалов, которые необходимо кон-

тролировать перед применением, методика оценки уровня профессиональной подготовки сварщиков.

Особое внимание уделяется выполнению сварочных работ на ответственных конструкциях (трубопроводах I и II категорий, конструкциях, подведомственных Госгортехнадзору, конструкциях из легированных сталей и др.), перед проведением которых сварочные материалы даже при наличии

сертификата качества должны пройти пробную проверку технологических свойств [1]. Согласно постановлению Федерального горного и промышленного надзора России № 102 от 19.06.2003 г. "Об утверждении Порядка применения сварочного оборудования при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для производственных объектов", периодическая аттестация сварочного оборудования должна проводиться каждые три года [2].

Прямое измерение технологических характеристик ИП и сварочных материалов является довольно трудоемким и дорогостоящим процессом, требует наличия специального оборудования и может быть реализовано только в лабораторных условиях. Аттестация же сварщиков носит в основном субъективный характер, поскольку основана на опыте и суждении отдельно взятого специалиста или группы экспертов. Поэтому уже давно многие исследователи ведут поиск дополнительных, более доступных для измерения количественных критериев, с помощью которых можно оценивать качество ИП, сварочных материалов и квалификацию сварщика. Так как наиболее доступными для измерения параметрами сварочного процесса являются его электрические характеристики, то для определения критериев качества широко применяется обработка сигналов сварочного тока $I_{св}$ и напряжения дуги $U_{д}$ методами статистического анализа [3—5].

Анализ применяемых методов оперативной аттестации сварочного процесса и его составляющих показывает, что предлагаемые критерии качества (среднеквадратичное отклонение $U_{д}$, средняя длительность и частота коротких замыканий и др.) позволяют оценивать качество технологических характеристик преимущественно сварочных материалов (разбрызгивание, возможность сварки в различных пространственных положениях и др.). Кроме того, оценка некоторых из этих критериев производится с большой погрешностью из-за сильной зашумленности сигналов $I_{св}$ и $U_{д}$. Например, сложность оценки средней длительности коротких замыканий и частоты капельного переноса связана с тем, что по форме электрических сигналов трудно идентифицировать момент образования капли и ее переход в сварочную ванну из-за наличия большого количества ложных выбросов.

В данной работе определяли дополнительные критерии, позволяющие оценить параметры сварочного процесса на основе анализа электрических характеристик сварочного контура. В основу исследования свойств сигналов $I_{св}$ и $U_{д}$ положены методы теории информации [6]. В рамках данной методики использована статистическая обработка данных, позволяющая оценить вклад составляющих сварочного процесса в информационное содержание сигналов и выявить их взаимозависимость.

Так как сигналы сварочного тока и напряжения дуги относятся к классу непрерывных случайных процессов, то в качестве меры информационного содержания этих сигналов принята статистическая мера неопределенности — относительная энтропия сигналов [7]:

$$H_{\Delta x}(X) = - \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \Delta x \log_2 f(x) dx = \\ = - \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \log_2 f(x) dx - \log_2 \Delta x, \quad (1)$$

где $f(x)$ — функция плотности вероятности распределения значений сигнала; Δx — достаточно малый шаг квантования сигнала по уровню.

Так как в формуле основание логарифма равно 2, то энтропию измеряли в битах.

Из формулы (1) следует, что $H_{\Delta x}(X)$ зависит не только от формы $f(x)$, но и от шага квантования Δx . Поэтому на практике наиболее часто рассматривают приведенную энтропию $H^*(X)$:

$$H_{\Delta x}(X) = H^*(X) - \log_2 \Delta x,$$

откуда

$$H^*(X) = H_{\Delta x}(X) + \log_2 \Delta x. \quad (2)$$

Поскольку при измерении сигналов сварочного тока и напряжения дуги шаг квантования имеет относительно малое значение ($\Delta x_{и} = 0,05$ В, $\langle U_{д} \rangle = 20$ В; $\Delta x_{I} = 0,8$ А, $\langle I_{св} \rangle = 110$ А), то значение $H_{\Delta x}(X)$ можно определить приближенными численными методами:

$$H_{\Delta x}(X) = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2(p_i), \quad (3)$$

где p_i — вероятность попадания значения сигнала X в i -й разряд кванта.

Подставляя выражение (3) в формулу (2), получим

$$H^*(X) = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2(p_i) + \log_2 \Delta x. \quad (4)$$

Значения энтропии, получаемые по формулам (3) и (4), являются безусловными, так как рассчитываются в предположении, что вероятность появления значений сигналов не зависит от предыдущего значения. Однако для сигналов сварочного тока и напряжения это не так. Для количественной оценки неопределенности появления значений сигналов $I_{св}$ и $U_{д}$ при условии, что их предыдущее значение известно, использовали формулу относительной средней условной энтропии

$$H_{\Delta x}^{усл}(X) = - \sum_j p_j \sum_i p_{i,j} \log_2(p_{i,j}), \quad (5)$$

где $p_{i,j}$ — вероятность попадания значения сигнала

ла X в j -й разряд кванта, если в предыдущий момент времени он находился в i -м разряде.

Приведенная средняя условная энтропия

$$H_{\text{усл}}^*(X) = -\sum_j p_j \sum_i p_{i,j} \log_2(p_{i,j}) + \log_2 \Delta x. \quad (6)$$

Разность значений безусловной и средней условной энтропии показывает, на сколько снижает неопределенность предыдущее значение сигнала от последующего, т. е. сколько информации несет сигнал о самом себе:

$$I = H_{\Delta x}(X) - H_{\Delta x, \text{усл}}^*(X) = H^*(X) - H_{\text{усл}}^*(X). \quad (7)$$

Перед тем как производить оценку вероятностей попадания сигнала в тот или иной разряд из полного сигнала $U_{\text{д}}$ (или $I_{\text{св}}$) (рис. 1) выбирали временной отрезок, соответствующий установившемуся процессу сварки, когда скорость плавления электрода $v_{\text{пл}} \approx \text{const}$ (рис. 2).

Расчет безусловных вероятностей p_i проводили в результате построения группированного статистического ряда [8] (рис. 3).

Для того чтобы найти условные переходные вероятности $p_{i,j}$, строили график зависимости $U_{\text{дк}+1}$ ($U_{\text{дк}}$), который разбивали условно сеткой на разряды (рис. 4).

Для определения по данному графику вероятности попадания в j -е состояние (квант) в $(k+1)$ -й момент времени, если в k -м момент времени сигнал находился в i -м кванте, необходимо подсчитать число точек $m_{i,j}$, попавших в ячейку на пересечении i -го и j -го разрядов соответствующих осей (см. рис. 4). Теперь искомую вероятность можно определить как

$$p_{i,j} = \frac{m_{i,j}}{n_i}, \quad (8)$$

где n_i — число отсчетов сигнала $U_{\text{дк}}$, попавших в i -й разряд кванта.

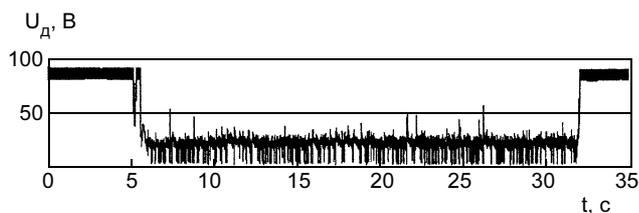


Рис. 1. Полная временная реализация сигнала $U_{\text{д}}$

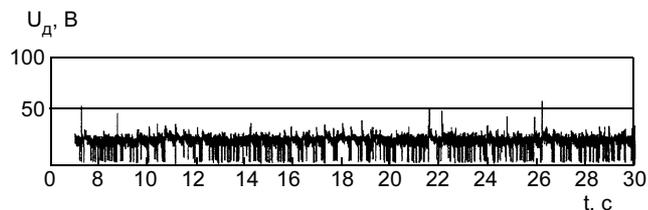


Рис. 2. Выбранный участок сигнала $U_{\text{д}}$, где $v_{\text{пл}} \approx \text{const}$

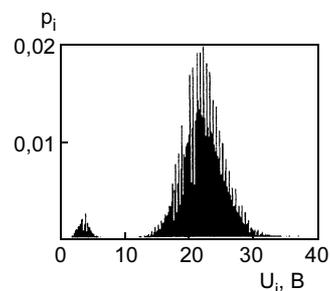


Рис. 3. Группированный статистический ряд для $U_{\text{д}}$

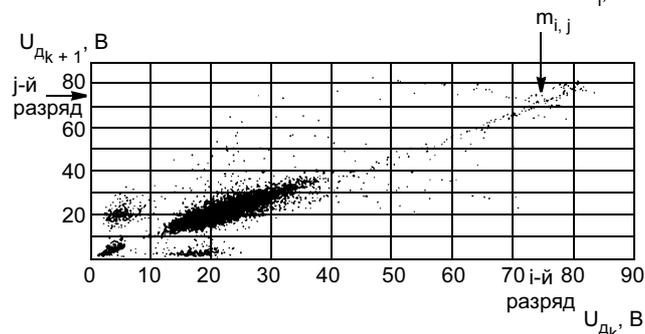


Рис. 4. График зависимости $U_{\text{дк}+1}(U_{\text{дк}})$

Его значение определяется следующим образом:

$$n_i = \sum_{j=i}^z m_{i,j}, \quad (9)$$

где z — количество разрядов.

Данная методика расчета энтропийных характеристик сигнала опробована при сварке покрытыми электродами УОНИ-13/55 с применением сварочного источника ВДУ-504 для разных вольтамперных характеристик.

Сначала при пологопадающей ВАХ проводили ряд сварок на режиме $\langle I_{\text{св}} \rangle = 150 \text{ А}$, $\langle U_{\text{д}} \rangle = 24 \text{ В}$ с регистрацией сигналов $U_{\text{д}}$ и $I_{\text{св}}$ на ЭВМ с частотой дискретизации 2000 Гц. Затем имитировали сварочные работы на неисправном оборудовании, для чего также провели ряд сварок на жесткой ВАХ источника с регистрацией электрических сигналов.

Перед тем как рассчитать значения энтропии по приведенной методике участки сигналов $U_{\text{д}}$ и $I_{\text{св}}$, на которых процесс сварки установился, фильтровали программным ФНЧ с частотой среза $f_{\text{ср}} = 100 \text{ Гц}$. Результаты экспериментов, полученные по сигналам напряжения дуги и сварочного тока, приведены в табл. 1 и 2 соответственно.

Из табл. 2 следует, что для источника питания с жесткой ВАХ значение H^* примерно на 1 бит выше, чем для источника с пологопадающей ВАХ. Для относительного количества информации I/H^* эта разница составляет не менее 10%. Таким образом, наиболее чувствительными к изменению ВАХ источников питания являются параметры H^* и I/H^* в сигнале $I_{\text{св}}$.

Таблица 1

Номер эксперимента	$H_{\Delta}^{усл}$, бит	$H_{усл}^*$, бит	H_{Δ} , бит	H^* , бит	I , бит	IIH^* , %
Жесткая ВАХ						
1	5,307	1,985	7,198	3,876	1,891	48,8
2	5,406	2,084	7,08	3,758	1,674	44,5
3	5,353	2,031	7,076	3,754	1,723	46
Пологопадающая ВАХ						
4	5,264	1,942	7,007	3,685	1,744	47,3
5	5,273	1,951	7,139	3,817	1,867	48,8
6	5,276	1,954	7,139	3,817	1,863	48,8

Таблица 2

Номер эксперимента	$H_{\Delta}^{усл}$, бит	$H_{усл}^*$, бит	H_{Δ} , бит	H^* , бит	I , бит	IIH^* , %
Жесткая ВАХ						
1	5,412	3,675	7,76	6,023	2,349	39
2	5,62	3,883	7,832	6,095	2,213	36,3
3	5,512	3,775	7,802	6,065	2,29	37,8
Пологопадающая ВАХ						
4	5,526	3,789	6,925	5,188	1,4	27
5	5,54	3,803	6,87	5,134	1,331	25,9
6	5,551	3,814	6,951	5,214	1,4	27

ВЫВОДЫ

1. Разработана методика оценки информационного содержания сигналов сварочного тока и напряжения дуги с учетом статистической зависимости появления значений в их временной реализации.

2. Анализ полученных значений энтропии и относительного количества информации по сигналам напряжения дуги и сварочного тока, вычисленных для источников питания с разными ВАХ, показывает, что данные количественные показатели можно использовать для оценки качества характеристик составляющих сварочного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блинов А. П., Лялин К. В. Организация и производство сварочно-монтажных работ. М.: Стройиздат, 1982. 307 с.
2. Нормативные документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности. М.: Мир, 2003.
3. Критерии оценки стабильности процесса дуговой сварки на постоянном токе / И. К. Походня, И. И. Заруба, В. Е. Пономарев и др. // Автоматическая сварка. 1989. № 8. С. 1—4.
4. Язовских В. М., Кривоносова Е. А., Шумяков В. И. Экспресс-методы оценки качества сварочных электродов // Сварочное производство. 1998. № 5. С. 26—30.
5. Новые разработки фирмы "Манса Судаж СА" (Швейцария) // Энергомашиностроение. 1988. № 7. С. 45.
6. Душин В. К. Теоретические основы информационных процессов и систем: Учебник. М.: Издательско-торговая корпорация "Дашков и К°", 2003. 348 с.
7. Куликовский Л. Ф., Мотов В. В. Теоретические основы информационных процессов. М.: Высшая школа, 1987. 248 с.
8. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. М.: Наука, 1998. 480 с.

Внимание! Информация

При поддержке Комитета экономического развития, промышленной политики и торговли Администрации Санкт-Петербурга

10-13 апреля 2007

Санкт-Петербург

Государственный региональный образовательный центр
(Санкт-Петербург, ул. Аэродромная, 4)

9-я Международная практическая конференция-выставка ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА, ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН, МЕХАНИЗМОВ, ОБОРУДОВАНИЯ, ИНСТРУМЕНТА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

Тематика конференции

- технологии диагностики и дефектации, мойки и очистки, восстановления заданной геометрии, упрочнения и восстановления свойств поверхности, механической обработки нанесенных покрытий, окраски и консервации;
- масла, смазки, клеи и герметики;
- процессы трения и изнашивания, защита от коррозии, конструкционные и эксплуатационные методы повышения долговечности.

В рамках конференции будет проходить школа-семинар "ВСЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА, ШТАМПОВ, ПРЕСС-ФОРМ И ДРУГОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ", во время которой будет производиться упрочнение привезенного инструмента и деталей технологической оснастки.

Организаторы:
Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет, НПФ "ПЛАЗМАЦЕНТР"



Плазмацентр

Тел.: (812) 5853664, (901) 3043191, (812) 5287484

Факс: (812) 5287484

E-mail: info@plasmacentre.ru, office@plasmacentre.ru



Исследование процесса износа ролика-электрода при электроконтактной наплавке проволокой

Электроконтактная наплавка проволокой — эффективный, производительный способ восстановления изношенных деталей, позволяющий формировать тонкие и ровные слои металлопокрытия высокого качества. Способ отличается малым термическим воздействием на основной металл, отсутствием свето- и газовыделения, благоприятными условиями работы оператора и др. [1]. В то же время следует отметить и существенный недостаток электроконтактной наплавки — повышенный износ инструмента. Ролик-электрод постепенно изнашивается из-за многократного воздействия на него температуры и давления со стороны присадочной проволоки. Износ имеет форму кольцевой канавки с весьма малыми поперечными размерами, без четкого контура. Поэтому определить точно величину износа ролика-электрода непосредственным измерением трудно.

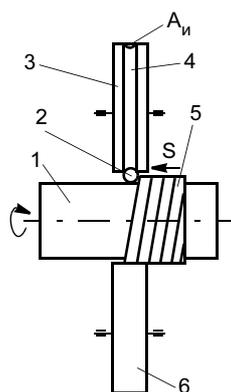


Рис. 1. Формирование металлопокрытия электроконтактной наплавкой: 1 — наплавляемый вал; 2 — присадочная проволока; 3 — ролик-электрод; 4 — кольцевая канавка износа; 5 — металлопокрытие; 6 — токоотводящий ролик

На рис. 1 приведена схема формирования металлопокрытия электроконтактной наплавкой. Присадочная проволока периодически разогревается импульсами тока и осаждается, испытывая трехмерную пластическую деформацию. При осадке часть присадочного металла выдавливается из-под ролика в направлении, обратном направлению натягивания проволоки. Чем больше относительное движение разогретого до пластического состояния присадочного металла по поверхности наплавляемого вала, приводящее к разрушению и растворению плотных оксидных пленок, тем выше прочность сварного соединения. Для углеродистых сталей такая связь может быть записана в виде [2]

$$\sigma / \sigma_{\max} = 3,28 \varepsilon - 0,549, \quad (1)$$

где σ — напряжение отрыва наплавленного слоя металлопокрытия от основного металла детали; σ_{\max} — максимально возможное напряжение, равное пределу прочности на разрыв основного металла; ε — относительная осевая деформация присадочной проволоки, равная $(L_B - L_{\text{пр}}) / L_{\text{пр}}$ (L_B — длина наплавленного неизношенным роликом-электродом валика металлопокрытия, $L_{\text{пр}}$ — длина проволоки, затраченной на формирование валика).

Разработана методика определения износа ролика-электрода как площади поперечного сечения кольцевой канавки на его рабочей поверхности, основанная на измерении относительной осевой деформации присадочной проволоки при ее наплавке. Из присадочной проволоки длиной $L_{\text{пр}}$ (рис. 2, а) на поверхности

цилиндрического образца формируют валик металлопокрытия длиной L_B (рис. 2, б) с применением неизношенного ролика электрода и определяют относительную осевую деформацию проволоки ε . Затем на том же режиме на образец наплавляют валик длиной L'_B изношенным ролик-электродом с кольцевой канавкой износа, величину $A_{\text{и}}$ которого необходимо определить. Определяют относительную осевую деформацию присадочной проволоки ε' . При наплавке данного валика разогретый до пластического состояния присадочный металл заполняет кольцевую канавку, копируя ее профиль и образуя на поверхности наплавляемого валика наплыв, сечение которого соответствует поперечному сечению кольцевой канавки на изношенном ролике-электродом (рис. 2, в). При формировании такого валика проволока удлиняется меньше, ее относительная деформация ε' заметно меньше аналогичной характеристики ε , определенной ранее при наплав-

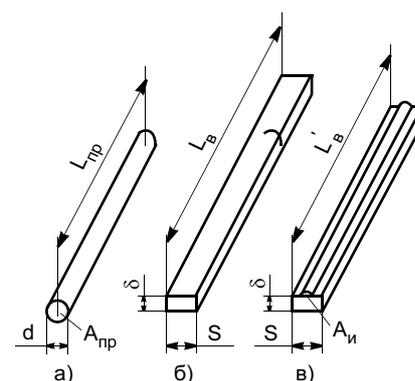


Рис. 2. Развертка валиков металлопокрытия: а — исходная присадочная проволока; б, в — валик, наплавленный неизношенным и изношенным роликом-электродом соответственно

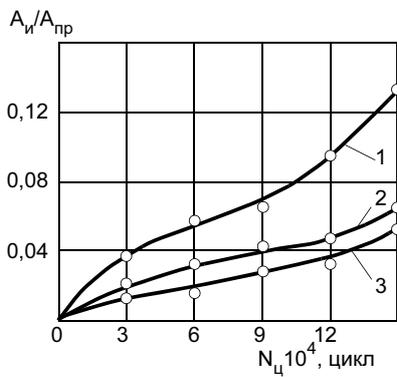


Рис. 3. Зависимость износа рабочих поверхностей роликов-электродов от числа циклов наплавки: 1—3 — электрод из горячекатаной меди, бронза Бр.ХБТ и Бр.НБТ соответственно

ке неизношенным роликом-электродом. Формула для определения площади сечения кольцевой канавки износа (в долях от площади поперечного сечения присадочной проволоки $A_{пр}$) имеет следующий вид:

$$\frac{A_i}{A_{пр}} = \frac{\varepsilon - \varepsilon'}{(1 + \varepsilon)(1 + \varepsilon')} \quad (2)$$

Для определения износа роликов-электродов в зависимости от числа циклов наплавки $N_{ц}$ на установке УКН 01-1-02Н наплавляли образцы диаметром 50 мм из стали 45 (ГОСТ 1050—88) пружинной проволокой 2-го класса (ГОСТ 9389—75) диаметром 1,8 мм на режиме, обеспечивающем максимально возможную прочность сварного соединения [2]: действующее значение тока наплавки 7,2 кА, окружная скорость вращения образца 20 мм/с, усилие на ролике 1,3 кН. Продолжительность импульсов тока и пауз между ними составляла соответственно 0,04 и 0,08 с и регулировалась тиристорным прерывателем. Испытания, результаты которых приведены на рис. 3, проводили с использованием роликов-электродов диаметром 300 мм с плоской рабочей поверхностью, изготовленных из горячекатаной меди, хромистой бронзы Бр.Х (0,4—1,0 % Cr) и никельбериллиевой бронзы Бр.НБТ (1,1—1,6 % Ni, 0,2—0,4 % Be, 0,05—0,15 % Ti).

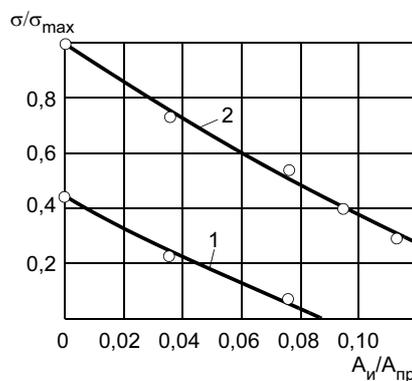


Рис. 4. Зависимость прочности сварного соединения от износа рабочей поверхности инструмента: 1, 2 — ε равна 0,300 и 0,472 соответственно

Износ инструмента при электроконтактной наплавке отрицательно сказывается на прочности сварного соединения металлопокрытия с основой из-за уменьшения деформации присадочной проволоки. На рис. 4 приведены определенные по формуле (1) зависимости прочности сварного соединения от износа рабочей поверхности инструмента. Графики построены для оптимального режима наплавки¹, при котором относительная осевая деформация присадочной проволоки, соответствующая наплавке неизношенным инструментом, $\varepsilon = 0,472$ и для режима наплавки с начальным значением $\varepsilon = 0,300$. Видно, что уже при небольшом износе 0,04—0,05 $A_{пр}$ прочность сварного соединения снижается на 30—40 % по сравнению с аналогичным показателем для неизношенного ролика-электрода. Эти рас-

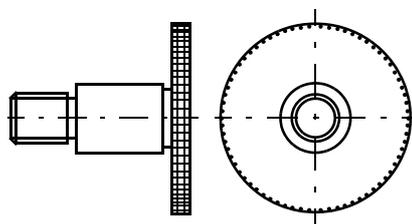


Рис. 5. Ролик-электрод с рабочей частью, упрочненной сеткой из жаропрочного материала

¹ А. с. 641306 (СССР).

четные зависимости хорошо подтверждаются экспериментами по отрыву штифтов разборного образца от наплавленного слоя.

Результаты испытаний показывают, что существенное снижение качества сварного соединения происходит при применении электродов из горячекатаной меди уже через 1,5—2 ч машинного времени. Полностью компенсировать отрицательное влияние износа электрода на качество сварного соединения корректировкой технологических режимов наплавки не удастся. На практике это означает необходимость двух-трехкратной за смену заправки таких инструментов, для чего рабочие поверхности роликов протачивают на токарном станке. При применении более износостойких электродов из бронзы Бр.Х и Бр.НБТ ролик-электрод достаточно заправить 1 раз за смену.

В Башкирском государственном аграрном университете разработаны электроды для электроконтактной наплавки и роликовой сварки², рабочие поверхности которых упрочнены сеткой из жаропрочных материалов (рис. 5). Наличие такой сетки позволяет снизить пластическую деформацию электродного материала. Одновременно с высокой износостойкостью рабочие поверхности таких электродов имеют высокую тепло- и электропроводность.

ВЫВОД

Разработана методика определения износа ролика-электрода как площади поперечного сечения кольцевой канавки на его рабочей поверхности, основанная на замерах относительной осевой деформации присадочной проволоки при ее наплавке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клименко Ю. В. Электроконтактная наплавка. М.: Металлургия, 1978. 128 с.
2. Ибрагимов В. С., Мамлеев Ч. М., Нафиков М. З. Электроконтактная наплавка автотракторных валов // Техника в сельском хозяйстве. 1980. № 3. С. 17, 18.

² А. с. 880662 (СССР).

УДК 621.791.75.04

Ю. В. ДОРНИН, канд. техн. наук
ООО "ЭКМО" (Москва)

Некоторые особенности конструирования формирующих слоев подкладочных устройств для односторонней дуговой сварки сталей¹

Если упрощенно рассматривать многочисленные конструкции подкладок, предназначенных для формирования обратной стороны шва при односторонней сварке сталей, то их можно условно разделить на две группы:

— обеспечивающие гарантированный провар и форму обратного валика за счет подготовленных металлических или керамических нерасплавляемых изложниц (подкладок);

— обеспечивающие гарантированный провар и форму обратного валика за счет расплавления специально подобранных по геометрии, механическим, физико-химическим свойствам слоев, как твердых, так и гибких, однослойных и многослойных, сыпучих и монолитных.

В данной работе рассмотрен опыт конструирования подкладок на основе экспериментов, проводимых в МГТУ им. Н. Э. Баумана, ВНИИмонтажспецстрое, ВНИИ стеклопластиков, Текстильном институте им. Н. А. Косыгина в 1978—1997 гг.

В конце 70-х годов прошлого века развитие технологии односторонней сварки шло в основном под влиянием опыта японских судостроителей. В работе [1] описаны передовой опыт и преимущества односторонней сварки корпусных конструкций судов. Японские специалисты на основе собственного опыта создали оригинальные конструкции и подобрали составы материала подкладок, обеспечивающих благоприятную форму обратного валика при дуговой сварке стыковых соединений сталей. В работе [2] подробно изложен опыт отечественных судостроителей, исследованы и доказаны технологические и экономические преимущества односторонней сварки. В работе [3] доказано, что благоприятная форма обратного валика обеспечивается физико-химическими свойствами расплав-

ленного шлака подкладки — вязкостью, поверхностным натяжением, температурой плавления и затвердевания. Слой подкладки должен по феноменологической схеме расплавиться под воздействием теплоты дуги, расплавленного металла и шлака, образовать шлаковую ванну, в которую по возможности без значительных гидродинамических возмущений внедряется расплавленный металл. При этом шлак должен застыть раньше металла, не позволяя вытечь металлу и гарантируя равномерную ширину обратного валика. При исследованиях стандартные флюсы типа АН-348А или ОСЦ-45, используемые при сварке на флюсовой подушке и флюсомедной подкладке, после измельчения и брикетирования в виде керамики оказались жидкотекучими и обратный валик получался с характерными наплывами. Напротив, кварцевый песок, тугоплавкий и вязкий, измельченный в мелкий порошок с диаметром зерен менее 0,2 мм, давал хорошие результаты на мощных погонных энергиях при однопроходной сварке сталей, но толщиной более 14 мм. Необходимые результаты для широкого спектра толщин были достигнуты при подборе составов материала подкладок с применением шихты для электродного покрытия. Широкий диапазон основных и кислых оксидов, ферросплавов, сложных концентратов, солей позволил разработать шлаковую систему, которая гарантировала полный провар и формирование равномерного по ширине и высоте обратного валика с плавным переходом к основному металлу. Однако эксплуатационная прочность спеченных материалов шихты оказалась недостаточной из-за низкой температуры спекания. При попытке формирования расплавляемых высокопрочных брикетов возникли следующие трудности:

— связующее — жидкое стекло, используемое при изготовлении электродов, не обеспечивало высокой прочности керамики;

¹ В подготовке статьи и проведении экспериментов принимала участие инж. Е. В. Горбунова.

— подкладки таких составов были дороги, и их одноразовое использование не обеспечивало экономического эффекта;

— подкладку необходимо было использовать 2—3 раза, но сварщики не были в этом заинтересованы.

Тем не менее для разработки оптимального состава на основе анализа многочисленных патентных публикаций в стране и за рубежом были выбраны компоненты, которые всегда входили в состав подкладок или формирующих обратный валик флюсов. Это железный порошок, оксид кремния SiO_2 , рутил TiO_2 , глинозем Al_2O_3 , флюорит CaF_2 , оксид магния MgO , диоксид марганца MnO_2 , ферросилиций FeSi . Оптимизация с помощью методов качественной и количественной оценки позволила разработать составы² подкладок, нашедших промышленное применение.

Однако керамические подкладки при всех преимуществах обладали рядом недостатков:

— трудность использования при односторонней сварке криволинейных стыковых соединений диаметром менее 800 мм;

— гигроскопичность;

— для установки необходим свободный доступ на обратную сторону стыкового соединения.

Поиски гибких, эластичных конструкций формирующих слоев за рубежом и в СССР привели к созданию эластичных подкладок на основе электрокорунда, стеклянной крошки и латекса. Сначала компания "ЗМ" (США), а затем в 1977 г. ИЭС им. Е. О. Патона создали и внедрили гибкие эластичные подкладки ППП в судостроении и других отраслях промышленности.

В свою очередь многочисленные научно-исследовательские работы, проводимые в ВНИИ-Монтажспецстрое совместно с ВНИИ стеклопластиков, Текстильным институтом им. Н. А. Косыгина, позволили разработать новое поколение гибких подкладных лент на основе неорганических стекловолокон, сплетенных или связанных в ткани, ленты, шнуры.

Сочетание различных свойств стекловолокна обеспечивает их широкое применение при односторонней сварке. Они высокопрочны при изгибе, растяжении, сжатии; негорючи, температуростойки; обладают малой гигроскопичностью, стойки против химического воздействия; существующее оборудование способно ткать и вязать с высокой производительностью сотни тысяч метров ленты и шнура, и, самое главное, небольшое изменение химического состава стекловолокна может обеспечить шлаковый расплав с аналогичными, как у сыпучих компонентов, физико-химическими свойствами:

² А. с. 625885, 631294 (СССР).

вязкостью, температурой плавления $t_{\text{пл}}$ и затвердевания $t_{\text{затв}}$, поверхностным натяжением.

На основе практического опыта при односторонней сварке на монтаже резервуарных, судовых конструкций, труб большого диаметра была разработана конструкция двухкомпонентной стекловолоконной подкладки (рис. 1), регулирующей ширину обратного валика и предотвращающей возникновение наплывов при односторонней сварке на горизонтальной плоскости. Тугоплавкие вставки 5 изготовлены из кремнеземных волокон с $t_{\text{пл}} > 1700^\circ\text{C}$ и не расплавляются при контакте с жидким металлом. Формирующий слой 4 из легкоплавких волокон с $t_{\text{пл}} \leq 1250^\circ\text{C}$ образует шлаковую ванну, благоприятно формирующую обратный валик шва³. Ленточная конструкция формирующей ленты была реализована в подкладочном устройстве для односторонней сварки труб⁴ и отводов. Крепление к обратной стороне стыка осуществляется при помощи клея 2, нанесенного на фольгу 1 (см. рис. 1).

Положительные результаты, полученные при односторонней сварке на гибких стекловолоконных лентах, обусловили разработку подкладок для сварки под флюсом, порошковой проволокой, в защитных газах.

Повышение требований к качеству формирования обратного валика заставило обратить внимание на дефекты — шлаковые включения, несплавления, отделимость шлаковой корки на обратной стороне и др. Установили, что дефекты появляются из-за избытка шлаковой массы, образующейся как при плавлении флюса (шихты проволоки, электродного покрытия), так и формирующегося слоя подкладки. При сварке под флюсом объем шлака минимальный, при сварке в защитных газах — максимальный. Управлять объемом шлака можно, регулируя плотность слоя подкладки. При изменении плотности общий профиль единой тканой структуры остается одинаковым (рис. 2), но при ее увеличении уменьшается расстояние l между нитями основы формирующего слоя, уменьшается диаметр нити основы d . Уменьшение плотности связано с

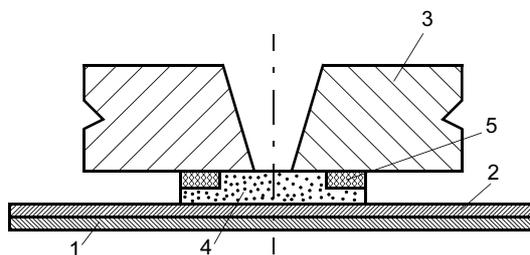


Рис. 1. Двухкомпонентная стекловолоконная подкладка (3 — изделие)

³ А. с. 732141, 903010 (СССР).

⁴ А. с. 1237358 (СССР).

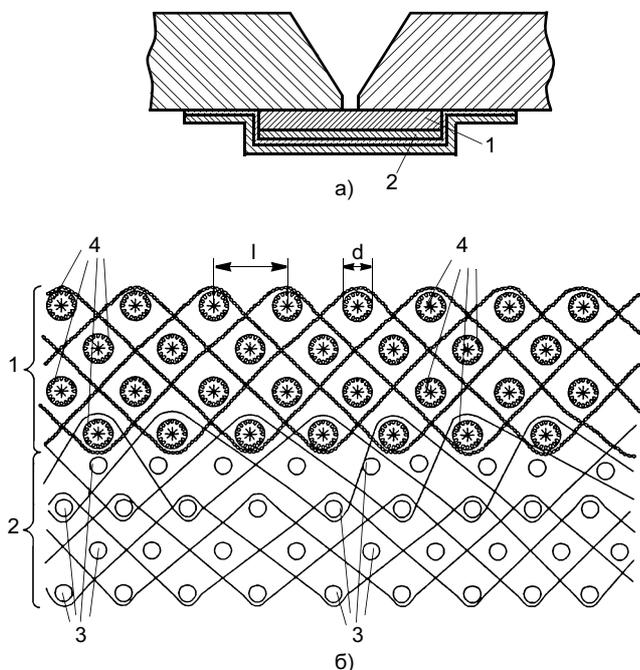


Рис. 2. Двухслойная подкладка (а) и схема ее структуры (б): 3, 4 — нити основы без текстурирования и текстурированные соответственно

увеличением расстояния l . Сама подкладка изготовлена в виде двухслойной ленты, состоящей из тугоплавкого 2 и легкоплавкого (формирующего) 1 слоев для крепления к обратной стороне шва. Соотношение между плотностями формирующего слоя и размерами обратного валика приведено в таблице и на рис. 3.

Впервые в данной конструкции⁵ использован не только ткацкий, но и трикотажный способ переплетения, обеспечивающий плотность формирующего слоя до 1 г/см^3 . В лентоткацком производстве диапазон гарантируемой плотности от 0,5 до $4,0 \text{ г/см}^3$.

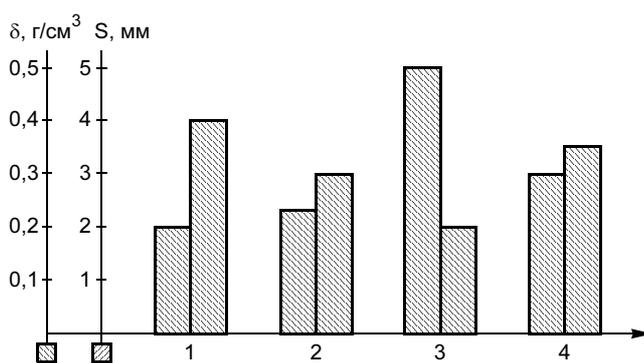


Рис. 3. Номограмма соотношений плотности и толщины формирующего слоя при различных способах сварки: 1—4 — см. таблицу

⁵ А. с. 1512747 (СССР).

Обозначение	Способ сварки	Плотность слоя δ , г/см ³	Толщина слоя S , мм	Размер обратного валика, мм	
				Высота	Ширина
1	Под флюсом	0,20	4,0	2,4—2,7	11—13
2	Порошковой проволокой	0,25	3,0	2,1—2,5	10—12
3	В углекислом газе	0,50	2,0	1,5—1,9	8—9
4	Ручная дуговая	0,30	3,5	1,6—2,1	8—10

В трикотажном производстве плотность достигается за счет основовязанного трикотажа⁶.

При сварке стыковых угловых и тавровых соединений из углеродистых и низколегированных сталей толщиной от 16 до 40 мм с X-образной и K-образной разделками кромок повышение производительности процесса и качества сварки сдерживается типовой технологией, требующей подварки корня шва, дополнительной вышлифовки, увеличения количества проходов. Данная трудность легко устраняется, если корень шва формируется гибким или жестким формирующим стержнем. Для этих целей разработаны керамические и гибкие стекловолоконные стержни диаметром 8—12 мм. Керамические стержни на основе смеси оксидов SiO_2 и Al_2O_3 широко используют в современной практике сварки. Подкладки КП ИЭС им. Е. С. Патона, фирмы ESAB и др. широко представлены на рынке сварочных материалов.

СП "Лотинторг" и НПО "Стеклопластик" предприняли попытку создать в одном техническом решении материал, устройство и способ сварки. Был разработан гибкий стекловолоконный стержень непрерывной длины, состоящий из волокон системы $\text{SiO}_2\text{—Al}_2\text{O}_3\text{—CaO—MgO—B}_2\text{O}_3$. Способ заключался в том, что путем подбора химического состава волокон можно регулировать теплоотвод при сварке различных по своему химическому составу сталей. Одновременно, регулируя тепловложение колебательными движениями электрода, можно частично управлять структурой металла. Так, для сталей с низким коэффициентом теплопроводности был подобран стержень из материала с более высоким коэффициентом теплопроводности и максимальной частотой колебаний электрода. Для сталей типа X18H10T подобрано другое соотношение. Качество формирования оценивали по стабильности высоты корневого слоя.

⁶ А. с. 207375 (СССР).

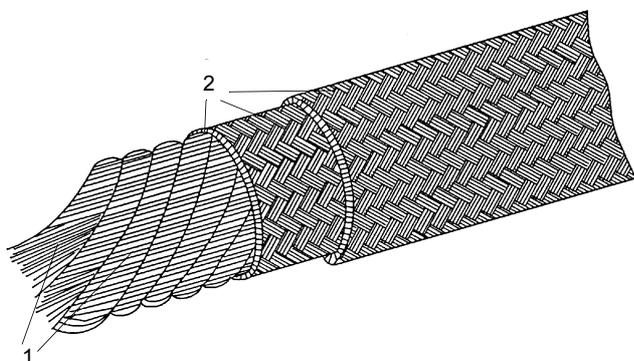


Рис. 4. Гибкий подкладной стержень

Гибкие подкладные стержни ГПС из стеклянных нитей, соединенных в единую структуру, представляют собой непрерывный гибкий шнур диаметром 8—10 мм, состоящий из сердечника 1 и одного, двух или трех слоев оплетки 2 — оболочки из переплетенных стеклянных нитей (рис. 4). Способ дуговой сварки⁷ с формированием корня шва, диапазоном колебательных движений и управляемой те-

⁷ Патент 2047439 (РФ).

плопроводностью со стороны корня шва нашел применение при односторонней сварке стыковых соединений больших толщин (от 16 мм и выше) корабельных конструкций на Херсонском судостроительном заводе и судовой верфи в Фленсбурге (ФРГ). Усовершенствованная и промышленно отработанная технология⁸ изготовления двухслойных двухкомпонентных нитей и стержней запатентована в ФРГ и США. Типовая технология сварки успешно использовалась при отработке технологии сварки магистральных трубопроводов совместно с ВНИИСТ. К сожалению, дальнейшие исследования были прекращены из-за структурных изменений в экономике государства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теран К., Арикава М. Современное состояние односторонней автоматической сварки. Л.: Судостроение, 1974.
2. Веселков В. К. Односторонняя сварка судовых конструкций. Л.: Судостроение, 1984.
3. Доронин Ю. В. Исследование формирования шва при односторонней сварке стыковых швов плавящимся электродом на подкладках: Дис. ... канд. техн. наук. М., 1974.

⁸ Патент И120177 (ФРГ), 5451741 (США).

УДК 621.791.754

А. В. ИВАННИКОВ, канд. техн. наук
ООО "МИЦ" (Санкт-Петербург)

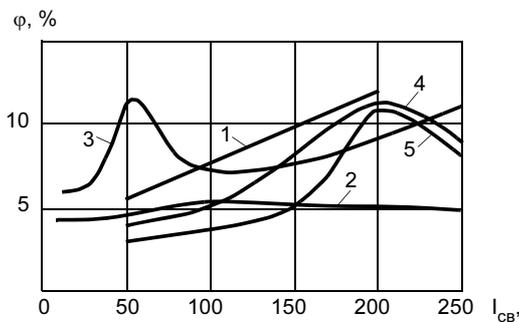
Пути повышения стабильности процесса и снижения потерь электродного металла на разбрызгивание при сварке в CO_2

Одним из основных технологических процессов во многих отраслях промышленности, как отечественной, так и зарубежной, является механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в углекислом газе. Наряду с известными преимуществами сварка в CO_2 имеет ряд существенных недостатков, главные из которых — относительно низкая стабильность процесса, повышенное разбрызгивание жидкого металла и не всегда удовлетворительное качество шва. На протяжении более четырех десятилетий недостатки данного способа сварки изучали многие исследователи. Известны дорогостоящие и сложные конструктивные и технологические решения, которые, несомненно, позволяют в какой-то степени стабилизировать процесс сварки и улучшить качество швов при меньшем разбрызгивании и набрызгивании жидкого

металла на околошовные поверхности сварных соединений.

В то же время основные причины относительно низкой стабильности процесса дуговой механизированной сварки плавящимся электродом в CO_2 и повышенного разбрызгивания жидкого металла оставались не выявленными. Даже ГОСТ 25616—83 "Источники питания для дуговой сварки" в методах испытания сварочных свойств предусматривает завышенные допустимые нормы разбрызгивания жидкого металла во всем диапазоне применяемых при механизированной сварке токов, при этом коэффициент потерь металла находится в пределах от 6 до 12 % (см. рисунок, кривая 1).

Разработаны [1] новый способ и механизмы подачи с высококачественной подготовкой проволок к подаче их в сварочные горелки, что исключает блуждающий по длине токоподводящего наконечника



Зависимость коэффициента потерь ϕ металла на разбрызгивание от сварочного тока при сварке в CO_2 проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм: 1 — допустимый по ГОСТ 25616—83; 2 — при сварке с подачей проволоки новым механизмом МПК-1 в горелку через гибкий шланг длиной 3,5 м; 3 — ϕ при сварке с подачей проволоки серийным четырехроликковым механизмом МПК-4-2 (с подающим устройством фирмы Coortim) в горелку через гибкий шланг длиной 3,5 м; 4, 5 — по данным работ [2] и [3] соответственно

электрический контакт с проволокой и обеспечивает устойчивое положение и постоянство длины вылета электрода и дугового напряжения в процессе сварки. Во всем исследованном диапазоне сварочных токов (20—500 А) существенно изменился характер переноса электродного металла в сварочную ванну: резко уменьшился и стабилизировался размер переносимых капель электродного металла. При этом стабилизировались сварочная ванна и горение дуги и прекратились выплески крупных капель жидкого металла, составляющих большую часть набрызгиваемого металла на околошовные поверхности сварных соединений. Мелкие капли электродного металла, которые не попали в сварочную ванну, благодаря крайне низкому их теплоемкостному либо скатываются с поверхности изделия, либо легко удаляются металлической щеткой. Значительно снизилось забрызгивание токоподводящих наконечников и сопел горелок.

При использовании проволок всего диапазона диаметров (0,8—1,6 мм) как сплошного сечения, так и порошковых при сварке сталей в CO_2 во всех пространственных положениях улучшилось формирование швов и стала возможной сварка с пониженными дугowymi напряжениями и плотностью тока до 40 А/мм^2 и менее.

Для подтверждения технологических преимуществ нового способа подачи проволоки проводили количественную оценку потерь металла на угар и разбрызгивание при сварке в CO_2 одной из наиболее распространенных по составу и диаметру проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм. Эксперименты¹ выполняли в соответствии с методикой, рекомендованной ГОСТ 25616—83, с некоторыми отличиями, приблизившими условия механизиро-

¹ Автор выражает благодарность Б. И. Аристарху и А. П. Темникову за участие в экспериментах по сварке.

ванной сварки тонкими проволоками к реально существующим условиям производства: от механизма подачи до горелки проволока подавалась по гибкому шлангу длиной 3,5 м.

В качестве источника питания дуги использовали сварочный выпрямитель ВДУ-3020. Сварочный ток находился в пределах 60—300 А. Полученные результаты по определению коэффициента потерь металла при сварке и зависимость его от сварочного тока приведены на рисунке, кривая 2.

Для сравнения аналогичные эксперименты проводили с подачей той же проволоки и через ту же горелку с гибким шлангом, но полноприводным четырехроликковым устройством фирмы Coortim (Венгрия), применяемым в серийных механизмах подачи типа МПК-4-2. Это устройство, как и все другие с точечными контактами подающих роликов с проволокой, не обеспечивает требуемой подготовки проволоки к подаче в горелку, что отрицательно влияет на характер протекания процесса и результаты сварки. При этом коэффициент потерь ϕ , особенно при малых скоростях подачи проволоки (в диапазоне сварочных токов 80—120 А), имеет максимальные значения, даже превышающие допустимые значения ГОСТ 25616—83 для этих токов (см. рисунок, кривая 3).

На рисунке приведены также результаты оценки коэффициента потерь ϕ ведущими исследователями процесса сварки в CO_2 (кривые 4 и 5). Следует полагать, что эти данные получены в результате экспериментов, выполненных в соответствии с методикой, рекомендованной ГОСТ 25616—83, т. е. процесс сварки исследовали при подаче проволоки напрямую из механизма в горелку и без учета влияния на процесс гибкого шланга и изогнутой горелки, что не отражает фактической картины процесса механизированной сварки в CO_2 тонкой проволокой в производственных условиях.

Именно такая подача проволоки используется при автоматической сварке в диапазоне часто применяемых токов (от 150 до 250 А). При этом сохраняется крайне нежелательная тенденция увеличения коэффициента потерь металла (до 11 %). В результате значительно забрызгиваются околошовные поверхности свариваемых изделий и конструкций, внутренние поверхности сопел горелок и токоподводящие наконечники. При этом общая трудоемкость сварочных работ возрастает примерно на 60 % из-за необходимости выполнения дополнительных операций по зачистке от брызг [3].

При сварке в CO_2 с подачей проволоки механизмом с новым правильно-подающим устройством, имеющим линейные контакты проволоки с канавкой подающего ролика, коэффициент потерь в основном остается постоянным и практически не зависит от сварочного тока и, что немаловажно, в условиях, приближенных к производственным,

во всем исследованном диапазоне токов не превышает 5,2 % (см. рисунок, кривая 2). Следует отметить, что эти потери происходят в основном за счет разбрызгивания металла в виде мелких брызг с крайне малым теплосодержанием и не приваривающихся к околосшовным поверхностям свариваемых изделий. При таком стабилизированном процессе становится возможным получение более высоких технологических результатов во всем диапазоне сварочных токов, если применять более низкие дуговые напряжения, чем это рекомендовано ГОСТ 25616—83. В этом случае и коэффициент потерь ϕ может быть заметно снижен.

При традиционном способе подачи проволоки имеет точечные контакты с подающими роликами и, соответственно, не подвергается сопутствующей правке. При этом при обычных скоростях подачи в диапазоне 100—300 мм/с конец электрода при "входе" в сварочную дугу подвергается резким поперечным колебаниям (вибрации) с амплитудой до двух и более диаметров сварочной проволоки (в зависимости от длины вылета электрода и локальных неровностей на проволоке). Происходит сбрасывание в разные стороны от оси шва капель с электрода, которые в зависимости от внешней составляющей длины дуги либо попадают в сварочную ванну, либо теряются на разбрызгивание жидким металлом.

Переменность шага и амплитуды локальных неровностей на проволоке, а также повреждения ее поверхности роликами приводят к "блуждающему" электрическому контакту между проволокой и токоподводом, что обуславливает частые прихваты и обрывы проволоки в канале токопроводящего наконечника. При этом с такой же частотой в процессе сварки резко замедляется, а затем резко ускоряется выход проволоки из наконечника, а длина дуги, соответственно, синхронно увеличивается и уменьшается. Это приводит к нестабильности размеров и формы капель, а сам перенос осуществляется как без коротких замыканий переменного дугового промежутка, так и с беспорядочными короткими замыканиями на сварочную ванну со взрывообразными выплесками жидкого металла.

Наиболее значительным искривлениям проволоки подвергается при намотке в катушку. Длина каждого витка проволоки в катушке колеблется от 300 до 900 мм. В диапазоне применяемых скоростей подачи участки проволоки такой длины проходят через токоподводящий наконечник за время от 9 до 1,0 с. Такая невыправленная проволока на выходе из токоподводящего наконечника перед "входом" в сварочную дугу (на вылете электрода) выполняет видимые глазом плавные колебания с амплитудой до 5,0 и более диаметров проволоки. Такие отклонения сварочной дуги при прямолинейном ведении процесса сварки (горелки) приводят

к снижению тепловложения в свариваемый металл и непроварам в стыковых соединениях, а при сварке угловых соединений — к невозможности выполнения качественных швов с катетами менее 4 мм (дуга "перебрасывается" со "стенки" на "полку" и наоборот), а также ухудшению формирования сварных швов всех типов.

Особо следует отметить низкую стабильность и повышенное разбрызгивание металла при увеличении скорости подачи проволоки при достижении сварочных токов 200—260 А (в переходном периоде), когда внешняя составляющая длины дуги достигает максимальных значений [2]. В этом случае возрастают механические радиальные силы, частота изменения электрического сопротивления вылета электрода, напряжения дуги, размеров переносимых капель электродного металла. В связи с этим коэффициент потерь ϕ достигает максимума (см. рисунок, кривые 4 и 5). При дальнейшем увеличении скорости подачи проволоки и сварочного тока происходит заглубление дуги в сварочную ванну и резкое сокращение ее внешней составляющей. Поэтому и коэффициент потерь заметно снижается, так как основной процесс переноса электродного металла происходит в дуговом пространстве, ограниченном кратером сварочной ванны. В то же время возрастающее давление на сварочную ванну нестабильно горящей дуги приводит к выбиванию с ее поверхности отдельных крупных капель жидкого металла, которые привариваются на околосшовных поверхностях изделия.

С введением после механизма подачи длинного шланга с гибким направляющим каналом и изогнутой горелки коэффициент потерь существенно изменяется: в сторону больших сварочных токов (130—250 А) смещается повышение стабильности процесса и снижение разбрызгивания жидкого металла (см. рисунок, кривая 3). Этому способствуют увеличение скорости подачи проволоки и изогнутость "шейки" горелки, которая пластически изгибает проволоку, и в токоподводящем наконечнике улучшается электрический контакт с ней.

Как показали опытно-промышленные испытания новых правильно-подающих устройств при механизированной сварке в CO_2 с подачей проволоки в горелку с гибким шлангом, для получения высоких технологических результатов важно не допускать следующих недостатков в конструкциях всего тракта прохождения проволоки и горелки:

- нарушения соответствия параметров канавки подающего ролика диаметру подаваемой проволоки;
- нарушения соосности канала приемной втулки с входным отверстием в гибкий направляющий канал шланга горелки;
- низкой продольной и поперечной жесткости гибкого направляющего канала для проволоки в шланге горелки;

— нарушения соответствия внутреннего диаметра направляющего канала диаметру подаваемой проволоки;

— нарушения соосности выходного отверстия направляющего канала и входного отверстия в канале токоподводящего наконечника;

— нарушения соответствия диаметра канала токоподводящего наконечника диаметру подаваемой проволоки;

— чрезмерно малой длины токоподводящего канала в наконечнике (должна быть не менее 20 диаметров проволоки);

— наличия крутых изгибов шланга горелки (с радиусом изгиба менее 200 мм) в процессе сварки.

Новый однорольковый механизм подачи МПК-1 эксплуатировался в течение полугода на судостроительном заводе "Северная верфь" в Санкт-Петербурге.

Производственные испытания проводили в условиях сборочно-сварочного и стапельного цехов при сварке в CO_2 проволоками сплошного сечения и порошковыми диаметром 1,2 мм корпусных конструкций из различных металлов и сплавов во всех пространственных положениях и труднодоступных местах. При этом подтвердились преимущества способа однорольковой подачи с сопутствующей тщательной правкой проволоки в сравнении с тра-

диционным способом подачи при использовании двух- и четырехрольковых механизмов подачи: существенно стабилизировалось горение дуги и снизилось разбрызгивание, что обеспечило выполнение швов требуемых размеров и высокого качества при сварке во всех пространственных положениях.

Таким образом, применение нового способа подачи проволоки и правильно-подающих механизмов с линейными контактами проволоки с подающим роликом обеспечивает необходимую тщательную подготовку проволоки к подаче ее в сварочную горелку. При этом исключаются основные причины низкой стабильности процессов механизированной дуговой сварки в CO_2 , повышенных потерь жидкого металла на угар и разбрызгивание, повышенного забрызгивания околошовных поверхностей свариваемых изделий и некачественного формирования швов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванников А. В., Гречушкин Ю. Г.* Новый способ подачи проволоки при механизированной дуговой сварке плавящимся электродом // Сварочное производство. 2006. № 5. С. 28—32.
2. *Потапьевский А. Г.* Сварка в углекислом газе. М., 1984. С. 9.
3. *Федько В. Т., Зернин Е. А.* Основные причины разбрызгивания и способы защиты свариваемых изделий от брызг расплавленного металла // Сварочное производство. 2005. № 1. С. 39.

УДК 621.791.75—52

А. Ю. КУДРЯВЦЕВ, канд. техн. наук
ЗАО "НПВФ "Сварка" (Чебоксары)

Автоматизация сварочного процесса в стройиндустрии при внедрении линии "АЛИКС-2601"

Арматурные сетки и каркасы, используемые в строительной индустрии, изготавливают на многих предприятиях по производству изделий из бетона и железобетона, сталепрокатных заводах и специализированных фирмах. На многих из них до сих пор используются технологии 30—40-летней давности с применением устаревшего оборудования, в то время как на рынке строительного оборудования присутствуют автоматические линии, позволяющие быстро, качественно и с высокой рентабельностью изготавливать сварную сетку и каркасы.

Некоторые специалисты могут возразить, что имеющееся оборудование вполне работоспособно и позволяет производить весь ассортимент необходимой сетки, а покупка нового оборудования потребует больших финансовых вложений. При этом не рассматриваются вопрос качества сетки и, соот-

ветственно, долговечность железобетонных изделий. Распад крестообразных соединений из-за непрочности, разлом проволок вследствие пережога сетки сильно влияют на качество и долговечность железобетонных изделий.

Система контроля автоматических линий контактной сварки "АЛИКС" не позволяет допустить формирование таких дефектов, так как весь процесс изготовления сетки автоматизирован и, следовательно, не подвержен человеческому фактору. Качественно-количественные показатели на современных линиях контролируются системой управления, при отклонении от заданных параметров линия просто останавливает производство сетки до устранения причин.

Технология производства на многих заводах по производству железобетонных изделий значитель-

но усложнена в связи с большим ассортиментом, сложностью сеток, нехваткой площадей, а самое главное, используется морально и физически устаревшее оборудование, не способное решить все эти проблемы. В итоге себестоимость изготавливаемых сеток очень высока.

Говоря о качестве и себестоимости сетки, следует подчеркнуть новые возможности, заложенные в современных автоматизированных линиях. При проектировании сетки появляется возможность изготавливать ее с применением различных шагов и выпусков в автоматическом режиме, оптимальном на данной линии. А это обуславливает производство качественной и недорогой сетки.

Трудозатраты при изготовлении сеток на различном оборудовании

Многие предприятия по изготовлению железобетонных изделий, особенно расположенные в Москве, испытывают острую нехватку площадей, в связи с этим для складирования изготавливаемой продукции на домостроительных комбинатах (ДСК) вынуждены ограничивать темпы производства и организовывать двух- и трехсменную работу.

Внедрение современной линии "АЛИКС" позволит решить эту проблему.

Совместно со специалистами одного из ведущих ДСК Москвы фирмой "Сварка" были проведены исследования существующей технологии изготовления сеток на оборудовании ДСК. При изготовлении сеток на заводе применяют следующее оборудование:

- по две машины для изготовления широких и узких сеток;
- восемь правильно-отрезных станков;
- три перематывающих установки;
- два тельфера;
- устройство загрузки.

Сравнение операций изготовления сетки на имеющемся оборудовании и на линии "АЛИКС" приведено на рис. 1.

Процесс изготовления сеток на линии "АЛИКС" принципиально отличается отсутствием производительных операций по перематке бухт на малые катушки и нарезке поперечных прутков. Лишние операции приводят к снижению производительности работы оборудования: из-за несоответствующей плотности намотки проволоки в катушках происходят ее частые запутывания даже на малых скоростях. Поскольку подача продольных и поперечных стержней осуществляется с бухт, оператору необходимо лишь установить бухты, выбрать программу, определяющую параметры и процесс изготовления сетки. Других операций с бухтами рабочие не осуществляют, поэтому отпадает необходимость применения до-

полнительного оборудования: перематывающих установок, правильно-отрезных станков, устройств загрузки.

Число рабочих и обслуживающего персонала при использовании современной линии сокращается в 3 раза, что сказывается на общих затратах по оплате труда. Линия "АЛИКС" полностью автоматизирована, и для обеспечения бесперебойной работы линии обслуживающий персонал должен быть соответствующим образом подготовлен. Подготовку персонала ДСК проводили на фирме "Сварка".

Затраты по оплате труда на рассматриваемом предприятии составляют 363,9 тыс. руб., при внедрении в производство линии "АЛИКС" — 114,9 тыс. руб.

Анализ затрат электроэнергии

Существенное преимущество автоматических линий контактной сварки перед устаревшим оборудованием заключается в том, что они потребляют значительно меньше электроэнергии.

Согласно постановлению Энергетической комиссии, при двухставочном тарифе предприятия должны платить за мощность и потребленную энергию. Для Москвы на 2006 г. для предприятий с потребляемой мощностью более 750 кВт·А установлены следующие ставки на электроэнергию: плата за мощность — 193,163 руб./кВт; плата за

Оборудование ДСК		Линия «АЛИКС»
3 перематывающие установки	8 правильно-отрезных станков	
3 человека	8 человек	
Установка бухт для перематки	Установка бухт для нарезки поперечных прутков	
Перематка бухт для продольных подач	Нарезка поперечных прутков	
Складирование бухт	Складирование прутков	
2 машины для широких сеток; 2 машины для узких сеток		Линия «АЛИКС»
8 человек		6 человек
Установка прольных бухт Заправка поперечных прутков Изготовление сеток		
Съем сеток Складирование		
187 т		187 т
19 человек		6 человек
Затраты по оплате труда, руб.		
363 945		114 930

Рис. 1. Основные операции технологии изготовления сеток на различном оборудовании

Показатель	Оборудование ДСК		Линия "АЛИКС"	
	Установленная мощность	Потребленная энергия	Установленная мощность	Потребленная энергия
Суммарная установленная мощность, кВт	2967	—	228	—
Потребленная электроэнергия за месяц, кВт·ч	—	617 734	—	15 521
Плата за мощность при двухставочном тарифе в месяц, руб.	573 115	—	44 041	—
Плата за энергию при двухставочном тарифе в месяц, руб.	281 316	—	7068	—
ИТОГО, затраты на электроэнергию в месяц, руб.	854 431	—	51 109	—
ИТОГО, затраты на электроэнергию в год, руб.	10 253 166	—	613 313	—

энергию — 45,54 коп./(кВт·ч). Ставка платы за мощность устанавливается за 1 кВт и не меняется для конкретного оборудования. Потребленная энергия (кВт·ч) напрямую зависит от отработанного оборудованием времени. В определенные часы к ставке за потребленную энергию применяются дифференцированные коэффициенты, для простоты расчетов в исследованиях применяли коэффициент, равный 1.

Суммарные затраты по электроэнергии при использовании в производстве различного оборудования приведены в табл. 1. Потребленная электроэнергия рассчитана исходя из двухсменной работы линий по 8 ч за 22 рабочих дня в месяц при изготовлении 187 т сеток.

Установленная мощность линии "АЛИКС" всего 228 кВт, это в 13 раз меньше, чем установленная мощность оборудования ДСК. Для изготовления 187 т сеток в месяц линия "АЛИКС" потребляет почти в 40 раз меньше электроэнергии, чем имеющееся оборудование завода: расход энергии на линии 15 521 кВт·ч, на устаревшем оборудовании — 617 734 кВт·ч.

Разница в расходе электроэнергии объясняется избыточным количеством применяемого на ДСК оборудования. Поскольку предприятие должно платить за установленную мощность и потребленную энергию, то ему выгоднее работать на энергоберегающем оборудовании.

Годовая экономия электроэнергии при производстве арматурных сеток и каркасов на линии "АЛИКС" составляет более 9,5 млн руб. в год. Помимо этого у завода имеется возможность увеличения товарооборота сеток и каркасов за счет использования дополнительных ресурсов линии, поскольку ее производительность в 2,4 раза выше, чем производительность существующих на ДСК машин, объем производства сеток на линии "АЛИКС" может достигать 380 т в месяц.

Дополнительная прибыль от освобожденной площади

Установка автоматической линии "АЛИКС" на месте одной из существующих на предприятии машин для изготовления широких сеток позволит не только сохранить имеющийся объем производст-

ва, освободить дополнительные производственные площади, но при необходимости увеличить объемы производства в результате увеличения времени работы линии. На многих предприятиях, производящих сетки, организована круглосуточная работа в связи с большим спросом, особенно в летний период.

В ходе совместной работы работников одного из московских ДСК и специалистов фирмы "Сварка" был предложен план размещения, позволяющий эффективно использовать в производстве площади, не задействованные из-за отсутствия в них грузоподъемного механизма (рис. 2). Таким образом, замена устаревшего оборудования на автоматические линии контактной сварки позволит предприятию не только освободить производственные площади для дальнейшего расширения производства, но и эффективно использовать незадействованные площади.

Аренда недвижимости производственно-складского назначения, особенно в московском регионе, из года в год дорожает. Если учесть, что аренда 1 м² производственных площадей в Москве стоит не менее 160 долларов США в год, годовая сумма экономии по аренде составит более 45 000 долларов США. Ниже приведен подробный расчет арендной платы при аренде производственных площадей в Москве для установки высвобождающегося оборудования ДСК (табл. 2).

Таблица 2

Показатель	Месяц	Год
Производственные площади под имеющимся оборудованием, м ² , в том числе:	282	282
под одной машиной для широких сеток	126	126
под двумя машинами для узких сеток	68	68
под восемью правильно-отрезными станками	48	48
под тремя перематывающими установками	40	40
Сумма платежей за аренду производственных площадей, доллар	3760	45 120
Сумма платежей за аренду производственных площадей, руб. (1 \$ = 28,60 руб.)	107 536	1 290 432

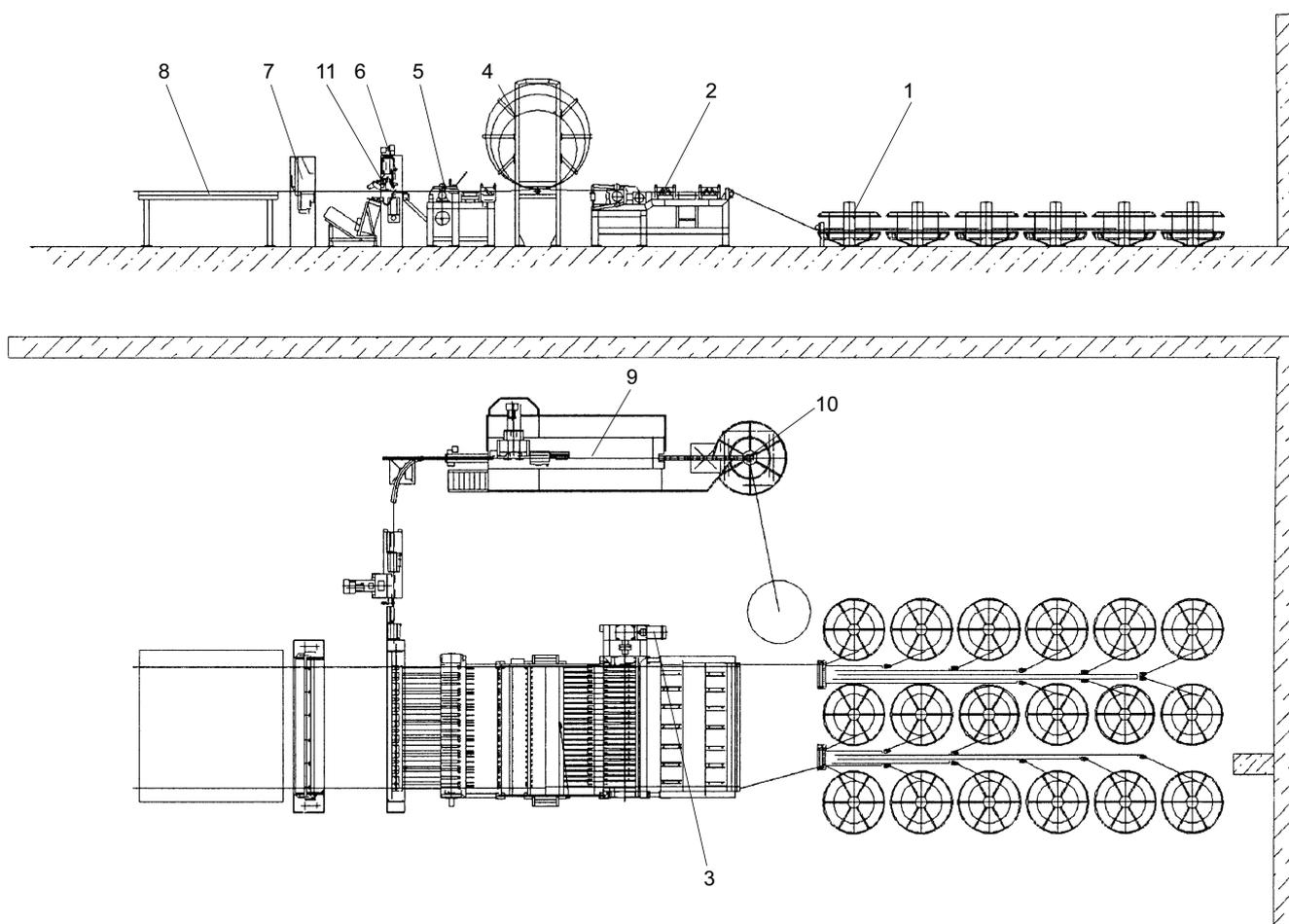


Рис. 2. Схема автоматической линии контактной сварки (габаритные размеры 21,3 × 7,8 × 3,5 м): 1 — блок бухтодержателей; 2 — силовой вал; 3 — накопитель петлевой; 4 — вал позиционный; 5 — сварочная машина; 6 — центральный пульт; 7 — комбинированные ножницы; 8 — пакетировщик; 9 — блок поперечной подачи; 10 — пульт местного управления; 11 — электрические шкафы

Фирма "Сварка" помимо разработки и изготовления линий также производит и поставляет сетки во многие регионы России, в том числе и Москву. Экономисты фирмы подсчитали, увеличение производственной площади фирмы "Сварка" на 100 м² и размещение на ней новой линии для производства кладочной сетки увеличит прибыль на 392 тыс. руб. в месяц, а за год — на 4,7 млн руб. Установка линии "АЛИКС" на ДСК в Москве позволит организовать производство другой сетки или использовать высвободившиеся площади под другое рентабельное производство.

Анализ затрат

Сравним себестоимость сетки, изготовленной на старом оборудовании, и линии "АЛИКС" (табл. 3). В результате снижения трудозатрат на 249 015 руб. в месяц затраты по оплате труда на 1 т сетки составят 614,61 руб. (см. рис. 1, 2).

Значительное снижение себестоимости сетки произойдет вследствие снижения затрат на электроэнергию. На рис. 2 видно, что наибольшую долю затрат на изготовление 1 т сетки на оборудова-

нии ДСК занимают затраты на электроэнергию. При изготовлении сетки на линии "АЛИКС" наибольшую долю затрат составляют затраты по оплате труда. Общие прямые затраты на изготовление 1 т сетки на имеющемся оборудовании составят 6 617,38 руб., на линии "АЛИКС" — 913,48 руб. на 1 т, т. е. в 7,2 раза ниже. Затраты ДСК на изготовление 187 т сетки на имеющемся оборудовании за месяц составляют 1 237 450 руб. Затраты на изготовление такого же объема сеток на линии "АЛИКС" за месяц составляют 170 821 руб.

Таким образом, за год экономия за счет снижения затрат составит 12,8 млн руб.

В данной работе проанализировано снижение затрат только по основным статьям расходов и не учтены накладные (общепроизводственные и общехозяйственные) расходы в связи с тем, что снижение данных затрат является опосредованным и не таким значительным. Помимо этого накладные затраты индивидуальны для каждого предприятия и во многом зависят от его финансово-хозяйственной политики.

Показатель, руб.	Оборудование ДСК	"АЛИКС"	Снижение затрат
Заработная плата рабочих по видам работ, в том числе	225 000/1203,21	60 000/320,86	165 000/882,35
перемотка бухт	30 000/160,43		30 000/160,43
правильно-отрезные станки	75 000/401,07		75 000/401,07
изготовление сеток	120 000/641,71	60 000/320,86	60 000/320,86
Заработная плата обслуживающего персонала	60 000/320,86	30 000/160,43	30 000/160,43
<i>Итого</i>	<i>285 000/1524,07</i>	<i>90 000/481,29</i>	<i>195 000/1042,78</i>
Отчисления от заработной платы 27,7 %	78 945/422,17	24 930/133,32	54 015/288,85
Итого, затраты по оплате труда	363 945/1946,24	114 930/614,61	249 015/1331,63
Затраты на электроэнергию для производства сеток	—	—	—
Плата за установленную мощность при двухставочном тарифе	573 115/3064,78	44 041/235,51	529 073/2829,27
Плата за потребленную электроэнергию	281 316/1504,36	7068/37,80	274 248/1466,57
Итого, затраты на электроэнергию	854 431/4569,15	51 109/273,31	803 321/4295,84
Затраты на запасные части, резинотехнические изделия, масла и прочие материалы для обслуживания линий (определены из опыта эксплуатации линий)	19 074/102,00	4782/25,57	14 292/76,43
Итого, затраты на материалы для обслуживания линий	19 074/102,00	4782/25,57	14 292/76,43
ИТОГО, затраты по изготовлению	1 237 450/6617,38	170 821/913,48	1 066 629/5703,90

Примечание. В числителе приведены затраты на производство сеток в месяц, в знаменателе — на 1 т.

Результаты анализа показали, что при установке линии "АЛИКС" затраты на изготовление 187 т сетки в месяц сократятся на 1 066 629 руб. Экономия от снижения себестоимости ежемесячно будет покрывать затраты на приобретение линии.

При установке линии "АЛИКС" себестоимость изготовления 1 т сетки сократится с 6617 до 913 руб., т. е. экономия при внедрении линии "АЛИКС" на 1 т сетки составит 5704 руб. При годовом объеме производства 2244 т экономия от замены оборудования составит 12 799 776 руб. Таким образом, при замене оборудования затраты на приобретение и

установку только по приведенным статьям затрат окупятся в течение двух лет. Примерно такие же затраты предприятия несут из-за несовершенства схем армирования железобетонных изделий и качества исполнения арматурных каркасов. По схеме армирования производители, проектанты армокаркасов и разработчики автоматических линий, объединившись в один коллектив, могут разработать экономичные схемы армирования с учетом достижений разработчиков линий.

В итоге линия окупится в течение первого года эксплуатации.

УДК 621.791.367.048:621.365.3

А. Н. ТАРАСОВ, канд. техн. наук, В. А. ПАНФИЛОВ, инж.
(ФГУП ОКБ "Факел"),
В. Н. ТИЛИПАЛОВ, д-р техн. наук,
КГТУ (Калининград)

Технологические особенности изготовления тонколезвийных твердосплавных паяных резцов

При изготовлении паяного режущего инструмента для токарной обработки, оснащаемого твердосплавными пластинами групп ВК, ТК, ТТК и безвольфрамовыми типа ТКН, применяют, как правило,

индукционный нагрев ТВЧ и в единичных производствах газопламенный нагрев стальных державок и режущих пластин [1, 2]. В качестве припоев в этих случаях применяют латунную стружку,

например, ЛМНМц-68-4-2 или Л-62, а в качестве флюса — порошки плавной буры, борной кислоты и фтористого кальция. Более технологичными для пайки стандартизированных проходных,

расточных, отрезных и строгальных резцов считаются таблетизированные составы, содержащие припой П-100 и П-102 на основе меди с добавками цинка, марганца, железа, хрома, никеля, а также флюс Ф-100 на основе буры, фторбората калия с добавками оксидов кобальта и вольфрама [3]. В последнем варианте удастся получать паяные соединения твердосплавных пластин с корпусами-державками из сталей 45, 40Х и 30ХГСА высокой прочности при высоком выходе годного инструмента при высокочастотном нагреве и пайке в ваннах с расплавленным флюсом. Производство паяного тонколезвийного инструмента — спецрезцов и резцовых вставок из твердосплавных и двухслойных пластин из сверхтвердых керамик¹ [4] для обработки прецизионных деталей в приборостроении и электронике наиболее

¹ Патент 1555380 (РФ).

эффективно с применением нагрева в вакууме и дополнительной подготовки поверхности.

Вместе с тем в последнее время появились новые ленточные припои и пастообразные и сыпучие флюсы фирмы "Аларм" для пайки режущих инструментов при нагреве ТВЧ или открытым пламенем газовой горелки (ТУ 48-17228138/ОПП-018—2003 и 48-17228138/ОПП-004—2001). На ФГУП ОКБ "Факел" изготовлен и прошел производственные испытания паяный режущий тонколезвийный сложнопрофильный инструмент для обработки прецизионных деталей электрических реактивных двигателей малой тяги (ЭРД МТ) и технологических источников плазмы (ТИП) из магнитомягких и высоколегированных сталей, тугоплавких материалов и керамик с применением новых отечественных припоев и флюсов "Аларм".

Для изготовления корпусов-державок специальных рез-

цов с удлиненным вылетом и малой толщиной режущей части, а также образцов для прочностных испытаний и металлографического анализа применяли стали 4Х5МФС, 4Х3ВМФ мартенситного класса, теплостойкие, с низкой критической скоростью закалки, горячекованные прутки сечением 18 × 18 мм (ОСТ 92-1137—86) С.-Петербургского завода "Большевик". В качестве режущих пластин для пайки по нескольким технологическим схемам выбрали твердосплавные заготовки пяти типоразмеров различного состава и зернистости исходных компонентов, изготовленные Московским заводом твердых сплавов и Кировоградским ЗТС. В табл. 1 приведены размеры резцов и свойства твердых сплавов, применявшихся при проведении исследований, с учетом данных работы [5].

Для исследования пайки с высокочастотным газопламенным нагревом применяли лен-

Таблица 1

Резец размером/материал корпуса-державки	Вылет, мм	Сплав (пластина)	$\sigma_{изг}$ МПа	Твердость, НРА
Расточной, 15 × 15 × 120 мм/ сталь 4Х3ВМФ	60	ВК6 (ОМ) ВК10 (ХОМ)	1310—1380	88—91
Канавочный прорезной, 14 × 14 × 130 мм/сталь 4Х5МФС	50	Т5К10 (Т15К6)	1140—1520	87—90
Резьбовой, 16 × 16 × 100 мм/сталь 4Х5МФС	80	ТТ7К12 (Т5К10)	1380—1230	90—91
Седелный, радиусный 14 × 14 × 120 мм сечением (2—3) × 12 мм/сталь 4Х5МФС	75	ВК8, Т15К6	1190—1440	88—90

Примечание. Пайка в открытые и полузакрытые пазы, нагрев ТВЧ в петлевых индукторах и открытой ацетиленовой горелкой (припой, флюс, подготовка — см. табл. 2).

Таблица 2

Резец	Материал реза	Подготовка к пайке	Способ, режимы нагрева и охлаждения ¹
Расточной, проходной, канавочный	Сталь 4Х5МФС, сплавы ВК6 (ОМ) и ВК10Х (ОМ)	Пластина — струйно-абразивная обработка (САО), обкатка-галтовка; корпус-державка — фрезерная обработка, отжиг до 248—250 НВ	1. Острофокусная ацетиленовая горелка, подогрев массивной части державки, прогрев пластины, пайка при 1090—1100 °С, охлаждение в песочной бане. 2. ТВЧ установка ЛГЗ-67, одновитковый индуктор, 1060—1090 °С, охлаждение — в электрошкафу СНОЛ-3.3.3/3,5
Резьбовой, седельный, радиусный	Стали 4Х3ВМФ, 4Х5МФС, сплавы ВК6, ВК8, Т5К10, Т15К6	Пластина — зачистка опорной поверхности алмазным кругом, нанесение лазерных кратеров диаметром 0,4—0,5 мм; корпус-державка — закалка до 42—46 HRC ₃	Нагрев ТВЧ на установке ВЧИ-2-60-0,66, одно- и двухвитковые петлеобразные индукторы, прогрев державки и пластин в паечном гнезде, температура пайки 1060—1100 °С, фиксация прижимом, охлаждение в шкафу

¹ Флюсовую пасту ФКП-250 "АЛАРМ" на поверхности гнезда под пластину, ленту припоя и паяемую поверхность твердого сплава наносили шпателем.
Примечание. Ленточный припой П-47 толщиной 0,3 мм.

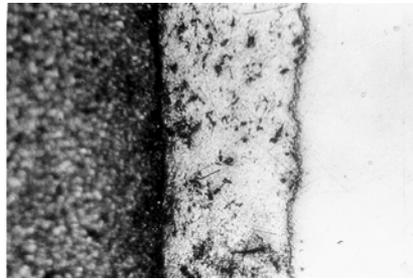


Рис. 1. Микроструктура ленточного припоя П-47 толщиной 0,3 мм в исходном состоянии (а) ($\times 300$) и паяного соединения, полученного пайкой ацетиленовой горелкой (б) ($\times 100$) (державка — сталь 4Х5МФС, пластина — сплав ВК6 (ОМ))

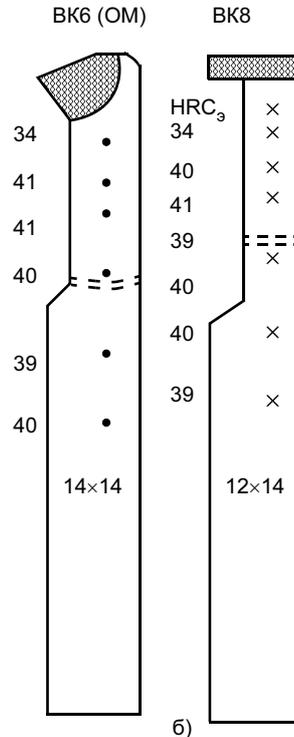
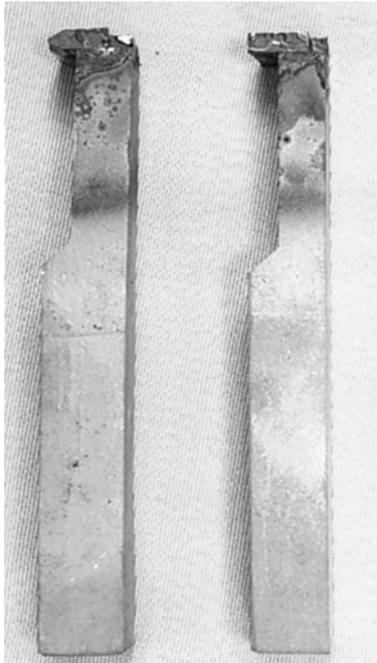


Рис. 2. ЗТВ на резцах из стали 4Х5МФС (а) и распределение твердости при пайке ТВЧ твердосплавных пластин и предварительно закаленных державок (б) (пайка припоем П-47 фирмы "Аларм")

точный припой П-47 толщиной 0,3—0,6 мм, полученный быстрым затвердеванием расплава, флюс ПВ-209, флюсовую пасту ФК-250, а также паяльную смесь ПС-47 ЗАО "Аларм" (Москва). Поверхности пластин под пайку подготавливали традиционными, а также нестандартными способами собственной разработки. В одних случаях обкатку-галтовку пластин проводили в абразивном бое заточных кругов, порошке крупнозернистого карбида кремния, в других —

опорные поверхности зачищали кругами из синтетических алмазов, а также на поверхности под пайку формировали лазерные кратеры на установке "Квант-16". В табл. 2 приведены условия подготовки и режимы пайки специальных резцов, предназначенных для обработки деталей ЭРД МТ и ТИП из прецизионных сплавов и сталей. На рис. 1 приведена микроструктура ленточного припоя в исходном состоянии и паяного соединения, полученного пайкой ацетиленовой

горелкой припоем П-47 с предварительным нанесением флюсовой пасты ФКП-250.

На всех этапах обработки технологических приемов пайки проводили металлографию паяных швов с вырезкой образцов на станках, определяли усилия отрыва и разрушения паяных швов, а также степень пропая после испытания образцов на изгиб в специальных приспособлениях нагружением одной сосредоточенной нагрузкой на машинах Р-5, Р-10. Твердость по длине корпусов-державок измеряли твердометрами ТК-2М и ТП-7Р-М. На рис. 2 приведены ЗТВ при высокочастотной пайке резцов некоторых типов, а также изменение твердости по длине корпусов-державок из высокопрочной стали 4Х5МФС при пайке припоями с флюсовыми пастами "Аларм".

Сравнительные испытания прочности паяного соединения на срез при 20 °С проводили в соответствии с ОСТ 92-4139—79 с сопоставлением результатов, полученных при пайке ТВЧ таблетизированными припоями П-100, флюсами ПФ и новыми ленточными припоями с флюсовыми пастами на основе борфтористых соединений щелочных металлов фир-

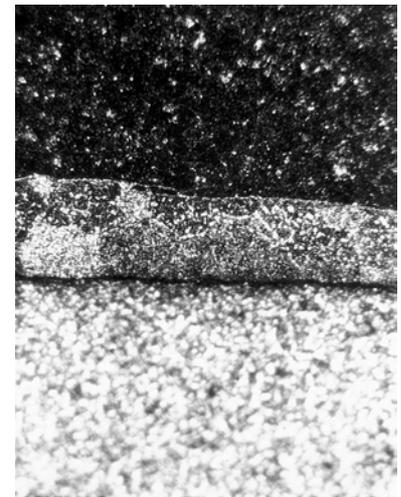


Рис. 3. Микроструктура паяного соединения сплава Т5К10 с закаленной сталью 4Х5МФС при пайке ТВЧ припоем П-47 и пастой ФКП-250. $\times 150$

Способ и режим нагрева инструмента ¹	Припой, флюс	Степень пропая, вид сая	Прочность на срез, МПа
Пайка ТВЧ, державка (4Х5МФС), пластина (ВК6(ОМ)), 1060 °С, выдержка в течение 5—6 с, охлаждение на воздухе	Таблетки П-100/ПФ-102	85—90 %, шов неравномерный по толщине	227—240
	Лента П-47, паста ФКП-250	95—98 %, растекание равномерное	265—270
Пайка ТВЧ, державка (4Х3ВМФ), пластины (Т5К10), 1080 °С, выдержка в течение 4—5 с, охлаждение в электрошкафу от 200 до 20 °С	Таблетки П-100/ПФ-102	Несмачивание по контуру (до 8 %)	184—190
	Лента П-47, паста ФКП-250	95 %, единичные поры	215—220

¹ Подготовка поверхности галтовкой в абразивном бое, скорость нагрева ТВЧ 50—90 °С/с.

мы "Аларм". В табл. 3 приведены прочностные характеристики паяных соединений.

На рис. 3 приведена микроструктура паяного соединения при высокочастотной пайке седельного резца ленточным припоем П-47 и флюсовой пастой ФКП-250, на рис. 4 — поверхность припоя в гнездах резцов двух видов после отрыва твердосплавных пластин, паянных ацетиленовой горелкой с использованием паяльной смеси "АЛАРМет-ПС-47".

С помощью металлографического анализа установлено, что стабильную однородность и равномерность заполнения зазоров и смачиваемость корпусов-державок и твердосплавных пластин при нагреве ТВЧ обеспечивают ленточные припои П-47, ПП-47 с флюсовой пастой ФКП-250. Наименьшую степень пропая имеет инструмент с пластинами групп ВК, ТК, ТТК, паянный при газо-



Рис. 4. Поверхность сая пластин сплава ВК-60М (слева на резбовом резце) и сплава ВК10-ХОМ (справа на расточном резце) и степень проплава в гнездах корпуса из отожженной стали 4Х5МФС при газопламенном нагреве для пайки смесью "АЛАРМет-ПС-47"

плазменном нагреве ацетиленовыми горелками с применением паяльной смеси ПС-47, содержащей порошкообразный флюс и припой. Установлено, что прочность паяных соединений, полученных с применением смесей "АЛАРМет-ПС-47", при пайке открытым пламенем горелки и нагреве ТВЧ на 10—15 % ниже, чем

при использовании ленточного припоя и флюсовой пасты.

Кроме того, прочность на срез паяных соединений, полученных с применением ленточных припоев и паст "АЛАРМ", на 20—30 МПа выше, чем при пайке таблетизированными припоями П-100 и флюсами ПФ-102. Это связано с особенностями составов припоев и компонентов флюсов, активно взаимодействующих с пассивированными, оксидными слоями паяемых сталей и сплавов при равных условиях нагрева и охлаждения, что особенно важно при пайке резцов с мелкогабаритными твердосплавными пластинами и тонкими сечениями вылетов режущих частей корпусов-державок. В последнем случае в 1,5—2 раза меньше отрывов твердосплавных пластин от корпусов-державок при заточке, резании вязких прецизионных сталей и сплавов. В табл. 4 приве-

Таблица 4

Резец размером, мм	Материал корпуса (пластины)*	Станок	Деталь**	Обрабатываемый материал	Износостойкость***
Радиусный, расточной, 14 × 16 × 120	Сталь 4Х3ВМФ (сплав ВК8)	ИЖ-250-ИВТ	Магнитопроводы, якоря электроклапанов	Сталь 16ХВИ, $\sigma_B = 420$ МПа	1,1—1,2
Канавочный, седельный удлиненный, 14 × 14 × 140	Сталь 4Х5МФС твердостью 44—45 HRC (сплав ВК6 (ОМ))	16Б16К	Каркасы, магнитопроводы анодных блоков	Сталь 10880, $\sigma_B = 370$ МПа	1,3—1,4
Седельный, прорезной, 15 × 16 × 110	Сталь 4Х5МФС твердостью 260 НВ (сплав ВК10 (ХОМ))	16Б16КА	Горловины, штоки заправочные	Сталь 25Х17Н2Б, $\sigma_B = 980$ МПа	1,5—1,6
Резьбовой, расточной, 16 × 16 × 120	Сталь 4Х5МФС (сплав Т15К6)	"Condor"	Корпуса, фланцы горловин	Сталь 15Х18Н12С4ТЮ, $\sigma_B = 920$ МПа	1,4—1,5

* Пайка ТВЧ — припои и режимы — см. табл. 2, 3.
** Геометрия и режимы резания — см. работу [5].
*** Относительная до разрушения или последней переточки в сравнении с паяными таблетизированными припоями П-100.

дены результаты производственных испытаний специальных тонколезвийных резцов нескольких типов для обработки деталей ЭРД МТ.

В процессе производственных испытаний установлено также, что более качественные и высокопрочные спаи при высокочастотной пайке ленточными и флюсовыми пастами "АЛАРМ" пластин размером $2 \times 2 \times 10$ мм, $2,5 \times 3 \times 12$ мм из сплавов ВК-60М, Т5К10 получают при точечной лазерной обработке поверхностей под пайку. При этом уменьшается число случаев смещения, сдвига и наклона пластин при фиксации прижимом на узких гнездах корпусов-державок. Лазерные лунки необходимо наносить не острофокусным, а расфокусированным лучом CO_2 -лазера установки "Квант-16" (это создает оптимальные условия растекания жидкого припоя при воздействии капиллярного смачивания и поверхностного натяжения) и получать равномерный спай с наполнением лунок. В сравнении с

острыми пиковыми кратерами на твердых сплавах при их частичном заполнении припоем прочность спая по радиусным лазерным лункам повышается на 40—50 МПа при одинаковых условиях пайки и охлаждения тонколезвийных резцов (рис. 5).

На основании полученных результатов исследования определены основные технологические операции изготовления специальных резцов с тонкими режущими кромками для обработки прецизионных деталей ЭРД МТ и ТИП:

- изготовление корпусов-державок из сталей 4Х5МФС, 4Х3БМФ с пазами и гнездами для пайки пластин, закалка и отпуск корпусов на твердость 44—46 HRC₉ для державок размерами $14 \times 14 \times 100$ мм и $114 \times 16 \times 120$ мм, абразивно-струйная обработка корпусов-державок перед проведением пайки ТВЧ;

- подготовка поверхностей твердосплавных пластин размером $8 \times 10 \times 2$, $6 \times 10 \times 2,5$ мм галтовкой в барабанах в абразив-

ном бое крупнозернистых заточных кругов и пластин размером $2 \times 2 \times 8$, $2,5 \times 3 \times 110$ мм нанесением лазерных лунок в один или два ряда по опорной поверхности расфокусированным лучом на установках "Квант";

- нанесение шпателем тонкого слоя пасты ФКП-250 "АЛАРМ" на поверхность пазов корпусов-державок и твердосплавных пластин, а также долек ленточного припоя П-47, по форме и размерам соответствующих гнездам для пайки;

- пайка резцов в высокочастотных установках с одновитковыми индукторами при длительности нагрева до 1050—1060 °С со стороны массивной части державки 15—25 с с постепенным перемещением корпусов с пластиной в активную часть индуктора и периодическим включением и отключением ТВЧ-установки. После расплавления и растекания припоя пластины фиксируют в пазах и гнездах прижатием вручную оснастку, через несколько секунд после затвердевания и охлаждения корпуса до исчезновения цветов закаливания резцы перемещают на операцию отпуска;

- отпуск инструмента с выдержкой в электрошкафах при 200—220 °С в течение 2—4 ч и охлаждение вместе с шкафом;

- визуальный контроль качества паяного шва до и после заточки крупнозернистыми кругами, а также доводки по геометрии режущей части кругами из синтетических алмазов. Испытания на прочность паяных соединений на образцах-свидетелях проводят при отработке технологии пайки для каждого нового типоразмера специальных резцов.

ВЫВОДЫ

1. Наиболее эффективным способом пайки тонколезвийных резцов с высокопрочными корпусами-державками из легированных сталей, оснащенными пластинами групп ВК и ТК, является пайка

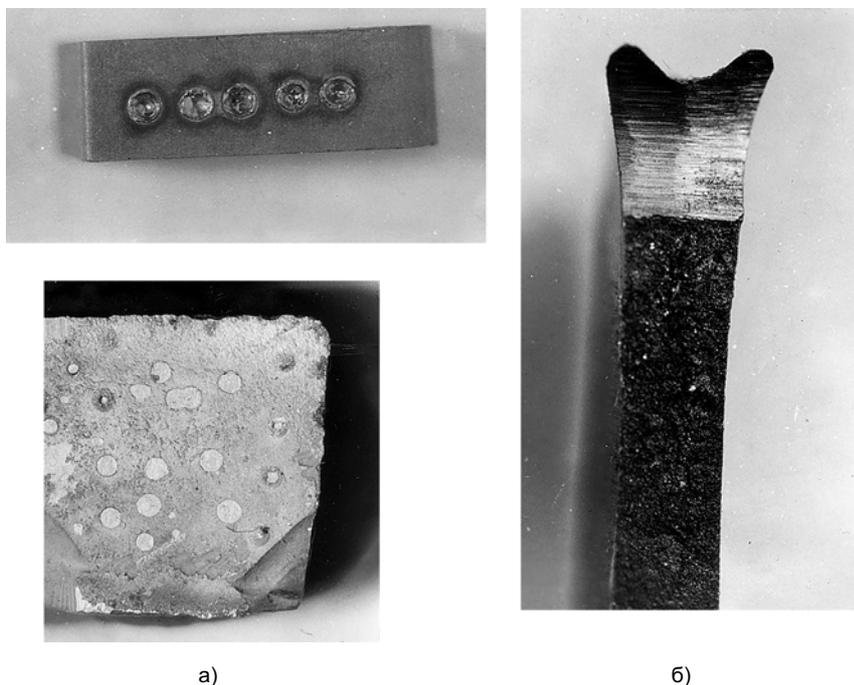


Рис. 5. Макроструктура спая с формированием лунок на твердосплавной пластине (а) и внешний вид режущей части седельного резца с пластиной из сплава ВК6 (ОМ) (б) после предварительной заточки режущей части перед алмазной доводкой

с нагревом ТВЧ ленточными припоями П-47 и флюсовыми пастами ФКП-50 "АЛАРМ".

2. Режущий инструмент, полученный пайкой с применением новых ленточных припоев и флюсовых паст и специальной подготовкой поверхности твердосплавных пластин, отличается повышенной износостойкостью и зна-

чительно улучшает качество обработки деталей из высоколегированных сталей и сплавов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хряпин В. Е. Справочник паяльщика. М.: Машиностроение, 1981. 348 с.
2. Справочник по пайке / Под ред. И. Е. Петрунина. М.: Машиностроение, 1984. 400 с.

3. Маркова И. Ю., Певзнер Н. Б. Способы экономии припоев в паяльном производстве // Сварочное производство. 2002. № 1. С. 39—47.

4. Тарасов А. Н., Шевченко П. Р. Резцы для обработки прецизионных сплавов // СТИН. 2001. № 7. С. 35—37.

5. Режимы резания труднообрабатываемых материалов: Справочник / Я. Л. Гуревич, М. В. Горохов, В. И. Захаров и др. М.: Машиностроение, 1986. 240 с.

УДК 621.791.05:620.179

А. А. ДУБОВ, д-р техн. наук, С. М. КОЛОКОЛЬНИКОВ, инж.
ООО "Энергодиагностика" (Москва)

Особенности контроля сварных соединений методом магнитной памяти металла

Одной из важных и сложных проблем современного неразрушающего контроля (НК) качества сварных соединений разных типов является выявление в них зон с высокой неоднородностью напряженно-деформированного состояния (НДС) или зон концентрации напряжений. Это важно как для оптимизации технологического процесса сварки, так и эксплуатации сварных соединений.

Традиционная дефектоскопия, ориентированная только на поиск несплошностей в сварных соединениях, не может обеспечить достоверную оценку их качества. Опираясь только на результаты дефектоскопии, технолог-сварщику трудно выявлять причины дефектности шва и совершенствовать технологию сварки.

В условиях, когда на надежность сварных соединений влияет множество факторов, необходим метод НК, интегрально оценивающий состояние металла сварного соединения.

В настоящее время в России разработан и успешно внедряется в различных отраслях промышленности принципиально новый метод диагностики металла изделий и сварных соединений, основанный на использовании эффекта магнитной памяти металла (МПМ)¹.

В соответствии с ГОСТ Р 52081—2003 МПМ — последствие, которое проявляется в виде остаточной намагниченности металла изделий и сварных соединений, сформировавшейся в процессе их изготовления и охлаждения в слабом магнитном поле или в виде необратимого изменения намагни-

ченности изделий в зонах концентрации напряжений и повреждений от рабочих нагрузок.

Метод МПМ — метод неразрушающего контроля, основанный на анализе распределения собственного магнитного поля рассеяния (СМНР) на поверхности изделий с целью определения зон концентрации напряжений, дефектов и неоднородности структуры металла и сварных соединений.

СМНР — магнитное поле рассеяния, возникающее на поверхности изделия в зонах скопления дислокаций под действием рабочих или остаточных напряжений и в зонах максимальной неоднородности структуры металла. Более подробно физические основы и практические возможности метода МПМ представлены в работах [1—3].

Путем считывания сигналов от остаточной намагниченности, сформировавшейся в процессе сварки, можно оценить фактическое состояние сварного шва с учетом структурной неоднородности, распределения остаточных напряжений и дефектов сварки.

Все дефекты (несплошности), заложенные в сварных соединениях на этапе изготовления, являются концентраторами напряжений. Однако плотности механической энергии в зоне концентрации напряжений может быть недостаточно для того, чтобы обеспечить развитие дефекта в процессе эксплуатации. Определение параметров дефектов при одновременной оценке их напряженного состояния является основной задачей метода МПМ.

¹ Патент 1769105 (РФ).

В настоящее время накоплен значительный опыт контроля сварных соединений и имеется методология определения длины и глубины дефекта по амплитуде и ширине сигнала. Применение метода МПМ в области дефектоскопии активно развивается, при этом наиболее эффективным является сочетание метода МПМ с радиационным (РК) или ультразвуковым (УЗК) контролем.

Контроль качества сварных соединений методом МПМ осуществляется без зачистки металла и специального намагничивания, в ручном и автоматическом режиме, в массовом производстве на различных изделиях из углеродистых, аустенитных и феррито-аустенитных сталей.

Контроль выполняется с помощью специализированных малогабаритных приборов типа ИКН (измерители концентрации напряжений магнитометрические) с автономным питанием, укомплектованных сканирующими и регистрирующими устройствами. Серийное изготовление данных приборов организовано в России на предприятии "Энергодиагностика" (Москва). Приборы не имеют аналогов, аттестованы в Госстандарте РФ и включены в государственный реестр средств измерений.

На рис. 1 приведено многоканальное сканирующее устройство для проведения контроля методом МПМ стыковых сварных соединений трубы. Феррозондовые преобразователи 1 и 3 располагаются при контроле над ЗТВ с обеих сторон шва, преобразователь 2 расположен между ними посередине, а преобразователь 4, развернутый в противоположную сторону, предназначен для отстройки от внешнего магнитного поля.

Результаты контроля участка сварного стыка паропровода из стали 12Х1МФ диаметром 273 мм с толщиной стенки 32 мм приведены на рис. 2.

Локальные изменения поля H_p в данном случае соответствуют расположению дефектов в металле

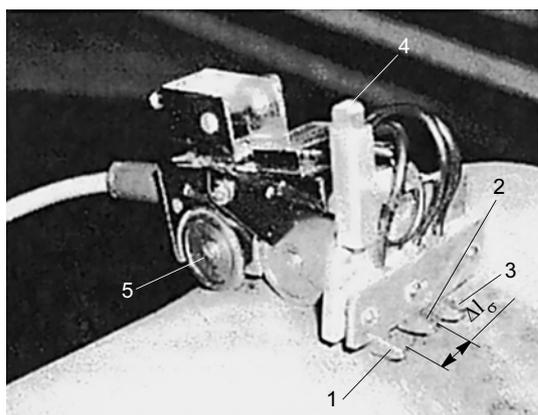


Рис. 1. Многоканальное сканирующее устройство для контроля методом МПМ стыковых сварных соединений труб (ΔL_6 — базовое расстояние между феррозондовыми преобразователями): 5 — колеса привода измерителя длины

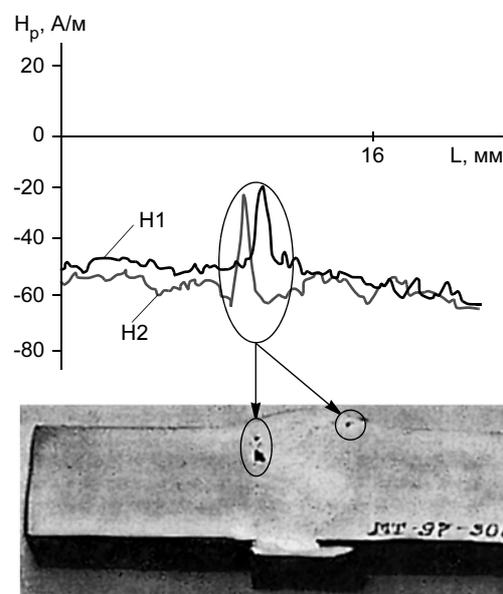


Рис. 2. Результаты обследования участка сварного стыка паропровода методом МПМ и путем анализа макроструктуры шлифа

сварного шва, сформировавшихся при изготовлении (шлаковые включения, газовые поры).

На рис. 3 приведены результаты контроля сварного шва реактора полимеризации полихлорвинила R-701/2. Ширина сварного шва 15 мм. Стенки корпуса реактора изготовлены из углеродистой стали толщиной 21 мм. Внутренняя поверхность реактора, со стороны которой проводился контроль, плакирована коррозионно-стойкой сталью 316L (стандарт AISI, США) толщиной 3 мм.

В зоне KH_{max} , характеризующейся скачкообразным изменением поля H_p , зафиксирован максимальный градиент поля dH/dx по третьему каналу $H3$. При контроле феррозондовый преобразователь располагался напротив ЗТВ сварного шва (см. схему контроля на рис. 1).

На рис. 3, а видно, что общая протяженность зоны KH_{max} составляет 40 мм. Однако протяженность участка, на котором градиент поля dH/dx имел максимальное значение и который соответствовал расположению локального дефекта, выявленного УЗК, составляла 10 мм. На рис. 3, б приведена диаграмма эхо-сигнала УЗК от дефекта на глубине шва 7,5 мм (поз. 2), зафиксированного в зоне максимального градиента поля.

На рис. 4, а представлены результаты контроля методом МПМ участка радиального сварного шва дна химического реактора. При контроле в зоне KH_{max} 1 методом УЗК была выявлена трещина 4. На рис. 4, б отмечено расположение выявленной трещины (длина трещины 15 мм).

Следует отметить, что вблизи трещины выявлена зона KH_{max} , характеризующаяся разнополярным

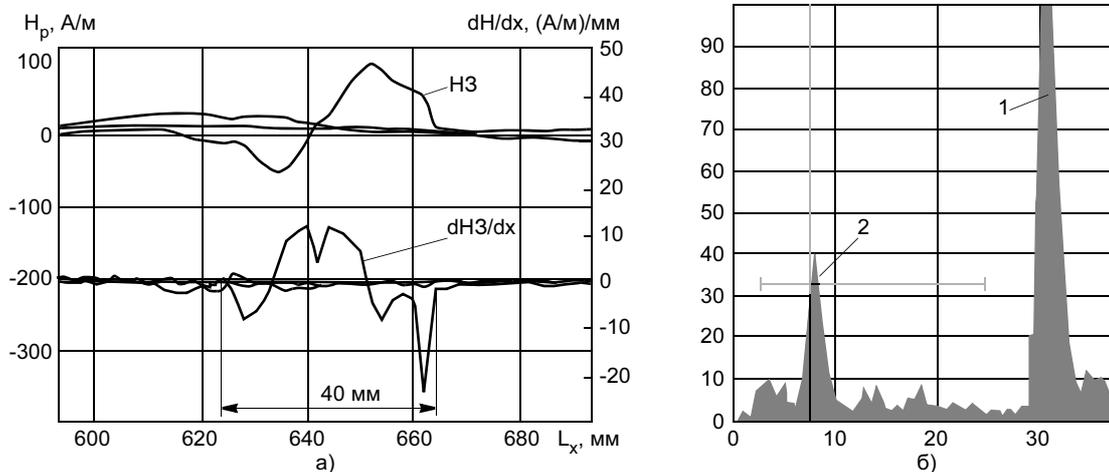


Рис. 3. Результаты контроля участка кольцевого сварного шва химического реактора методом МПМ в зоне KH_{max} (а) и диаграмма эхо-сигнала при УЗК прямым ПЭП (б): 1 — донный сигнал

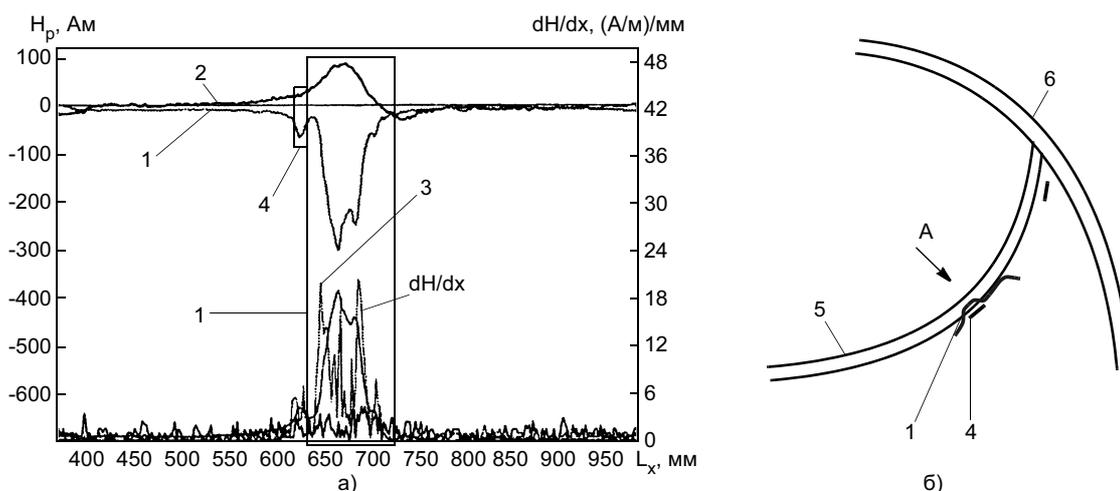


Рис. 4. Результаты контроля радиального сварного шва нижнего дна химического реактора R-701/1 (а) и расположение выявленной трещины (б): 5, 6 — радиальный и кольцевой сварные швы

распределением поля H_p по каналам $H1$ 1 и $H2$ 2 с максимальным градиентом поля по базе dH/dz 3. Феррозондовые преобразователи каналов $H1$ и $H2$ при контроле методом МПМ располагались напротив ЗТВ с обеих сторон шва.

На рис. 5 представлены результаты контроля методом МПМ тройникового сварного соединения паропровода размером $\varnothing 325 \times 38$ и $\varnothing 219 \times 25$ мм. На рис. 5, б показано распределение поля H_p и его градиента dH/dx 1 вдоль сварного шва и отмечена зона KH_{max} 2, характеризующаяся знакопеременным распределением поля H_p с максимальными значениями градиента поля dH/dx по всем трем каналам измерений. В зоне KH_{max} при дополнительном контроле после шлифовки металла шва была выявлена поперечная трещина 2 длиной 20 мм, развивающаяся с наружной поверхности трубы размером $\varnothing 219 \times 25$ мм перпендикулярно шву. При этом максимальное изменение поля и его

градиента выявлено по каналу $H1$ 3, расположенному в ЗТВ шва со стороны трубы размером $\varnothing 219 \times 25$ мм (см. рис. 5, б).

На рис. 6 представлены результаты сравнительного контроля сварного шва двух пластин из стали 20 длиной 290 мм и толщиной 10 мм методом МПМ и РК. Шов получен ручной дуговой сваркой под флюсом. Внизу на магнитограмме отмечены участки с зонами концентрации напряжений, характеризующиеся максимальными градиентами поля dH/dx 1—4. В зоне 3 с максимальными значениями градиента поля радиационным контролем был выявлен максимальный дефект несплавления, а в зонах 1 и 2 — дефекты в виде мелких пор. В зоне 4 явные дефекты радиационным контролем не выявлены.

На круговой (часовой) магнитограмме рис. 7, а приведено распределение градиента поля dH/dx вдоль периметра кольцевого шва газопровода раз-

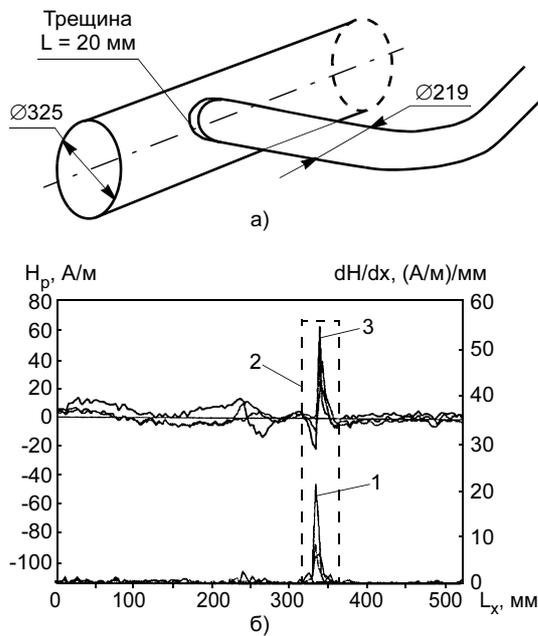


Рис. 5. Тройниковое сварное соединение паропровода (а) и распределение поля H_p и его градиента dH_p/dx вдоль сварного шва (б)

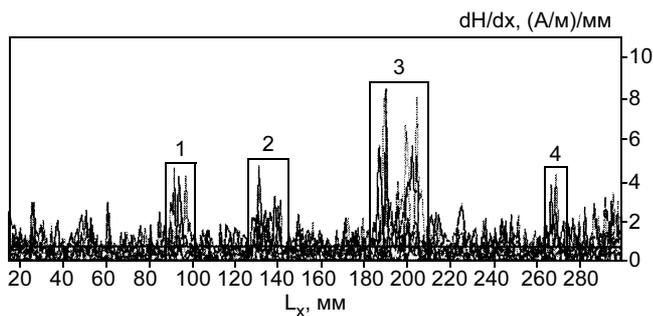


Рис. 6. Результаты контроля сварного шва из двух пластин методом МПМ и РК

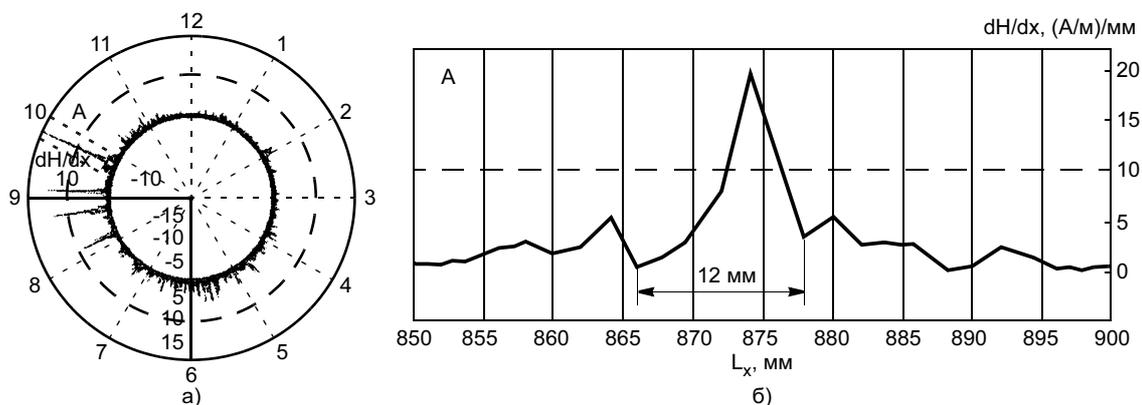


Рис. 7. Результаты контроля поворотного кольцевого сварного стыка № 12—13 магистрального газопровода: а — круговая магнитограмма распределения градиента магнитного поля dH_p/dx ; б — фрагмент распределения градиента поля dH_p/dx в дефектной зоне А

мером $\varnothing 720 \times 7$ мм. Контроль выполняли по схеме рис. 1. На рис. 7, б приведено распределение градиента поля dH/dx в дефектной зоне А по одному каналу измерения, проходящему по центру шва. Ширина сигнала, соответствующая по методу МПМ длине дефекта, составляет 12 мм. По данным радиационного контроля этого шва, в дефектной зоне А обнаружен недопустимый дефект типа $Da_{10} > 0,1S$ — непровар в корне шва длиной не менее 10 мм.

На круговой магнитограмме (рис. 8, а) представлены результаты контроля другого кольцевого сварного шва газопровода размером $\varnothing 720 \times 7$ мм. Отмечены зоны локального изменения градиента поля dH/dx , соответствующие по методу МПМ зонам концентрации напряжений. Как правило, в этих зонах другими методами НК выявляются дефекты.

На рис. 8, б приведено распределение градиента поля dH/dx в дефектной зоне А по одному каналу измерения, проходящему по ЗТВ сварного шва. Ширина магнитных сигналов, соответствующая по методу МПМ длине дефектов, $L_1 = 14$ мм и $L_2 = 20$ мм. По данным РК этого шва, в зоне А выявлены недопустимые дефекты типа $Da_{10} > 0,1S$ — непровар в корне шва длиной не менее 10 мм.

Следует отметить смещение расположения магнитных сигналов, фиксируемых на поверхности шва, от расположения глубинного дефекта, фиксируемого РК или УЗК. Такое смещение обусловлено тем, что магнитный сигнал соответствует площадкам скольжения, смещенным по глубине шва примерно на 45° в относительно максимальной концентрации напряжений от острого края дефекта. Дальнедействующие поля напряжений формируют дальнедействующие границы доменов вдоль площадок скольжения с выходом на поверхность шва в виде локальных изменений магнитного поля и его градиента [2, 3].

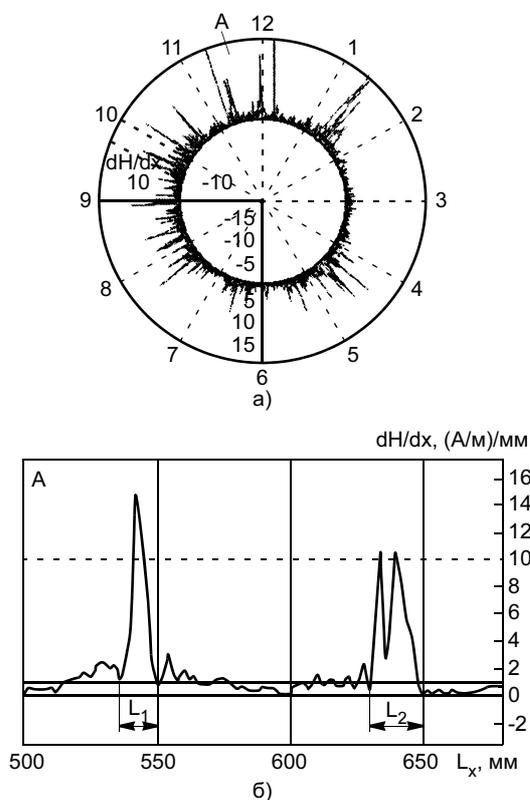


Рис. 8. Результаты контроля монтажного кольцевого сварного стыка № 19—20 магистрального газопровода: а — круговая магнитограмма распределения градиента магнитного поля dH_p/dx ; б — фрагмент распределения градиента поля dH_p/dx в дефектной зоне и расположение дефектов по методу МПМ и РК

Примерный расчет глубины залегания h дефектной зоны по методу МПМ проводили с помощью тригонометрических зависимостей в соответствии со схемой рис. 9:

$$h = \frac{1}{2} l,$$

где l — длина дефекта, определяемая по графику градиента поля.

В соответствии с примером, приведенным на рис. 7 (зона А), глубина залегания дефекта $h = 6$ мм.

На основании выполненного расчета можно сделать вывод о хорошей сходимости результатов контроля методом МПМ и РК. Как было отмечено выше по данным РК, в зоне А на глубине 6—7 мм в корне шва был выявлен непровар длиной 10 мм.

В случае протяженного дефекта в виде непровара в корне или разделке шва по методу МПМ на поверхности шва фиксируются знакопеременные сигналы градиента поля dH/dx . На рис. 10 приведено распределение градиента поля в зоне непровара по разделке монтажного сварного стыка № 12 магистрального газопровода размер $\varnothing 720 \times 7$ мм.

Длина дефектного участка по методу МПМ в этом шве составила 124 мм. По данным РК этого шва, длина непровара по разделке шва составила 130 мм.

В данном примере большое количество магнитных сигналов знакопеременного характера от протяженного непровара в соответствии со схемой рис. 9 обусловлено соответствующим количеством плоскостей скольжения, возникающих в зонах концентрации напряжений на краях дефектной зоны.

Сравнение данных контроля сварных швов газопровода размер $\varnothing 720 \times 7$ мм методом МПМ и РК показало, что сходимость результатов контроля (или выявляемость дефектов) методом МПМ по сравнению с РК колеблется от 70 до 100 %.

Всего на газопроводе размер $\varnothing 720 \times 7$ мм методом МПМ и РК были проконтролированы 17 кольцевых швов и сделан сопоставительный анализ результатов контроля. По результатам ана-

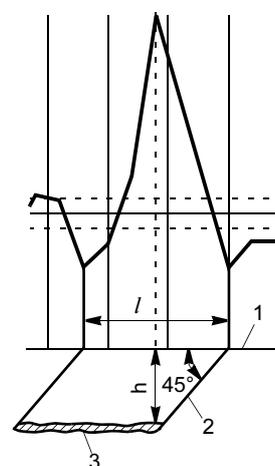


Рис. 9. Схема определения глубины залегания дефекта по методу МПМ: 1 — поверхность контроля; 2 — плоскость скольжения; 3 — непровар

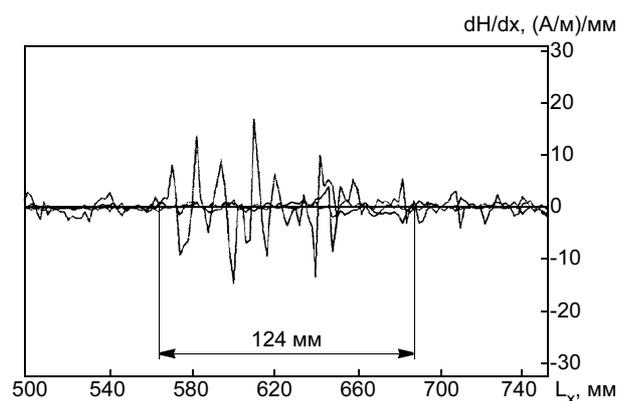


Рис. 10. Распределение градиента поля в зоне непровара по разделке монтажного кольцевого сварного стыка № 12 магистрального газопровода

лиза комплексного контроля сделаны следующие выводы.

Выявлен высокий уровень сходимости результатов контроля методом МПМ и РК. По количеству дефектов сходимость составила 75 %, а по их расположению — 85 %. Большинство дефектов (80 %), выявленных методом МПМ и рентгеном, оказались расположенными в зоне концентрации напряжений, предварительно зафиксированной методом МПМ.

Несоответствие в результатах контроля по количеству дефектов (около 25 %) и по их расположению (около 15 %) можно объяснить в определенной степени субъективным фактором, зависящим от подготовки дефектоскописта и различием в физической природе методов МПМ и РК. Метод МПМ слабо реагирует на дефекты, не создающие концентрацию напряжений (поры и шлаковые включения), но такие дефекты не опасны. РК выявляет поры и шлаковые включения независимо от концентрации напряжений, но не выявляет дефекты в виде трещин.

Визуализация и документирование дефектов на магнитограммах в методе МПМ имеет практиче-

ское преимущество по сравнению с рентгеновскими пленками в РК.

Учитывая высокую сходимость результатов контроля методом МПМ и РК, целесообразно в дальнейшем применять комплексный контроль. Методом МПМ без какой-либо подготовки поверхности шва в режиме экспресс-контроля выявляются зоны максимальных дефектов и затем в них проводят дополнительный РК.

Практический опыт обследования методом МПМ сварных стыков магистральных газопроводов также показал, что недопустимые по нормам (РК или УЗК) дефекты, возникшие при изготовлении, но без концентрации напряжений, не развиваются в процессе длительной эксплуатации (30 лет и более).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубов А. А. Диагностика котельных труб с использованием магнитной памяти металла. М.: Энергоатомиздат, 1995. 112 с.
2. Власов В. Т., Дубов А. А. Физические основы метода магнитной памяти металла. М.: ЗАО "ТИССО", 2004. 424 с.
3. Дубов А. А., Дубов Ал. Ан., Колокольников С. М. Метод магнитной памяти металла и приборы контроля: Учебное пособие. М.: ЗАО "ТИССО", 2003. 320 с.

реклама

СВАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ ИНВЕРТОРНОГО ТИПА

ФОРСАЖ

INVERTER

НА ТОК

125А 160А 250А 315А 500А

- ★ РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА (ММА)
- ★ МЕХАНИЗИРОВАННАЯ СВАРКА (MIG/MAG)
- ★ АРГОДУГОВАЯ СВАРКА (TIG)

производим поставку оборудования, аттестованного НАКС

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЯЗАНСКИЙ ПРИБОРНЫЙ ЗАВОД



390000, Рязань, ул. Семинарская, 32. ГРПЗ
тел.: (4912) 29-84-53 (многоканальный)
факс: (4912) 29-85-16
e-mail: info@grpz.ru
www.grpz.ru

ТЕХНОЛОГИЯ сварки XXI века

Публикуется на правах рекламы

Л. С. ОРСИК, д-р экон. наук, А. А. ФЕДОРОВ, аспирант
"МАТИ" — РГТУ им. К. Э. Циолковского

Оценка эффективности и ранжирование инвестиционных проектов

При сопоставлении производственных издержек и капиталовложений по выставленным на конкурс проектам возможны пять случаев:

— реализация одного или нескольких проектов приведет к более высоким, чем у остальных, издержкам производства и потребует больших капиталовложений. Такие варианты заведомо неэффективны;

— проект, обеспечивающий самые низкие издержки, требует вместе с тем меньших по сравнению с остальными капиталовложений. Такой проект самый эффективный. Он должен быть принят к внедрению;

— несколько проектов обеспечивают одинаковые эксплуатационные затраты, но требуют различных капиталовложений. В этом случае наиболее эффективным является проект с наименьшими капиталовложениями;

— несколько проектов требуют одинаковых капиталовложений, но сопровождаются различными по величине издержками производства. Наиболее эффективным является проект с наименьшими издержками;

— проекты, обеспечивающие низкие издержки производства, требуют вместе с тем более высоких по сравнению с другими проектами капиталовложений. В этом случае при сравнении абсолютных величин издержек и капиталовложений по каждому проекту нельзя определить наиболее эффективный из них. Здесь необходимо установить, насколько целесообразны повышенные капиталовложения в проект с наименьшими издержками.

Таким образом, главный обобщающий показатель эффективности должен давать возможность соизмерить, привести к сопоставимому виду текущие производственные издержки (полученную прибыль) и капиталовложения. Этому требованию отвечает срок окупаемости дополнительных капиталовложений с учетом его трактовки в дорефор-

менных методиках. Если сравнивают две альтернативы, например покупку одного из двух станков и в качестве показателя отдачи от капиталовложений используют экономию издержек эксплуатации и полученную прибыль, то срок окупаемости t_p рассчитывают по формулам

$$t_{\text{при}} = \frac{K_2 - K_1}{I_1 - I_2}; \quad (1)$$

$$t_{\text{рп}} = \frac{K_2 - K_1}{\Pi_2 - \Pi_1}, \quad (2)$$

где K_1, K_2 — капиталовложения по сравниваемым вариантам, в данном случае цена машин ($K_2 > K_1$); I_1, I_2 — годовые производственные издержки по сравниваемым вариантам, в данном случае годовые эксплуатационные затраты ($I_2 < I_1$); Π_1, Π_2 — полученная за год прибыль по сравниваемым вариантам ($\Pi_2 > \Pi_1$).

Станок 2 будет эффективнее станка 1, если расчетный срок окупаемости будет не больше некоторого нормативного срока t_n .

Величина, обратная сроку окупаемости, обозначается в дореформенной терминологии как коэффициент эффективности капиталовложений

$$E = \frac{1}{t}. \quad (3)$$

Применительно к рассматриваемому примеру коэффициент эффективности дополнительных капиталовложений

$$E_{\text{при}} = \frac{I_1 - I_2}{K_2 - K_1} \quad (4)$$

или

$$E_{\text{рп}} = \frac{\Pi_2 - \Pi_1}{K_2 - K_1}. \quad (5)$$

Видно, что экономическое содержание этого показателя, рассчитанное по формуле (3), можно трактовать как экономию годовых эксплуатационных затрат в расчете на 1 р. дополнительных капиталовложений, которая будет получена, если вместо более дешевого станка 1 купить более дорогой станок 2. Если же в числителе будут не годовые издержки производства, а годовая прибыль, то коэффициент эффективности капиталовложений будет представлять не внутрисистемный, а коммерческий эффект от покупки более дорогого станка в расчете на 1 р. Иными словами, коэффициент эффективности капиталовложений выражает в той или иной форме отдачу от каждого рубля капитальных вложений.

Исходя из этого может быть установлена нормативная величина коэффициента E_n . Экономически оправданной будет реализация тех вариантов, если выполнено условие

$$E_{\text{ри}}(E_{\text{рп}}) \geq E_n. \quad (6)$$

Чем больше положительная разница между расчетным и нормативным значениями, тем эффективнее будет реализация соответствующего варианта.

Для сокращения расчетов при сравнении большого количества альтернативных решений, например, приобретения технологически взаимозаменяемых станков, но по разным ценам и с разными эксплуатационными затратами, в качестве показателя внутрисистемной экономической эффективности целесообразно использовать приведенные затраты, а коммерческой эффективности — приведенную прибыль.

Приведенные затраты рекомендованы и их широко использовали для оценки экономической эффективности техники в дореформенный период. Они представляют сумму годовых эксплуатационных затрат и приведенных к одному году капиталовложений:

$$R_{\text{и}} = I_{\text{г}} + E_n K, \text{ руб/год}; \quad (7)$$

или

$$R_{\text{и}} = SQ + E_n K, \text{ руб/год}. \quad (8)$$

Приведенная прибыль представляет разницу между полученной за год прибылью и приведенных к одному году капиталовложений:

$$R_{\text{п}} = \Pi_{\text{г}} - E_n K, \text{ руб/год}; \quad (9)$$

или

$$R_{\text{п}} = \zeta Q - E_n K, \text{ руб/год}. \quad (10)$$

В уравнениях (7)—(10) $I_{\text{г}}$ — годовые производственные издержки; E_n — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений; K — капиталовложения; S — себестоимость единицы продукции; Q — объем продукции, произведенной за год; ζ — цена единицы продукции.

Из нескольких сравниваемых самым эффективным будет вариант с минимальными приведенными затратами или с максимальной приведенной прибылью. Таким образом, нет оснований отказываться от использования приведенных затрат в традиционном их толковании в качестве показателя (критерия) экономической эффективности. В равной степени это относится и к предложенному новому показателю — приведенной прибыли. Если авторы современных методик оставляют в них срок окупаемости, то должны быть оставлены и приведенные затраты, поскольку этот показатель не что иное как трансформация срока окупаемости. Это подтверждает тот факт, что срок окупаемости и коэффициент эффективности капиталовложений связаны между собой обратной зависимостью [уравнение (4)] с учетом условия (6).

Подставим в неравенство (6) значение $E_{\text{ри}}$ из формулы (4) и $E_{\text{рп}}$ из формулы (5), тогда

$$\frac{I_1 - I_2}{K_2 - K_1} \geq E_n;$$

$$\frac{\Pi_2 - \Pi_1}{K_2 - K_1} \geq E_n.$$

После преобразования получим

$$I_1 + E_n K_1 \geq I_2 + E_n K_2;$$

$$\Pi_2 - E_n K_2 \geq \Pi_1 - E_n K_1.$$

Видно, что обе части этих неравенств — приведенные затраты и приведенная прибыль по сравниваемым вариантам капиталовложений. Однако в некоторых последних изданиях приведенные затраты и приведенная прибыль исключены из числа обобщающих показателей экономической эффективности [1].

Для оценки эффективности и ранжирования инвестиционных проектов по их значимости предлагается использовать шесть частных критериев:

— суммарную прибыль в год (абсолютную прибыль);

— прибыль в расчете на 1 р. капиталовложений (относительную прибыль);

— вероятность сбыта всей произведенной продукции;

— вероятность полного использования проектных мощностей;

- время до ввода объекта в действие;
- число вновь созданных рабочих мест.

Первый критерий определяет массу прибыли, которая может быть направлена как на возмещение вложений инвесторов, так и на образование фондов накопления и потребления строящегося (реконструируемого) объекта.

Второй критерий (традиционный) по экономическому содержанию — коэффициент эффективности капиталовложений, который характеризует отдачу в расчете на 1 р. вложенных средств.

Третий критерий определяет целесообразность реализации проекта вообще. Если вероятность сбыта продукции будет мала, то вкладывать средства в проект очень рискованно. Они могут не возвратиться.

Четвертый критерий определяет целесообразность реализации проекта в полном объеме. Если вероятность полного использования проектной мощности предприятия мала, то нет смысла вкладывать средства в невостребованные мощности. Инвестиции не будут приносить эффекта. Проектная мощность предприятия может быть не использована полностью, например из-за сбоев в работе заводов-смежников.

Пятый критерий определяет срок, после которого начнется отдача от вложенных в проект инвестиций. Чем меньше этот срок, тем скорее начнут возвращаться затраченные средства.

Шестой критерий характеризует социальную значимость проекта: возможность создания дополнительных рабочих мест будет способствовать решению проблемы занятости населения.

Для сравнительной количественной оценки эффективности проектов по каждому из частных критериев (насколько данный проект лучше или хуже проекта, выбранного в качестве базового) могут быть использованы следующие частные (единичные) показатели эффективности [2]:

- коэффициент абсолютной прибыли

$$K_{ап} = \Pi_{ai} / \Pi_{аб},$$

где Π_{ai} , $\Pi_{аб}$ — прибыль по i -му и базовому проектам, руб/год;

- коэффициент относительной прибыли

$$K_{оп} = \Pi_{oi} / \Pi_{об},$$

где Π_{oi} , $\Pi_{об}$ — прибыль в расчете на 1 р. капиталовложений по i -му и базовому проектам, (руб/год)/руб;

- коэффициент вероятности сбыта продукции

$$K_{сб} = P_{сби} / P_{сбб},$$

где $P_{сби}$, $P_{сбб}$ — вероятность сбыта продукции по i -му и базовому проектам, %;

- коэффициент вероятности использования проектной мощности

$$K_{м} = P_{mi} / P_{мб},$$

где P_{mi} , $P_{мб}$ — вероятность использования мощности i -го и базового проектов;

- коэффициент ввода объекта в действие

$$K_{вд} = T_{вдб} / T_{вди},$$

где $T_{вдб}$, $T_{вди}$ — число лет с текущего года до окончания реализации базового и i -го проектов;

- коэффициент дополнительных рабочих мест

$$K_{рм} = M_i / M_б,$$

где M_i , $M_б$ — дополнительные рабочие места по i -му и базовому проектам.

За базовый принимают проект, который обеспечит наибольший эффект по данному единичному показателю. Поэтому эффективность любого проекта из сравниваемых с базовым по данному показателю будет меньше или равна его эффективности, т. е. соблюдается условие $K_{1-6} \leq 1$.

Поэтому окончательную оценку и выбор проектов для включения в инвестиционную программу с учетом рейтинга каждого из них делают с помощью комплексного (интегрального) показателя эффективности $K_{и}$. Данный показатель, однозначно характеризующий эффективность данного проекта в сравнении с другими, рассчитывают как сумму единичных показателей с учетом значимости каждого из них:

$$K_{и} = \sum_{j=1}^6 K_j \alpha_j,$$

где K_j — значение j -го единичного показателя эффективности; α_j — коэффициент значимости j -го показателя.

Коэффициенты значимости единичных показателей инвестиционного рейтинга проектов определяют экспертным путем. Установленный таким образом рейтинг проектов является основой их отбора для включения в инвестиционную программу технического перевооружения предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мильник В. В. Инвестиционный менеджмент: Учебное пособие для вузов. М.: Академический проект, 2002. 271 с.
2. Федоров А. А. Комплексный анализ экономической эффективности инвестиционных проектов // Организатор производства. 2004. № 2 (21). С. 69—70.

УДК 621.791:658.386

С. Е. ПАВЛЮЧКОВ, Е. А. РУБЦОВ, В. В. ШИЛОВ
"МАТИ"-РГТУ им. К. Э. Циолковского

Опыт взаимодействия вуза и коммерческой фирмы в подготовке специалистов в области информационных технологий

Информационные технологии (ИТ) являются сегодня неоспоримой доминантой развития цивилизации, их повсеместное внедрение меняет привычные формы жизни буквально на глазах. Понятно, что этот процесс не может не влиять даже на столь традиционно консервативную сферу общества, как образование.

В традиционном вузовском учебном процессе можно выделить три основных составляющих: первая — общая интеллектуальная подготовка, вторая — базовая профессиональная подготовка и, наконец, третья — специализированная профессиональная подготовка. Для каждой специальности и конкретного вуза набор дисциплин, относимых к тому или иному блоку, будет различным, и это естественно — то, что для одного является профессией, для другого не более чем набор любопытных фактов. Даже в пределах одной специальности невозможно провести четких границ между этими блоками: во-первых, многие дисциплины в принципе могут быть отнесены к разным блокам, а во-вторых — один и тот же предмет в зависимости от глубины изучения может включаться в разные блоки. Соотношение дисциплин разных блоков и является ноу-хау вуза, его визитной карточкой.

Общая интеллектуальная подготовка направлена в первую очередь на расширение кругозора студента, формирование у него определенного мировоззрения, знакомство с историей развития научной и технической мысли в областях знаний, связанных с выбранной специальностью, знакомство с общими методами решения задач постижения окружающего мира, разработки и создания машин и механизмов. Для дисциплин этого блока характерны практическая неизменность подаваемой информации, хорошая классификация, устоявшаяся методика преподавания. При внедрении информационных технологий в преподавание дисциплин этого блока в первую очередь необходимы персо-

нальные компьютеры с мультимедийными возможностями для построения относительно несложных локальных информационно-поисковых систем, обеспечивающих хранение, поиск и доступ к информации, представленной в виде текстов, графических объектов, видеороликов и звуковых фрагментов. Реализация таких систем вполне по силам самим вузам, в большинстве своем давно уже обладающим значительным парком персональных компьютеров и укомплектованным преподавателями и специалистами достаточной квалификации. Однако уже следующий естественный этап — организация региональных хранилищ информации (на Западе именно университеты стали пионерами в деле их создания) — требует как существенных материальных затрат, в первую очередь на закупку мощной аппаратуры и сложного математического обеспечения, так и высококвалифицированных кадров. К сожалению, в настоящее время потенциал подавляющего большинства отечественных вузов не позволяет им стать центрами внедрения таких технологий в процесс обучения.

Базовая профессиональная подготовка направлена на формирование у студента четкого представления о выбранной специальности. В рамках этой подготовки студент должен овладеть специфическим языком, на котором описываются основные понятия, усвоить важнейшие идеи и постулаты, составляющие базу предметной области, научиться приемам и методам работы, используемым специалистами в настоящий момент, получить углубленное представление о положении дел в смежных дисциплинах. Знания, относящиеся к предметам этого блока, остаются актуальными в среднем в течение 5—15 лет в зависимости от специальности (при этом следует отметить, что содержание дисциплин, связанных с ИТ, меняется еще быстрее). Обычно для данных предметов существует устоявшаяся классификация знаний, а также общепри-

знания методика преподавания. Использование информационных технологий в учебном процессе в рамках этого блока аналогично их использованию в преподавании дисциплин общей интеллектуальной подготовки, хотя и имеет некоторые особенности. Эти особенности связаны с тем, что студент уже должен самостоятельно решать некоторые задачи, характерные для его будущей профессии. Следовательно, ему должно быть предоставлено или реальное рабочее место, или его имитация. В обоих случаях альтернативы применению компьютеров и информационных технологий нет. Компьютер — это рабочее место для широчайшего круга специалистов по информатике. В то же время с использованием компьютеров относительно легко строить имитаторы разнообразных рабочих мест, в реальном исполнении не предусматривающих использование информационных технологий (хотя таких становится все меньше и меньше).

Для полноценной реализации всех преимуществ информационных технологий в преподавании предметов блока базовой профессиональной подготовки вузам необходимо, с одной стороны, привлекать ведущих специалистов независимо от места их работы хотя бы для постановки задачи и отработки методики преподавания (не говоря уже о самом преподавании), а с другой — совершенствовать материальную базу. И то, и другое возможно сегодня только при сотрудничестве либо с крупными научными центрами, либо с коммерческими фирмами.

Специализированная профессиональная подготовка предполагает углубленное изучение узкого круга дисциплин, составляющих основу выбранной специализации, причем основное внимание здесь должно уделяться современному состоянию данной области знаний и перспективам ее развития. В связи с быстрым совершенствованием технологий вообще, и информационных технологий в частности, содержание изучаемых курсов данного блока должно обновляться каждые год-два. Из-за столь быстрой смены понятий и приоритетов дисциплины этого блока подчас не имеют отработанной классификации и методики преподавания, что выдвигает повышенные требования к преподавателям в части владения предметом.

Но особенно важно, чтобы в рамках блока специализированной профессиональной подготовки студент приобрел навыки работы по выбранной специальности, опыт работы в коллективе при выполнении реальных проектов. Реализовать это положение для студентов, выбравших специализацию в области информационных технологий, крайне трудно. Большая часть вузов не имеет возможности привлекать студентов к участию в серьезных реальных проектах. Поэтому они заменяются опи-

санием или (в лучшем случае) моделированием упрощенных задач. Выход состоит во всемерном привлечении к обучению студентов коммерческих фирм. Реальность такова, что именно там сегодня сосредоточены наиболее квалифицированные специалисты, способные передать студенту свой опыт, именно там ведутся серьезные практические проекты, основанные на новейших технологиях, именно там можно приобрести опыт работы в рыночных условиях и понять, какие знания и умения действительно ценятся и востребованы на рынке.

В свою очередь, серьезные коммерческие фирмы заинтересованы в сотрудничестве с вузами. Конечно, первоначально эта деятельность является для фирмы затратной, и многие руководители до сих пор полагают, что проще нанять готового специалиста. Однако затраты на работу со студентами окупаются достаточно быстро: сегодняшний студент обычно очень быстро становится хорошим работником, причем чаще всего его психология выгодно отличается от психологии пришедшего со стороны сотрудника. При этом, конечно, принимающая у себя студентов фирма имеет возможность присмотреться к ним и выбрать лучших для дальнейшей работы.

Удачным примером такого сотрудничества может служить совместная работа кафедры "Проектирование вычислительных комплексов" (ПВК) "МАТИ"-РГТУ им. К. Э. Циолковского и известной фирмы-разработчика программного обеспечения ЗАО "ИНИСТЭК", участника партнерской программы компании Microsoft — EMPOWER for Independent Software Vendors (Программа для независимых разработчиков решений на платформе Microsoft).

ЗАО "ИНИСТЭК" с 1995 г. осуществляет разработку корпоративных информационных систем для производственных предприятий и автоматизированных систем управления технологическими процессами. За этот период в ней были созданы несколько оригинальных программных систем, в числе которых:

— ERP-платформа "Апрель", предназначенная для построения систем управления;

— система "Пульс", предназначенная для управления производственными предприятиями;

— система "Структура — персонал — задания", предназначенная для организации управления в учебных заведениях, государственных учреждениях и др.

Сегодня корпоративные информационные системы, разработанные ЗАО "ИНИСТЭК", внедрены более чем на 60 предприятиях легкой промышленности Москвы и других регионов.

Кроме того, ЗАО "ИНИСТЭК" успешно работает в области создания и внедрения автоматизирован-

ных систем управления технологическими процессами. Ее клиентами являются, в частности, Ракетно-космическая корпорация "Энергия" им. С. П. Королева и Музей Великой Отечественной войны на Поклонной горе.

Практически с самого момента своего основания ЗАО "ИНИСТЭК" тесно сотрудничает с кафедрой ПВК. Это сотрудничество осуществлялось в различных формах, которые менялись и совершенствовались со временем. В итоге те из них, которые наилучшим образом зарекомендовали себя, были зафиксированы в договоре о сотрудничестве, подписанном ректором МАТИ и генеральным директором ЗАО "ИНИСТЭК". В договоре констатируется взаимная заинтересованность сторон в сотрудничестве при подготовке в университете специалистов по специальности 552800 "Информатика и вычислительная техника". Было определено, что базовым подразделением, ответственным за осуществление такой работы, станет кафедра ПВК экономического факультета МАТИ.

Договор, с одной стороны, предполагает активное участие сотрудников, студентов и аспирантов кафедры ПВК в производственной и научно-технической деятельности ЗАО "ИНИСТЭК". С другой стороны, договор предполагает оказание сотрудниками фирмы помощи кафедре в организации и проведении специальных и дополнительных учебных курсов на территории и на оборудовании ЗАО "ИНИСТЭК". Кроме того, ведущие сотрудники фирмы проводят для студентов и преподавателей кафедры семинары по актуальным вопросам использования информационных технологий. Это должно способствовать обеспечению при подготовке специалистов по направлению 52800 "Информатика и вычислительная техника" сочетания фундаментального характера учебного процесса и профессиональной ориентированности.

Студенты кафедры ПВК, начиная с 4-го курса, привлекаются к выполнению работ по тематике ЗАО "ИНИСТЭК", для них организуется прохождение производственной практики, обеспечивается помощь в выборе тем выпускных квалификационных и дипломных работ, подборе материалов в соответствии со спецификой производственной деятельности фирмы.

Следует отметить, что помимо базового договора, определяющего основные рамки и формы взаимодействия университета и ЗАО "ИНИСТЭК", отношения между субъектами сотрудничества регулируются дополнительно подписываемыми индивидуальными соглашениями. В частности, с каждым студентом, направляемым в ЗАО "ИНИСТЭК" для прохождения преддипломной практики, заключается договор о стажировке.

Прохождение преддипломной практики и подготовку выпускной квалификационной или дипломной работы стажер выполняет в одном из структурных подразделений фирмы. Ему назначается соруководитель работы из сотрудников ЗАО "ИНИСТЭК". За время стажировки студент при решении конкретных производственных задач приобретает практические профессиональные навыки, осваивает современные технологии и методы работы, получает опыт работы в составе коллектива.

После достижения стажером достаточных квалификации и степени самостоятельности в выполнении конкретных работ по представлению его руководителя со стажером заключается либо дополнительное соглашение, либо стандартный контракт, определяющие размер оплаты выполняемых им работ. При этом заработную плату стажер получает в соответствии с конкретными результатами работ и их качеством исходя из норм производительности и расценок, действующих для штатных сотрудников, выполняющих аналогичную работу.

На период преддипломной практики для студентов устанавливается индивидуальный гибкий распорядок рабочего времени, позволяющий совмещать учебу с работой. После окончания преддипломной стажировки рассматриваются возможности и варианты дальнейшего трудоустройства на фирме (при этом время обучения засчитывается в установленный законодательством испытательный срок).

Взаимная заинтересованность всех сторон в сотрудничестве позволила наладить систематическую работу по подготовке студентов. Если за период с 1995 по 2003 г. в ЗАО "ИНИСТЭК" работали всего около 20 студентов кафедры ПВК, то в 2004—2005 учебном году преддипломную практику прошли 6, а в 2005—2006 — 5 студентов 4-го курса.

За время сотрудничества по результатам работ, выполненных студентами кафедры ПВК в ЗАО "ИНИСТЭК", написаны и защищены 14 выпускных квалификационных работ бакалавров и дипломных работ специалистов, 2 магистерские диссертации, подготовлена к защите кандидатская диссертация. По результатам работ студентами кафедры сделаны более 20 докладов на Гагаринских чтениях, а также опубликованы несколько статей в научных журналах.

Альтернативы взаимодействию коммерческих фирм с ведущими вузами страны при подготовке высококвалифицированных кадров в настоящее время нет. И чем скорее партнеры сделают шаги навстречу друг другу, тем быстрее Россия сможет сполна воспользоваться плодами современной технологической революции.

УДК 621.791:061.21.4

Международная выставка "Интертул. Экспосварка. Мера—2006"

7—10 ноября 2006 г. в ЦВК "Экспоцентр" в Москве прошла международная выставка "Интертул. Экспосварка. Мера—2006", организованная австрийской фирмой M.S.I. Fairs & Exhibition и российским АО "Евроэкспо" при содействии ЗАО "Экспоцентр". Свою продукцию на выставке демонстрировали около 800 отечественных и зарубежных производителей и дистрибьюторов. Экспозиционная площадь выставки составила 9000 м².

Ниже приведем краткое описание некоторых разработок, демонстрировавшихся на выставке предприятиями-разработчиками и вызвавших большой интерес у специалистов.

АО "АвтоВАЗ" (Тольятти) — различное технологическое оборудование:

— *автомат* для обработки галтелей коренных шеек коленчатого вала (обработка всех шеек производится одновременно). Загрузка и разгрузка автомата производится порталным манипулятором в автоматическом режиме. Для выбора оптимальных режимов резания предусмотрена плавная регулировка оборотов шпинделя и рабочих подач инструмента. Шпиндельный патрон с плавающими кулачками и подвижным центром оснащен устройством для гашения возникающего в процессе обработки дисбаланса. Шпиндельная бабка имеет встроенный двухступенчатый редуктор с усиленными шпиндельными подшипниками. Ориентирующее устройство применяется для установки шеек коленчатого вала относительно инструмента. Трехроликовый люнет с подвижными роликами служит дополнительной промежуточной опорой. Все рабочие узлы установлены на сварном основании, на котором смонтированы резервуар с охлаждающей жидкостью (~200 л) и конвейер для уборки стружки. Шкаф управления и гидростанция размещены отдельно от автомата. Производительность автомата при 85 %-ном использовании составляет 40 деталей в час, частота вращения шпинделя до 355 мин⁻¹, мощность привода главного движения 13,5 кВт. Автомат оснащен четырьмя суппортами с ходом 125 мм. Смазка суппортов и шпиндельных подшипников — импульсная централизованная;

— *универсальный промышленный робот ПР 350* шарнирного типа, имеющий шесть степеней подвижности. Такой универсальный ПР применя-

ется при контактной сварке, складировании и транспортировке грузов. Кинематическая конструкция манипулятора ПР оптимизирует его положение относительно обрабатываемой детали или заготовки. Долговечная смазка подвижных узлов манипулятора требует замены через 20 000 ч эксплуатации. Для расширения рабочей зоны ПР может быть смонтирован удлинитель "руки" длиной 200 или 400 мм. Максимальная скорость перемещения манипулятора ПР не менее 154 °/с. Наибольшая погрешность позиционирования ± 0,35 мм. Общая установленная мощность привода ПР 52 кВт;

— *магнитно-импульсная установка* (рис. 1) для сварки, формовки, сборки, резки, опрессовки и редуцирования тонкостенных трубчатых деталей любых диаметров с толщиной стенки 0,5—5,0 мм. Установка качественно сваривает трубчатые детали из однородных и разнородных материалов, плохо свариваемых или не свариваемых традиционными способами сварки (Al + Al, Al + Cu, Al + Fe, Cu + Fe и т. п.). Опытные образцы карданного вала автомобиля с трубой из алюминиевого сплава, сваренные на установке, выдерживают максимальный крутящий момент 2500 Н·м, при этом разрушение происходит по основному материалу. Производительность установки 2—20 циклов/мин, удельные энергозатраты при сварке 20—30 Дж/мм², питающее напряжение 380 или 220 В;



Рис. 1. Магнитно-импульсная установка

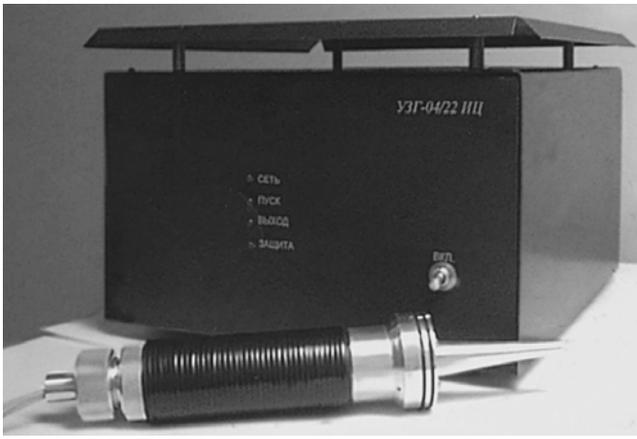


Рис. 2. Технологический комплекс ультразвуковой сварки листовых пластмасс

— *технологический комплекс ультразвуковой сварки листовых пластмасс* (рис. 2) — малогабаритный компактный ультразвуковой генератор с комплектом необходимых устройств для мелкосерийного производства, клепки и точечной сварки деталей различной конструкции. Комплекс прошел производственные испытания, удобен и безопасен в работе. Питающее напряжение 220 В, потребляемая мощность 0,85 кВт, габаритные размеры 285 × 380 × 180 мм, масса 8 кг;

— *безвольфрамовая горелка для дуговой сварки и поверхностной термической обработки железоуглеродистых сплавов* для сварки и наплавки алюминиевых сплавов электрической дугой прямого действия постоянным током обратной полярности. Горелка особенно эффективна при наплавке загрязненной поверхности, например при ремонтной наплавке деталей двигателей из алюминиевых сплавов. Специальная подготовка детали под наплавку не требуется. Горелка также применяется и для поверхностной термической обработки изделий из железоуглеродистых сплавов, чугунов, например поверхностного отбела рабочих поверхностей распределительных валов двигателей внутреннего сгорания, изготовленных из любого чугуна, закалки пуансонов. Горелка стабильно работает совместно с любыми источниками постоянного тока с подающей вольт-амперной характеристикой и предназначенными для сварки методами TIG и MMA. Максимальный ток при ПВ = 60 % до 350 А, возбуждение дуги — бесконтактное, длина дуги 3—7 мм, стойкость электрода не менее 4 ч, масса горелки 0,2 кг;

— *сварочные пистолеты* (рис. 3) для подачи и сжатия электродов вместе с рычагами во время сварки в оснастке сварочного и технологического оборудования (сварочные машины и автоматические линии). Сварочные пистолеты по сравнению с традиционными механизмами привода обладают

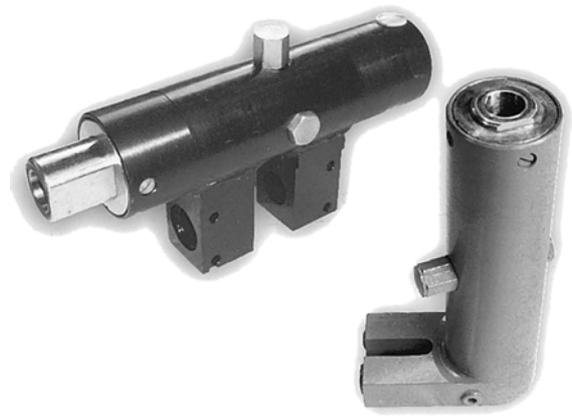


Рис. 3. Сварочные пистолеты для подачи и сжатия электродов вместе с рычагами во время сварки

высокой точностью, отличаются низким уровнем шума, большой долговечностью (не менее 300 000 двойных ходов) и позволяют получать более широкий диапазон усилий. Ступенчатые усилия в процессе сварки обеспечивают плавность и долговечность. Пневмопистолеты работают на сжатом воздухе (давление 0,15—1,00 МПа) при температуре 10—40 °С. Сжатый воздух, подаваемый в рабочие полости пистолета, должен быть насыщен распыленным маслом из расчета две-три капли на 1 м³ свободного воздуха, поступающего в пневмопистолет. При высоких температурах окружающей среды рекомендуются сорта масел с повышенной вязкостью, при низких — с пониженной.

ООО "Ручной инструмент" (Москва) — ручной инструмент, разработанный за рубежом:

— *буры SDS-Plus* по бетону, дереву и металлу (Дания), имеют специальную геометрию режущей кромки твердосплавной напайки (карбид вольфрама), обеспечивают легкое центрирование и быстрое сверление в бетоне, железобетоне и граните;

— *газовые и разводные ключи* (Швеция) из высоколегированной специальной стали;

— *кольцевые биметаллические пилы* (Швеция) с закаленными зубьями из высоколегированной быстрорежущей стали, позволяют достичь максимальной производительности при пилении любых материалов (от дерева до коррозионно-стойкой стали);

— *отвертки VANCO* — более легкие и удобные, чем любые другие. При использовании таких отверток значительно снижаются мускульное усилие и риск получения травм;

— *плоскогубцы и кусачки слесарные для электроники и точной механики* (Великобритания), изготовленные из легированных сталей в сочетании с тщательной термической обработкой для получения необходимой прочности, твердости и износостойкости режущих кромок и зажимающих поверхностей.

ЗАО "ЭЛМИД-ТЕХНО" (Москва) — новое сварочное и другое оборудование, разработанное за рубежом:

— *мультисистема ESSETI-INOXA-350* для аргонодуговой сварки постоянным током TIG- и MMA-сваркой. Возможна комплектация мультисистемы функцией механизированной MIG/MAG-сварки с импульсным режимом для сварки тонких листов алюминия. Имеется возможность записи в память и использования до 480 программ, регулировки любых сварочных программ. Инверторные источники сварочного тока контролируются мощным микропроцессором. Габаритные размеры мультисистемы 470 × 1000 × 720 мм, масса 73 кг;

— *установка "Плазар"* (рис. 4) — многофункциональный термopлазменный инструмент, выгодно отличающийся от газо- и электросварочных аппаратов. Применяется для разделительной, поверхностной и копьевой (образования отверстий) резки, плавления и локального нагрева черных и цветных металлов, бетона, камня и других материалов. Можно использовать для пайки, пайкосварки и сварки различных металлов и неэлектропроводных материалов. Пределы регулирования тока дуги 4—8 А, рабочее напряжение 110—190 В. Время непрерывной работы горелки (ток дуги 6 А, диаметр сопла 1 мм, напряжение до 160 В) не менее 25 мин. Рабочая жидкость для резки — дистиллированная вода (ТУ 6-97-48—91); для сварки и пайки — раствор ацетона, этилового спирта в дистиллированной воде. Номинальный объем рабочей жидкости, заправляемой в горелку, 80 мл. Режим работы — повторно-кратковременный. Время достижения установившегося теплового состояния горелки не более 3 мин.

Скорость разделительной резки для различных сплавов приведена в таблице.

Габаритные размеры горелки 60 × 190 × 190 мм, масса 0,7 кг;



Рис. 4. Установка "Плазар"

Материал	Толщина, мм	Скорость резки, мм/с
Сталь: 08кп	1,5	3,33—6,00
	3,0	0,85—1,03
	10	1,36—2,20
Ст3 X18H10T	3,0	0,47—0,88
	7,0	0,25—0,34
	1,2	2,00—3,30
Сплав: AMг BT6	3,0	1,21—2,10
	1,2	2,50—3,33
	10,0	6,90—8,00

— *мобильный агрегат МАВР-150* для воздушно-плазменной резки (рис. 5) для ручной и автоматизированной резки низкоуглеродистых, коррозионно-стойких сталей, алюминия и других металлов толщиной до 50 мм. Источник питания агрегата выполнен на основе оригинальной схемы высокочастотного транзисторного инвертора. Входное напряжение мобильного агрегата 380 В ± 15 %, выходной ток для 1—3-й ступеней 50, 100 и 150 А соответственно. Потребляемая мощность не более 25 кВт. Поджиг дуги агрегата производится осциллятором. Имеется защита от перегрузок. Благодаря блочной конструкции осуществляется легкий доступ к элементам агрегата при его ремонте и техническом обслуживании. Возможна работа от автономного источника электропитания мощностью 30 кВт. Габаритные размеры агрегата 400 × 280 × 600 мм, масса 45 кг;

— *полуавтомат А-547УМ-4* для дуговой сварки в монтажных условиях низкоуглеродистых, низко- и среднелегированных коррозионно-стойких сталей сплошной и порошковой проволокой постоянным током в углекислом газе и смесях. Полуавтомат укомплектован экономичным, малогабаритным инверторным выпрямителем ВДУЧ-350 МАГ.



Рис. 5. Мобильный агрегат МАВР-150 для воздушно-плазменной резки

Механизм подачи вместе с кассетой для электродной проволоки и отсекателем газа смонтирован в корпусе типа "чемодан". В механизме подачи применен электропривод на базе двигателя Д-90 с редуктором и универсальным протяжным устройством с двумя парами роликов с зубчатым зацеплением, что обеспечивает надежную равномерную подачу сплошной или порошковой сварочной проволоки. На панели управления расположены плавный регулятор сварочного напряжения и двухступенчатый плавный регулятор скорости подачи проволоки. Питание механизма подачи осуществляется от сварочного напряжения (дуги), что обеспечивает повышение устойчивости процесса и стабильность режима сварки при незначительном разбрызгивании, а также упрощает процесс настройки. Питающее напряжение полуавтомата 5—36 В, потребляемая мощность не более 130 Вт, скорость подачи электродной проволоки 30—700 м/ч, диаметр сплошной электродной проволоки 0,8—1,6 мм, порошковой — 1,2—2,6 мм. Габаритные размеры полуавтомата 420 × 282 × 131 мм, масса 10 кг;

— *термоиндикаторный маркер THERMOMELT* (рис. 6) для контроля температуры поверхности при проведении предварительного и сопутствующего подогрева сварных соединений, термической обработки малогабаритных металлических изделий, валов, листового металла, труб, металлообрабатывающего инструмента. Маркер представляет собой стержень из лакополимерного композита, вмонтированный в металлический корпус, снабженный карманным держателем. Материал стержня плавится при определенной температуре, так называемом номинале маркера. Для определения момента достижения определенной температуры на контролируемую поверхность наносят метку термоиндикаторным маркером соответствующего



Рис. 6. Термоиндикаторный маркер THERMOMELT

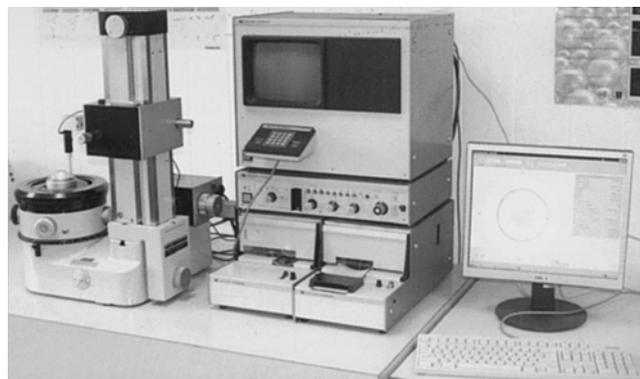


Рис. 7. Автоматизированная система MSIU Rond Wave

номинала. Метка получится сухой и рассыпчатой. Когда температура поверхности достигнет значения, соответствующего номиналу маркера, метка быстро расплавится и превратится в глянцевый мазок. Глянцевый вид мазка сохранится и после охлаждения поверхности. На изменение цвета метки обращать внимание не следует, поскольку критерием, определяющим температуру поверхности, является начало плавления метки.

Московский государственный индустриальный университет — оригинальные разработки:

— *автоматизированная система MSUI Rond Wave* (рис. 7) для измерения и анализа отклонения от окружности, а также волнистости торцевой поверхности деталей машин. Система построена по модульному принципу и состоит из кругломера Talyrond 200, аналого-цифрового преобразователя, интерфейсных кабелей и ПК с пакетом прикладных программ. Она позволяет проводить измерение и анализ отдельных круглограмм (боковых или торцовых) поверхности деталей вращения или трехмерного образа их торцевой поверхности. Время измерения одного профиля 25 с. Питающее напряжение кругломера 220 В;

— *малогабаритная система измерения и оценки шероховатости поверхности HW-MSIU T500P*, также построенная по модульному принципу и состоящая из профиломера, зарядного устройства, интерфейсного кабеля и карманного ПК. Встроенное программное обеспечение позволяет проводить оценку параметров и графический анализ шероховатости поверхности. Результаты измерений профиля сохраняются в энергонезависимой памяти карманного ПК и передаются на стационарный ПК через инфракрасный порт. Питание профиломера от батарейки напряжением 9 В.

Фирма Rothenberger (Германия) — различный профессиональный инструмент:

— *универсальный трубогиб Robend H + W* для точной холодной гибки до 180° мягких и твердых медных, медных в оболочке, тонкостенных стальных, алюминиевых, латунных и коррозионно-стойких труб. Точная гибка происходит без деформации

и образования складок в тисках (трубы диаметром 8—22 мм), ручная гибка — при помощи дополнительной рукоятки (трубы диаметром до 18 мм);

— *переменный электрический трубогиб Robend 3000* для монтажных работ, при достижении заданного углагиба (180°) происходит автоматическое отключение. Рекомендован к применению при гибке медных, латунных и коррозионно-стойких труб диаметром 12—28 мм, тонкостенных стальных труб диаметром 12—28 мм;

— *горелка Roraier faier* для пайки твердым припоем с функцией пьезоподжига (мгновенный поджиг при нажатии на кнопку). Имеется вентиль регулировки пламени, встроенный постоянный редуктор давления обеспечивает равномерное давление при любой температуре;

— *набор Allgas 2000* — универсальная, переносная установка для пайки твердым припоем и сварки железа, стали, листовых материалов, труб и цветных металлов. Установка отличается высокой производительностью и низким расходом газа. Диапазон пайки — толщина стенок до 2,5 мм, диапазон сварки — 0,2—5 мм;

— *ручной опрессовщик PR 30* для быстрой и точной проверки давления, а также герметичности трубопроводных систем и резервуаров в водопроводных, отопительных и сантехнических системах сжатого воздуха, охлаждающих и масляных установках. Постоянство давления обеспечивается системой двойных клапанов с коррозионно-стойкой шаровой головкой. Особо прочный шарнир рычага с длинной рукояткой обеспечивает точную передачу усилий на поршень при наименьшем износе;

— *электрическая пила* для быстрой и точной поперечной резки стальных труб диаметром до 165 мм. Такая пила рекомендована для применения в узких местах и при работе над головой без верстака, а также на проложенной трубе. Имеется универсальное крепление пильного полотна для поперечной резки труб — цепной держатель. Мощность двигателя пилы 1050 Вт. Полотно пилы изготовлено из быстрорежущей стали, его ширина 140 или 200 мм;

— *ленточная пила* (рис. 8) для резки труб диаметром до 180 мм. Трубы — стальные, стальные в пластмассовой оболочке, пластмассовые, чугунные в цементной оболочке; электрокабель можно резать под любым углом;

— *алмазная сверлильная установка Rodiacot 131 DWS* для сверления отверстий диаметром до 131 мм. С помощью установки, обслуживаемой одним человеком, можно сверлить отверстия в железобетоне, мраморе, граните и кирпичной кладке. Узкое основание со встроенной вакуумной плитой обеспечивает перемещение установки и большую глубину сверления. Мощность двигателя установки 1,8 кВт, масса 17 кг. Установка имеет две



Рис. 8. Ленточная пила

рабочие частоты вращения: первая — 760 мин^{-1} для сверления отверстий глубиной 60—131 мм; вторая — 1570 мин^{-1} для сверления отверстий глубиной 10—60 мм. Сверление можно производить "в мокрую" и "в сухую";

— *машина для сварки труб* (рис. 9) встык диаметром до 1200 мм, оснащенная электродержателем с высоким крутящим моментом и гидроагрегатом, защищенным от загрязнений. К машине

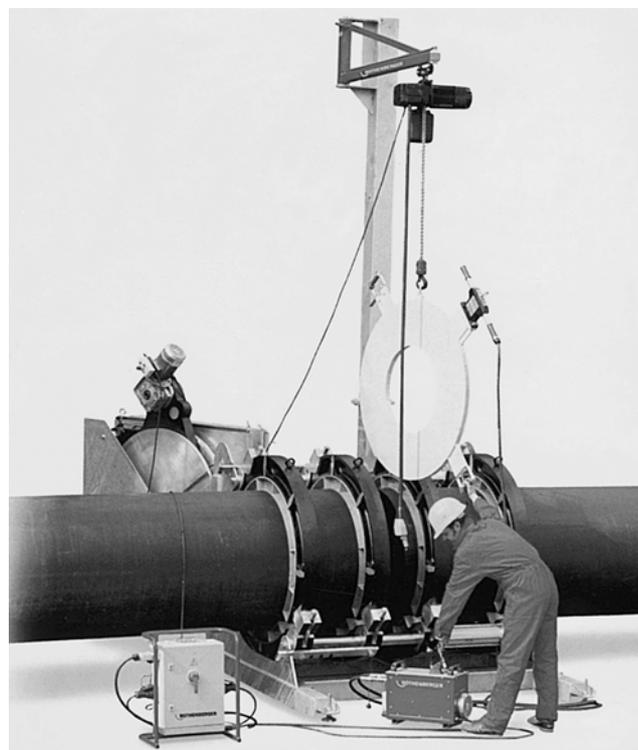


Рис. 9. Машина для сварки труб

можно подключить прибор, осуществляющий протоколирование технологического процесса. Дополнительно машина оснащена подъемным устройством для установки и удаления нагревательного элемента и торцевателя.

На выставке был представлен широкий спектр инструментов и станков для обработки металла, проволоки, труб, пластмасс; слесарный и монтаж-

ным инструмент; сварочное оборудование различного назначения. Выставка предоставила широкие возможности для расширения контактов производителей и потребителей, специалистов различных отраслей промышленности, областей науки, образования и торговли.

А. Н. Иванов, инж.

Отчетное собрание Ассоциации "Электрод"

13—17 ноября 2006 г. в Донецке (Украина) на базе ООО "Арсэл" состоялось расширенное отчетное собрание Ассоциации "Электрод" предприятий стран СНГ, в котором участвовали представители не только большинства организаций-членов ассоциации, но и специалисты смежных организаций. В программу мероприятия был включен также семинар, посвященный электродному производству.

Директор ООО "Арсэл" А. М. Микитенко рассказал о путях становления и развития молодого предприятия, ставшего за короткий период своего существования одним из лидеров электродного производства Украины. В настоящее время предприятие выпускает не только обширную гамму электродов, главным образом специального назначения, но также микролегированную порошковую проволоку "Мега-Сил" 713Р диаметром 1,2—1,6 мм и омедненную сварочную проволоку Св-08Г2С. Система обеспечения качества продукции сертифицирована по ISO 9000 первой среди родственных предприятий Украины.

Во время посещения предприятия участники семинара ознакомились с работой всех его подразделений, включая хорошо укомплектованные кадрами и современным оборудованием лаборатории, вспомогательные подразделения, складское хозяйство.

О проблемах производства сварочных электродов, общих для всех предприятий, рассказал акад. МАРЭ И. М. Лившиц (ЗАО "СВАМА", С.-Петербург). В числе этих проблем — вопросы качества сырьевых материалов и оборудования, возрастного кадрового состава, технически не оправданных систем обязательной сертификации и недобросовестной конкуренции.

С докладом "Оценка качества сварочных электродов" выступил д-р техн. наук З. А. Сидлин (ООО "Техпром", Москва). Докладчик проанализировал опубликованные данные о качестве электродов, выпускавшихся в советское время, рассказал о достигнутом в условиях рыночных отношений повышении точности изготовления электродов и улучшении их внешнего вида, качества упаковочных материалов и, в частности, упаковки электродов, внедрении поштучной маркировки, расширении промышленного ассортимента электродов с отвечающим современным требованиям уровнем сварочно-технологических свойств, а также существенном обновлении парка основного технологического оборудования. Основными проблемами при относительной стабилиза-

ции рынка в настоящее время являются не подтвержденные исследованиями корректировка состава покрытий электродов известных марок, а также фальсификация продукции ведущих производителей.

Представители ОАО "СпецЭлектрод" (Москва) сообщили о производстве хромоникелевых электродов ОЗЛ-308 и ОЗЛ-308L с низким содержанием углерода в наплавленном металле и повышенными сварочно-технологическими свойствами (В. В. Зиновьев) и о налаживании выпуска предприятием источников питания (в основном для ручной дуговой сварки) (д-р экон. наук Ю. В. Кусков).

А. А. Кузнецов проанализировал состояние отечественного и зарубежного оборудования, установленного в 2006 г. в ООО "СЗСМ" Ротекс" (Судиславль, Костромская обл.).

Сорокалетней годовщине крупнейшей Всесоюзной конференции по электродному производству, проходившей в Киеве 26—30 сентября 1966 г., был посвящен доклад З. А. Сидлина. Конференция, в работе которой участвовали около 400 ведущих отечественных и зарубежных специалистов, дала мощный импульс развитию электродного производства страны.

О повышении требований к радиологическим характеристикам сварочных материалов сообщила в своем выступлении М. И. Кучерова (ЗАО "ЭЛЗ", С.-Петербург).

Вопросы производства и поставки ферротитана стабильного качества для изготовления сварочных электродов были освещены в сообщении И. В. Береки (ООО НПФ "Кривбасстехнослав", Кривой Рог).

Проблемам гармонизации стандартов Украины (ДСТУ) и евростандартов (ЕН) по сварке был посвящен доклад Н. А. Проценко (ГП НТЦ "СЕПРОЗ" НАН Украины, Киев). Украинскими коллегами выполнен значительный объем работ в данном направлении при малой доле бюджетного финансирования.

Канд. техн. наук Н. В. Скорина (НПФ "Патон-Электрод", Киев) поделилась своими впечатлениями о командировке на электродные предприятия Китая. В настоящее время Китай является не только крупнейшим в мире производителем сварочных электродов, но и налаживает производство собственного оборудования для их выпуска.

На отдельном заседании ассоциации были рассмотрены вопросы, связанные с техническими регламентами, содержащими требования к сварочным процессам.

З. А. Сидлин, д-р техн. наук

Содержание зарубежных журналов по сварке¹

Rivista Italiana Della Saldatura (An. LVIII, N 1, 2006, Италия)

Scasso M. Мир сварки в начале третьего тысячелетия. P. 23—26.

Costa G., Lezzi F. Ежегодный конгресс Международного института сварки в Праге, 2005 г. P. 27—35.

Volpone M., Mueller S. Проблемы изготовления полуфабрикатов с защитным слоем грунтовки разных типа и толщины. P. 37—41.

Baratta F. et al. Эхо-импульсный метод неразрушающего контроля для оценки качества точечных швов. P. 43—54.

Rivela C., Galli R. Лазерная сварка полимеров. P. 59—64.

Di Simma P. et al. Обзор основных типов конструкций морских платформ и анализ отклонений, возникающих в процессе изготовления. P. 67—76.

Shackleton D. N. Док. МИС XI-836-05. Снижение риска разрушения в сварных компонентах. P. 79—83.

Источники питания для дуговой сварки. P. 87—94.

Schweissen und Schneiden (N 5, 2006, Германия)

Электронно-лучевая сварка усиленных стекловолокном поршней дизельных двигателей. S. 219—220.

"KINETIKS" — следующее поколение систем холодных газов для термического напыления. S. 220—222.

Wilden J. J.-P., Bergmann J.-P. Исследование металлургических основ плазменно-порошковой сварки тонких алюминиевых листов. S. 225—228.

Woeste K. Модификация электрошлакового процесса открывает возможности при наплавке. S. 229—237.

Bach F. W. et al. Меры снижения внутренних напряжений в плоских паяных соединениях в микросистемной технике. S. 238—246.

Jansen I., Bohme R. Обработка лазерным лучом усиленных стекловолокном пластмасс перед склеиванием. S. 247—249.

Стандартизация снижает затраты. S. 249—252.

Обзор литературы по сварке и родственным технологиям. S. 252—253.

Soldadura y Tecnologias de Union (Año XVI, N 96, 2005, Испания)

Gonzales A. V. Анализ разработки материалов, систем контроля и критериев приемки, а также последних технических достижений в области сварки. P. 16—20.

Veron P. Характеристики поверхности раздела между основным металлом (низколегированная сталь) и аустенитной коррозионно-стойкой сталью, наплавленной дуговой сваркой применительно к нефтехимическим реакторам. P. 22—25.

Системы гармонизации в Европе, используемые для аттестации персонала и сертификации систем контроля качества. P. 34—42.

Sudura (Vol. XVI, N 2, 2006, Румыния)

Parvu M. Технология подводной мокрой сварки с помощью самозащитной порошковой проволоки для ремонта подводного газопровода. P. 5—13.

Cramer H. et al. Сварка сталей с повышенным содержанием углерода с использованием методов конденсаторной и среднечастотной сварки. P. 15—22.

Burca M. et al. Методы удержания сварочной ванны при дуговой сварке плавящимся электродом. P. 24—26.

Simler H. et al. Большие потенциальные возможности по применению плазменно-дуговой резки с жесткими размерными припусками. Ч. 1. P. 30—33.

Schreiber F. Использование термического напыления инструментов позволило впервые в мире поднять самое крупное затонувшее судно. P. 34—37.

Killing R., Lorenz H. Влияние полярности на проплавление при ТИГ-сварке. P. 38—41.

Transaction of JWRI (Vol. 34, N 2, 2005, Япония)

Tashiro Sh. et al. Численное моделирование ТИГ-сварки в разных газовых атмосферах. P. 1—5.

Kawahito Y., Katayama S. Адаптивное управление и выполнение нахлесточных сварных швов на листовом алюминии. P. 7—15.

Zhang J., Kobayashi A. Стойкость против коррозии композиционных покрытий $Al_2O_3 + ZrO_2$, напыленных на подложки из коррозионно-стойкой стали. P. 17—22.

Kobayashi A., Hamanaka H. Разложение CO_2 плазменной струей туннельного типа и система его утилизации. P. 23—27.

Matsumoto T. et al. Измерение поверхностного натяжения расплавленного металла с помощью падающей капли при кратковременном падении капли в трубе под действием микрогравитации. P. 29—33.

Morks F. M., Kobayashi A. Влияние параметров напыления на свойства гидроксидатитовых покрытий, напыленных плазмой туннельного типа. P. 35—39.

Fahim F. N., Kobayashi A. Плазменное напыление туннельного типа пленок карбида кремния для термоэлектрических областей применения. P. 41—43.

Miyamoto Y. et al. Новый метод производства интерметаллических сплавов с помощью трехмерной микросварки. P. 45—49.

Komizo Y. et al. Исследование изменения фаз с помощью синхротронного излучения. P. 51—55.

Gao F. et al. Разрушение разнородных композиционных материалов вследствие температурных напряжений при наличии трещин. P. 57—61.

Welding and Cutting (N 2, 2006, Германия)

Восстановление мирового рынка промышленных роботов продолжается. P. 76.

Применение лазера в микротехническом производстве. P. 82.

¹ Раздел подготовлен по материалам Библиографического указателя "Сигнальная информация. Сварка и родственные технологии" (по вопросу получения полной версии материалов обращаться в ИЭС им. Е. О. Патона по тел./факсу: 8-10-38044-287-0777 или library@paton.kiev.ua).

Клеевое соединение без клея. Р. 83.

Системный интегратор для трубопроводов, выбранный для цифровой технологии сварки. Р. 86.

Smulczynski U. Ремонт треснувшей поворотной детали гибочного пресса. Р. 92—93.

Wesling V., Schram A., Rekersdrees T. Высококачественная сварка мартенситной горячекатаной ленты. Р. 96—99.

Spiegel-Ciobanu V.-E. Болезнь Паркинсона и воздействие марганца в процессе сварки. Р. 106—111.

Ralph B. G. Yeo. Усовершенствованное планирование работ при механизированной и автоматической сварке. Р. 112.

Bach F.-W. et al. Ультразвуковая пайка с нагревом пламенем алюминиевых сплавов. Р. 124—127.

Welding journal (Vol. 85, N 3, 2006, США)

Arbegast W. J. Сварка трением с перемешиванием после десятилетнего развития. Р. 28—35.

Hou Z. et al. Анализ контактной точечной сварки. Р. 36—40.

Defalco J. Сварка трением с перемешиванием по сравнению со сваркой плавлением. Р. 42—44.

Gould J. E., Chuko W. Обзор установок для точечной сварки качающихся рычагов. Р. 46—53.

Ding J. et al. Сварка трением с перемешиванием была выбрана в NASA для соединения многочисленных компонентов. Р. 54—59.

Dally J. Обзор установок для точечной сварки качающихся рычагов. Р. 60—61.

Abson D. J. et al. Обзор исключения из норм для термической обработки после сварки. Р. 63—69.

Cho Y. et al. Расчет экспериментального анализа и оценка лепестков швов, выполненных контактной точечной сваркой. Р. 45-s—51-s.

Harwig D. D. et al. Характеристики дуги и скорость плавления в процессе дуговой сварки металлическим электродом в защитном газе переменной полярности. Р. 52-s—62-s.

(Vol. 85, N 4, 2006, США)

Stol I. et al. Возврат к старому — применение сварки плавящимся электродом в защитном газе погруженной ду-

гой при выполнении роликовых швов в нахлесточных соединениях. Р. 28—33.

Johnsen M. R. et al. Устройство подачи проволоки с микропроцессорным управлением. Р. 34—36.

Okamoto K. et al. Сварка трением с перемешиванием для соединения разнородных алюминиевых сплавов. Р. 38—41.

Wildorf R. et al. Сварка алюминиевых труб малого и большого диаметра переменным током. Р. 42—43.

Sudha C. et al. Микроструктура и микрохимия твердой зоны в разнородных соединениях из хромомолибденовой стали. Р. 71-s—80-s.

Chang S. Y. et al. Исследование пайки покрытий из оксидов индия и олова на медные подложки. Р. 81-s—83-s.

Wang G., Barkey M. E. Рентгенографическое исследование процесса роста усталостных трещин точечных швов. Р. 84-s—87-s.

Zvaranie-Svarovani (Roc. 55, N 1, 2006, Словакия)

Declercq F. Испытания по сварке с целью сравнения обычного пневмопривода с электромеханическим сервоприводом с датчиком регулирования усилий. С. 3—7.

Janota M. Анализ применения сварочных роботов в промышленности Словакии. С. 8—10.

Vitasek M., Urbensky J. Ремонтная сварка компонентов оборудования давления без термообработки после сварки. Ч. 3. Ремонт сварных соединений. С. 11—15.

(Roc. 55, N 2, 2006, Словакия)

Barborka J., Kostany F. Разработка технологии сварки для изготовления рабочего колеса турбокомпрессора диаметром 400 мм. С. 36—41.

Felix M., Reichenbach B. Внедрение роботизированного участка для плазменно-кислородной резки отверстий и дуговой приварки насадок плавящимся электродом в защитном газе. С. 42—43.

Kalna K. Ремонтная заварка дефектов в оборудовании давления. С. 44—48.

УДК 621.791(088):16

Патенты РФ, свидетельства РФ на полезные модели, авторские свидетельства и патенты СССР на изобретения в области сварки*

Экономнолегированный электрод 48ХН-7 для сварки высокопрочных хладостойких низколегированных

* Приведены наименование и номер патента (авторского свидетельства), автор и заявитель, а в квадратных скобках — номер специального бюллетеня "Изобретения. Полезные модели" за 2006 г., в котором опубликована формула изобретения. Запросы для получения более подробных сведений следует направлять по адресу: 121867, Москва, Бережковская наб., д. 24. Патентная библиотека. Тел.: (495) 240 5008.

Обозначения: С — патент РФ, выданный вместо ранее не публиковавшегося а. с. СССР на оставшийся срок; С1 — патент, выданный без предшествующей публикации сведений о заявке; С2 — патент, выданный с предшествующей публикацией сведений о заявке; А1 и А2 — авторское и дополнительное авторское свидетельства СССР, ранее не публиковавшиеся; U1 — свидетельство РФ на полезную модель.

сталей включает стержень из проволоки Св-10ГНА и покрытие, содержащее мрамор, плавиковый шпат, кварцевый песок и жидкое натриевое стекло. Отличается тем, что покрытие содержит дополнительно железный порошок, комплексную лигатуру, рутиловый концентрат и никелевый порошок при содержании компонентов в покрытии в следующем соотношении (%): 35,2—48,6 мрамора; 17,0—24,0 плавикового шпата; 4,0—10,0 кварцевого песка; 6,0—12,0 рутилового концентрата; 10,0—15,0 железного порошка; 0,4—0,8 никелевого порошка; 8,0—12,0 комплексной лигатуры; 23,0—28,0 жидкого стекла натриевого (к массе сухой смеси). При этом комплексная лигатура содержит элементы в следующем соотношении (%): 25,00—35,00 титана; 2,00—6,00 кремния; 9,00—15,00 алюминия; 8,00—12,00 марганца; 0,02—1,00 церия; 0,50—1,50 бора; остальное — железо. 2268129 (С1). В. А. Малышевский (RU), А. В. Баранов (RU), В. П. Леонов (RU) и др. ФГУП "ЦНИИ КМ "Прометей" (RU). [2].

Способ изготовления полой лопатки компонента статора или ротора, имеющей по меньшей мере один несущий элемент жесткости, расположенный между двумя противоположными боковыми стенками лопатки и соединенный с ними. Отличается тем, что несущий элемент жесткости соединяют по меньшей мере с одной стенкой лопатки снаружи лазерной сваркой таким образом, что соединенные между собой участки несущего элемента жесткости и стенки лопатки образуют соединение Т-образной формы. 2268130 (С2). Я. Лундгрэн (SE), Й. Карлссон (SE), П. Йонссон (SE), Б. Нордин (SE). "Вольво Аэро Корпорейшн" (SE). [2].

Способ изготовления роторов включает соединение лопаток с диском рабочего колеса сваркой с последующей их обработкой, причем лопатки и диск рабочего колеса предварительно перед сваркой фиксируют в приспособлении для сборки и сварки. Отличается тем, что лопатки с диском фиксируют в приспособлении с созданием замкнутого пространства между ними, которое заполняют металлургическим наполнителем, сварку всех лопаток осуществляют последовательно по кольцу диска с проплавлением места стыка лопаток с диском на полное сечение в нижнем положении с последующим удалением наполнителя. 2268131 (С1). А. М. Парахин (RU), И. В. Терликов (RU), П. П. Денисенко (RU). ОАО "Энергомашкорпорация" (RU). [2].

Устройство для сжатия деталей при диффузионной сварке (а. с. 1183333) отличается тем, что для расширения технологических возможностей за счет увеличения усилия сжатия оно снабжено дополнительными сепаратором с шариками и опорной плитой с симметрично расположенными по окружности кулачковыми элементами, на поверхности дополнительной плиты выполнены дополнительная кольцевая проточка, сепаратор установлен с возможностью контактирования шариков с этой проточкой, дополнительная опорная плита установлена с возможностью контактирования кулачковых элементов с шариками дополнительного сепаратора, подвижные упоры снабжены дополнительными выступами, кинематически связанными с боковой поверхностью дополнительного сепаратора, причем выступы подвижных упоров симметричны относительно оси устройства. 1376381 (А2). В. А. Матюшкин, Т. П. Белгина, В. В. Редчиц. [2].

Способ лазерной обработки и устройство для его осуществления. 1. *Способ лазерной обработки*, при котором между обрабатываемой поверхностью и электродом, находящимся под положительным потенциалом, инициируют электрический разряд и по параметрам плазменного факела над зоной обработки контролируют интенсивность термического воздействия на эту зону лазерного излучения и дугового разряда. Отличается тем, что для повышения качества путем стабилизации энерговыклада в зону обработки волновой фронт лазерного излучения деформируют, изменяя угол его расходимости при помощи адаптивного элемента. 2. *Устройство для лазерной обработки* содержит лазер, фокусирующую систему, блок управления интенсивностью лазерного излучения, соединенный с лазером, неплавящийся электрод, соединенный с источником тока. Отличается тем, что для повышения качества путем стабилизации энерговыклада в зону обработки оно снабжено микропроцессором, адаптивным элементом, установленным на оптической оси лазера перед фокусирующей системой, с блоком управления, блоком регистрации и анализа распределения энергии в зоне обработки, блоком управления электрическим разрядом, соединенным с микропроцессором с двумя последними блоками и фокусирующей системой. 1658514 (А1). Ю. Н. Селезнев, А. В. Лихолетов, С. П. Бортников, В. М. Журavelь. [2].

Автоматическая линия для сварки деталей автомобиля содержит модуль сварки, включающий стол с фиксирующими элементами и прижимами, пост доварки, включающий робот-манипулятор и стационарные сварочные клещи, установленные с возможностью взаимодействия с роботом-манипулятором, а также промежуточную опору и устройство разгрузки. Отличается тем, что она снабжена несколькими дополнительными сварочными клещами, каждая из которых жестко установлена на каретке, выполненной с возможностью перемещения по направляющим при помощи многоходового пневмоцилиндра в направлении, перпендикулярном оси электродов клещей, при этом направляющие жестко закреплены на столе модуля сварки, шток многоходового пневмоцилиндра связан с кареткой, его корпус — со столом модуля сварки, а промежуточная опора выполнена в виде двухпозиционного поворотного стола, каждая позиция которого оснащена базирующими элементами. 50455 (U1). П. М. Ромашкин (RU), А. В. Салкевич (RU), А. М. Васильев (RU). ОАО "АвтоВАЗ" (RU). [2].

Способ дуговой сварки плавящимся электродом с импульсной модуляцией тока с регулированием длительности импульсов и пауз сварочного тока и наложением во время пауз дополнительных импульсов тока. Отличается тем, что частоту дополнительных импульсов выбирают больше 50 Гц, а длительность — от 0,5 до 2 мс, причем длительность основных импульсов и пауз регулируют автоматически в функции отклонения среднего напряжения дугового промежутка от заданного изменением длины дуги. 2268809 (С1). А. Ф. Князьков (RU), С. А. Князьков (RU), В. Л. Князьков (RU). Томский политехнический университет (RU). [3].

Сварочный выпрямитель содержит первый однофазный трансформатор с первичной и вторичной обмотками, второй однофазный трансформатор с первичной и двумя парами вторичных обмоток, дроссель, один вывод которого связан со вторичной обмоткой первого трансформатора, а второй подключен к выходному зажиму, и четыре вентиля, первичные обмотки трансформаторов подключены к линейным напряжениям трехфазной сети. Отличается тем, что вторичная обмотка первого трансформатора выполнена из двух полуобмоток, соединенных согласно последовательно и общая точка соединения, которых подключена к одному выводу дросселя, начало одной вторичной полуобмотки первого трансформатора соединено последовательно с началом и концом одной пары вторичных обмоток второго трансформатора, конец второй полуобмотки первого трансформатора соединен последовательно с началом и концом второй пары вторичных обмоток второго трансформатора, другие начала и концы каждой из четырех вторичных обмоток второго трансформатора раздельно подключены к четырем катодам вентилях, аноды которых объединены во второй выходной зажим. 2268810 (С1). М. А. Мельников (RU), В. В. Коваленко (RU). Ставропольский государственный аграрный университет (RU). [3].

Способ контактно-стыковой сварки трубы с заглушкой включает фиксацию конца трубы в приспособлении, сжатие торцев трубы и заглушки, имеющей максимальный диаметр меньше наружного диаметра трубы, но больше ее внутреннего диаметра, последующий разогрев сварочным током и вдавливание заглушки внутрь трубы. Отличается тем, что часть заглушки располагают в электроде свободно с возможностью ее радиального перемещения в процессе сварки, а требуемую соосность трубы и заглушки получают при вдавливании ее внутрь трубы. 2268811 (С2). А. А. Кислицкий (RU). ОАО "Новосибирский завод химконцентратов" (RU). [3].

Установка для герметизации трубчатых элементов содержит сварочную камеру, в которой расположены цанго-

вые захваты оболочки и заглушки, связанные с соответствующими приводами силовыми штоками, устройства герметизации камеры, привод сварочного давления, соединенный с приводом цангового захвата заглушки с возможностью их совместного перемещения. Отличается тем, что соединение цанговых захватов со штоками своих приводов выполнено шарнирно, а цанговый захват заглушки имеет диаметр отверстия, превышающий диаметр части заглушки, размещаемой в этом отверстии, не менее чем на величину несоосности центральных отверстий цанговых захватов. 22-68812 (С2). А. А. Кислицкий (RU), А. М. Лузин (RU). ОАО "Новосибирский завод химконцентратов" (RU). [3].

Устройство для сборки и сварки панелей с сотовым наполнителем из металлической гофрированной ленты с отбортовками и листовых обшивок включает две головки с роликовыми электродами, токопроводящую гребенку с профилем, соответствующим форме сотового наполнителя, каретки с тормозами для крепления обшивок, приводы перемещения гребенки и каретки. Отличается тем, что гребенка выполнена в виде закрепленных консольно в корпусе с зазором одна относительно другой верхней и нижней частей, включающих набранные в ряды пакеты пластин из токопро-

водящего металла, а подключение к источнику питания роликовых электродов выполнено по двухсторонней схеме сварки, причем величина зазора между частями гребенки установлена с возможностью перемещения листовой проставки сотовой панели при ее подаче в зону сварки. 2268813 (С1). М. А. Уржунцев (RU), И. Ф. Костенко (RU), В. А. Холманский (RU) и др. ОАО "Научно-производственное объединение "Поволжский авиационный технологический институт" (RU). [3].

Модификация поверхности включает приведение в относительное движение изделия и мощного луча в пересекающемся направлении с тем, чтобы подвергнуть воздействию мощного луча ряд положений на изделии, и в каждом положении приведение мощного луча в движение во множестве направлений по отношению к изделию заранее заданным образом, за счет чего в каждом положении материал изделия плавят и перемещают под действием мощного луча таким образом, чтобы сформировать углубление или отверстие. 2268814 (С2). Б. Г. Данс (GB) "ДЗЭ ВЕЛДИНГ ИНСТИТЮТ" (GB). [3].

Н. Посметная



СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

WWW.DUKON.RU

**EWM
ELMATECH
Telwin**



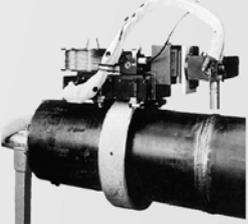
Оборудование для дуговых способов сварки

**ELMATECH
Telwin**



Установки для плазменной резки

LIBURDI



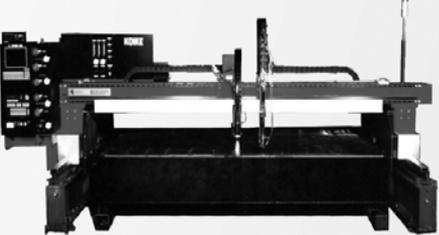
Оборудование для сварки труб и трубных досок

CB Chemie



Средства защиты металла при сварке

KOIKE



Машины для термической резки (портальные, переносные)

DALEX



Оборудование для контактной сварки (стандартное и под заказ)

Translas



Расходные материалы

Москва: (495) 642-68-57 Новосибирск: (383) 211-27-70 Екатеринбург: (343) 310-00-12 Ростов-на-Дону: (863) 299-50-19
 С.-Петербург: (812) 326-92-46 Тольятти: (8482) 51-19-00 Н. Новгород: (8312) 78-54-90 Омск: (3812) 38-40-15

Публикуется на правах рекламы

Рефераты опубликованных статей

УДК 621.791:621.311.21

Особенности сварки гидротехнических конструкций и оборудования. Панин В. Н. — Сварочное производство. 2007. № 3. С. 3—14.

Рассмотрены вопросы применения нестандартизированных сварных соединений при изготовлении гидротехнических металлических конструкций (ГТМК) и гидромеханического оборудования (ГМО) ГЭС и ГАЭС, особое внимание при этом уделено вопросу свариваемости сталей как основному показателю надежности сварных конструкций. Приведены технологические схемы изготовления сварных конструкций в заводских условиях и применяемые методы контроля сварных соединений. Табл. 1. Ил. 11. Библиогр. 10.

УДК 621.791.75.01:537.523

Классификация способов контактного зажигания дуги при сварке проволоками малого диаметра. Варуха Е. Н. — Сварочное производство. 2007. № 3. С. 15—19.

На основании изучения основных факторов, влияющих на условия перегорания вылета сварочной проволоки малого диаметра при коротком замыкании, разработана классификация способов контактного зажигания сварочной дуги, обеспечивающих установление процесса сварки после первого касания проволоки с изделием. Ил. 4. Библиогр. 9.

УДК 621.791.75:519.2:519.72

Оценка качества составляющих процесса ручной дуговой сварки энтропийными методами. Кавришвили З. О., Чернов А. В., Бурдаков С. М. — Сварочное производство. 2007. № 3. С. 19—22.

На основе теории информации разработана методика оценки энтропии и информационного содержания сигналов сварочного тока и напряжения дуги с учетом попарной статистической зависимости между соседними значениями в их временной последовательности. На примере источников питания с разными ВАХ показана принципиальная возможность использования предложенного показателя информативности сигналов для оценки характеристик составляющих сварочного процесса. Табл. 2. Ил. 4. Библиогр. 8.

УДК 621.791.927.6

Исследование процесса износа ролика-электрода при электроконтактной наплавке проволокой. Нафиков М. З., Загиров И. И. — Сварочное производство. 2007. № 3. С. 23—24.

Разработана методика определения износа ролика-электрода как площади поперечного сечения кольцевой канавки на его рабочей поверхности, основанная на замерах относительной осевой деформации присадочной проволоки при ее наплавке. Приведены результаты испытаний роликов-электродов из горячекатаной меди и бронз Бр.Х и Бр.НБТ. Показано, что даже небольшой износ инструмента существенно снижает качество сварного металлопокрытия. Для уменьшения износа предлагается упрочнять рабочую часть роликов-электродов сеткой из жаропрочных материалов. Ил. 5. Библиогр. 2.

УДК 621.791.75.04

Некоторые особенности конструирования формирующих слоев подкладочных устройств для односторонней дуговой сварки сталей. Доронин Ю. В. — Сварочное производство. 2007. № 3. С. 25—28.

Проведен анализ существующих конструкций формирующих подкладок для односторонней дуговой сварки сталей как отечественной, так и зарубежной разработки. Предложены новые конструкции формирующих подкладок на основе неорганических волокон. Их основными преимуществами являются гибкость, что позволяет использовать их при сварке криволинейных соединений, и обеспечение шлакового расплава с необходимыми физико-химическими свойствами. Табл. 1. Ил. 4. Библиогр. 3.

УДК 621.791.754

Пути повышения стабильности процесса и снижения потерь электродного металла на разбрызгивание при сварке в CO_2 . Иванников А. В. — Сварочное производство. 2007. № 3. С. 28—31.

Разработан новый способ подачи проволоки для механизированной дуговой сварки в CO_2 с применением правильно-подающих механизмов с линейными контактами проволоки с подающим роликом, а также горелки с гибким шлангом. При этом исключаются основные причины низкой стабильности процесса сварки, повышенных потерь электродного металла и разбрызгивания свариваемых изделий, а также некачественного формирования швов. Ил. 1. Библиогр. 3.

УДК 621.791.75—52

Автоматизация сварочного процесса в стройиндустрии при введении линии "АЛИКС-2601". Кудрявцев А. Ю. — Сварочное производство. 2007. № 3. С. 31—35.

Проведен сравнительный анализ затрат при производстве арматурных сеток на существующем оборудовании и на автоматической линии контактной сварки "АЛИКС". Установлено, что при установке линии "АЛИКС" значительно сокращаются трудозатраты, затраты на электроэнергию и высвобождаются производственные площади при снижении себестоимости продукции. Табл. 3. Ил. 2.

УДК 621.791.05:620.179

Особенности контроля сварных соединений методом магнитной памяти металла. Дубов А. А., Колокольников С. М. — Сварочное производство. 2007. № 3. С. 40—45.

Разработан принципиально новый метод диагностики металла изделий и сварных соединений, основанный на использовании эффекта магнитной памяти металла (МПМ). В основу данного метода положен анализ распределения собственного магнитного поля рассеяния изделия (СМПР), сформировавшегося в процессе сварки.

Показана связь между параметрами СМПР и характеристиками дефектов сварных соединений. Определены критерии оценки состояния сварных соединений по результатам контроля методом МПМ. Приведены результаты сравнительного контроля сварных соединений трубопроводов различных типоразмеров методом МПМ и традиционными методами неразрушающего контроля. Ил. 10. Библиогр. 3.

Abstracts of the articles published in "Svarochnoe Proizvodstvo", 2007, N 3

Welding special features of hydraulic engineering constructions and equipment. Panin V. N. P. 3—14.

Usage of non-standardized welded joints is considered at manufacturing hydraulic engineering metallic constructions and hydraulic mechanical equipment for hydroelectric stations. Special attention is paid to the steel weldability as the main reliability index for

welded constructions. Flow charts of welded constructions fabrication and welded joints testing methods are given.

Striking technique classification at minor-diameter-wire welding. Varukha Ye. N. P. 15—19.

Having studied main factors influencing on the conditions of an extension burnout of welding wire of minor diameters at fault, a clas-

Исполнилось 80 лет со дня рождения и 55 лет научной, педагогической и общественной деятельности члена Президиума НАН Украины, академика-секретаря Отделения физико-технических проблем материаловедения НАН Украины, заведующего отделом ИЭС им. Е. О. Патона, лауреата Государственных премий СССР и Государственной премии Украины в области науки и техники, премии Совета Министров СССР, премий им. Е. О. Патона и Н. Н. Доброхотова НАН Украины, заслуженного деятеля науки и техники Украины, академика НАН Украины, д-ра техн. наук Игоря Константиновича Походни.

И. К. Походня — известный ученый в области металлургии и технологии металлов, материаловедения и сварки, видный общественный деятель, крупный организатор науки — является представителем всемирно известной научной школы, созданной Е. О. Патоном и Б. Е. Патоном. И. К. Походня внес огромный вклад в развитие теории дуговой сварки и создание наукоемких технологий и прогрессивных сварочных материалов, становление отечественного сварочного производства, реализацию научных идей в конкретные разработки и их широкомасштабное внедрение во многие отрасли народного хозяйства.

И. К. Походня родился 24 января 1927 г. в Москве, жил и учился в Минске. Работал чернорабочим, трактористом. В 1944 г. экстерном окончил среднюю школу. После окончания Киевского политехнического института в 1949 г. получил квалификацию инженера-механика. Работал инженером-сварщиком, начальником бюро сварки Донецкого машиностроительного завода им. 15-летия комсомола Украины, руководил работами по автоматизации сварки конструкций горно-шахтного оборудования. В 1952 г. — аспирант, инженер-исследователь ИЭС им. Е. О. Патона. С тех пор вся жизнь и деятельность И. К. Походни связаны с ИЭС им. Е. О. Патона и НАН Украины. С 1958 г. И. К. Походня руководит лабораторией, а с 1962 г. — отделом физико-химических процессов в сварочной дуге ИЭС им. Е. О. Патона.

И. К. Походня — автор оригинального метода скоростной рентгеновской киносъемки быстротекущих процессов, который позволил впервые получить достоверные данные о процессах плавления и переноса электродного металла при дуговой сварке покрытыми электродами, под водой и флюсом. Его исследования в области абсорбции и десорбции газов расплавленным металлом в условиях существования дугового разряда, влияния режимов сварки, плотности и полярности тока, типа покрытия на процесс плавления и переноса металла при сварке покрытыми электродами стали крупным вкладом в теорию сварочных процессов, теоретической базой для создания низкотоксичных и высокопроизводительных электродов.

Под руководством И. К. Походни проводились исследования металлургических процессов сварки порошковыми проволоками, разработаны порошковая проволока, не требующая дополнительной защиты расплавленного металла, новое эффективное направление механизации дуговой сварки, прогрессивная технология и оборудование для дуговой сварки неповоротных стыков труб, оригинальный способ дуговой сварки в вакууме и невесомости — сварка в космосе, осуществленная в 1969 г.

В 70-годах И. К. Походня развивает новые идеи об исполь-

зовании порошковых проволок для внепечной обработки металлических расплавов. Разработаны новые проволоки, содержащие высокоактивные элементы для микролегирования, модифицирования и десульфурации сталей и чугунов, технологии и оборудование для изготовления порошковых проволок большого диаметра, новые методы анализа диффузионного водорода в сварных швах, стандартизированные в СССР и включенные в национальные стандарты США и Японии. Созданы информационно-измерительные системы для статистического анализа электрических и временных параметров процессов дуговой сварки, исследования и контроля технологических свойств сварочных материалов, источников питания. Монография "Металлургия дуговой сварки. Процессы в дуге и плавление электродов" (1990 г.) переведена на английский язык и в 1995 г. издана в Кембридже (Великобритания).

Под руководством И. К. Походня продолжается поиск эффективных путей улучшения санитарно-гигиенических характеристик сварочных материалов, разработаны методы экспресс-оценки токсичности сварочных аэрозолей. Работы последнего десятилетия посвящены дальнейшему развитию теории ливкации элементов в сварных швах, рациональному легированию металла сварного шва, абсорбции газов при дуговой сварке. Результаты исследований обобщены в монографии "Металлургия дуговой сварки. Взаимодействие металла с газами" (2004 г.). Разработана новая модель водородного охрупчивания ОЦК-металлов.

И. К. Походня — автор и соавтор более 900 научных работ, в том числе 28 монографий, 8 из которых изданы в США, Великобритании, Китае, Чехословакии, 118 изобретений, 158 зарубежных патентов, 6 патентов Украины. Под его научным руководством подготовлены 38 кандидатов технических наук, 6 из которых стали докторами наук.

За плодотворную научную и практическую деятельность, вклад в развитие народного хозяйства И. К. Походня награжден орденами СССР, многими медалями. Под его руководством осуществлены работы по реализации лицензий на производство новых сварочных материалов в США, ФРГ, Франции, Чехии и Словакии, Венгрии, Болгарии, Китае, Аргентине. И. К. Походня принимал активное участие в организации работ по ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС как член оперативной комиссии и председатель подкомиссии НАН Украины по научно-техническим проблемам.

И. К. Походня — член комиссии Украины по делам ЮНЕСКО, президент общества "Украина—Беларусь".

И. К. Походня награжден орденами Украины "За заслуги" I, II и III степеней. Большая работоспособность, увлеченность делом, принципиальность, порядочность, скромность и чуткостьнискали Игорю Константиновичу авторитет, уважение коллег и друзей.

От всей души поздравляем Игоря Константиновича с юбилеем, желаем воплощения новых творческих замыслов и идей в жизнь, здоровья и благополучия!

**НАН Украины, ИЭС им. Е. О. Патона,
редколлегия и редакция журнала
"Сварочное производство"**

sification of striking techniques is worked out, enabling setting-up a welding process after the first electrode contact to the product.

Manual arc welding components quality assessment by the entropic method. Kavrishvili Z. O., Chernov A. V., Burdakov S. M. P. 19—22.

Basing on the information theory an assessment procedure of entropy and of welding current and arc voltage signals informative contents considering pair-wise statistical dependence between neighboring values in their time sequences is developed. Basical application possibility of the suggested signal informativeness index to evaluate welding process components characteristics is il-

lustrated by an example of power sources with different voltage-current characteristics.

Study of the seam-welding rollers wears process at wire electrocontact build-up welding. Nafikov M. Z., Zaguirov I. I. P. 23—24.

Seam-welding rollers wear determination technology is developed as an annular groove cross-sectional area to its working surface. The technology is based on the measuring of the relative axial deformation of the filler wire at its build-up welding. Test results are given for the hot-rolled copper and bronze (Бр.Х and Бр. НБТ) seam-welding rollers. It is shown that even small tool deterioration considerably degrades quality of the welded metal coating. In order to

reduce the deterioration it is suggested to strengthen the rollers working area by a high-temperature mesh.

Some factors of designing formative layers of linings for the steel series arc welding. Doronin Yu.V. P. 25—28.

Both domestic and foreign present structures of formative layers for the steel series arc welding are considered. New structures of formative layers on the base of non-organic fibres are suggested. Flexibility, allowing for using these structures at welding curved joints, and ensuring melted slag with necessary physico-chemical properties are their prime advantages.

Main means to improve process stability and to reduce electrode metal spattering losses at carbon-dioxide-shielded arc welding. Ivannikov A. V. P. 28—31.

A new technique of wire feeding is developed for the carbon-dioxide-shielded machine arc welding, applying proper feeders with wire line contact to feed roller, as well as a flexible-hosed torch. Here principal causes of welding low stability, of increased electrode metal losses and welded products spattering, as well as faulty seam forming are excluded.

Welding process automation in construction industry by introducing the "ALIKS-2601" line. Kudryavtsev A. Yu. P. 31—35.

Comparative cost analysis is carried out at mesh reinforcement production both on the existing equipment and on the "ALIKS" contact welding automated line. It is established that effort and power costs are significantly reduced, working area is freed at production cost saving after the ALIKS" line installation.

Welded joints quality assessment by the method of metal magnetic memory compared to the radiation and ultrasonic methods. Dubov A. A., Kolokolnikov S. M. P. 40—45.

Essentially new metal diagnostic technique of products and welded joints is developed. This technique is based on the metal magnetic memory (MMM) effect application, i.e. distribution analysis of the product own magnetic extraneous field (POMEF), formed during welding.

The POMEF parameters and welded joints defects characteristics interconnection is shown. Welded joints state assessment criteria are determined by the test results of the MMM method. Welded joints comparison testing results are given for pipelines of various standard sizes tested both by MMM method and by standard non-destructive inspection technique.

А. П. Аммосову — 70 лет

Исполнилось 70 лет заведующему отделом "Эксплуатационная прочность сварных конструкций" Института физико-технических проблем Севера (ИФТПС) СО РАН, д-ру техн. наук А. П. Аммосову.

А. П. Аммосов защитил докторскую диссертацию в 1994 г., он автор более 200 научных трудов, двух монографий. Основными темами его исследований являются обеспечение хладостойкости и эксплуатационной прочности сварных соединений элементов металлоконструкций и техники Севера, магистральных трубопроводных систем из низкоуглеродистых и низколегированных сталей, а также математическое моделирование и прогнозирование миграции нефтепродуктов и радионуклидов при техногенном загрязнении грунтов в условиях вечной мерзлоты.

А. П. Аммосов разработал рекомендации по технологии сварки металлоконструкций и труб при отрицательных температурах, ремонтной сварке элементов экскаваторов в алмазо- и золотодобывающей промышленности Республики Саха (РС), по продлению срока службы сосудов высокого давления, повышению эксплуатационной прочности сварных соединений стыков технологических и магистральных топливо-, газо- и нефтепроводов, по технологии сварки проводов для воздушных линий электропередач и емкостей специального назначения. Им разработаны рекомендации по исключению поступления нефтепродуктов и радионуклидов в речную систему.

В рамках международного сотрудничества стран-членов СЭВ по темам XII и XIX проблемы "Сварка" А. П. Аммосовым подготовлены шесть документов и два документа для МИСа по методам определения статической и динамической вязкости разрушения, деформированию сварных соединений и накоплению повреждений в них.

В настоящее время А. П. Аммосов занимается актуальными вопросами технической диагностики, разработки и совершенствования нормативных документов ГОСТов и СНиПов, направленных

на повышение эксплуатационной прочности и коррозионной стойкости сварных соединений элементов металлоконструкций, магистральных трубопроводных систем и емкостей для хранения нефтепродуктов, сжиженных газов и другого оборудования, эксплуатируемого в условиях Севера.

А. П. Аммосовым организована эффективная связь науки с производством, подтверждением чему служит его непосредственное руководство и организация работ по научно-техническому обеспечению и восстановлению полностью разрушенной Ленской нефтебазы в результате паводка весной 2001 г. Он принимал участие в экологической экспертизе 11 проектов подземных и подводных газопроводов, буровых установок и др. Под научным руководством А. П. Аммосова с 2003 по 2006 гг. выполнены семь конкурсных проектов по республиканской научно-технической программе.

А. П. Аммосов уделяет много внимания подготовке кадров по системе профтехобразования РС Якутского государственного университета, Якутского государственного инженерно-технического института. Среди его учеников пять канд. техн. наук, один д-р физ.-мат. наук, немало инициативных педагогов, научных работников и производственников.

С 1981 г. А. П. Аммосов — кадровый работник ИФТПС СО РАН, с 1993 г. — заслуженный ветеран СО РАН. В 1997 г. за большой вклад в развитие народного хозяйства республики ему присвоено почетное звание "Заслуженный работник народного хозяйства Республики Саха", в 2001 г. он награжден памятным знаком Президента РС за непосредственное участие и научно-техническое обеспечение строительства магистральных трубопроводов.

Поздравляем Александра Прокопьевича с юбилеем и желаем больших творческих успехов, крепкого здоровья и благополучия!

**ИФТПС ЯНЦ СО РАН,
редколлегия и редакция журнала
"Сварочное производство"**

Ордена Трудового Красного Знамени ОАО "Издательство "Машиностроение"

107076, Москва, Стромьинский пер., 4

Сдано в набор 16.01.2007. Подписано в печать 21.02.2007. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 8,14. Уч.-изд. л. 10,50. Заказ 05/07.

Отпечатано в типографии издательства "Фолиум", 127238, Москва, Дмитровское ш., 58, тел./факс: (495) 482 5590.

Подписные индексы журнала "Сварочное производство":

70807 в каталоге Агентства "Роспечать"; **27860** в Объединенном каталоге "Пресса России"; **60256** в каталоге "Почта России".