



Сварочное производство

11 (876)
Ноябрь
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
А. С. Зубченко	З. А. Сидлин
Е. А. Калашников	Н. В. Смирнов
В. И. Лукин	В. А. Судник
В. П. Лялякин	В. А. Фролов
Г. А. Меньшиков	В. А. Хаванов
В. Н. Панин	Ф. А. Хромченко
И. Н. Пашков	О. А. Цукуров
В. В. Пешков	И. Н. Шиганов
А. И. Рымкевич	

Редакция:

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

Электронная верстка: *Т. А. Шацкая*
Дизайн обложки: *Е. С. Благовидов*
Редактор-переводчик *Е. О. Егорова*
Редактор-обозреватель *Ан. А. Суслов*
Корректор *М. Г. Джавадян*

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
"Taylor & Francis" (Великобритания).

Перепечатка материалов из журнала "Сварочное
производство" возможна при обязательном пись-
менном согласовании с редакцией журнала.
При перепечатке материалов ссылка на журнал
"Сварочное производство" обязательна.
В случае обнаружения полиграфического брака ре-
дакция журнала просит обращаться в типографию.
Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по
делам печати, телерадиовещания и средств массо-
вой 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 ответствен-
ность несет рекламодатель.
Цена свободная.

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Федоренко Г. А., Трофименко О. В. — Влияние тороидального вихря на эффек- тивность газовой защиты зоны сварки _____	3
Гнюсов С. Ф., Дураков В. Г., Гнюсов К. С. — Электронно-лучевая наплавка кар- бидосталей. Ч. 1. Особенности технологии наплавки и подготовки композици- онных наплавочных смесей _____	8
Табакин Е. М., Семидоцкий И. И., Узиков В. А., Казаков Ю. В. — Влияние вре- мени существования сварочной ванны на качество сварного шва при лазерной сварке тонкостенных оболочек _____	13
Бажанов А. В., Фролов В. А., Федоров С. А., Пронин Н. С. — Разработка спе- циализированного светолучевого оборудования для низкотемпературной пайки _____	16
Метлицкий В. А. — Порошковые проволоки для дуговой сварки и наплавки чу- гуна _____	20

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

Лебедев В. А. — Некоторые особенности дуговой механизированной сварки алюминия с управляемой импульсной подачей электродной проволоки _____	26
Капустин О. Е., Вышемирский Е. М. — Методология аттестации и сертифика- ции оборудования для газовой и плазменной резки, применяемого при ре- монтных работах на газотранспортных предприятиях _____	31
Штрикман М. М. — Состояние и развитие процесса сварки трением линейных соединений. Ч. 3. Промышленное применение процесса СТП _____	36
Цукуров О. А. — Национальные стандарты, регламентирующие требования к ка- честву выполнения сварки плавлением металлических материалов (на осно- ве международных стандартов ИСО 3834:2005) _____	46

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Родионов А. М. — Оценка методов расчета численности специалистов органи- зационных структур управления предприятиями _____	53
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ОБРАЗОВАНИЕ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ

Василенко Н. Н., Федоров А. Л. — Организация учебной практики студентов Тольяттинского государственного университета специальности 150202 _____	56
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ИНФОРМАЦИЯ

Иванова Н. Л. — 9-я Международная практическая конференция "Технологии ре- монта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудова- ния, инструмента и технологической оснастки" _____	57
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

БИБЛИОГРАФИЯ

Содержание зарубежных журналов по сварке _____	59
Патенты РФ, свидетельства РФ на полезные модели, авторские свидетельства и патенты СССР на изобретения в области сварки _____	60
* * *	
В. Н. Ластовире — 60 лет _____	62
* * *	
Рефераты опубликованных статей _____	63



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
A. S. Zubchenko	Z. A. Sidlin
E. A. Kalashnikov	N. V. Smirnov
V. I. Lukin	V. A. Sudnik
V. P. Lyalyakin	V. A. Frolov
G. A. Menshikov	V. A. Khavanov
V. N. Panin	F. A. Khromchenko
I. N. Pashkov	O. A. Tsukurov
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: T. A. Shatskaya
Cover design: E. S. Blagovidov
Editor-translator E. O. Egorova
Editor-reviewer An. A. Suslov
Proof-reader M. G. Javadyan

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 "Taylor & Francis" (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

- Fedorenko G. A., Trofimenko O. V.** — Toroidal vortex formation and its effect on the gas protection performance index _____ 3
- Gnyusov S. F., Durakov V. G., Gnyusov K. S.** — Vacuum electron-beam welding deposition of the carbide steels. Part 1: Characteristic properties of the weld deposition techniques and composite surfacing compound preparation _____ 8
- Tabakin Ye. M., Semidotsky I. I., Uzikov V. A., Kazakov Yu. V.** — Influence of the weld pool lifetime on the weld seam quality at laser welding of the thing shell _____ 13
- Bazhanov A. V., Frolov V. A., Fedorov S. A., Pronin N. S.** — Designing of the specialized light-beam equipment for low-temperature soldering _____ 16
- Metlitsky V. A.** — Powder wire for cast iron arc welding and weld deposition _____ 20

PRODUCTION SECTION

- Lebedev V. A.** — Some special features of the aluminium machine arc welding with electrode wire controlled impulse feeding _____ 26
- Kapustin O. Ye., Vyshemirsky Ye. M.** — Standardization and certification methodology of equipment for torch and plasma cutting practised at repair work in gas-transport enterprises _____ 31
- Shtrikman M. M.** — State and progress of the leaner joints friction welding process. Part 3: Industrial application of the stirring friction welding _____ 36
- Tsukurov O. A.** — National standards regulating requirements for the quality of the metals fusion welding conduction (based on the international standards ISO 3834:2005) _____ 46

ECONOMICS AND PRODUCTION ORGANIZATION

- Rodionov A. M.** — Evaluation of the specialists' number analysis in an organizational arrangement for the operation of business _____ 53

EDUCATION AND PERSONNEL TRAINING

- Vasilenko N. N., Fedorov A. L.** — Students' training practical work organization in Tolyatti State University speciality 150202 _____ 56

INFORMATION

- Ivanov A. N.** — The 9th International practical conference "Techniques of repair, reconditioning and strengthening of machine parts, mechanisms, equipment, tool and machining attachments" _____ 57

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

* * *

- V. N. Lastovirya** is 60 years old _____ 62

* * *

- Abstracts** of the published articles _____ 64

УДК 621.791.1

Г. А. ФЕДОРЕНКО, канд. техн. наук, О. В. ТРОФИМЕНКО, инж.
Санкт-Петербургский институт машиностроения

Влияние тороидального вихря на эффективность газовой защиты зоны сварки

В работе [1] отмечалось, что тороидальный вихрь (ТВ) возникает в защитной газовой струе в изотермических условиях до зажигания дуги вследствие отрыва от электрода ламинарного пограничного слоя газа. Однако в работе [2] полагают, что "в качестве причин образования ТВ, вероятно, следует рассматривать испарение металла из сварочной ванны, на которое дополнительно накладывается восходящее движение газа от горячей поверхности сварочной ванны". Там же в подрисуночной подписи к рис. 5 указывается, что возникновение ТВ происходит на третьем этапе формирования зоны газовой защиты, а его исчезновение — на пятом этапе, после гашения дуги. Существование ТВ связывается с формированием зоны газовой защиты [1, 2] и поэтому актуальны не только вопросы его формирования, но и влияние на эффективность защиты.

Удар газовой струи о защищаемую поверхность сопровождается снижением ее скорости u в критической точке до нуля (критической называется точка пересечения осью струи твердой поверхности) и возрастанием статического давления в зоне этой точки на величину динамического напора:

$$\Delta p = \rho u^2 / 2,$$

где ρ — плотность газа струи [3]. Это преобразование начинается

на некотором расстоянии от твердой поверхности, образуя над критической точкой область повышенного давления. Когда приэлектродный ламинарный пограничный слой попадает в эту область, направление движения газа в слоях, прилегающих к поверхности, меняется на противоположное, и пограничный слой отрывается от электрода с образованием вихря. Схема образования вихря на плоской пластине, установленной в потоке подобно электроду, приводится в работе [4] и иллюстрируется там же фотографиями картины течения.

Для подтверждения этой схемы применительно к защитной струе и электроду была проведена экспериментальная работа. Над макетом глубокой узкой разделки, выполненным из стекла, помещали горелку, оборудованную цилиндрическим соплом с диаметром выходного отверстия $D = 27$ мм, длиной цилиндра $5D$ и пакетом сеток, установленным перед соплом. Глубина разделки составляла 150 мм, ширина на дне (в корне) — 6 мм, на поверхности — 12 мм. В центре дна макета просверливали отверстие, в которое устанавливали цилиндрическую трубку диаметром 3 мм, на сопло в плоскости оси разделки — две такие же трубки. При проведении экспериментов в

трубки подавали дым. По аналогии с работой [5] прозрачное дно макета располагалось над щелью пола стенда, и через щель производили подсветку картины движения струи. Для предотвращения преждевременной турбулизации защитной струи на кромках разделки устанавливали пластиковые планки толщиной 0,1 мм с заостренной кромкой¹ (рис. 1).

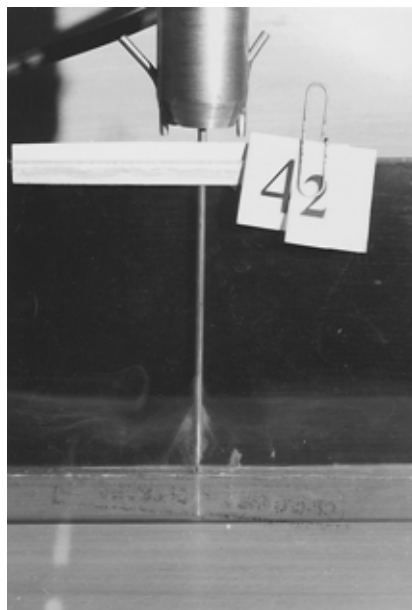
В сопло горелки подавали защитный газ CO_2 с расходом, обеспечивающим в изотермических условиях эффективность газовой защиты в щели при неподвижно установленной горелке в диапазоне чисел Рейнольдса $400 \leq \text{Re} \leq 2000$. В зависимости от этапа в трубки подавали дым, скорость истечения которого была ниже или равнялась скорости движения струи в данном эксперименте.

В первой серии экспериментов дым подавали только в трубку на дне разделки, а электрод устанавливали на расстоянии 75 мм от дна разделки. Результаты эксперимента приведены на рис. 1, а. Видно, что дым, подаваемый в критическую точку струи, симметрично разносится течением в радиальном направлении без образования ТВ. Аналогичный результат был получен при $\text{Re} = 824$.

¹ А. с. 477798 (СССР).



а)



б)



в)



г)

Рис. 1. Движение защитной струи по узкой глубокой разделке: а — без электрода при $Re = 1177$; б — с электродом при $Re = 882$; в — $Re = 882$; г — $Re = 1177$

При установке заточенного электрода на расстоянии 3 мм от дна макета картина движения струи кардинально изменяется — в зоне критической точки отчетливо проявляется ТВ (см. рис. 1, б). При подаче дыма во все трубки создается объемная картина удара защитной струи о дно разделки с образованием ТВ в зоне критической точки (см. рис. 1, в, г). Рис. 1, в и г отличаются числами Re и временем фотографирова-

ния от момента возникновения ТВ на 25 с (см. рис. 1, в) и на 200 с (см. рис. 1, г).

На рис. 1 видно, что ТВ стационарен во времени, аналогичен вихрю работы [4], а его границы отделены от границ пограничного слоя (которые также подкрашены струйками дыма) значительной областью течения ядра струи.

Форма ТВ и его размеры в момент возникновения зависят от

условий движения струи в зоне ее удара о поверхность. Так, в работе [1] струя, выходящая из сопла диаметром $D = 26$ мм, затекает в щель шириной 24 мм и глубиной 13 мм и на 18-й секунде горения дуги образует ТВ, незначительно выступающий за верхнюю кромку разделки. При этом длина ТВ составляет 13—15 мм [1]. Основная часть ТВ скрыта от фотоаппарата стенкой разделки. При затекании струи аналогичного размера ($D = 27$ мм) в глубокую узкую разделку высота ТВ увеличивается вдвое. На рис. 1 она достигает 35 мм.

Переходя к вопросам развития ТВ, необходимо уточнить, что пока ТВ находится внутри ядра струи (см. рис. 1), эффективность газовой защиты не нарушается. Когда ТВ достигает границ ядра, газ пограничного слоя края струи, содержащий воздух, попадает в ТВ и разносится им над защищаемой поверхностью, из-за чего нарушается газовая защита. Движение ТВ турбулентное, а движение ядра затопленной струи с однородным полем скоростей и степенью турбулентности $\varepsilon \approx 0$ на срезе сопла с высокой степенью достоверности называют потенциальным [6], т. е. безвихревым движением идеальной жидкости. Поэтому в дальнейшем ядро защитной струи заменяют потенциальным потоком и используют методы теории идеальной жидкости, значительно упрощающие исследование развивающихся процессов.

На рис. 2 приведена картина удара потенциального потока, окружающего электрод, в зоне критической точки которого (потока) функционирует ТВ [1]. Визуализация картины движения достигается построением линий тока, связывающих между собой точки потока, вектор скорости в которых направлен по касательной к данной линии. Направление движения указано стрелками. В сечении А—А представлены состав-

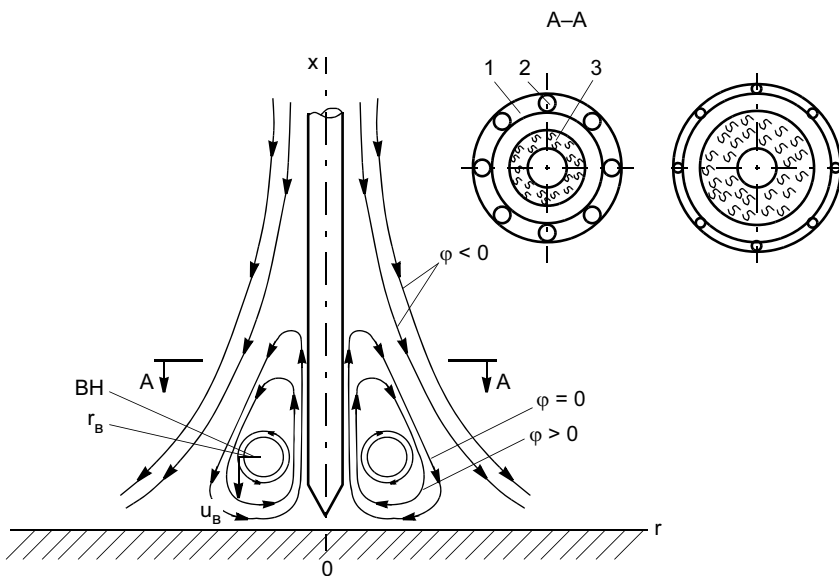


Рис. 2. Картина удара потенциального потока, окружающего электрод, о твердую поверхность с образованием в зоне повышенного давления ТВ

ляющие поток кольцевые слои газа 1 единичной толщины, в которых располагаются линии тока 2, и в центре ТВ — линии 3. Функции тока кольцевого потока φ характеризуют расход газа между двумя соседними линиями тока этого кольца [7]. Внутри ТВ $\varphi > 0$, на границе ТВ с потоком, где их скорости одинаковы, $\varphi = 0$, а в потоке $\varphi < 0$. В центре ТВ в виде замкнутой окружности располагается вихревая нить (ВН) (см. рис. 2), вокруг которой формируется движение вихря. Вектор скорости $u_{\text{в}}$ в вихре (см. рис. 2) в точке с текущим радиусом $r_{\text{в}}$ изменяется по следующей зависимости [6, 7]:

$$u_{\text{в}} = \Gamma / 2\pi r_{\text{в}},$$

где Γ — циркуляция скорости вихря, равная const.

Равномерное распределение линий тока по кольцевому слою потока характеризует однородное поле скоростей, т. е. равенство скоростей и функций тока внутри кольцевого слоя.

При зажигании дуги на защищаемой поверхности образуется сварочная ванна и начинает разогреваться электрод. Разогрев электрода приводит к смещению точки отрыва ламинарного пограничного слоя от электрода в сто-

рону, противоположную движению газа [8, 9], из-за чего ТВ увеличивается в высоту. Теплообмен между газом ТВ и ядра струи с источниками теплоты (столбом дуги, сварочной ванной, разогретым электродом, разогретым металлом) может осуществляться контактными и бесконтактными способами [10]. Бесконтактный способ основан на поглощении теплового излучения газами, молекулы которых состоят из разнородных атомов, например CO_2 . Газы с однородными молекулами — N_2 , Ar , He — практически прозрачны для теплового излучения и не поглощают его. При контактном способе теплообмен осуществляется посредством теплоотдачи в газ, движущийся по поверхности источников теплоты. Поэтому тепловой поток контактного теплообмена воспринимается газом ТВ, непосредственно контактирующим с этими источниками. В газ ядра контактный тепловой поток передается с поверхности ТВ через тепловой пограничный слой, существующий на границе этих течений. Этот тепловой пограничный слой уносится вместе с газом ядра в радиальную струю, распространяющуюся по защищаемой поверхности и

являющуюся продолжением защитной. Таким образом, температура ядра в процессе сварки остается практически неизменной. В то же время тепловой поток, поступающий в ТВ, аккумулируется им и повышает его температуру. Рост температуры вихря при неизменном давлении сопровождается уменьшением плотности газа ρ , а так как $1/\rho = V_{\text{уд}}$ ($V_{\text{уд}}$ — удельный объем вихря газа), то происходит увеличение всего объема ТВ.

Это хорошо иллюстрирует фотография ТВ (рис. 3) [1]. Видно, что на 41-й секунде горения дуги высота ТВ над кромкой щели достигает 22 мм, а за кромкой щели (скрыто от фотоаппарата) — еще 13 мм (сравните с высотой ТВ в момент возникновения, указанный выше). С повышением температуры ТВ возрастает вязкость газа [7]

$$\mu = \mu_0 \left[\frac{T}{T_0} \right]^n,$$

где μ_0 — динамический коэффициент вязкости при абсолютной температуре T_0 ; $n = 0,76$ (в среднем по Карману).

Повышение μ способствует уменьшению обмена частицами газа между ТВ и ядром струи. Это подтверждают эксперименты работы [1], в которой подкраска парами TiO_2 производилась однократно в начале опыта, а непро-

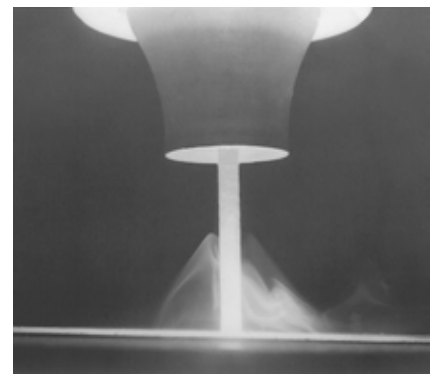


Рис. 3. ТВ на 41-й секунде горения дуги ($D = 26$ мм, $H/D = 1,5$, $I_{\text{св}} = 320$ А, $U_{\text{д}} = 18$ В)

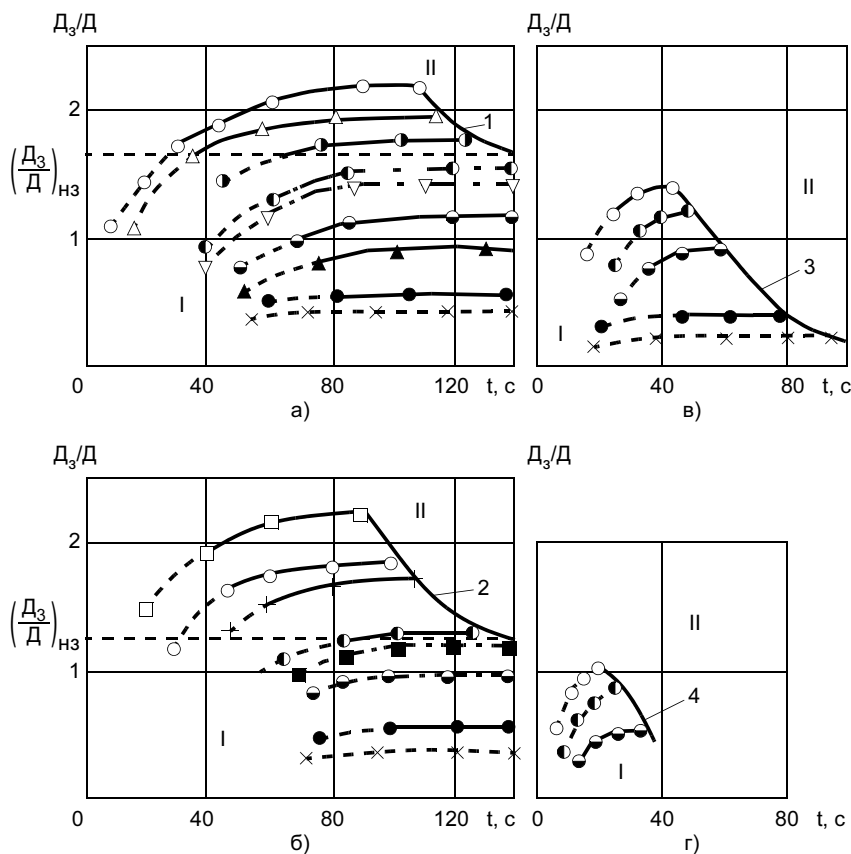


Рис. 4. Зависимость относительной величины зоны газовой защиты D_3/D от вылета электрода H/D , времени t и тока $I_{св}$: а—г — H/D равно 0,5, 1,0, 1,5 и 2,0 соответственно

зрачность ТВ оставалась неизменной до конца эксперимента, где время горения дуги составляло 75 с.

Размеры ТВ при горении дуги изменяются прямо пропорционально ее длине и обратно пропорционально скорости движения защитной струи [1]. Однако самым существенным является то, что изменение размеров вихря связано с изменением размеров высокотемпературной площади защищаемой поверхности, включающей сварочную ванну. При стабилизации температурного поля защищаемой поверхности стабилизируются размеры ТВ [1]. Такая гипотеза, основанная на экспериментальных данных [1], позволяет связать в единое целое особенности поведения газовой защиты, о которых упоминалось ранее [8, 9, 11].

На рис. 4 [11] поле каждой зависимости, построенной по ре-

зультатам экспериментальных исследований, разбито на две области: область эффективной газовой защиты I и область нарушения газовой защиты II. Значения параметров для различных горелок приведены в таблице. В области эффективной газовой защиты после гашения дуги и остывания разогретого металла в струе защитного газа каждый результат фиксирует зону газовой защиты с параметрами, соответствующими точке зависимости. В области нарушения газовой защиты расплавленное пятно и ра-

зогретый металл, окружающий его, покрывались цветами побежалости, так как воздух проникал в зону газовой защиты еще до гашения дуги [11]. Разделяют эти области на рис. 4 кривые 1—4, являющиеся границей, перед которой достигаются максимальные размеры зоны газовой защиты, после нее — полное нарушение. Высокая интенсивность нарастания градиента температурного поля защищаемой поверхности характеризуется быстрым увеличением размеров зоны газовой защиты и достижения границы кривых 1—4. По мере уменьшения режимных характеристик дуги угол наклона касательных к этим кривым с горизонтальной осью сокращается, и они постепенно переходят в прямую линию с координатами $(D_3/D)^* = \text{const}$ (D_3 — диаметр зоны газовой защиты). Значения $(D_3/D)^*$ соответствуют величине пятна ядра струи в изотермических условиях. Так, при $H/D = 0,5$ (H — вылет электрода) $(D_3/D)^* = 1,7 = (D_3/D)_{из}$, а при $H/D = 1$ $(D_3/D)^* = 1,2 = (D_3/D)_{из}$ [11]. Таким образом, в области, где $D_3/D > (D_3/D)_{из}$, эффективность газовой защиты определяется влиянием параметров ТВ. В области, где $D_3/D < (D_3/D)_{из}$, механизм формирования зоны газовой защиты изменяется и будет рассмотрен отдельно.

Согласно данным рис. 4, нарушению эффективности газовой защиты предшествует рост размеров зоны до максимальных, превышающих размеры пятна ядра струи в изотермических условиях. Объяснить это явление можно с помощью рис. 2 и приня-

D , мм	$I_{св}$, А					
	120	160	220	350	400	490
14		■	+	□		
22	×	●	⊙	⊙	●	0
26			▲	▽		
Обозначения — см. рис. 4.						

тых допущений в отношении движения ядра струи.

На рис. 2, б приведено сечение $A-A$ потенциального потока, окружающего электрод с ТВ в зоне критической точки при изотермических условиях. После зажигания дуги ТВ начинает увеличиваться в размерах из-за повышения температуры его газа. Если пренебречь тепловым пограничным слоем на границе с ТВ из-за малой толщины и протяженности, то изменения энергии в ядре защитной струи при этом не происходит. Поэтому не происходит изменения энергии в потенциальном потоке, движущемся по увеличивающемуся в размерах хорошо обтекаемому ТВ, и количество газа, протекающего по кольцевым слоям в единицу времени, составляющего этот поток, остается неизменным. Уравнение неразрывности движения в форме уравнения расхода для кольцевого слоя 1 (см. рис. 2, б) имеет вид [7]

$$Q = \rho \sigma v = \text{const},$$

где σ — площадь кольцевого слоя 1.

В условиях увеличивающегося ТВ реализация неразрывности движения достигается за счет увеличения среднего диаметра колец и уменьшения их толщины, как показано на рис. 2, в. Увеличение диаметра ядра струи сопровождается увеличением размеров зоны газовой защиты, что подтверждается экспериментально (см. рис. 4). Уменьшение толщины течения ядра струи продолжается до определенных критических размеров, после которых прослойка ядра струи становится проницаемой для турбулентных возмущений вихря и пограничного слоя края струи. Таким образом, газ пограничного слоя, содержащий воздух, попадает в газ ТВ и разносится им над защищаемой поверхностью, нарушая эффективность газовой защиты еще при горящей дуге [1, 11].

Когда размер ТВ не достигает критического, после гашения дуги начинается остывание защищаемой поверхности. ТВ в защитной струе продолжает функционировать. Снижение температуры защищаемой поверхности происходит значительно интенсивнее, чем газа ТВ. Этому способствуют высокая теплопроводность металла и низкая температура газа ядра струи, натекающего на периферию защищаемой поверхности. По мере остывания ТВ его размеры уменьшаются и вместе с ними сокращаются размеры пятна ядра на защищаемой поверхности. Однако из-за указанных выше факторов диаметр пятна ядра струи сокращается на поверхности, температура которой стала ниже температуры образования цветов побежалости. Благодаря этому на защищаемой поверхности фиксируются размеры зоны, превышающие $(D_3/D)_{\text{из}}$. На остывшем металле пятно ядра струи сокращается до размеров, соответствующих изотермическим условиям. Результаты получены в диапазоне $1000 < Re < 3500$. При увеличении скорости движения струи, т. е. переходе на горелку с конфузорным соплом и сетками [12], кривые 1—4 на рис. 4 должны смещаться в правую сторону, расширяя технологический диапазон сварки.

ВЫВОДЫ

1. Тороидальный вихрь возникает до зажигания вследствие отрыва от поверхности электрода ламинарного пограничного слоя в зоне критической точки струи с повышенным статическим давлением.

2. При зажигании дуги тороидальный вихрь аккумулирует тепловую энергию, переходящую от дуги, вследствие чего увеличивается в объеме и увеличивает размеры зоны газовой защиты.

3. Температурное поле защищаемой поверхности определяет

размеры тороидального вихря и при стабилизации поля стабилизирует размеры вихря.

4. Если размеры газовой защиты начинают превосходить размеры пятна ядра защитной струи в изотермических условиях, то дальнейший рост высокотемпературной зоны, приводящий к увеличению тороидального вихря, в конечном итоге сопровождается сокращением прослойки ядра струи до критической величины, что обуславливает проникновение в тороидальный вихрь турбулентных молей пограничного слоя, содержащих воздух, из-за чего нарушается газовая защита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ардентов В. В. О некоторых факторах, влияющих на эффективность струйной защиты // Вопросы судостроения. Сер. Сварка. 1984. Вып. 37. С. 64—71.
2. Шарапов М. Г., Шведиков В. М. Эффективность струйной газовой защиты при аргодуговой сварке // Сварочное производство. 2004. № 3. С. 3—8.
3. Юдаев Б. Н., Михайлов М. С., Савин В. К. Теплообмен при взаимодействии струй с преградами. М.: Машиностроение, 1977. 248 с.
4. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М.: Наука, 1974. 712 с.
5. Федоренко Г. А., Бурашенко И. А. Причины нарушения струйной защиты при сварке по щелевому зазору // Сварочное производство. 1975. № 11. С. 35—37.
6. Абрамович Г. Н. Прикладная газовая динамика. М.: Наука, 1969. 824 с.
7. Фабрикант Н. Я. Аэродинамика. М.: Наука, 1964. 816 с.
8. Ардентов В. В., Руссо В. Л., Федоренко Г. А. О влиянии разогрева неплавящегося вольфрамового электрода на защитные функции струи при сварке в среде защитных газов на воздухе // Сварка. Л.: Судостроение, 1971. № 14. С. 64—69.
9. Федоренко Г. А. К вопросу о влиянии нагретого электрода на эффективность газовой защиты зоны сварки // Автоматическая сварка. 1976. № 11. С. 7—10.
10. Гордов А. Н., Жагулло О. М., Иванова А. Г. Основы температурных измерений. М.: Энергоатомиздат, 1992. 307 с.
11. Федоренко Г. А., Шведиков В. М. Формирование зоны газовой защиты при дуговой сварке // Автоматическая сварка. 1986. № 4. С. 36—38.
12. Федоренко Г. А. Унификация горелок для дуговой сварки в защитных газах // Энергомашиностроение. 2005. № 4; 2006. № 1.

**С. Ф. ГНЮСОВ, д-р техн. наук, В. Г. ДУРАКОВ, канд. техн. наук,
К. С. ГНЮСОВ, аспирант
Томский политехнический университет**

Электронно-лучевая наплавка карбидосталей.

Ч. 1. Особенности технологии наплавки и подготовки композиционных наплавочных смесей

В настоящее время существенно возросла доля конструкций, сооружений и оборудования в ряде отраслей промышленности (энергетике, транспорте, химической, нефтехимической), приближающихся к критическому сроку службы либо уже отработавших свой нормативный срок. С другой стороны, вновь вводимое оборудование в целях снижения затрат на материал чаще всего изготавливают из экономнолегированных низкоуглеродистых конструкционных сталей, применение которых требует поверхностного упрочнения. Таким образом, в сложившихся условиях первоочередной задачей является обеспечение надежного упрочнения рабочих поверхностей механизмов и машин.

Все более широкое применение получают технологии упрочнения, использующие высокоэнергетические методы воздействия. При воздействии концентрированных потоков энергии (КПЭ) реализуются сверхбыстрый нагрев (до 10^{12} К/с), плавление, испарение и сверхбыстрое (до 10^{10} К/с) затвердевание материала. Эти процессы позволяют формировать в приповерхностном объеме материала аморфные и нанокристаллические структуры, метастабильные фазы, которые в традиционных технологических процессах невозможно получить. Кардинальные изменения структурно-фазового состояния поверхностных слоев могут обеспе-

чить улучшение механических и физических свойств материала. Поэтому данные методы модификации поверхности металлических материалов являются перспективным направлением современного металловедения.

В качестве источников КПЭ широко применяют мощные импульсные лазерные [1], электронные [2] и ионные [3] пучки, а также газотермический метод нанесения покрытий, различные способы электродуговой наплавки, электронно-лучевую наплавку [4].

При газотермических методах нанесения покрытий мелкие частицы расплавленного материала, перемещаясь со скоростью от 100 до 1000 м/с и более при детонационном напылении, достигают поверхности деталей в пластическом состоянии. При ударе о поверхность частицы деформируются и, внедряясь в поверхностный слой, образуют покрытие. Между металлическими частицами и поверхностью детали образуется бездиффузионное соединение, характеризуемое, как правило, механическими связями. Следовательно, основными недостатками газотермических методов является низкая прочность сцепления покрытия с подложкой и высокая пористость (до 7—10 %) покрытий [5]. При детонационном напылении пористость покрытий существенно снижается (до 1 %) и, хотя увеличивается прочность их сцепления (до 240 МПа) с основным метал-

лом, это не устраняет полностью отмеченные выше недостатки газотермических покрытий [6].

Проблемы прочности сцепления покрытий с подложкой снимаются при применении методов наплавки, образуется единая ванна расплава между покрытием и основным металлом. Электродуговая и электрошлаковая наплавка обеспечивают высокую производительность процесса, причем глубина подплавления подложки становится настолько существенной, что приходится учитывать степень разбавления материала покрытия материалом подложки при определении химического состава наплавляемого покрытия. Кроме того, значительная глубина подплавления подложки отрицательно сказывается на величине остаточных напряжений, вызывая при этом значительные деформации наплавляемых изделий. Длительное время существования ванны расплава приводит к растворению вводимых упрочняющих твердых фаз, ограничивая при этом выбор наплавочного материала [7, 8].

В настоящее время для увеличения износостойкости изделий как при их изготовлении, так и в процессе ремонта в качестве наплавляемых порошковых смесей обычно применяют твердые и сверхтвердые композиционные материалы¹: стеллит, сормайт,

¹ А. с. 1215251 (СССР).

релит и др. [9]. Данные наплавочные материалы широко применяются в горнодобывающих отраслях промышленности, металлургии, где нет жестких требований к структуре наплавки, не требуется дальнейшая механическая обработка наплавленных покрытий. С другой стороны, данные наплавочные материалы в качестве упрочняющей фазы в основном содержат 30—90 % дорогостоящих карбидов титана, вольфрама, молибдена, которые крайне неравномерно распределены по объему наплавленного слоя, особенно при их содержании до 30—50 % [9].

В то же время исключительно актуальной задачей является создание экономнолегированных упрочненных слоев с равномерной структурой по всей толщине слоя и минимальным отрицательным воздействием на структуру подложки. Применение только методов наплавки позволяет получать необходимую структуру в ограниченных, достаточно тонких слоях [10], в остальном объеме распределение упрочняющих (карбидных, боридных, карбоборидных) частиц крайне неравномерно. Очевидно, что в этом случае возможно получить экономнолегированные упрочненные слои с равномерной структурой по всей толщине. Данное обстоятельство требует кардинально иного подхода к формированию как химического состава наплавляемых покрытий, так и возможности их дополнительной термической обработки.

Известно, что наибольшей пластичностью и вязкостью из всех структурных составляющих стали обладает аустенит. В аустените может растворяться значительное количество легирующих элементов [11], а дальнейшая термическая обработка позволяет им выделиться в виде дисперсных твердых фаз, формируя равномерную структуру с мультимодальным распределением упроч-

няющих частиц по всему объему наплавки [12, 13]. Дополнительное упрочнение может быть достигнуто переводом аустенитной матрицы в метастабильное состояние. Это обеспечивает матрице в процессе эксплуатации наплавленных изделий упрочнение за счет деформационного мартенситного превращения. Кроме того, термическая обработка (старение) непосредственно после наплавки будет способствовать снятию температурных напряжений и распаду структур закалки в ЗТВ подложки, если таковые образовались.

В качестве метода формирования упрочненного слоя наиболее эффективной является технология электронно-лучевой наплавки в вакууме [1]. Электронно-лучевая наплавка (ЭЛН) обладает рядом следующих особенностей, которые выгодно отличают ее от других методов нанесения покрытий:

— благодаря вакуумной среде, в которой производится наплавка, осуществляется рафинирование наплавляемого материала;

— возможность плавной и точной регулировки мощности электронного луча в широких пределах позволяет проводить наплавку с минимальным проплавлением основы, сохраняя неизменным химический состав наплавляемого материала;

— простота технической реализации сканирования электронного луча позволяет задавать необходимые размеры наплавочной ванны путем изменения длины развертки электронного луча и наряду с плавной регулировкой мощности легко управлять технологическими параметрами процесса наплавки;

— небольшие размеры ванны расплава, концентрированный ввод энергии до 10^5 Вт/см² и значительный перегрев ванны в зоне действия электронного луча спо-

собствуют растворению твердых частиц в сварочной ванне, а минимальное время ее существования за счет быстрого теплоотвода и большой скорости охлаждения (до 10^4 К/с) расплавленного металла формируют пересыщенный твердый раствор легирующих элементов в матрице.

Данные особенности действия электронного пучка обуславливают эффективность использования в качестве твердой фазы карбидов титана и вольфрама. Карбид титана обладает уникальным сочетанием свойств: высокими температурой плавления, твердостью, теплопроводностью, износостойкостью, малой плотностью, слабо растворяется в стальной матрице. Карбид вольфрама, наоборот, обладает большой растворимостью в стальной матрице и некоторой долей пластичности по сравнению с другими карбидами [14], что также обеспечивает эффективность его использования при ЭЛН. В качестве связующей фазы предпочтительно применять сталь Р6М5, в которой в процессе закалки сохраняется некоторое количество остаточного аустенита. Более того, данная сталь обладает высокой красностойкостью, эффектом сверхпластичности, что позволяет значительно увеличить ее относительное удлинение и уменьшить сопротивление деформированию [15, 16]. Можно надеяться, что данные особенности быстрорежущей стали позволят релаксировать температурные напряжения и, следовательно, уменьшить или полностью предотвратить образование сетки трещин в упрочненном слое и значительно увеличить его износостойкость.

Для ЭЛН в вакууме пригодны порошки дисперсностью 100—350 мкм. При дисперсности менее 100 мкм порошки недостаточно сыпучи в вакууме, разлетаются под действием паров ванны и поэтому трудно обеспечить их

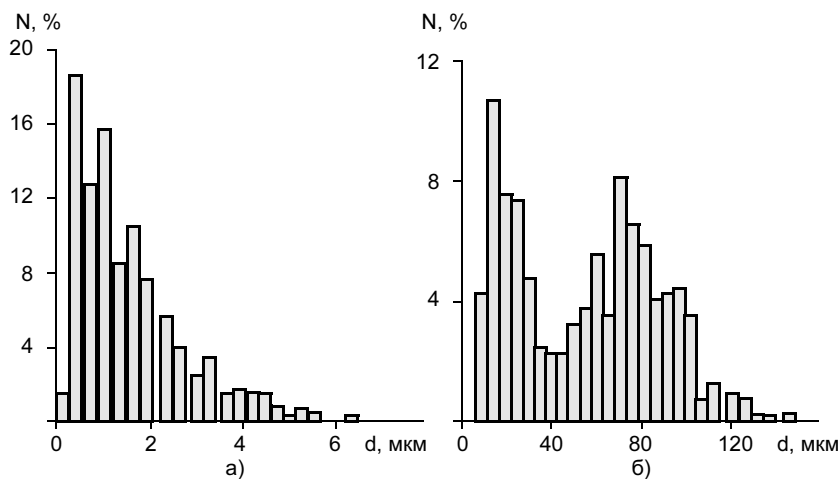


Рис. 1. Гистограммы порошков карбида вольфрама (а) и стали Р6М5 (б) и морфология порошка стали Р6М5 (в)

частиц исходного порошка рассчитывали по методу секущих [18]. Исследование фазового состава исходных порошков и спечков на их основе проводили методами рентгеноструктурного анализа на дифрактометре ДРОН-УМ1, с фильтрованным CoK_α -излучением в режиме сканирования, в интервале углов 2Θ от 20° до 150° , с шагом $0,1^\circ$.

По данным рентгенофазового анализа, в исходном порошке карбида вольфрама присутствуют две фазы — монокристалл вольфрама WC (99 %) с ГПУ решеткой и параметрами $a = 0,2916$ нм и $c = 0,2851$ нм и карбид W_2C . Причиной появления частиц W_2C в структуре WC может быть обезуглероживание последнего в процессе производства. На рис. 1, а приведено распределение по размерам частиц исходного порошка карбида вольфрама. Средний размер частиц порошка составляет 1,7 мкм (дисперсия 2,3 мкм), он имеет равноосную форму с явной огранкой. На порядок больший средний размер частиц (17,8 мкм, дисперсия 24 мкм) имеет порошок карбида титана. Порошок TiC имеет кубическую решетку с параметром $a = 0,4327$ нм.

Порошок стали Р6М5 получен распылением из расплава в воду. Он имеет округлую форму со средним размером частиц 55,3 мкм, дисперсией 31,5 мкм (рис. 1, б, в). На гистограмме явно просматриваются два максимума в распределении частиц $d_1 = 20$ мкм и $d_2 = 60$ мкм. Фазовый состав исходного порошка быстрорежущей стали представляет смесь следующих составляющих: α -фаза, имеющая ОЦК решетку, γ -фаза, имеющая ГЦК решетку, и в небольшом количестве (около 2 %) карбид ванадия, имеющий ГЦК решетку. Карбид типа M_6C , характерный для литых быстрорежущих сталей, в исходном порошке не обнаружен. Это, по-видимому, связано с бы-

подачу непосредственно в ванну расплава. Для расплавления порошков крупнее 350 мкм требуется больше энергии, что приводит к дополнительному проплавлению основы, увеличению остаточных напряжений и росту зерна в покрытии. Кроме того, желательно сформировать композиционный наплавочный порошок, в котором бы уже частично произошло химическое взаимодействие исходных компонентов (стали Р6М5 + WC , стали Р6М5 + TiC , стали Р6М5 + WC + TiC). Это позволило бы обеспечить более равномерное распределение легирующих элементов в ванне расплава и сформировать однородную структуру упрочненного слоя.

Цель данной работы — изучение фазового состава и структуры исходных порошков карбидов вольфрама и титана, стали Р6М5 и композиционных спечков на их основе, необходимых для ЭЛН.

В качестве исходного материала использовали порошки ста-

ли Р6М5 производства ОАО "Тулачермет", карбидов вольфрама и титана, полученные методом восстановления их оксидов [17]. Смеси порошков сталь Р6М5 + WC (10, 20 и 40 %), сталь Р6М5 + TiC (15 %) и сталь Р6М5 + WC (15 % или 25 %) + TiC (5 %) готовили в шаровой мельнице в течение 24 ч. Спекы из приготовленных смесей получали в вакуумной печи СВШ-1.25/2500 при температуре 1470 К (сталь Р6М5 + WC) и 1570 К (сталь Р6М5 + 15 % TiC и сталь Р6М5 + 15 % WC + 5 % TiC) при остаточном парциальном давлении не ниже $133 \cdot 10^{-4}$ Па (время выдержки при температуре спекания 1 ч). Полученные спекы подвергли дроблению и рассеву на фракции. Процент выхода годной для наплавки фракции (100—350 мкм) составлял 85—90 %.

Структуру исходных порошков и композиционных спечков на их основе исследовали с помощью оптического микроскопа НЕОРНОТ-21. Средний размер

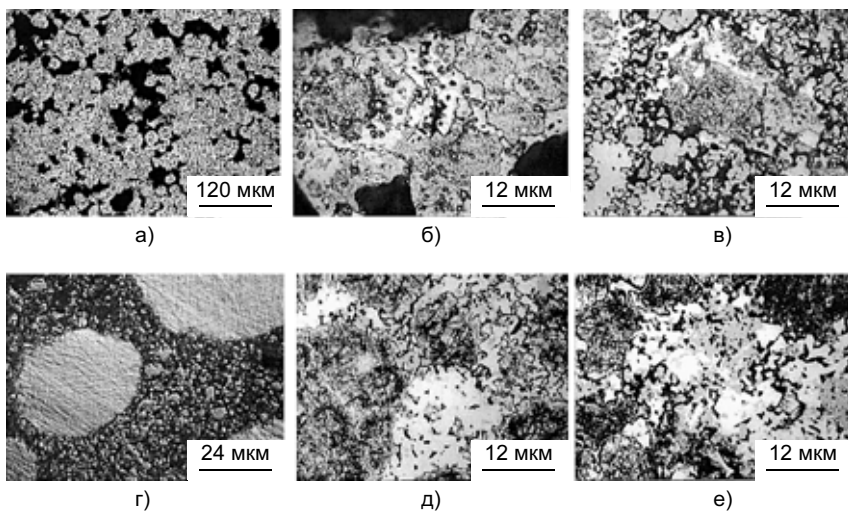


Рис. 2. Микроструктура композиционных спеков для наплавки после спекания исходных смесей порошков: а—е — сталь Р6М5 + WC (а, б—20 % WC, в — 40 % WC); г — сталь Р6М5 + 15 % TiC; д — сталь Р6М5 + 15 % WC + 5 % TiC; е — сталь Р6М5 + 25 % WC + 5 % TiC

строй закалкой из расплава стали Р6М5, что не позволило выделиться данному карбиду.

На рис. 2 приведена микроструктура композиционных порошков для наплавки после спекания исходных смесей в вакууме. Видно, что для композиционного спека Р6М5 + WC в зависимости от количества исходного содержания карбида вольфрама отдельные порошокинки стали Р6М5 окружены либо только фазой "озерковой" формы, либо частицами порошка угловатой формы размером 1—2 мкм и фазой "озерковой" формы (см. рис. 2, б, в). При увеличении содержания порошка WC с 10 до 40 % в исходной смеси содержание частиц угловатой формы в спеке увеличивается с 0 до 20—25 % (см. рис. 2, в). По данным рентгеноструктурного анализа спеков, помимо матричной фазы (α - и γ -фаз) установлено наличие двух карбидов: карбида вольфрама и двойного карбида типа M_6C . Следовательно, уже в ходе получения спеков происходит взаимодействие между исходными порошками с формированием композиционного материала для наплавки. Это подтверждается данными работы

[19], в которой показано, что карбиды M_6C и $M_{12}C$ начинают формироваться при нагреве композиционных смесей WC—Ni—Al и WC—NiTi до 970 К. Судя по морфологическому строению, α -фаза в спеках представлена игольчатым мартенситом.

Для композиционного спека сталь Р6М5 + 15 % TiC характерно слабое взаимодействие между исходными порошками в процессе спекания. При металлографическом анализе полученных спеков явно прослеживаются исходные округлые частицы стали Р6М5 и угловатые порошокинки карбида титана (см. рис. 2, г). Наблюдается небольшое взаимодействие данных порошков на границе раздела, что позволило сформировать спек для последующей наплавки. Фазовый состав данного спека представляет смесь следующих составляющих: α -фаза, карбид титана и в небольшом количестве карбиды ванадия и M_6C , которые выделились из твердого раствора в частицах стали Р6М5 в процессе вакуумного спекания.

При получении композиционного спека из смеси исходных порошков сталь Р6М5 + WC + TiC происходит взаимодействие меж-

ду сталью и карбидом вольфрама (см. рис. 2, д, е), сопровождающееся образованием дополнительного карбида M_6C . У карбида TiC наблюдается небольшое уменьшение ($a = 0,4321$ нм) параметра решетки по сравнению с параметром решетки для исходного карбида титана, что, по-видимому, связано с частичной заменой атомов титана на атомы вольфрама в решетке карбида титана. Увеличение содержания карбида вольфрама в исходной смеси порошков с 15 до 25 % приводит к увеличению его содержания в спеке в виде фазы монокарбида вольфрама.

ВЫВОДЫ

1. В исходном порошке карбида вольфрама присутствуют две фазы — монокарбид вольфрама (99 %) и карбид W_2C . Порошок TiC имеет кубическую решетку. Фазовый состав исходного порошка быстрорежущей стали представлен α - и γ -фазами и карбидом ванадия (около 2 %).

2. В процессе получения композиционных спеков сталь Р6М5 + WC и сталь Р6М5 + WC + TiC происходит взаимодействие между частицами порошка быстрорежущей стали и карбида вольфрама с образованием сложного карбида типа M_6C . С увеличением содержания карбида вольфрама в исходной смеси с 10 до 40 % увеличивается доля фазы монокарбида вольфрама в спеке с 0 до 20—25 %. Для композиционного спека сталь Р6М5 + 15 % TiC характерно слабое взаимодействие на границе раздела исходных фаз в процессе спекания. В частицах быстрорежущей стали в процессе вакуумного спекания выделяются карбиды VC и M_6C , а последующее охлаждение с печью вызывает практически полное $\gamma \rightarrow \alpha$ мартенситное превращение в матрице.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов: Справочник / Н. Н. Рыкалин, А. А. Углов, Н. В. Зуев, А. Н. Кокора М.: Машиностроение, 1985. 486 с.
2. Низкоэнергетичный импульсный электронный пучок большой плотности для поверхностного нагрева / Г. А. Месяц, Д. И. Проскуровский, В. П. Ротштейн, Н. Н. Лебедева // ДАН СССР. 1980. Т. 253. № 6. С. 1383—1386.
3. Валяев А. Н., Погребняк А. Д., Плотников С. В. Радиационно-механические эффекты в твердых телах при облучении электронными и ионными пучками. Усть-Каменогорск: ВКТУ, 1998. 266 с.
4. Электронно-лучевая наплавка в вакууме: оборудование, технология, свойства покрытий / В. Е. Панин, С. И. Белюк, В. Г. Дураков и др. // Сварочное производство. 2000. № 2. С. 34—38.
5. Газотермическое напыление композиционных порошков / А. Я. Кулик, Ю. С. Борисов, А. С. Мнухин и др. Л.: Машиностроение, 1985. 199 с.
6. Зверев А. И., Астахов Е. А., Шаривкер С. Ю. Детонационные покрытия в

машиностроении. М.: Машиностроение, 1982. 215 с.

7. Наплавка при изготовлении деталей машин и оборудования. Киев: ИЭС им. Е. О. Патона, 1986. 122 с.

8. Каковкин О. С., Дарахвелидзе Ю. Д., Старченко Г. Г. Особенности легирования наплавленного металла карбидом титана при дуговой износостойкой наплавке // Сварочное производство. 1989. № 5. С. 41—42.

9. Хасуи А., Моригати О. Наплавка и напыление: Пер. с яп. В. Н. Попова / Под ред. В. С. Степина, Н. Г. Шестеркина. М.: Машиностроение, 1985. 240 с.

10. Быстров В. А. Основы электрошлаковой технологии упрочнения композиционными сплавами деталей, работающих при высокотемпературном износе // Автореф. дис. ... д-ра техн. наук, Барнаул, 2003. 36 с.

11. Сагарадзе В. В. Упрочнение аустенитной стали. М, 1989. 234 с.

12. Гнусов С. Ф., Дураков В. Г., Маков Д. А. Формирование износостойких аустенитных покрытий с регулируемым карбидным упрочнением // ФИХОМ. 2004. № 6. С. 54—60.

13. Gnyusov S. F., Dekhonova S. Z., Durakov V. G. Formation of the bimodal structure of a Cu—Cr pseudo alloy by electron beam surfacing // Welding International. 2004. Vol. 18. N 3. P. 228—231.

14. Креймер Г. С. Прочность твердых сплавов. М.: Металлургия, 1971. 247 с.

15. Гнусов С. Ф., Трущенко Е. А. Сварка трением стали Р6М5 в режиме сверхпластичности. Ч. 1. Механизмы образования структурных несовершенств и пути их устранения // Технология машиностроения. 2003. № 4. С. 20—24.

16. Гвоздев А. Е., Афанаскин А. В., Гвоздев Е. А. Закономерности проявления сверхпластичности сталей Р6М5 и 10Р6М5-МП // МитОМ. 2002. № 6. С. 32—36.

17. Третьяков В. И. Металлокерамические твердые сплавы. М.: Металлургиздат, 1962. 592 с.

18. Салтыков С. А. Стереометрическая металлография. М.: Металлургия, 1970. 376 с.

19. Кульков С. Н., Гнусов С. Ф. Карбидостали на основе карбидов титана и вольфрама. Томск: Изд-во научно-технической литературы, 2006. 240 с.



ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СВАРКИ И РАСКРОЯ МЕТАЛЛА



EWM HIGHTEC® WELDING
ПРОСТО ВЧУЖЕ



TELWIN



DALEX



ELMATECH AG
electronics machines technologies

Оборудование для дуговых способов сварки

Установки для контактной сварки

Установки для плазменной резки



KOIKE

Машины для термической резки



Mazak
Your Partner for Innovation

Машины для лазерной резки

Разработка комплексных решений для Вашего производства. Демонстрационные залы. Лизинг

Санкт-Петербург: (812) 326 9246	Екатеринбург: (343) 310 0012	Самара: (846) 273 3515
Москва: (495) 642 6857	Ростов-на-Дону: (863) 299 5019	Новосибирск: (383) 211 2770
Нижний Новгород (8312) 78-54-90	Тольятти: (8482) 51-19-00	Омск: (3812) 33-83-90

Ждем Вас на WWW.DUKON.RU

Публикуется на правах рекламы

Е. М. ТАБАКИН, инж., И. И. СЕМИДОЦКИЙ, инж., В. А. УЗИКОВ, инж.
(ФГУП "ГНЦ РФ НИИАР", Димитровград),
Ю. В. КАЗАКОВ, канд. техн. наук
(Тольяттинский государственный университет)

Влияние времени существования сварочной ванны на качество сварного шва при лазерной сварке тонкостенных оболочек

При изготовлении изделий активных зон исследовательских реакторов (облучательных ампул, твэлов, капсул источников ионизирующих излучений) для их герметизации и соединения отдельных конструктивных элементов в большинстве случаев применяют сварку плавлением. Эксплуатационная надежность изделий в этих случаях во многом определяется качеством сварных соединений [1].

Одним из основных условий, определяющих качество соединений при сварке плавлением, является термический цикл процесса. При сварке тонкостенных малогабаритных изделий активных зон термический цикл влияет на формирование сварных швов, образование в них дефектов, возникновение напряжений, приводящих к разрушению сварных соединений. Причиной образования дефектов может стать неправильно выбранный режим нагрева и охлаждения изделия, определяемый способом сварки и технологией его реализации [2].

В последнее время для повышения экономической эффективности реакторов при производстве радиоизотопной продукции увеличивают объем производства ампул из технического алюминия АД1-0, герметизируемых сваркой. Перспективным является направление сварки оболочек твэлов реакторов на быстрых нейтронах из дисперсионно-упрочненных сталей ферритного и мартенситного классов, изготовленных методом порошковой металлургии. Так как эти металлы обладают повышенной пористостью при сварке, их длительное пребывание в расплавленном состоянии приводит к большой отбраковке изделий из-за недостаточной сплошности сварных соединений [3, 4].

Пористость в сварных швах нарушает их сплошность и снижает механические и коррозионные свойства. Один из приемов улучшения сплошности сварных соединений при сварке плавлением — применение режимов и способов, при которых обеспечивается дегазация сварочной ванны. Однако при сварке тонкостенных конструкций их применение затруднено из-за большой вероятности нарушения формы сварных соединений [5]. Другой путь повышения качества сварных соедине-

ний — применение способов сварки с жестким термическим циклом, при которых минимизируется время существования сварочной ванны в расплавленном состоянии. При этом снижается вероятность зарождения пор и ограничивается их рост [6].

Ранее проведенная оценка показала, что для образования пор браковочного размера в сварных соединениях тонкостенных конструкций из различных металлов достаточно, чтобы металл шва находился в расплавленном состоянии в течение 0,017—0,80 с [3, 4]. Из применяемых при изготовлении ампул и твэлов способов сварки плавлением наиболее жестким термическим циклом характеризуется лазерная сварка в импульсном режиме, при котором время пребывания металла шва в расплавленном состоянии минимально. Экспериментально определить время существования металла в расплавленном состоянии при сварке достаточно сложно. Один из возможных путей определения влияния теплового воздействия импульсной лазерной сварки на время существования металла сварочной ванны в жидком состоянии и, соответственно, на качество сварного соединения — моделирование этого процесса.

Целью данной работы является модельная оценка времени существования сварочной ванны в жидком состоянии при сварке тонкостенных оболочек из сплава АД1-0 и мартенситной дисперсионно-упрочненной стали.

Для этого предлагается математическая модель решения прямой задачи теплопроводности при одиночном импульсном воздействии на металлическую поверхность изделия. Рассматриваются процессы плавления и кристаллизации в зоне импульсного воздействия на свариваемые металлы. Временные характеристики этого процесса существенно влияют на количество и размеры образующихся дефектов.

Расчетную оценку времени пребывания металла шва в расплавленном состоянии проводили для сварки ампул из сплава алюминия АД1-0 диаметром 12 мм, толщиной 0,8 мм и оболочки твэла из мартенситной дисперсионно-упрочненной стали

Рис. 1. Технологическая схема импульсной лазерной сварки кольцевым швом (3 — лазерный луч)

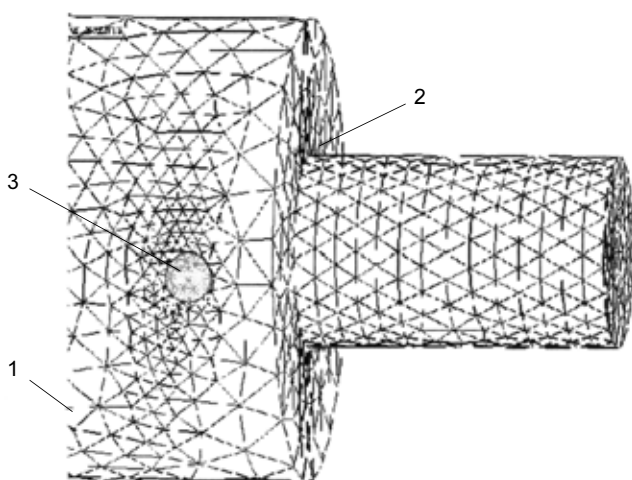
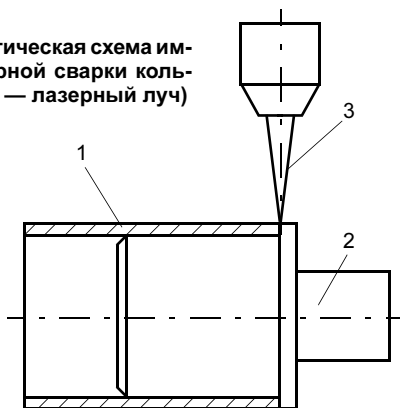


Рис. 2. Схема наложения сетки конечных элементов на объем свариваемой детали

диаметром 6,9 мм, толщиной 0,4 мм. Для изделий обоих типов герметизацию производили путем импульсной лазерной сварки оболочки 1 с концевым элементом 2 (рис. 1). Сварку выполняли кольцевым швом по периметру оболочки на режимах, обеспечивающих требуемую форму сварного соединения (см. таблицу).

Расчетная модель основана на конечно-элементном коде ANSYS [7]. При этом применены типовые расчетные элементы SOLID70. Полученная сетка конечных элементов (рис. 2) описывает конструкцию из тонкостенной оболочки 1, свариваемой импульсной лазерной сваркой с концевым элементом 2. Входными данными являются геометрия, свойства материалов и параметры тепловой нагрузки поверхности 3.

Уравнение теплопередачи имеет вид

$$[C]\{T'\} + [K]\{T\} = \{Q\},$$

где $[C]$ — матрица удельных теплоемкостей; $\{T'\}$ — производная по времени температуры в узле; $[K]$ — матрица эффективной теплопроводности; $\{T\}$ — вектор узловых температур; $\{Q\}$ — вектор эффективного теплового потока в узле.

В нелинейном анализе матрица теплопроводности является функцией температуры, и решение задачи достигается применением итераций. В программе ANSYS основным методом итеративной процедуры является метод Ньютона-Рафсона, заключающийся в решении последовательности линейных задач для получения нелинейного приближения. Уравнение для нелинейной стационарной задачи теплопроводности имеет вид

$$[K]_i \{\Delta T\}_{i+1} = \{Q^A\} - \{Q^{NR}\}_i,$$

где i — номер итерации.

Для решения нестационарной задачи разогрева разрешающее уравнение $[C]\{T'\} + [K]\{T\} = \{Q\}$, содержащее слагаемое, соответствующее аккумулярованию теплоты, интегрировали по времени.

Для задания тепловой нагрузки при импульсном лазерном воздействии выбирали соответствующую поверхность (рис. 2, поз. 3) и с помощью граничных условий 2-го рода задавали зависимость от времени плотности теплового потока на этой поверхности. Для других поверхностей задавали граничные условия теплоотвода, учитывающие зависимость коэффициента теплоотдачи от температуры поверхности и окружающей среды.

Учет теплоты фазового перехода при плавлении в локальной области задавали соответствующей ступенчатой зависимостью энтальпии от температуры (в области температуры плавления энтальпия должна быть задана с учетом скрытой теплоты фазового перехода) (рис. 3).

Исходя из особенностей приложения тепловой нагрузки в режиме импульсной лазерной сварки (короткие импульсы продолжительностью 4 мс с частотой 5 Гц в течение около 50 с — времени полного оборота детали в процессе сварки) удобно разбить расчетный анализ на две части:

- расчет разогрева свариваемых деталей в течение цикла сварки;
- расчет температурного режима в зоне плавления и прилегающих областях в течение нескольких импульсов.

На первом этапе расчетного анализа усредняли энергию импульсов по времени и рассчитывали ди-

Материал	Напряжение накачки, В	Скорость вращения изделия, об/мин
Дисперсионно-упрочненная сталь	640—680	1,0—1,2
Сплав алюминия	940—950	0,6—0,7

Примечание. Во всех случаях фокусное расстояние объектива 100 мм, длительность импульса лазерного излучения 4,0 мс, частота повторения импульса 5,0 Гц, диаметр пятна лазерного излучения 0,7—0,8 мм.

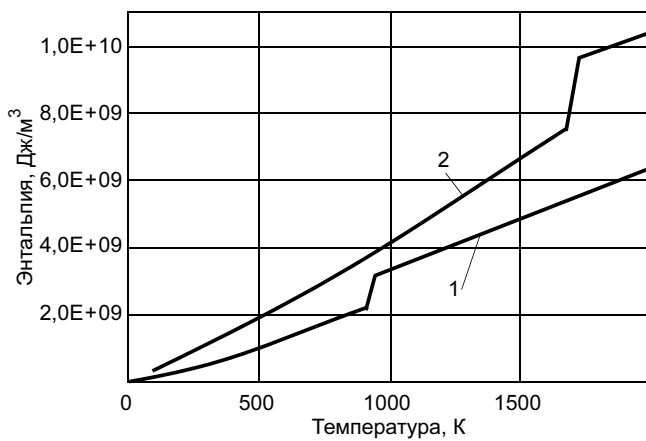


Рис. 3. Учет фазового перехода при моделировании сварки конструкций из алюминия (1) и мартенситной стали (2)

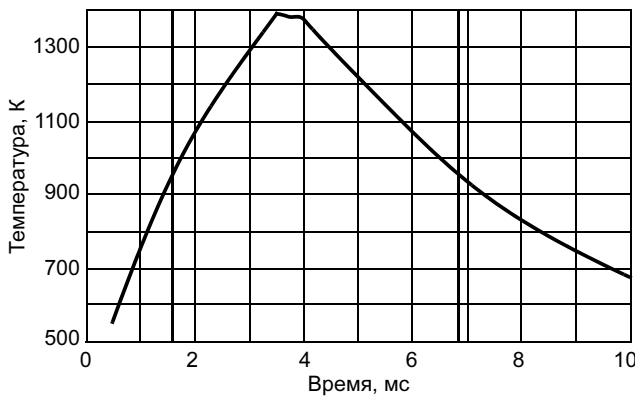


Рис. 4. Динамика изменения температуры в сварочной ванне при сварке алюминиевых конструкций ампулы (поглощенная энергия импульса 4 Дж)

намику разогрева свариваемых деталей в зависимости от габаритных размеров изделий и условий теплоотвода. Определяли температурные поля в конструкциях как в начале процесса сварки, так и на заключительной стадии, когда свариваемые детали максимально прогреты.

На втором этапе расчета рассматривали детали локального разогрева материалов при отдельных импульсах на любой выбранной стадии процесса и оценивали основной исследуемый параметр — время существования металла сварочной ванны в расплавленном состоянии.

Несомненным преимуществом применения конечно-элементного анализа для отработки технологии сварки является то, что из-за геометрического подобия конструкций расчетная модель, например для сварки концевых элементов твэлов, легко трансформируется для других типоразмеров, а также и для других режимов или даже способов сварки.

Отладку модели производили по результатам тестового эксперимента, при котором сравнивали экспериментальные и расчетные результаты дина-

мики разогрева в локальных областях свариваемых элементов. Полученные результаты расчета динамики разогрева свариваемых деталей хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Динамика изменения температур при сварке алюминия (рис. 4) показывает, что при заданных параметрах применяемых режимов время существования металла в расплавленном состоянии (около 5 мс) значительно меньше минимального времени образования пор браковочного размера (около 17 мс). Затемненный участок соответствует периоду пребывания металла в расплавленном состоянии.

Изменение температуры в зоне сварки при герметизации оболочки твэла из дисперсионно-упрочненной стали позволяет определить время существования сварочной ванны в расплавленном состоянии — около 0,005 с (рис. 5, затемненный участок). Эта величина меньше критического значения (0,7—0,8 с), при превышении которого резко возрастает вероятность образования дефекта браковочного размера.

Экспериментальную проверку проведенных расчетов проводили на образцах, полностью имитирующих конструкции ампул из сплава алюминия АД1-0 и оболочек твэлов из мартенситной дисперсионно-упрочненной стали. Импульсную лазерную сварку замкового соединения оболочек с заглушками проводили на режимах, параметры которых использовали при расчетах. Критерием оценки получаемых результатов являлось наличие в сварных соединениях пор браковочного размера. При сварке ампул из алюминия диаметр пор не должен превышать 0,15 мм, при сварке оболочек твэлов эта величина составляет 0,08 мм. Сплошность металла шва контролировали при рентгенографических исследованиях на аппарате РУП 150/300 и при металлографических исследованиях поперечного сечения сварного соединения на микроскопе ММР-4.

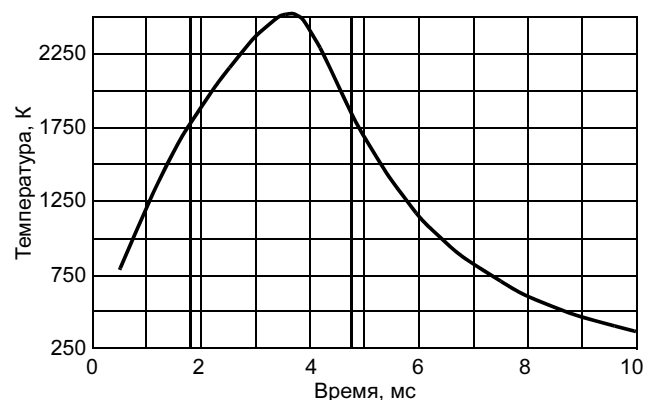


Рис. 5. Динамика изменения температуры в сварочной ванне при сварке оболочки твэла из мартенситной дисперсионно-упрочненной стали (поглощенная энергия импульса 1,2 Дж)

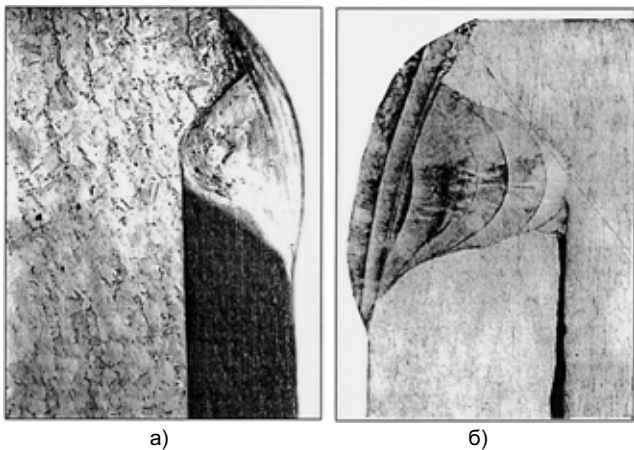


Рис. 6. Структура сварных соединений из мартенситной дисперсионно-упрочненной стали (а) и алюминиевого сплава АД1-0 (б), выполненных импульсной лазерной сваркой

Рентгенографические исследования сварных соединений показали, что при данных режимах лазерной импульсной сварки поры браковочного размера в сварных соединениях изделий из алюминия и мартенситной дисперсионно-упрочненной стали в пределах разрешающей способности этого метода отсутствуют. Более подробные послойные металлографические исследования (рис. 6) поперечных сечений сварных соединений подтвердили полученные результаты.

ВЫВОД

Расчетное время существования сварочной ванны при импульсной лазерной сварке тонкостенных оболочек из сплава АД1-0 и мартенситной дисперсионно-упрочненной стали значительно меньше времени, необходимого для образования пор браковочного размера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Решетников Ф. Г., Головин И. С., Казенов Ю. И. Разработка, производство и эксплуатация тепловыделяющих элементов энергетических реакторов. М.: Энергоатомиздат, 1995. Кн. 2.
2. Багрянский К. В., Добротина З. А. Теория сварочных процессов. Киев: Вища школа, 1976. С. 95.
3. Особенности сварки плавлением оболочек из дисперсионно-упрочненных сталей применительно к конструкции тепловыделяющих элементов реакторов на быстрых нейтронах / Е. М. Табакин, Ю. В. Иванович, В. И. Байкалов и др. // Сварочное производство. 2006. № 5. С. 3—7.
4. Табакин Е. М., Иванович Ю. В., Байкалов В. И. Технологические особенности сварки плавлением тонкостенных оболочек из алюминиевых сплавов в дистанционных условиях // Сварочное производство. 2006. № 11. С. 8—13.
5. Казаков Ю. В. Исследование и разработка процесса и оборудования для сварки деталей с большой разницей толщин: Дис. ... канд. техн. наук. М., 1971.
6. Пористость при сварке цветных металлов / В. В. Редчиц, В. А. Фролов, В. А. Казаков, В. И. Лукин. М.: Издательский центр "Технология машиностроения", 2002. С. 370, 377.
7. Басов К. А. ANSYS: Справочник пользователя. М: ДМК Пресс, 2005.

УДК 621.701.07

**А. В. БАЖАНОВ, инж., В. А. ФРОЛОВ, д-р техн. наук,
С. А. ФЕДОРОВ, канд. техн. наук, Н. С. ПРОНИН, канд. техн. наук
"МАТИ" — РГТУ им. К. Э. Циолковского**

Разработка специализированного светолучевого оборудования для низкотемпературной пайки

Современные тенденции развития радиоэлектронной промышленности обусловлены, с одной стороны, уменьшением геометрических размеров узлов и элементов радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) и усложнением их конструкций, в составе которых могут находиться термочувствительные элементы, а с другой — необходимостью непрерывного увеличения выпуска РЭА и повышения уровня автоматизации технологических процессов. Эти факторы существенно усложняют технологию монтажа РЭА и выдвигают специальные требования к технологическому оборудованию [1].

Основным технологическим процессом получения неразъемных соединений узлов и элементов РЭА является низкотемпературная пайка, для выполнения которой применяют различные типы нагревательных устройств, по характеру воздействия источника на объект нагрева разделяемых на устройства общего и локального нагрева.

Каждый из типов нагревательных устройств разрабатывают как с учетом общих особенностей радиоэлектронного производства, так и специфических требований, предъявляемых к конкретным конструкциям узлов и элементов РЭА. При этом они

не могут служить универсальным техническим средством нагрева [2].

При выборе нагревательного устройства технологии и разработчики оборудования, как правило, руководствуются требованиями высокой производительности процесса, а также стабильностью и контролируемостью параметров режима нагрева. Максимальную производительность, высокую стабильность и контролируемость режима пайки обеспечивают устройства общего нагрева. Однако при производстве РЭА, содержащих термочувствительные элементы, применение нагревательных устройств такого типа невозможно. Из устройств локального нагрева перспективным направлением разработок технологического оборудования является создание светолучевых установок на базе дуговых ксеноновых ламп сверхвысокого давления. Они обеспечивают высокую производительность, локальность и экологическую чистоту процесса при сравнительно невысокой стоимости оборудования. К тому же, модульно-блочный принцип компоновки оборудования обеспечивает возможность их установки в поточные технологические линии, что гарантирует получение высоконадежных соединений и позволяет автоматизировать основные операции процесса.

В данной работе рассмотрен практический опыт разработки специализированного светолучевого технологического оборудования для нагрева при низкотемпературной пайке узлов и элементов РЭА.

Основным элементом светолучевого оборудования является модуль лучистого нагрева (МЛН), который включает источник излучения (в качестве источника излучения при пайке узлов и элементов РЭА целесообразно использовать дуговые ксеноновые лампы сверхвысокого давления мощностью от 0,1 до 1,0 кВт), фокусирующую оптическую систему, юстировочный узел и токоподводы.

Конструкция оптической системы предусматривает использование двухфокусного эллипсоидного отражателя и контротражателя сферической или эллипсоидной формы.

Эллипсоидный отражатель собирает излучение лампы, находящейся в ближнем фокусе (ближний фокус отражателя находится рядом с катодом лампы), и направляет его в дальний фокус, где располагается объект нагрева.

Такой тип оптической системы дает увеличенное изображение дуги в рабочем фокусе, пропорциональное отношению фокусных расстояний. Следовательно, при увеличении этого отношения неизбежно снижается плотность мощности лучистого потока в пятне нагрева, что нежелательно при использовании данного источника теплоты для сварки и пайки. Применение оптических конденса-

ров в сочетании с такими системами несколько повышает плотность мощности в пятне нагрева, но при этом потери лучистого потока составляют от 20 до 40 %. Следовательно, в указанных областях применения целесообразно использовать оптические системы с минимальной разницей межфокусных расстояний. Однако КПД таких систем низкий, так как для получения требуемого свободного выхода луча за пределы оптической системы, необходимого для установки специализированной технологической оснастки, приходится уменьшать угол охвата отражателя (протяженность вертикального сечения рабочей поверхности отражателя в градусной мере). В короткофокусных оптических системах максимально достижимый угол охвата составляет порядка 180° , а в длиннофокусных — 240° [3].

Для увеличения угла охвата используют сферический контротражатель, размещаемый на нижнем токоподводе лампы и позволяющий переотразить часть "неохваченного" лучистого потока, направив его через лампу на основной отражатель (рис. 1, а). При этом центр сферического контротражателя совмещают с ближним фокусом эллипсоидного отражателя f_1 , однако эффективность сферического контротражателя небольшая, что связано со сложностями совмещения оптической оси отражателя и контротражателя, а также перегревом его отражающей поверхности из-за недостаточного охлаждения и интенсивного окисления в процессе работы.

Эффективность использования сферического контротражателя повышается, если сферический контротражатель выполнять сопряженным с эллипсоидным отражателем (рис. 1, б).

Для увеличения угла охвата отражателя до 260° и уменьшения габаритных размеров МЛН для пайки узлов и элементов РЭА предложена конструкция трехсекционной оптической системы, со-

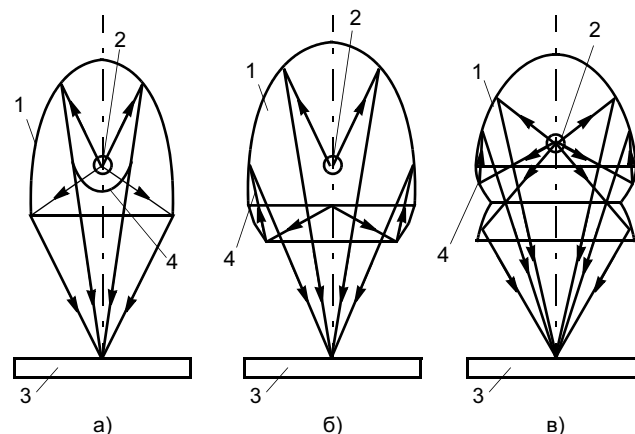


Рис. 1. Типы фокусирующих оптических систем: а — моноэллипсоидная; б — двухсекционная; в — трехсекционная; 1 — эллипсоидный отражатель; 2 — источник излучения; 3 — объект нагрева; 4 — сферический контротражатель

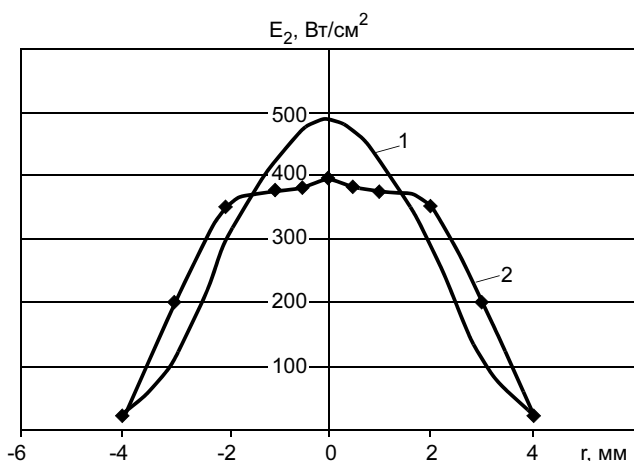


Рис. 2. Характер распределения плотности мощности лучистого потока по пятну нагрева при использовании трехсекционной оптической системы и при номинальном режиме работы лампы ДКсШ 500 со сферическим (расчетное значение) (а) и эллипсоидным (б) контрртражателями

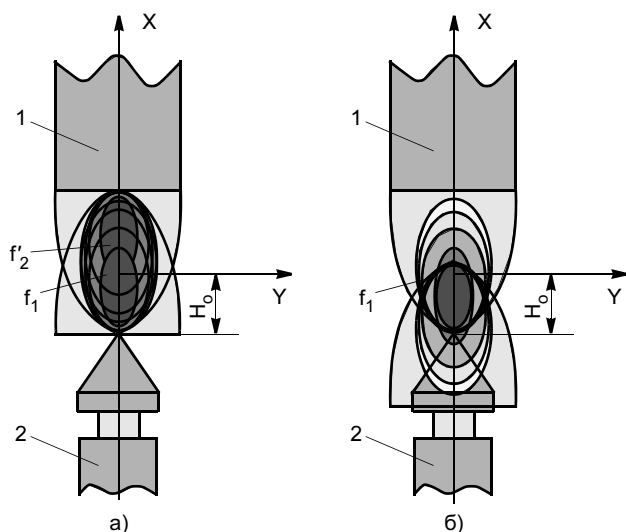


Рис. 3. Схема распределения энергетической яркости дугового разряда в трехсекционных оптических системах с эллипсоидным (а) и сферическим (б) контрртражателями (H_0 — расстояние от катода до наиболее яркой точки дуги): 1 — анод; 2 — катод

стоящая из двух эллипсоидных отражателей и сферического контрртражателя посередине (рис. 1, в).

Исследование распределения плотности мощности лучистого потока в пятне нагрева оптических систем такого типа показало, что оно близко к гауссовскому распределению. Его применение наиболее рационально при сварке плавлением, так как обеспечивается возможность получения максимальной плотности мощности в центре пятна нагрева (рис. 2, кривая 2). При низкотемпературной пайке более благоприятными условиями нагрева считаются такие, когда плотность мощности лучистого потока распределена по пятну нагрева равномерно. Эта задача решена с использованием контрртражателя, выполненного в виде части эллипсоида.

Первый фокус эллипсоидного контрртражателя совмещен с первым фокусом эллипсоидного отражателя f_1 , а второй f_2 — рядом с анодом лампы. Вследствие особенностей конструкции эллипсоидного контрртражателя отраженный луч проходит через второй фокус на вышестоящий отражатель. Используя метод совмещения оптических изображений, установили, что в междуговом промежутке на разряде создается его перевернутое на 180° изображение, способствующее повышению и выравниванию ее распределения по разряду, а также увеличению светового потока по сравнению со сферическим контрртражателем (рис. 3).

При использовании трехсекционных оптических систем с эллипсоидным контрртражателем в пятне нагрева несколько выравнивается распределение плотности мощности лучистого потока (см. рис. 2, кривая 2), что снижает уровень жестких требований к совмещению поверхности объекта нагрева с рабочим фокусом f_2 .

На базе предложенной конструкции оптической системы с эллипсоидным контрртражателем на кафедре "Технология сварочного производства" "МАТИ" — РГТУ им. К. Э. Циолковского разработана малогабаритная светолучевая технологическая установка "Луч-3" (рис. 4).

Техническая характеристика установки "Луч-3"

Источник излучения	Лампы серии ДКсШ
Мощность источника излучения (номинальная), кВт	0,12; 0,15; 0,2; 0,3; 0,5
Напряжение холостого хода источника питания, В	80
Напряжение сети, В	220 (50 Гц)
Режим работы лампы	Непрерывный
Система охлаждения	Воздушная, водяная
Габаритные размеры, мм	500×450×220
Масса, кг	25

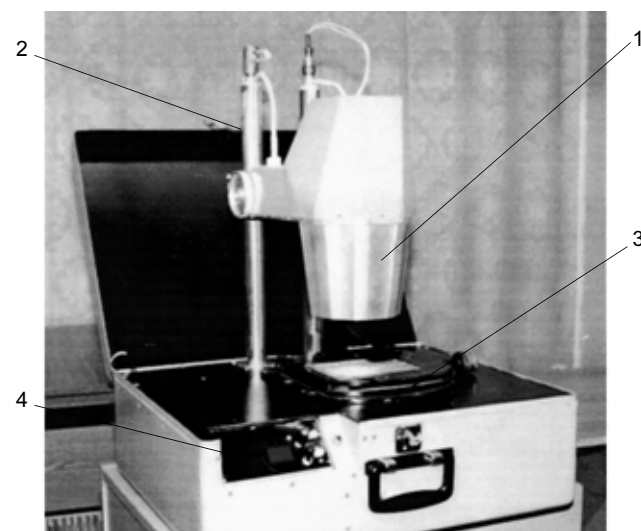


Рис. 4. Малогабаритная светолучевая установка "Луч-3": 1 — модуль лучистого нагрева; 2 — стойка; 3 — рабочий столик; 4 — блок управления и контроля

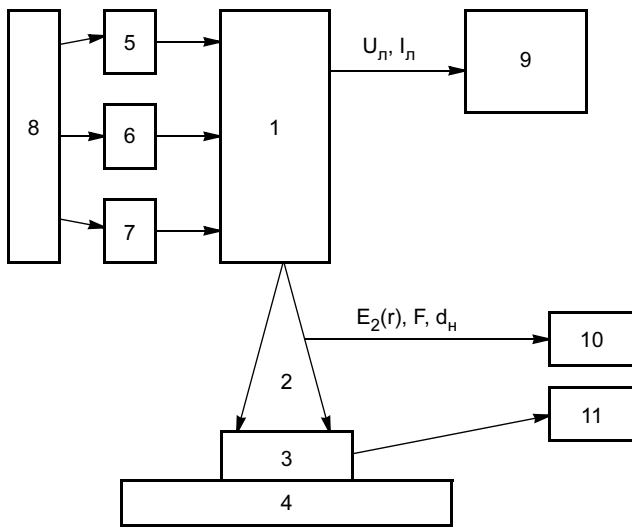


Рис. 5. Структурная схема взаимодействия функциональных составляющих и контролируемые параметры: 1 — МЛН; 2 — сфокусированный световой луч; 3 — объект нагрева; 4 — транспортирующее устройство; 5 — источник питания; 6 — система поджига лампы; 7 — система охлаждения лампы; 8 — устройство управления; 9 — аппаратура контроля параметров режима работы лампы; 10 — аппаратура контроля выходных энергетических параметров светового луча; 11 — видеоконтрольное устройство

В состав установки входит МЛН, рассчитанный на использование в качестве источника излучения дуговой ксеноновой лампы серии ДКсШ мощностью от 120 до 500 Вт. Свободный выход луча за пределы оптической системы составляет 80 мм.

Геометрические характеристики контротражателя установки рассчитывали таким образом, чтобы обеспечить диаметр пятна нагрева 4 мм. При этом было получено равномерное распределение плотности мощности лучистого потока при сохранении постоянной интегральной мощности излучения МЛН.

Установка "Луч-3" помимо МЛН включает следующие функциональные узлы: систему поджига лампы, систему охлаждения отражателя и лампы,

источник питания лампы и аппаратуру контроля и управления. Особенностью установок для низкотемпературной пайки является возможность ее комплектации в одноблочном и двухблочном вариантах. Одноблочный вариант (рис. 4) более компактен и удобен в эксплуатации, так как вся установка выполняется как единое целое и все органы контроля и управления выведены на одну панель.

Двухблочный вариант предполагает размещение МЛН с обслуживающими его функциональными блоками в виде отдельного устройства, размещенного над технологическим конвейером и соединенного кабелем с источником питания.

На рис. 5 приведен общий вид структурной схемы функциональных составляющих установки с контролируемыми параметрами.

Аппаратура контроля параметров режима работы лампы выдает информацию о величине напряжения $U_{л}$ и тока $I_{л}$ лампы, а аппаратура контроля выходных энергетических параметров светового луча — о распределении плотности мощности лучистого потока $E_2(r)$, интегральной мощности лучистого потока F при диаметре пятна нагрева $d_{н}$.

В зависимости от конкретного назначения в структурную схему оборудования включают дополнительные блоки, например видеоконтрольное устройство для наблюдения за объектом нагрева. Такого рода специализированные светолучевые технологические установки могут работать как в ручном, так и механизированном и автоматическом режимах, и использоваться при решении различных технологических задач по низкотемпературной пайке РЭА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Технологические особенности низкотемпературной пайки оптических модулей* / А. В. Бажанов, С. А. Федоров, Н. С. Пронин, В. А. Фролов // Сварочное производство. 2006. № 1. С. 22—24.
2. *Низкотемпературная пайка узлов радиоэлектронной аппаратуры сфокусированным световым лучом* // А. В. Бажанов, С. А. Федоров, Н. С. Пронин, В. А. Фролов // Сварочное производство. 2007. № 5. С. 31—36.
3. *Никифоров Г. Д., Опарин М. И., Федоров С. А. Сварка и пайка световым лучом*. М.: Машиностроение, 1979. 40 с.

ОАО "Издательство "Машиностроение" предлагает



	Цена с НДС, руб.
Садаков Г. А. Гальванопластика: справочное пособие. 3-е изд. 2004. 400 с.	363
Сварка. Резка. Контроль: справочник. В 2 т./ Под общ. ред. Н. П. Алешина, Г. Г. Чернышова. 1-е изд. 2004. 1136 с.	1430
Соломонов Ю. С., Шахтарин Ф. К. Большие системы: гарантийный надзор и эффективность. 1-е изд. 2003. 368 с.	198

Приобрести книги по цене издателя можно, направив заявку в отдел реализации по факсу: (495) 269 4897; e-mail: realiz@mashin.ru; почте: 107076, Москва, Стромьинский пер., д. 4, ОАО "Издательство "Машиностроение".
Тел.: (495) 269-6600, 269 5298.

В. А. МЕТЛИЦКИЙ, д-р техн. наук
ООО "НПФ "Элна" (Киев)

Порошковые проволоки для дуговой сварки и наплавки чугуна

Чугун является трудносвариваемым материалом, поскольку в условиях дуговой сварки имеет склонность к образованию трещин в сварных соединениях. Предотвратить образование трещин можно двумя путями. Первый основан на использовании цветных металлов (никеля, меди и их сплавов) или легированных сталей в качестве основы покрытых электродов или проволок сплошного сечения при сварке без подогрева. Второй — предусматривает применение высокого предварительного подогрева (400—700 °С) отливок или деталей перед сваркой и использование электродных материалов, обеспечивающих получение однородных и равнопрочных основному металлу соединений [1, 2].

Стремление улучшить условия труда сварщиков, отдалив от них высоконагретую отливку, а также увеличить производительность процесса и сократить время сварки, обусловило разработку и широкое применение порошковых проволок для механизации процесса дуговой сварки с подогревом.

Преимущества применения порошковых проволок при сварке и наплавке чугуна заключаются в возможности регулирования в широких пределах состава металла шва или наплавленного металла путем изменения состава шихты и коэффициента заполнения проволок. По сравнению с покрытым электродом с чугунным стержнем можно ввести в шихту большое количество углерода, кремния, марганца, микролегирующих и модифицирующих форму графита, а также обеспечить меньшее выгорание металлов при дуговом процессе за счет того, что шихта находится в оболочке из стальной ленты.

История развития. Первые порошковые проволоки для сварки и наплавки чугуна были разработаны в ИЭС им. Е. О. Патона в начале 60-х годов прошлого века и достаточно широко внедрены в промышленности [3]. Эти проволоки марок ППЧ-1*, ППЧ-2* и ППЧ-3* были предназначены в основном для заварки дефектов на отливках из серого чугуна с пластинчатым графитом с толщиной стенки в месте дефекта более 15 мм. Они отличались различным содержанием основных компонентов-графитизаторов: углерода и кремния (в ППЧ-1 — наибольшие, а в ППЧ-3 — наименьшие). Кроме того,

* Позже стали называться соответственно ПП-АНЧ-1, ПП-АНЧ-2 и ПП-АНЧ-3.

все они содержали небольшое количество марганца, титана и алюминия.

В соответствии с составом назначение проволоки каждой марки следующее:

ПП-АНЧ-1 — для заварки без предварительного подогрева небольших дефектов (раковин, недоливов, пор, сыпи и др.) на поверхностях, не подвергающихся последующей механической обработке (декоративная заварка);

ПП-АНЧ-2 — для заварки дефектов на стенках отливок большой толщины с предварительным подогревом до 300—350 °С, а также без предварительного подогрева в тех случаях, когда при заварке обеспечивается достаточный разогрев значительной массы основного металла и имеется возможность свободной усадки наплавки;

ПП-АНЧ-3 — для заварки с высоким предварительным подогревом (400—600 °С) дефектов различных размеров.

В зависимости от расположения дефекта, его размеров, жесткости конструкции, массы отливки и требований, предъявляемых к качеству заварки, в каждом конкретном случае решается вопрос о температуре предварительного подогрева, выбирается марка проволоки и определяются режимы сварки.

Диапазон возможных режимов сварки порошковой проволокой диаметром 3 мм: сварочный ток $I_{св} = 250 \div 600$ А, ток — постоянный прямой полярности; напряжение дуги $U_d = 30 \div 40$ В; скорость плавления проволоки $v_{п.пр} = 100 \div 300$ м/ч; скорость сварки $v_{св} = 5 \div 10$ м/ч. Сварку и наплавку чугуна порошковой проволокой выполняют открытой дугой. В отдельных случаях при плохом качестве основного металла во избежание пор целесообразно создавать дополнительную защиту углекислым газом с расходом 600—900 л/ч. При сварке с высоким подогревом ванным способом газовую защиту обычно не применяют, так как при этом создаются благоприятные условия для дегазации жидкого чугуна и освобождения его от неметаллических включений.

Структура металлической основы, а также форма и размеры графитных включений в наплавленном чугуне зависят от состава проволоки и условий охлаждения после сварки.

При сварке проволокой ПП-АНЧ-1 без подогрева металл шва (или наплавленный металл) имеет

перлитно-ферритную основу с псевдоэвтектическим графитом, отдельные карбиды и участки ледебурита; ферритно-перлитная основа и розеточный графит образуются при сварке проволокой ПП-АНЧ-2 с подогревом до 300—350 °С; перлитно-ферритная основа и мелкий завихренный графит получают при сварке проволокой ПП-АНЧ-3 с подогревом до 500—600 °С. Таким образом, сварка и наплавка данными порошковыми проволоками обеспечивают получение однородных и равнопрочных сварных соединений серого чугуна с пределом прочности (временным сопротивлением разрыву) от 120 до 300 МПа.

Установлено [3], что при сварке порошковыми проволоками с предварительным подогревом до 300—350 °С можно исправлять большинство дефектов, встречающихся в практике литейного производства. Исключение составляют различные сквозные дефекты (трещины, раковины), расположенные на особо жестких конструкциях, мелкие дефекты на трущихся поверхностях, дефекты на изделиях, к которым предъявляются повышенные требования к однородности по твердости, цвету и т. п. В этих случаях необходимо применять сварку с высоким предварительным подогревом.

Кроме заварки дефектов литья были выполнены многочисленные работы по ремонтной сварке чугунных деталей: наплавка бобышек на зубчатое колесо очистного барабана, заварка двух сквозных трещин на станине четырехшпиндельного автомата, исправление дефектов на корпусе камеры компрессора и многие другие [3].

Совместно с ИЭС им. Е. О. Патона сварку и наплавку чугуна порошковой проволокой освоили многие предприятия тяжелого машиностроения, турбиностроения, химического машиностроения, станкостроения и других отраслей промышленности. Особо следует отметить широкое внедрение технологии ремонта изложниц, поддонов и другого сменного оборудования для разлива стали на металлургических заводах с использованием порошковой проволоки ППЧ-2 (ПП-АНЧ-2) [3].

На московском заводе "Станколит" совместно с базовой лабораторией сварки ВНИИЛитмаша были проведены исследования по корректировке состава порошковой проволоки для заварки крупных дефектов на чугунных станинах с высоким предварительным подогревом. Установлено, что для указанных условий сварки целесообразно введение в шихту проволоки кристаллического графита и железной окалины [4].

Высокие значения сварочного тока и скорости подачи проволоки при механизированной сварке ванным способом обусловили необходимость повышения электропроводности проволоки. Эта задача была решена путем армирования внутренней,

заполненной шихтой полости одной—тремя стальными проволоками. Такое усовершенствование позволило уменьшить электросопротивление проволоки и, следовательно, увеличить удельную плотность сварочного тока в ее сечении; повысить при одних и тех же параметрах сварки (по сравнению с неармированной проволокой) производительность процесса. Использование армирующих проволок позволило исключить из состава шихты железный порошок. Технологичность протяжки порошковой проволоки повысилась в связи с ее значительным упрочнением. Армированная порошковая проволока имела марку ППЧ-3М. При сварке этой проволокой металл шва или наплавленный металл содержал пластинчатый графит в ферритно-перлитной матрице [4].

При сварке чугунов с шаровидным графитом (ЧШГ), в том числе легированных, структура металла шва и ЗТВ должна характеризоваться шаровидной или компактной формой графита, а также подобной металлической матрицей, чтобы сохранить в сварном соединении ценные свойства основного металла. Сфероидизации графитной фазы достигают путем введения в состав порошковых проволок магния, кальция, редкоземельных металлов, иттрия. Так, проволока ПП-АНЧ-5, разработанная в ИЭС им. Е. О. Патона, содержит комплекс модифицирующих форму графита элементов — Mg + Ca + PЗМ, которые вводят в шихту в виде лигатуры на основе кремния [1, 2].

Сварку ЧШГ порошковой проволокой выполняют с предварительным нагревом отливок или деталей до 400—600 °С. Диапазон режимов определяется скоростью подачи проволоки: для диаметра проволоки 3 мм $I_{св} = 250 \div 600$ А, $U_{д} = 25 \div 40$ В, $V_{п.пр} = 80 \div 350$ м/ч, ток — постоянный прямой полярности. Заваренные отливки, как правило, подвергают термической обработке — отжигу. Сварные соединения идентичны по структуре основному металлу и равнопрочны ЧШГ ферритного (ВЧ 42-12), перлитно-ферритного (ВЧ 45-5) и перлитного (ВЧ 50-2) классов.

Шихта порошковой проволоки ППВЧ-1, разработанной во ВНИИЛитмаше, имеет в своем составе модификатор МР-1 или МР-2, изготовленный из иттрийсодержащего сырья. Сварку ЧШГ этой проволокой можно осуществлять с высоким подогревом сварочной ванны без опасности потери шаровидной формы графита в шве [4].

Порошковая проволока ППСВ-7, разработанная во ВНИИКомпрессормаше (Сумы, Украина) и содержащая большое количество силикокальция, была широко внедрена на предприятиях химического машиностроения для заварки литейных дефектов на чугунных отливках.

В 70—80 гг. были предложены и другие порошковые проволоки для сварки и наплавки чугуна, но они по химическому составу и технологическим возможностям не добавляли ничего принципиально нового к приведенным выше.

Повышение производительности сварки и наплавки. Практика заводов показала, что производительность сварки порошковой проволокой при наиболее распространенных режимах составляла 4—8 кг/ч наплавленного металла [3]. При сварке с высоким предварительным подогревом, когда скорость подачи проволоки составляет 450—600 м/ч, производительность сварки возрастает до 15—20 кг/ч наплавленного металла. Сварка армированной порошковой проволокой ППЧ-3М за счет применения более высоких значений тока позволяет достичь производительности процесса до 15—17 кг/ч, что соответствует примерно производительности ручной дуговой сварки ванным способом чугунными электродами с диаметром стержня 14—16 мм [4].

С целью повышения производительности при заварке крупных дефектов было предложено использовать одновременную подачу в сварочную ванну трех порошковых проволок диаметром 3 мм. Для этого был разработан специальный аппарат А-1072С, рассчитанный на ток до 2000 А. Тремя подающими механизмами проволоки подают одновременно по трем гибким шлангам в одну горелку. Расчетная производительность — до 60 кг/ч наплавленного металла — на практике достигала лишь 35—40 кг/ч, поскольку трудно обеспечить бесперебойную работу всех трех подающих механизмов в течение длительного времени [1].

Другая возможность — применение порошковой проволоки увеличенного диаметра (4,5—6,0 мм) и видоизмененной конструкции: двухслойной или армированной порошковой проволокой диаметром 3 мм. Такой проволокой на специальном сварочном полуавтомате А-1072М выполняют сварку на высоких режимах, поддерживая большой объем наплавленного чугуна в жидком состоянии и достигая производительности процесса до 25—30 кг/ч. Например, сварку проволокой ППЧ-9 (диаметром 5,0 мм) ведут на режиме: $I_{св} = 1100 \div 1300$ А; $U_{д} = 55 \div 60$ В; $v_{п.пр} = 250 \div 600$ м/ч [4].

Сварка и наплавка легированных чугунов. При выполнении сварочных работ на отливках или деталях из легированных чугунов (при заварке литых дефектов или восстановлении после повреждений) обычно применяют ручную дуговую сварку покрытыми электродами со стержнем из чугуна подобно химического состава, а также аргонодуговую или газовую сварку с присадкой однородных прутков [2]. В то же время для легированных чугунов многих марок удается подобрать композицию шихты порошковой проволоки, обеспечивающую

при сварке получение металла шва (наплавленного металла), идентичного по составу, структуре и свойствам основному металлу.

Так, аустенитные марганцовистые чугуны, содержащие 8—17 % Мп, стойкие против износа, коррозии, кавитации, частых теплосмен, имеют особые магнитные свойства. Сохранить в полной мере указанные свойства основного металла возможно только в том случае, когда металл шва близок к нему по химическому составу и структуре.

В работе [5] сваривали пластины из чугуна следующего химического состава (%): 4,0 С; 9,15 Мп; 2,3 Si; 1,14 Ni; 2,9 Cu; 0,5 Al; 0,006 S; 0,062 P, со структурой, представляющей пластинчатый и розеточный графит в аустенитной матрице с включениями карбидной фазы. Временное сопротивление при растяжении такого чугуна составляет 140—160 МПа, а твердость аустенитной основы — 120—160 НВ. Разработана самозащитная порошковая проволока, компоненты шихты которой обеспечивают следующий химический состав металла шва (%): 3,0—4,5 С; 9—12 Мп; 2—3 Si; 2,5—3,0 Cu; 1,0—1,5 Ni; 0,3—0,7 Al; $\leq 0,01$ S; $\leq 0,08$ P. Температура предварительного подогрева, при которой надежно предотвращается образование трещин в сварных соединениях, составляла 300—400 °С.

Искусственные дефекты глубиной 10 мм на пластинах толщиной 20 мм были заварены (наплавлены) в три-четыре слоя. Для механической обработки мест заварки плиты подвергали отжигу при 800 °С в течение 3 ч и охлаждали с выключенной печью. Микроструктура металла наплавленного слоя и ЗТВ — аустенитная матрица с очень малым количеством мелкодисперсной карбидной фазы и включениями графита компактной формы. Механические испытания показали, что временное сопротивление образцов находится на верхнем уровне этой характеристики для основного металла (около 160 МПа), а разрушение, как правило, происходит по основному металлу. Специальные исследования показали, что магнитные свойства наплавленного чугуна и основного металла практически не отличаются. Сделан вывод, что для сохранения физико-механических свойств аустенитного марганцовистого чугуна в сварных соединениях следует применять порошковую проволоку, обеспечивающую получение однородного и равнопрочного сварного шва [5].

Аустенитный никелевый чугун с шаровидным графитом МКС-1 обладает такими физико-механическими и эксплуатационными свойствами, что в ряде случаев его можно применять вместо легированных сталей или медных сплавов. Сваривали пластины и части литых деталей — корпусов задвижек трубопроводов с толщиной стенок 8—12 мм из чугуна МКС-1 [6]. Химический состав чугуна

(%): 2,5—2,6 С; 2,9—3,0 Si; 2,4—2,5 Mn; 19—20 Ni; $\leq 0,01$ S; $\leq 0,2$ P. Графит — шаровидной формы, структура матрицы — аустенит; твердость 180—200 HV. Механические свойства при испытании на растяжение: $\sigma_B = 470 \div 490$ МПа; $\sigma_T = 230 \div 250$ МПа; $\delta = 38 \div 42$ %; ударная вязкость $KCU = 32,5 \div 32,7$ Дж/см².

Искусственные дефекты объемом до 100 см³ на пластинах толщиной 20—30 мм заваривали экспериментальной порошковой проволокой диаметром 1,7—2,2 мм, обеспечивающей химический состав металла шва, близкий к основному металлу. Применяли предварительный подогрев пластин до 200—300 °С. В сварных соединениях структуры зоны сплавления и наплавленного металла идентичны: аустенитная матрица с равномерно распределенной графитной фазой. Дефекты в зоне сплавления и ЗТВ не обнаружены. При испытании сварных образцов на растяжение установлена равнопрочность соединений основному металлу ($\sigma_B \approx 500$ МПа) [6].

Снижение температуры предварительного подогрева. Следует отметить, что разработка состава порошковой проволоки для наплавки аустенитного никелевого чугуна с шаровидным или пластинчатым графитом позволила частично решить проблему снижения температуры предварительного подогрева. Эксперименты показали, что при прочих равных условиях сварки (наплавки) температуре подогрева можно снизить на 150—200 °С [6,7], однако склонность металла шва к образованию пор возрастает, что требует усложнения состава шихты за счет газошлаковой защиты; стоимость проволоки увеличивается из-за относительно высокого содержания никеля и других легирующих элементов, а сварочные аэрозоли более токсичные вследствие присутствия соединений никеля — потенциальных канцерогенов.

Проволоки специального назначения. В технологическом процессе вертикальной дуговой сварки чугуна с принудительным формированием шва реализованы преимущества как электрошлаковой сварки (отсутствие предварительного подогрева, высокое качество металла шва и соединения в целом), так и дуговой сварки порошковой проволокой (возможность широкого варьирования химическим составом наплавленного металла и выполнения швов большой протяженности, простота и универсальность применяемого оборудования) [8].

Механические свойства металла шва в значительной мере определяются составом порошковой проволоки. Применение порошковой проволоки ПП-АНЧ-3 с относительно меньшим содержанием графита позволяет добиться увеличения доли перлита в структуре металла шва и уменьшения размеров графитных включений. При сварке порошко-

вой проволокой ПП-СВ7 химический состав металла шва практически тот же, но благодаря модифицирующему действию входящего в ее состав силикокальция структура чугуна становится чисто перлитной, а включения графита еще более уменьшаются. Это обеспечивает повышение механических свойств металла шва. Еще больше повышает предел прочности металла шва ($\sigma_B = 214 \div 226$ МПа) введение в состав проволоки оксида лантана [9]. При этом в зоне сплавления образуется мелкий точечный графит, а в металле шва — графит компактной формы, равномерно распределенный. Металлическая основа имеет ферритно-перлитную матрицу, ледебурит в сварном соединении отсутствует. При испытании на растяжение образцов, вырезанных из сварного соединения, разрушение произошло по основному металлу ($\sigma_B \geq 179$ МПа).

Современное состояние и дальнейшее развитие. К концу 80-х годов прошлого столетия уже был накоплен научный потенциал и практический опыт по разработке и применению порошковых проволок для сварки чугуна. Они обобщены в справочнике [2], многочисленных публикациях в журналах "Автоматическая сварка", "Сварочное производство", "Литейное производство" и др., тематических сборниках по сварке чугуна, докладах и тезисах научно-технических конференций. Было предложено более 50 составов порошковых проволок, защищенных авторскими свидетельствами, и даже предпринята попытка подготовить государственный стандарт на порошковые проволоки для дуговой сварки и наплавки чугуна, принятие которого было остановлено в 1990 г. вследствие сравнительно небольшого числа проволок, освоенных производством, и малых объемов их изготовления.

После 1991 г. исследования в области дуговой сварки чугуна в странах СНГ фактически не проводились, а практическое использование порошковых проволок осуществлялось по трем традиционным направлениям.

1. *Создание литосварных изделий и конструкций.* При автоматизированной сварке чугунных трубчаток теплообменников [10] применены самозащитные порошковые проволоки ПП-СВ7 и ПП-СВ23, разработанные во ВНИИКомпрессормаше. С целью предотвращения образования трещин в сварных соединениях трубные решетки и торцы труб предварительно нагревали газовыми горелками до 450—550 °С, а при необходимости проводили также промежуточные подогревы после сварки восьми—десяти труб.

Структура металла шва при сварке проволокой ПП-СВ7 имеет перлитно-ферритную матрицу с разрозненными участками ледебурита, а также отдельные компактные включения графита. В зоне сплавления формируется несплошная полоса металла

шириной до 400 мкм с твердостью 370—460 HV. Полученные трубчатki с 31 трубой, длиной 2 м использованы при изготовлении кожухотрубных теплообменных аппаратов для охлаждения горячей концентрированной серной кислоты в ПО "Химпром" (Сумы).

При увеличении числа труб в трубчатке перспективно применять вертикальную дуговую сварку с принудительным формированием металла шва заранее подготовленных по приведенной выше технологии секций в количестве 2—6 шт.

В автомобильном производстве США разработана технология сварки трубы из стали SAE 1035 с изготовленной из чугуна SAE D4512 облойкой, охватывающей цапфу передней оси. Механические свойства чугуна: $\sigma_B = 455$ МПа, $\sigma_{0,2} = 315$ МПа, $\delta = 12$ %. Механизированную дуговую сварку в защитном газе выполняли порошковой проволокой. Состав металла полученного сварного шва (%): 50 Ni; 44 Fe; 4,2 Mn; 0,6 Si; 1,0 C. Обеспечены необходимые прочность и усталостный ресурс сварного узла [11].

2. *Заварка дефектов литья.* Разработана технология механизированной сварки порошковой проволокой применительно к исправлению литейных дефектов на тьюбингах шахтных стволов и метроролитена. Замена тьюбингов из серого чугуна тьюбингами из ЧШГ дает большую экономию металла за счет уменьшения толщины стенок и, следовательно, массы. Этот эффект возрастает при использовании ЧШГ с перлитной основой. Сварка такого чугуна, однако, затруднена вследствие его низкой пластичности.

Для обоснования рекомендаций по тепловому режиму заварки литейных дефектов на тьюбингах исследовали влияние термических циклов при дуговой сварке на структуру и свойства ЧШГ с перлитной основой [12]. Знание кинетики превращения аустенита в основном металле облегчило обоснование температуры предварительного подогрева, промежуточных подогревов (при необходимости), а также режимов термической обработки — отжига с нормализацией — после заварки дефектов.

3. *Ремонт поврежденных деталей.* В зависимости от применяемых электродных или присадочных материалов все способы восстановительной сварки можно разделить на две группы: обеспечивающие получение в металле шва чугуна или сплавов на основе цветных металлов. Для получения однородного соединения применяют ручную дуговую сварку электродами с чугунным стержнем или механизированную дуговую сварку порошковыми проволоками. Примеры таких технологических процессов для восстановления чугунных деталей с толщиной стенки 40 мм и более приведены в работе [13].

Традиционной областью применения механизированной сварки порошковой проволокой остается ремонт сталеразливочной оснастки из чугуна, где порошковая проволока используется как для наплавки облицовочного слоя из низкоуглеродистой стали (ПП-АН11), так и рабочего слоя из серого чугуна (ПП-АНЧ-2).

В межгосударственном стандарте (ГОСТ 30430—96), действующем с 1 июля 1998 г., порошковые проволоки представлены марками ПП-АНЧ-2, ПП-СВ7, ППЧ-3М, ППЧ-9 (для сварки и наплавки чугуна с пластинчатым графитом) и ПП-АНЧ-5 (для сварки и наплавки чугуна с шаровидным графитом). В стандарте сформулированы требования к технологическим процессам дуговой сварки и наплавки чугуна, даны рекомендации по режимам сварки каждой конкретной проволокой и нормы расхода порошковых проволок.

ООО "НПФ "Элна", которое специализируется на разработке и производстве порошковых проволок для дуговой сварки и наплавки, а также дугового и плазменного напыления, разработало новые технические условия на порошковые проволоки ПП-АНЧ-2С и ПП-АНЧ-5М для сварки чугуна (ТУ Украины 28.7-21459234-020 — 2004). В них скорректирована или изменена сырьевая база некоторых компонентов шихты, улучшены сварочно-технологические характеристики порошковых проволок ПП-АНЧ-2 и ПП-АНЧ-5. Так, небольшие добавки силикокальция в проволоки повысили стабильность горения дуги и уменьшили разбрызгивание, что ведет к снижению их расхода при сварке.

Порошковые проволоки, отвечающие требованиям новых ТУ, широко опробованы на ряде предприятий Украины, России и Белоруссии для исправления дефектов литья на отливках из серого и высокопрочного чугунов, восстановительной наплавки изношенных валов, барабанов волочильных станов, тормозных барабанов лифтов, катков и других подобных деталей.

Разработка новых электродных и присадочных материалов для сварки чугуна, в том числе и порошковых проволок, будет продолжаться и в дальнейшем. Это обусловлено тем, что невозможно создать универсальный материал, удовлетворяющий всем предъявляемым требованиям в разнообразных ситуациях. Даже в рамках одного способа, например дуговой сварки, существует различный подход к выбору сварочного материала в зависимости от марки чугуна, толщины стенки детали, условий эксплуатации отливок, деталей или литосварных изделий [14].

С целью снижения температуры предварительного подогрева перед сваркой перспективно разрабатывать порошковые проволоки, обеспечивающие получение в металле шва или наплавленном

металле структуры никелевого чугуна с аустенитной основой [6]. Для увеличения содержания никеля и повышения пластичности металла шва следует при изготовлении порошковой проволоки использовать ленты из никеля или высоконикелевых сплавов. Определенной корректировки требуют составы проволок сплошного сечения и порошковых проволок, если их применяют в автоматизированных и роботизированных процессах дуговой сварки [6, 10 и др.]. Развитию этих процессов следует придавать приоритетное значение, так как только при их применении можно организовать крупномасштабное изготовление литосварных изделий и конструкций из чугуна, заварку литейных дефектов и восстановление поврежденных деталей, что обеспечивает максимальный экономический эффект при высоком качестве соединений [14].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Метлицкий В. А., Грецкий Ю. Я. Сварка чугунов: Энциклопедия "Машиностроение". Т. III-4. Технология сварки, пайки и резки. / Под ред. Б. Е. Патона. М.: Машиностроение, 2006. С. 597—622.
2. Грецкий Ю. Я., Метлицкий В. А. Сварка и свариваемые материалы: Справочник. В 3 т. Т. 1. Свариваемость материалов / Под ред. Э. Л. Макарова. М.: Металлургия, 1991. С. 314—331.

3. Стеренбоген Ю. А., Хорунов В. Ф., Грецкий Ю. Я. Сварка и наплавка чугуна. Киев: Наукова думка, 1966. 216 с.
4. Иванов Б. Г., Журавицкий Ю. И., Левченко В. И. Сварка и резка чугуна. М.: Машиностроение, 1977. 208 с.
5. Метлицкий В. А., Пацкевич И. Р., Цишевский Г. М. Особенности сварки аустенитного марганцовистого чугуна порошковой проволокой // Автоматическая сварка. 1984. № 10. С. 45—47.
6. Метлицкий В. А. Дуговая сварка аустенитного никелевого чугуна с шаровидным графитом // Сварочное производство. 1997. № 9. С. 21—23.
7. Метлицкий В. А., Сорокина Л. Ю. Влияние способа сварки чугунных труб на структуру металла ЗТВ // Автоматическая сварка. 1991. № 9. С. 70—72.
8. Лиханосов В. И. Вертикальная сварка чугуна порошковой проволокой с принудительным формированием // Свариваемость и технология сварки конструкционных сталей и чугунов. Киев: ИЭС им. Е. О. Патона, 1985. С. 147—160.
9. Сытник Н. М., Лиханосов В. Н., Гарцунов Ю. Ф. Модифицирование наплавленного чугуна введением оксида лантана в порошковую проволоку // Автоматическая сварка. 1982. № 5. С. 74—75.
10. Автоматизация дуговой сварки чугунных трубочек теплообменников / В. А. Метлицкий, Ю. Я. Грецкий, В. Н. Лиханосов и др. // Автоматическая сварка. 1991. № 8. С. 60—62, 66.
11. Irving B. Dissimilar metal welding paves the way to new ventures // Welding Journal. 1992. № 5. P. 27—33.
12. Метлицкий В. А., Баскелович В. З., Исерсон И. С. Заварка литейных дефектов на тубингах // Литейное производство. 1989. № 8. С. 15—16.
13. Метлицкий В. А. Восстановление сваркой толстостенных деталей из чугуна // Сварочное производство. 1997. № 8. С. 30—34.
14. Метлицкий В. А. Сварка чугуна при восстановлении и изготовлении литосварных узлов и конструкций // Сварочное производство. 2003. № 9. С. 36—42.



**ГРУППА КОМПАНИЙ
WELDING EXPERTS GROUP**

8-800-200-50-30
ЗВОНОК ПО РОССИИ БЕСПЛАТНЫЙ

WWW.WEXPERTS.RU
WEG@WEXPERTS.RU

Автоматическая сварка



- системы автоматизированного позиционирования
- TV-мониторинг
- компьютерная сеть управления
- системы рециркуляции флюса

LINCOLN ELECTRIC

Вспомогательное механизированное сварочное оборудование



- манипуляторы
- роликовые опоры
- сварочные стэнды

LINCOLN ELECTRIC

Стандартное оборудование для MIG/MAG, TIG сварки



LINCOLN ELECTRIC

Ручная плазменная резка



LINCOLN ELECTRIC

Сварочные материалы



WEG

Гибкие кабельные каналы



LINCOLN ELECTRIC

Публикуется на правах рекламы

УДК 621.791:668.71

В. А. ЛЕБЕДЕВ, канд. техн. наук
ИЭС им Е. О. Патона

Некоторые особенности дуговой механизированной сварки алюминия с управляемой импульсной подачей электродной проволоки

Проблемы сварки алюминия и его сплавов по-прежнему актуальны. Часть из них, где не требуется высокая производительность и диапазон толщин металлов невелик, решается при применении аргонодуговой сварки неплавящимся электродом и в ряде случаев покрытыми электродами. Когда же необходима высокопроизводительная сварка металла широкого диапазона толщин в различных пространственных положениях, применяют дуговую механизированную сварку в аргоне. В этом случае одной из основных является задача управления массопереносом электродного металла [1], от которого зависят устойчивость дугового процесса, потери электродного металла, формирование и свойства сварного соединения, возможность сварки металлов широкого диапазона толщин в положениях, отличных от горизонтального [2]. При этом наиболее рациональным с технической и технологической точек зрения является импульсно-дуговая сварка с применением специальных импульсных источников питания, дополнительных генераторов к сварочным выпрямителям или, в последнее время, специальных

транзисторных приставок, формирующих импульсы с определенными параметрами [3]. Отмечается положительное влияние на форму и свойства сварного соединения из сплавов алюминия процессов сварки с периодическими изменениями параметров процесса, производимыми по определенным алгоритмам [4]. Некоторые проблемы качественной сварки алюминия и его сплавов могут быть решены при применении комплексов дугового механизированного оборудования с синергетическим управлением переносом электродного металла [5].

Однако имеется достаточно широкий круг задач и технических решений, когда указанные способы сварки алюминия и его сплавов недостаточно эффективны или их реализация сопряжена с определенными техническими и экономическими трудностями.

Для случаев, когда применение импульсно-дуговой сварки сплавов алюминия вызывает затруднения, ставятся задачи получения соединений металла с широким диапазоном толщин при минимальных энергетических и материальных затратах с обеспечением определенных механических, а для проводников элек-

трического тока — проводящих — свойств. Наиболее рациональным и перспективным техническим решением является применение дуговой механизированной сварки с импульсной подачей электродной проволоки.

В ряде работ, посвященных анализу процессов сварки алюминия и его сплавов в аргоне с импульсной подачей электродной проволоки, например работы [6, 7], отмечаются некоторые очевидные преимущества данного процесса. Широкое применение таких процессов, где не требуются источники сварочного тока с импульсным характером выходного напряжения, сдерживается из-за следующих причин. Прежде всего это отсутствие до недавнего времени надежной, воспроизводимой конструкции механизма подачи с возможностью (в обязательном порядке) управления параметрами импульсного движения электродной проволоки и правильно созданной системой подачи в целом. Кроме того, преодоление определенного стереотипа у технологов и сварщиков-полуавтоматчиков.

Цель данной работы — выявление некоторых дополнительных особенностей процесса дуговой

вой механизированной сварки сплавов алюминия в аргоне с управляемой импульсной подачей электродной проволоки, в том числе металлов больших толщин, свариваемых в несколько проходов и применяемых как элементы шинопроводов в мощных электротехнических агрегатах — при энергогенерировании, производстве черных и цветных металлов, углеграфитовой продукции и др.

Прежде всего следует отметить, что механизированная сварка сплавов алюминия с импульсной подачей электродной проволоки во многих аспектах близка к импульсно-дуговой сварке. Это сходство просматривается в основном компоненте этих двух процессов — при правильно подобранных параметрах импульсов сварка производится с принудительным переносом электродного металла. Однако при сварке с импульсной подачей электродной проволоки необходимо лишь выбрать достаточные значения ускорения движения электродной проволоки в импульсе. В этом случае во всем диапазоне режимов сварки будет реализовываться импульсное управление переносом электродного металла. При импульсно-дуговом процессе каждому режиму должны соответствовать необходимые (требуемые) параметры импульсов от источника сварочного тока. Современные системы управления источников питания дуги, включая синергетические, легко осуществляют выбор параметров импульсов, но это уже другой уровень оборудования по сложности, цене и обслуживанию. Достаточно широко в настоящее время такое оборудование не может быть использовано. Оборудование с механизированной импульсной подачей электродной проволоки с управляемыми параметрами движения по

сложности практически не отличается от обычных систем подачи. Кроме того, механические элементы передач (шестерни) временных конструкций импульсных механизмов подачи [8] могут быть изготовлены из пластмасс. Такие механизмы могут заменить существующие в большинстве конструкций полуавтоматов, находящихся в эксплуатации в настоящее время. Источник сварочного тока остается тем же, т. е. можно задействовать практически источники сварочного тока всех типов, которые в настоящее время входят в комплекты полуавтоматов для сварки сталей в защитных газах стальной электродной проволокой.

Необходимо отметить, что на основании опыта разработки и внедрения дугового механизированного оборудования для сварки алюминия и его сплавов, а также имеющейся научно-технической информации можно систематизировать наиболее общие технологические требования при использовании различных систем и узлов в конструкции полуавтоматов:

- получение плотного шва с минимальным количеством пор, пустот и включений;

- широкий диапазон свариваемых толщин, включая минимальные, которые можно сваривать без технологических приспособлений;

- получение однородного состава металла шва;

- возможность сварки за несколько проходов без особых условий подготовки каждого предыдущего слоя при его закрытии последующим слоем;

- исключение непроваров при многослойной сварке и в зонах соединения основного металла с электродным;

- обеспечение качественно-го товарного внешнего вида шва;

- минимизация потерь электродного металла и энергетических затрат при сварке;

- не всегда требуется очистка электродной проволоки и свариваемого материала.

Все приведенные требования необходимо реализовать с минимальными затратами на оборудование при его простоте и надежности. Кроме того, немаловажным обстоятельством является возможность быстрого воспроизводства процесса сварки алюминия и его сплавов на широко применяемых в промышленности полуавтоматах для сварки сталей в углекислом газе.

Следует отметить наиболее эффективные методики оценки результатов, получаемых при механизированной сварке алюминия и его сплавов при различных способах подачи электродной проволоки:

- экспертная оценка устойчивого горения дуги и внешнего вида сварного соединения при сварке в различных пространственных положениях и разных условиях;

- металлографические исследования металла шва и ОШЗ;

- механические испытания образцов (при сварке алюминиевых конструкций из сплавов алюминия);

- электрические испытания образцов (при сварке алюминиевых контактных соединений, шинопроводов и др.).

Результаты опытно-промышленной проверки и использования полуавтомата для сварки алюминия и его сплавов, разработанного на основе базовой модели ПШ 107 В

Разработанная модель полуавтомата ПШ 107 ВА для сварки и наплавки алюминия и его сплавов с широким диапазоном типов

и диаметров проволок и использованием новых разработок ряда основных узлов системы подачи проходила проверку в лабораториях ИЭС им. Е. О. Патона и в производственных условиях. При определении технических и технологических возможностей новой модели полуавтомата для сварки и наплавки алюминия и его сплавов учитывали возможности базовой модели ПШ 107 В. Выявляли необходимость введения в транзисторный электропривод обратных связей по дуговому процессу (току и напряжению) в сочетании с постоянно действующей обратной связью по частоте вращения вала электродвигателя механизма подачи. Установили, что при введении отрицательной обратной связи по напряжению дугового процесса положительного эффекта не наблюдается. Введение отрицательной обратной связи по току дугового процесса, особенно при использовании проволок диаметрами 2,0 мм и более, дает заметный эффект, проявляющийся, в частности, в более устойчивом течении процесса и формировании сварного шва. Очевидно, что применение быстродействующего транзисторного электропривода с малоинерционным электродвигателем ДПУ87-75 базовой полуавтомата ПШ 107 В, а также коротких шланговых держателей пистолетного типа и разработанных роликовых движителей в системе подачи позволяет отрабатывать возмущения различного происхождения по току дугового процесса, стабилизируя его.

Измерения скорости подачи проволоки из сплавов алюминия, проведенные по методике работы [9] на специально доработанном для этой цели новом шланговом держателе пистолетного типа, не выявили отклонений от заданного значения ($\pm 2\text{--}3\%$) даже при дополнительных изгибах на-

правляющего канала (при экспериментах формировали одно кольцо диаметром 400 мм).

Новые полуавтоматы для сварки с регулируемой импульсной подачей алюминиевой электродной проволоки проходили опытно-промышленную проверку на двух предприятиях Украины: Рудоремонтном заводе в г. Антрацит Луганской обл. и на предприятии ОАО "Укрграфит" в Запорожье. В первом случае сваривали корпуса радиаторов толщиной 4,0—6,0 мм проволокой Св-АК диаметром 1,2—1,4 мм. При этом применяли источник питания дуги ВДУ 506. Качество выполненных работ и надежность работы полуавтомата ПШ 107 ВА подтверждена соответствующими заключе-

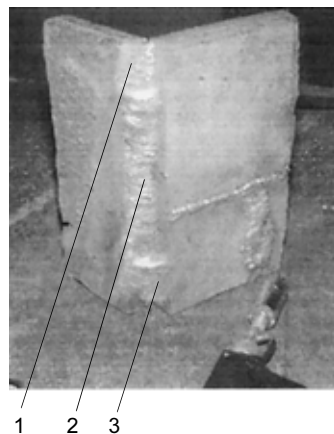


Рис. 1. Фрагмент углового шва при сварке мощных шинопроводов полуавтоматом ПШ 107 ВА: 1—3 — сварные слои



Рис. 2. Сварка алюминиевых электроконтактных переходов полуавтоматом ПШ 107 ВА

ниями о выполненных договорных работах.

При внедрении полуавтоматов ПШ 107 В в ОАО "Укрграфит" задачи были более сложными. Сварочные работы выполняли специалисты АО "Термобр" на печах графитации. На предприятии выполняется большой объем работ по сварке участков алюминиевых шинопроводов сечением 20×350 мм и 29×250 мм, а также по приварке электроконтактных переходов, когда алюминиевые прутки диаметром 8,0 мм припаривают к шинопроводам. Тяжелые условия эксплуатации оборудования (запыленные электропроводные среды, резкие перепады температур и др.) носят постоянный характер, что связано с заменой медных шин на алюминиевые, а также регулярными периодами замены участков шинопроводов после их эксплуатации в условиях агрессивных сред. До внедрения нового оборудования сварку шин вели угольным электродом, а сварку электроконтактных переходов — полуавтоматом ПРМ-4. Сварка угольным электродом практически проводилась только в стационарных условиях и, что наиболее важно, участки шинопроводов, сваренные этим способом, имеют повышенное электрическое сопротивление, приводящее к существенным потерям электроэнергии. Полуавтоматы ПРМ-4 по своим техническим характеристикам малопроизводительны и недостаточно надежны для условий эксплуатации в цехах графитации. Новые полуавтоматы ПШ 107 ВА применяли и для сварки стыковых швов шинопроводов (проволока Св-А5 диаметром 2,5 мм, ток 300—350 А) (рис. 1), а также для приварки электроконтактных переходов (проволока Св-А5 диаметром 1,6 мм, ток 200—280 А) (рис. 2). На рис. 1, видно, что сварка производится в три слоя, по-

сколькx толщина шинопровода составляет 40 мм.

Специалисты предприятий отмечают высокую производительность, надежность и мобильность (сварка в период монтажа графитной печи перед ее загрузкой) нового оборудования для механизированной сварки и наплавки алюминия и его сплавов.

В настоящее время полуавтоматы ПШ 107 ВА успешно эксплуатируются уже как постоянное оборудование на предприятиях ОАО "Укрграфит" (Украина), титано-магниевоm комбинате "АВИСМА" (Россия) и др.

Следует отметить, что имеется большой круг задач, где использование сварки с регулируемой импульсной подачей электродной проволоки не всегда позволяет получить необходимый результат. Так, например, при сварке шинопроводов необходимо получить контактное соединение с минимальными потерями электроэнергии. Качество металла сварного соединения при этом по крайней мере не должно уступать качеству основного металла. То же относится и к шинопроводам мощных электролизных производств предприятий цветной металлургии при получении первичного алюминия и магния, где потери электроэнергии в контактных соединениях, в том числе и сварных, столь велики, что зачастую ставят производство на грань рентабельности. В таких случаях одним из наиболее рациональных способов сварки остается импульсно-дуговая сварка с применением специальных импульсных источников питания.

Для выполнения комплекса работ по сварке элементов шинопроводов применяли модернизированные полуавтоматы ПШ 107 ВА с импульсной подачей (рис. 3). При сварке алюминиевых шинопроводов выполняют сварку толсто- и тонколистовых элементов

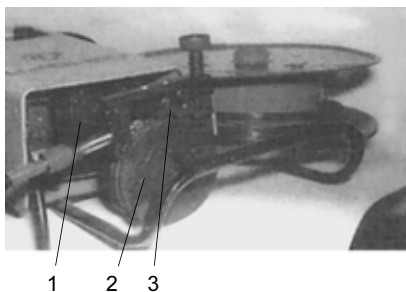


Рис. 3. Полуавтомат с импульсной подачей: 1 — механизм с регулируемым КВП; 2 — подающий ролик увеличенного диаметра; 3 — двухроlikовый прижимной механизм

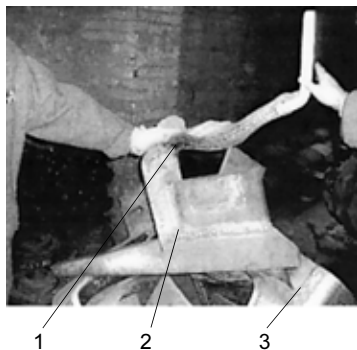


Рис. 4. Конструкция узла шинопровода, сваренная полуавтоматом ПШ 107 ВА с импульсной подачей: 1 — сварка гибкой связи; 2 — угловые швы; 3 — стыковой шов

(гибкие связи), сварку в нижнем и вертикальном положениях. Один из узлов мощного шинопровода с токовой нагрузкой порядка 10 кА, предназначенный для установки на предприятии "АВИСМА", приведен на рис. 4.

Следует отметить, что каждый раз при очередном ремонте только одного электролизера десятки таких узлов требуют замены, так как при демонтаже часть узлов разрушается. Применение механизированной дуговой сварки при сборке узлов шинопроводов позволило несколько изменить саму конструкцию шинопровода, отказавшись при этом от сварки угольным электродом, при которой электрические свойства сварного шва оказываются худшими. Сварку выполняли про-

волоками Св-А5 и Св-АК5 диаметром 1,2 и 1,6 мм. Параметры импульсной подачи выбирали исходя из результатов исследования данной работы, а также с учетом данных работ [6, 9]. Контрольную сварку проводили также полуавтоматом ПШ 107 ВА, но без импульсной подачи проволоки. Оба способа сварки проверяли при выполнении вертикальных швов. По результатам опроса опытных сварщиков можно сделать заключение, что применение импульсной подачи положительно действует на процесс, стабилизируя его. При этом отмечается легкое возбуждение дуги, хорошее формирование шва, отсутствие потеков расплавленного металла, которое обычно наблюдается при стандартной механизированной сварке.

Электрическое сопротивление сварного узла шинопровода определяли по следующей методике. Специально сконструированными щупами, обеспечивающими гарантированное одинаковое усилие прижима контакта, измеряли падение напряжения на выбранном участке сварки для ряда значений тока (например, 100, 200 и 300 А). Затем вычисляли значения сопротивления сварного узла и усредняли их. Можно отметить, что во всех сравнительных замерах электрическое сопротивление узла, сваренного с применением импульсной подачи, неизменно на 3—5 % меньше электрического сопротивления узла при стандартной сварке.

При тех значениях токов, которые применяются при электролизе магния (225 кА), снижение затрат электроэнергии только за счет качественного выполнения контактного соединения в общей структуре затрат является ощутимой экономией.

На рис. 5 приведены характерные микрошлифы металла сварного шва в центральной его

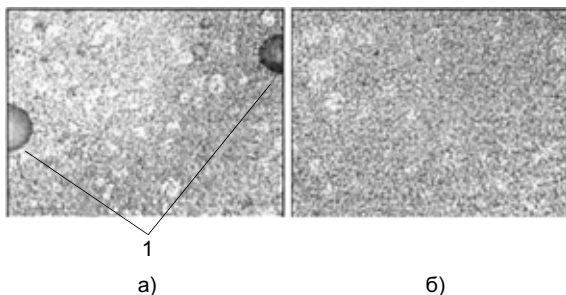


Рис. 5. Микрошлифы швов, полученных при сварке током 140—160 А обычным полуавтоматом (а) и с импульсной подачей проволоки (б): 1 — включения в сварном шве

части, выполненные обычным полуавтоматом ПШ 107 ВА и таким же полуавтоматом, но с импульсным механизмом подачи проволоки на основе квазиволновой передачи (КВП). Параметры импульсной подачи проволоки Св-А5 диаметром 1,2 мм: шаг подачи 1,6 мм; частота импульсов 48—50 Гц. Форма импульсов близка к синусоидальной, а ускорение расплавленной капли электродного металла (расчетное) в пределах $40\text{—}50\text{ м/с}^2$. Видно, что при сварке с обычной подачей полученное сварное соединение имеет достаточно большое число неметаллических включений (в основном остатки оксидной пленки и пузырьки газов, поры, в том числе

и как результат некачественно подготовленных поверхностей электродной проволоки и изделия, а также из-за проблем с защитной средой). Шов в этом случае недостаточно плотный. Шов, полученный с применением импульсной подачи, существенно более плотный, так как практически лишен неметаллических включений. Этот эффект обусловлен более интенсивным перемешиванием жидкого металла ванны, дегазацией металла шва и всплыванием на поверхность неметаллических включений, что и отражается на электропроводных свойствах сварного контактного соединения.

Другой причиной повышения электропроводных свойств сварного электроконтактного соединения из алюминия является выявленное авторами различие в начальных фазах сплавления основного и электродного металлов при разных способах сварки. Это различие иллюстрирует рис. 6. Видно, что наилучшее сплавление происходит при сварке с импульсной подачей, что обусловлено лучшими условиями удаления в процессе сварки оксидных пленок, которые неизбежно присутствуют на свариваемом металле и являются причиной частичного несплавления.

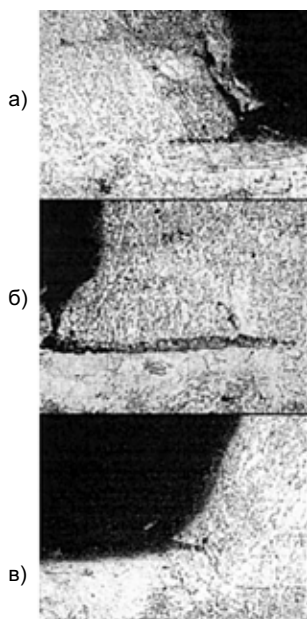


Рис. 6. Микрошлифы начальных участков швов, полученных при сварке угольным электродом (а), обычным полуавтоматом (б) и с импульсной подачей проволоки (в)

Выводы

1. Применение новых регулируемых механизмов импульсной подачи электродной проволоки при дуговой механизированной

сварке сплавов алюминия позволило существенно улучшить формирование металла шва и его структуру и снизить потери электродного металла.

2. Улучшение электропроводных свойств алюминиевого сварного соединения при механизированной сварке может быть достигнуто в том числе и при использовании импульсной подачи электродной проволоки с управляемыми параметрами. При этом обеспечивается качественное выполнение сварного соединения, влияющее на электротехнические свойства токоведущих шин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Потапьевский А. Г.* Сварка в защитных газах плавящимся электродом. М.: Машиностроение, 1974. 240 с.
2. *Патон Б. Е., Шейко П. П.* Управление переносом металла при дуговой сварке плавящимся электродом // Автоматическая сварка. 1965. № 5. С. 1—7.
3. *Лебедев В. К.* Современные тенденции развития сварочных источников питания. Новые источники питания. Киев, 1992. С. 5—13.
4. *Шейко П. П., Павшук В. М.* Источник питания для импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом с плавным регулированием параметров // Новые сварочные источники питания. Киев, 1992. С. 40—48.
5. *Amin M., Nasser A.* Synergic control in MIG welding // Metal Construction. 1987. N 9. P. 23—27.
6. *Воропай Н. М.* Параметры режимов и технологические возможности дуговой сварки с импульсной подачей электродной и присадочной проволоки // Автоматическая сварка. 1996. № 10. С. 3—9.
7. *Бучинский В. Н., Бенидзе З. Д., Коттон А. В.* Опыт эксплуатации полуавтомата с электромагнитным механизмом подачи проволоки // Автоматическая сварка. 1989. № 11. С. 73—74.
8. *Лебедев В. А., Мошкин В. Ф., Пичак В. Г.* Новые механизмы подачи электродной проволоки // Автоматическая сварка. 1996. № 5. С. 39—44.
9. *Устойчивость процессов дуговой сварки и наплавки с импульсной подачей электродной проволоки / Д. А. Дудко, В. А. Лебедев, В. Ф. Мошкин, В. Г. Пичак // Сварочное производство. 2000. № 1. С. 12—15.*

Методология аттестации и сертификации оборудования для газовой и плазменной резки, применяемого при ремонтных работах на газотранспортных предприятиях

Газовая и плазменная резка металла являются основными технологическими процессами, применяемыми при ремонте оборудования и трубопроводов на газотранспортных объектах. В группу нефтегазодобывающего оборудования (НГДО) входят промысловые и магистральные газопроводы и конденсатопроводы, трубопроводы для транспортировки товарной продукции, импульсного, топливного и пускового газа в пределах установок комплексной подготовки газа, компрессорных станций, дожимных компрессорных станций, станций подземного хранения газа, газораспределительных станций, узлов замера расхода газа и пунктов редуцирования газа.

Обеспечение безопасности и качества выполнения работ по резке и последующей сварке на газотранспортных предприятиях может быть реализовано только при обязательном учете особенностей климатических и гидрологических условий, в которых они производятся. Так как добываемый, транспортируемый газ и газы, используемые при газопламенной обработке металлов, являются взрывоопасными, а процессы термической и плазменной резки сопровождаются опасными и вредными факторами (повышенной загазованностью воздуха рабочей зоны, высокочастотным шумом, повышенными уровнями инфракрасной радиации и яркости света и др.), применяемое оборудование для выполнения резки на предприятиях (объектах) НГДО, особенно для работ в поле-

вых условиях, должно быть надежным и безопасным при обязательном его соответствии заданным техническим параметрам. Выполнение работ должно осуществляться только обученным и аттестованным персоналом. Обучение и аттестация сварщиков, резчиков и руководящего персонала осуществляется в аттестационных центрах, выдающих соответствующие аттестационные удостоверения, а выбор и применение необходимого оборудования для производства газопламенных работ, в том числе работ по резке, должны производиться с учетом следующих требований.

1. Разработка технической документации на оборудование для резки должна осуществляться только в специализированной организации, имеющей опыт разработки необходимых стенок для испытаний опытных образцов на соответствие заданным техническим требованиям, аттестованными специалистами по промышленной безопасности и конкретно по видам работ.

2. Оборудование по резке должно быть сертифицировано в органе по сертификации, в область аккредитации которого это оборудование включено. Сертификация проводится с целью подтверждения соответствия изделий действующим стандартам и нормативным документам, гарантирующим безопасность его использования.

3. На оборудование по резке должно быть получено свидетельство НАКС об аттестации оборудования в соответствии с

требованиями соответствующего руководящего документа (РД), выданное на основании протокола аттестационных испытаний оборудования в АЦ или АП, подтверждающих его соответствие паспортным данным или техническим параметрам.

4. При использовании оборудования для резки на объектах ОАО "Газпром", согласно СТО ГАЗПРОМ 2-3.5-046—2006 головной экспертной организации (ВНИИАВТОГЕНМАШ), могут быть проведены квалификационные испытания оборудования, результаты которых оформляются актом. Испытания проводятся с целью подтверждения соответствия оборудования утвержденным в ОАО "Газпром" техническим требованиям.

5. По заявке потребителя производителем оборудования могут быть оформлены разрешения Ростехнадзора РФ на применение технических устройств на опасных производственных объектах согласно РД 03-485-02 и РД 03-10—2004.

Приведенная оценка приемлемости оборудования по резке на газотранспортных предприятиях позволяет отобрать качественное и безопасное оборудование¹.

Основные виды применяемого при ремонте трубопроводов оборудования для газовой и плазменной резки представлены ниже.

¹ Оборудование для сварочно-монтажных работ при ремонте магистральных газопроводов / В. В. Салюков, Е. М. Вышемирский, О. Е. Капустин и др. М.: ООО "ИРЦ Газпром", 2007.

Газовые резаки

В табл. 1 приведены основные технические характеристики ручных инжекторных резаков, применяемых при ремонте трубопроводов, использующих в качестве горючего газа пропан (рис. 1).

В настоящее время широко применяются трехтрубчатые газовые резаки с внутрисопловым смешением (рис. 2). Они отличаются от инжекторных резаков возможностью работы как на ацетилене, так и пропане (при замене мундштука) и большей устойчивостью к "обратному удару". Технические характеристики различных резаков приведены в табл. 2.

Ручные газовые резаки также оснащаются вспомогательными устройствами: опорными роликами, циркулями или приспособлением для резки труб (рис. 3).

Машины термической резки (МТР) труб

Предназначены для механизированной газовой (ацетилен, пропан) и плазменной резки углеродистых и низколегированных сталей (толщиной от 5 до 160 мм) в полевых условиях при ремонте магистральных трубопроводов и на трубосварочных базах при температуре окружающей среды от 40 до -40 °С. МТР подразделяют на машины общего назначения и специализированные. Специализированные машины предназначены для выполнения какой-либо одной специфической операции: обрезки труб, вырезки фланцев, отверстий в вертикальной и наклонной плоскостях и др. Кислородная резка производится с использованием в качестве горючего газа ацетилена или его заменителей (пропан-бутана). МТР оснащены машинными резаками типа РМ-3, "Салют ПН", и др. (табл. 3) и устойчиво работают при давлении ацетилена на входе 0,01 МПа и давлении газов-заменителей 0,03 МПа.



Рис. 1. Резак "Маяк"



Рис. 2. Резак пропановый внутрисоплового смешения "Факел" (РС-3П)

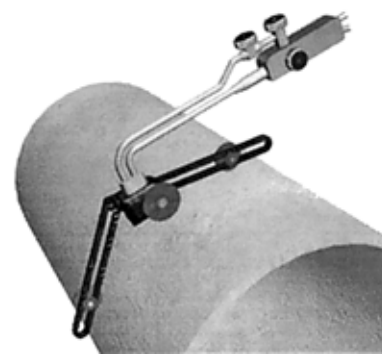


Рис. 3. Приспособление для резки труб

Таблица 1

Изделие	Номер мундштука		Толщина разрезаемой стали, мм	Длина резака, мм, не более	Масса, кг	Производитель
	внутреннего	наружного				
РЗП-02	1, 2, 3, 4, 5	1, 2	3—200	530	1,3	"Автоген-М"
Р1-01П	0, 1, 2	2	3—30	500	0,96	БАМЗ
Р2-01	1, 2, 3, 4	1, 2	3—200	500	1,3	БАМЗ
"Маяк 2-2Р"	1, 2, 3, 4	1	3—100	580	1,3	ЗАО "Мидасот-Т"
"Маяк 2-01"	1, 2, 3, 4, 5, 6	1, 2	3—300	580	1,3	ЗАО "Мидасот-Т"
PROFI Cut L 8707-A/PMY			3—300	460	0,9	Германия

Таблица 2

Изделие	Номер мундштука	Толщина разрезаемой стали, мм	Длина резака, мм, не более	Масса, кг, не более	Производитель
"Факел" (РС3П)	1П	5—20	590	1,20	ЗАО "Мидасот-Т"
	2П	12—60			
	3П	40—110			
"Салют" (РС5П)	4	50—100	550	1,30	ВНИИАВТОГЕНМАШ
	5	100—200			
Р2-07	1	3—30	585	1,05	БАМЗ
	2	10—50			
	3	30—100			
Starcats-8605 AIPMY	1	3—20	480	1,50	Messer, Германия
	2	10—50			
	3	25—100			

Таблица 3

Изделие	Номер мундштука		Толщина разрезаемой стали, мм	Длина резака, мм, не более	Масса, кг	Производитель
	внутреннего	наружного				
РМ-3	1	2, 3	5—300	332	0,92	ЗАО "Мидасот-Т"
"Салют ПН"	1	ОП, 1П, 2П	3—500	212	0,70	ВНИИАВТОГЕНМАШ

Переносные машины для кислородной резки

По сравнению с ручной резкой переносные машины обеспечивают более высокое качество поверхности реза, значительно ускоряют процесс и освобождают рабочего от тяжелого ручного труда. Такие МТР имеют малую массу, просты по устройству и удобны в эксплуатации. Газопитание переносных машин, эксплуатируемых на предприятиях, трассовых условиях при ремонте или монтаже, может осуществляться от передвижных постов.

Машины типа "Орбита-БМ", широко применяемые при ремонте трубопроводов (рис. 4), выполняют резку перпендикулярно оси трубы или под различными углами (для снятия фасок). Система крепления и перемещения машины по гибкому кольцевому поясу (шаблону) гарантирует точное совпадение начала и конца резов. Выпускаются в комплектации

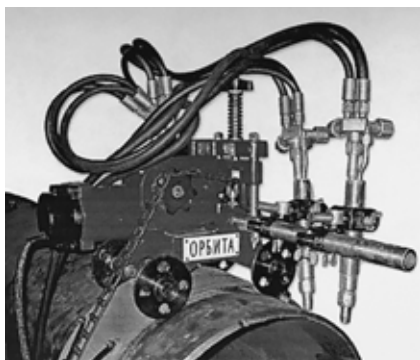


Рис. 4. МТР "Орбита-БМ"

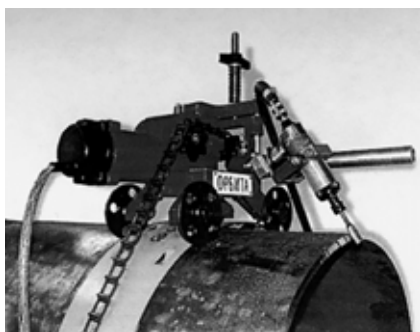


Рис. 5. МТР "Орбита" с устройством подготовки кромок

ях как для газовой, так и плазменной резки труб.

Техническая характеристика МТР "Орбита-БМ"

Размеры разрезаемых, труб, мм:	
диаметр по I варианту . . .	530, 720, 820, 1—20, 1220, 1420
толщина стенок	5—75
Количество резаков	2
Скорость перемещения резака, мм/мин	100—1200
Несовпадения начала и конца реза, мм, не более . .	1
Отклонение контура реза от плоскости, мм (при диаметре до 1 м/свыше 1 м) . .	1 / 2
Максимальный расход (кислород/пропан-бутан/ацетилен), м ³ /ч	12/0,4/0,55
Рабочее давление, МПа:	
кислорода	1,2
ацетилена	0,01—0,05
пропан-бутана	0,01—0,045
Подводимое напряжение, В (к блоку питания к машине) .	220—230
Потребляемая мощность, Вт, не более	110
Габаритные размеры ходовой части с блоком резки, мм	344 × 518 × × 447
Масса комплекта, кг, не более	105

МТР типа "Орбита БМ" может оснащаться специальным устройством для снятия слоя металла после кислородной или плазменной резки перед сваркой (рис. 5), что позволяет исключить обработку кромок шлифмашинками вручную.

СТО "Газпром 2-3.5-046—2006", определяющий порядок экспертизы технических условий на оборудование и материалы, аттестации технологии и оценки готовности организаций к выполнению работ по диагностике и ремонту объектов транспорта газа ОАО "Газпром", устанавливает номенклатуру (виды) оборудования, материалов, технологий и утверждает перечни головных экспертных организаций по каждому виду оборудования, материалов и технологий. Головной экспертной организацией по оборудованию и технологиям резки трубопроводов является МЦ "ВНИИАВТОГЕНМАШ". Стандарт

ОАО "Газпром" введен в действие с 24.07.2006 г.

Учитывая, что многочисленные объекты ОАО "Газпром" расположены по всей территории России от северных границ до западных и южных, а также при реализации технологий резки и сварки применяется более 6 тыс. единиц сварочного оборудования, участвуют и содействуют несколько тысяч сварщиков, резчиков и обслуживающего персонала, добываемый, транспортируемый, потребляемый газ и газы, используемые при газопламенной обработке металлов, являются взрывоопасными, вопросы обеспечения безопасности при производстве газорезательных и газосварочных работ становятся наиважнейшими, имеющими большое социальное значение, влияющими на качество и надежность указанных промышленных объектов.

Ниже приведены работы по обеспечению качества газорезательных и газосварочных работ и повышению безопасности при их выполнении на объектах ОАО "Газпром" проводимые постоянно:

— обучение и аттестация сварщиков, резчиков и руководящего персонала согласно Правилам, утвержденным Ростехнадзором и введенным в действие с 15.01.2000 г.;

— сертификация сварочного оборудования, подлежащего обязательной сертификации, но еще не сертифицированного;

— учет, анализ и своевременная замена разнотипного и устаревшего оборудования на более совершенное, отвечающее установленным нормам и требованиям ОАО "Газпром";

— аттестация оборудования, материалов и технологий согласно требованиям САСв (системы аттестации сварочного производства) НАКС;

— разработка и внедрение стандартов предприятия, в том

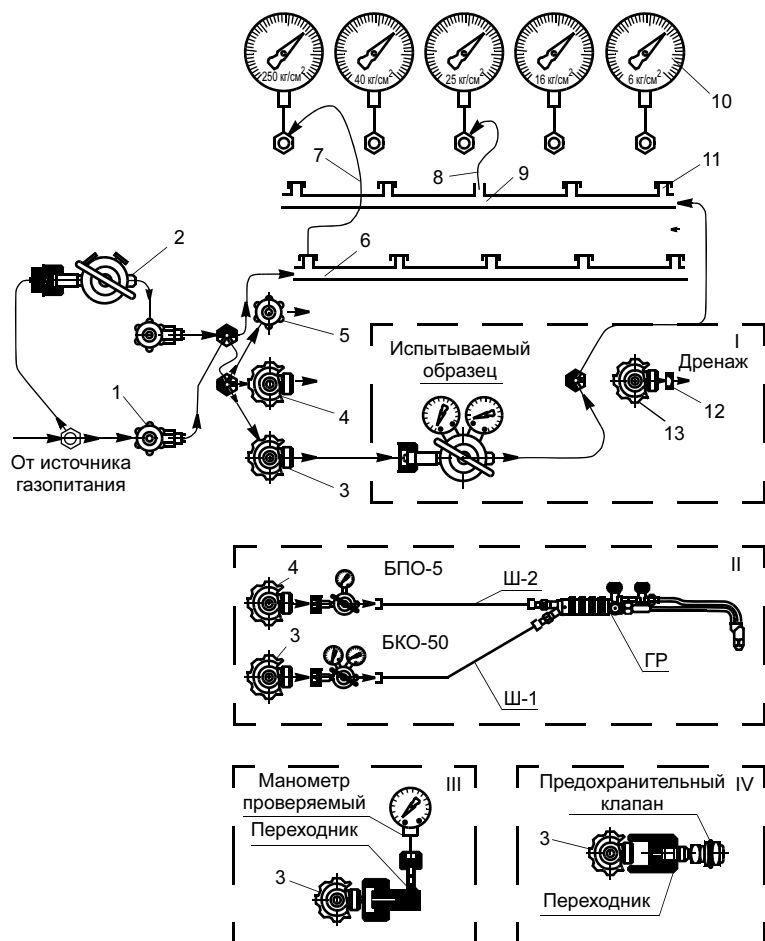


Рис. 6. Принципиальная схема универсального стенда для испытания газовых редукторов (I); горелок и резаков (II); проверки манометров (III); регулирования предохранительных клапанов (IV) (Ш1 и Ш2 — рукава газопроводные; ГР — горелка и резак; БПО-5, БКО-50 — редукторы): 1 — вентиль КС7104; 2 — редуктор высокого давления РВ-90; 3—5 — вентили для присоединения кислородного, пропанового (водородного) и ацетиленового редукторов соответственно; 6, 9 — коллекторы манометров входного (высокого) и выходного (рабочего) давления соответственно; 7 — соединительная трубка коллектора входного давления; 8 — соединительная трубка коллектора выходного (рабочего) давления; 9, 10 — манометры; 11 — заглушки коллектора входного и рабочего давления; 12 — комплект расходных шайб; 13 — вентиль дренажный

числе инструкций по разделительной резке, газовой сварке и др.;

— периодический и входной контроль оборудования и материалов перед передачей их на рабочие участки.

Среди дочерних обществ ОАО "Газпром", осуществляющих плановые работы по ремонту магистральных газопроводов, в том числе по газовой резке и сварке, одним из первых было ООО "Тюментрансгаз", уже в 2004 г. установившее на своих объектах восемь специальных стендов, спроектированных и изготовленных МЦ "ВНИИАВТОГЕНМАШ", для испы-

таний газовых баллонных редукторов, резаков, горелок, предохранительных клапанов и проверки манометров.

Применение стендов (рис. 6) позволяет выявить возможные

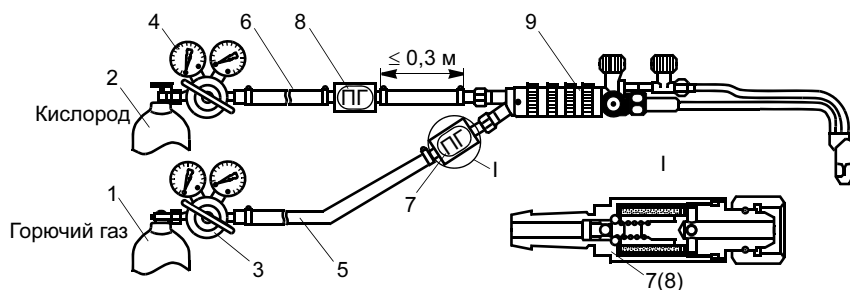


Рис. 7. Устройство поста газовой резки

дефекты новых горелок, резаков, редукторов, клапанов и проводить их периодические испытания согласно установленным графикам.

В 2006 г. АЦСО-54 МЦ "ВНИИАВТОГЕНМАШ" проведены аттестационные испытания оборудования для газовой резки и сварки ООО "Тюментрансгаз". Посты (рис. 7) укомплектованы пламегасящими защитными устройствами типа ПГИ (производитель ЗАО "Мидасот-Т"). В состав поста газовой резки входят баллоны пропановый 3-50-3,0-К (ГОСТ 15860) 1 и кислородный 40-150У (ГОСТ 949) 2, редукторы пропановый БПО-5 (ГОСТ 13861) 3 и кислородный БКО-50-4 (ГОСТ 13861) 4, рукава (L = 30 м) пропановый 1-6.3-6.3ХЛ (ГОСТ 9356) 5 и кислородный Ш-6,3-20ХЛ (ГОСТ 9356) 6, пламегасители пропановый ПГИ-1П (ГОСТ Р 50402—92) 7 и кислородный ПГИ-1К (ГОСТ Р 50402—92) 8, резак инжекторный газовый Р1-01П (ГОСТ 1077) 9.

Испытания основного оборудования постов, к которому относятся резаки пяти различных типов, проводили по следующей программе: три этапа специальных испытаний и практические испытания, включающие резку образцов с последующей механической обработкой кромок и сваркой. Результаты испытаний приведены в табл. 4.

Испытания показали соответствие всех технических параметров установленным требованиям, по результатам которых проводилась аттестация и получены свидетельства НАКСа об аттестации

Параметр ¹	Относительное значение ² проверяемых параметров, % к номинальному значению для резачков				
	P1-01П	"Маяк-2-01"	P2-01П	PЗП	"Огонь-3"
Расход газа, м ³ /ч, не более:					
2,5—33,2 кислорода	95,5—100	96,4—97,8	96,5—97,8	96,5—98,7	95,8—98,8
0,30—0,73 пропан-бутана	96,7—98,8	96,5—100	95,4—100	96,5—100	94,7—99,2
Давление на входе в резак, МПа, не более:					
0,25—1,00 кислорода	97,5—100	96,5—98,1	95,4—100	96,4—98,7	95,6—99,2
0,001—0,150 пропан-бутана	94,8—99,1	96,3—100	96,3—97,8	96,5—99,1	65,4—100
Толщина разрезаемого металла 3—300 мм			100		
¹ Для резачков с внутренними мундштуками № 0—6. ² Для резачков с внутренними мундштуками согласно паспортной комплектности.					

оборудования постов. Очевидна экономическая и практическая целесообразность использования при газопламенной обработке трубопроводов того же газа, который транспортируется по ним, а именно природного. Возможны несколько вариантов проектных

решений: отводка газа непосредственно от газопровода и наполнение баллонов природным газом (метаном) с доставкой последних на оптимальные расстояния с точки зрения затрат на их перевозку. Природный газ, особенно при резке, может заменить

ацетилен, пропан и любое жидкое горючее.

Разработка комплектов специальной аппаратуры, работающей на метане, для предприятий НГДО актуальна, вполне выполняема и включена в проект работ НИОКР ООО "Газпром" на 2008 г.



**PERYTONE
INDUSTRIAL**

СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

MMA MIG/MAG TIG AC/DC SAW

- ✓ Инверторные источники для ручной дуговой сварки покрытым электродом
- ✓ Полуавтоматы с синергетическим управлением для сварки сталей и алюминия импульсным или постоянным током
- ✓ Установки для аргонодуговой сварки постоянным и переменным током
- ✓ Установки для ручной плазменной резки
- ✓ Позиционеры и кантователи
- ✓ Системы удаления и фильтрации дымов
- ✓ Средства защиты для сварщика



ГАРАНТИЯ ДОСТАВКА СЕРВИС

ТЕСТИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ ЗАКАЗЧИКА

www.perytone.ru (495) 995 55 53

Публикуется на правах рекламы

Состояние и развитие процесса сварки трением линейных соединений

Ч. 3. Промышленное применение процесса СТП¹

Результаты непрерывного совершенствования технологии, оборудования и инструмента обеспечили воспроизводимость качества и высокие механические характеристики соединений, полученных сваркой трением с перемешиванием (СТП) — главные условия промышленного применения процесса. В большинстве публикаций [1—9 и др.] авторы отмечают преимущества СТП по сравнению с другими процессами сварки по показателям статической и усталостной прочности соединения, коррозионной стойкости, уровню сварочной деформации, трудоемкости, энергоемкости, экологической безопасности.

Прочность соединений

Сравнительные исследования свойств соединений СТП высокопрочных алюминиевых термически не упрочняемых и термически упрочняемых сплавов, например, сплавов 5083 (группы Al—Mg) и 6082 (группы Al—Si—Mg), показали, что по пределу прочности соединение сплава 5083 близко к основному материалу (коэффициент прочности $\sigma_{в\text{соед}}/\sigma_{0,2\text{осн}} \geq 0,9$). Для соединения сплава 6082 коэффициент прочности снижается до ~0,65 [2] вследствие разупрочнения ЗТВ, по которой при испытании идет разрушение. У сварных образцов сплава 5083 разрушение происходит в зоне ядра шва. Установлено [1, 9], что $\sigma_{в\text{соед}}$ увеличивается при увеличении скорости сварки и частоты вращения инструмента до определенного значения. При дальней-

шем увеличении этих параметров $\sigma_{в}$ соединения сплава 5083 снижается (табл. 1), как и сплава 6082, если продолжать увеличивать скорость сварки.

Уровень усталостной прочности соединений после СТП термически не упрочняемого сплава 5083 также выше при меньшей дисперсии значений, чем термически упрочняемого сплава 6082 [9, 10].

Большое количество данных по усталостным характеристикам соединений СТП в обобщенном виде введено в Европейские рекомендации по проектированию конструкций из алюминиевых сплавов, работающих в условиях усталости (ECCS 68.1992), а также в британский стандарт BS 8118, ч. 1 "Использование алюминия в конструкциях".

Опубликованные результаты исследований процесса СТП и свойств соединений алюминиевых сплавов разных групп легирования подтверждают необходимость разработки для каждого из сплавов параметров режима сварки, соответствующих его термомеханическим характеристикам. С этим, по-видимому, связано появление большого количества публикаций о технологии и свойствах соединений СТП алюминиевых сплавов разных марок: 2024 [11, 12], 2095 [13], 2195 [14], 2524 [15], 7010 [16], 7050 [17], 7075 [11, 18—20], а также АМг6 с 1201 [21, 22] и Д19 с 1420 [23] и других сплавов.

Результаты испытания соединений сплавов 2014, 7075 [19] и 1201, АМг6 [22] на общую коррозию, межкристаллитную коррозию и коррозию под напряжением в агрессивной среде, в том числе в контакте с компонентами топлива, показывают значительное преимущество СТП перед сваркой плавлением. Также сообщается о высоких показателях механических свойств соединений алюминиевых сплавов 5083 [24], 1201 и АМг6 [22] при криогенной и повышенной температурах (рис. 1), что обеспечило возможность использования соединений СТП в конструкции топливных емкостей и баков изделий авиакосмоса.

В последние годы увеличилось число публикаций о результатах разработок и исследований процесса СТП разных типов соединений — нахлесточных [25—28], угловых [29], тавровых [30, 31]. Однако в этих работах при СТП тавровых и угловых соединений не обеспечено формирование галтелей с плавным сопряжением поверхностей элементов профиля. Такое соединение имеет небольшой ресурс при циклических нагрузках и благоприятные условия для развития коррозии.

Большое внимание авторы уделяют исследованию особенностей процесса сварки нахлесточных соединений, что связано с востребованностью их для многих изделий. Работоспособность данного соединения авторы ра-

Таблица 1

Параметр	Сплав 5083					Сплав 6082				
	15	10	10	6	6	10	10	5	5	
Толщина пластин, мм	4,6	6,6	9,2	3,2	13,2	26,4	37,4	53	75	
Скорость сварки, см/мин	318	344	331	312	303	226	236	254	254	
$\sigma_{в}$, МПа										

¹ Ч. 1, 2 — см. "Сварочное производство", 2007, № 9, 10.

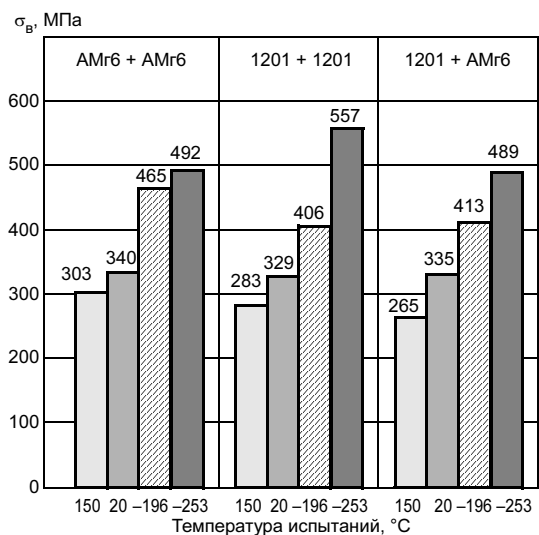


Рис. 1. Механические свойства соединений, полученных фрикционной сваркой (приведены минимальные значения, испытывали 5 образцов толщиной 4,0 мм)

боты [25] предложили оценивать по критерию EST (эффективной толщине листа, определяемой расстоянием от наружной поверхности шва до линии пересечения контактных поверхностей соединяемых листов с границей шва) (рис. 2). Чем меньше изгиб контактных поверхностей вблизи шва, тем больше EST и прочность соединения. В работе [25] получен коэффициент прочности, равный 0,86 для нахлесточного соединения, полученного СТП сплавов 2024 (верхний лист толщиной 3 мм) и 7075 (нижний лист).

Заметно возросло число публикаций по исследованию процесса СТП материалов с более высокой, чем у алюминиевых сплавов, температурой перехода в пластическое состояние, например, сплавов магния AZ31 [32] и AZ91 [33], меди и медных сплавов [34, 35], титановых сплавов [36—38] и сталей [39—42]. В этих и других работах отмечается, что до практической реализации процесса СТП в производстве ответственных титановых и стальных конструкций должны быть проведены дополнительные исследования и разработки по совершенствованию инструмента, оборудования и технологического процес-

са с целью получения устойчивых результатов по формированию соединения и его рабочим характеристикам.

Сложные сварные конструкции могут содержать соединения разноименных и разнородных материалов. Судя по публикациям, процесс СТП разноименных алюминиевых сплавов широко исследовался [4, 8, 22, 23, 43—46]. Отработаны технологии и получены рабочие характеристики соединений алюминиевых сплавов разных групп легирования в разноименном сочетании, превосходящие аналогичные при сварке плавлением и вполне приемлемые для практического использования в конструкциях изделий ответственного назначения.

В значительно меньшей степени готов к промышленному применению процесс СТП разнородных материалов (с большим различием термомеханических характеристик). Имеются сведения об исследованиях процесса СТП соединений разнородных материалов, например, в сочетаниях алюминиевый сплав с магниевым сплавом [47], медным сплавом [48] и сталью [49—52]. Получены некоторые представления об особенностях процесса, сформу-

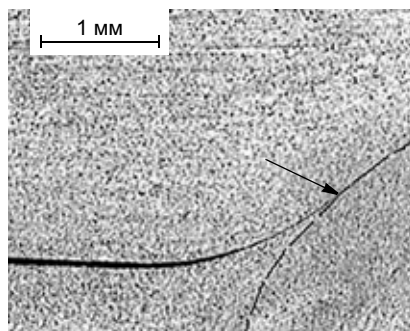


Рис. 2. Линия пересечения контактных поверхностей соединяемых деталей с границей шва (отмечена стрелкой)

лированы требования к ориентации инструмента относительно линии стыка, определена область оптимальных скоростей вращения инструмента и другие параметры, например при СТП алюминиевого сплава 5083 с низкоуглеродистой сталью S400 [52]. Прочность соединения при этом составила 0,86 прочности основного материала (алюминиевого сплава).

Применение СТП разнородных материалов в промышленном производстве изделий ответственного назначения, по мнению авторов публикаций, будет возможным после проведения дополнительных исследований и разработок.

В последние пять лет основными видами неразрушающего контроля соединений, полученных СТП, остаются визуальный (оптический) контроль и УЗК [53], в том числе автоматический (аппаратура УЗК встраивается в установку). Следует отметить попытку использовать в качестве неразрушающего метода контроля акустическую эмиссию [54]. Авторы считают, что этим методом можно получать полезную информацию о дефектах в шве, поскольку дефекты разных типов дают разные сигналы, которые по-разному отражаются на частотных диаграммах.

Таким образом, из анализа публикаций следует, что к промышленному применению можно считать практически подготовленным процесс СТП алюминиевых сплавов в одноименном и разноименном сочетаниях.

Оборудование

Передовой производитель сварочного оборудования — концерн ESAB — включил в свою производственную программу установки для СТП [55]. Программа Super Stir™ содержит несколько установок, разработанных на базе стандартной установки, на которой можно сваривать изделия

размером от $0,5 \times 1,5$ до 10×20 м. Разные модели этих установок имеют консольную или порталную конструкцию. Установки полностью автоматизированные, с одинаковым принципом действия, смонтированы на мощной раме, рассчитанной на большие нагрузки. Сварочные головки перемещаются по сверхпрочной станине от системы реечного привода. Концерн ESAB совместно с исследовательским центром разработал серию установок, которые применяются в космической, авиационной, судостроительной, автомобилестроительной, энергетической и других отраслях промышленности.

В настоящее время фирма ESAB предлагает новую серию установок LEGIO™ для ротационной сварки (PCT) (рис. 3) [55, 56], позволяющих сократить затраты на приобретение и время на производственное освоение. Установки LEGIO™ представляют стандартизированную модульную систему, способную решать технологические задачи сварки изделий в большом диапазоне толщин (табл. 2). Такая установка (см. табл. 2, тип 3) действует, например, на верфи Estaleiros Navais do Mondego S. A. в Португалии. Установка размещена в цехе вблизи линии общей сборки корпуса корабля. На ней методом СТП изгото-

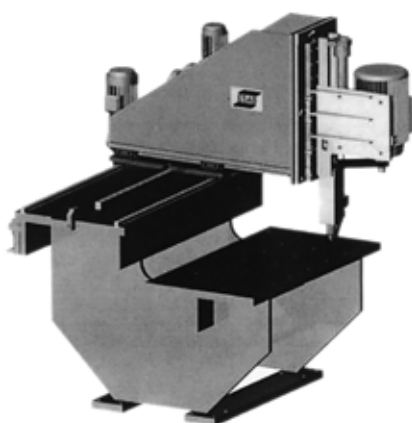


Рис. 3. Модульная установка LEGIO™ — "FSW 3 UT"

Тип установки PCT	Усилие прижатия, кН	Мощность шпинделя, кВт	Толщина свариваемых материалов, мм			
			6000	5000	2000 и 7000	Медь (без кислорода)
1	6	3	3	2	1,5	0,8
2	12,5	5,5	5	3,5	2,5	1,5
3	25	11	10	7	5	3
4	60	18	18	10	9	7
5	100	22	35	20	18	12
6	150	45	60	40	35	25
7	200	90	100	75	70	40

вляют крупногабаритные панели с высокой точностью.

Серия установок LEGIO™ состоит из пяти базовых моделей-компоновок: S, ST, U, UT — с одной сварочной головкой и ST — с двумя головками (для сварки полых панелей); S и ST — для сварки прямолинейных швов (по двум координатным осям), U, UT — по трем координатным осям. Установки поставляются двух видов: напольная с вертикальной стойкой для сварки кольцевых швов и с низко расположенными шпиндельными головками для двусторонней сварки.

На ранней стадии освоения процесса СТП (в 90-х гг.) практически только фирма ESAB производила специализированные установки для этого процесса и поставляла их по всему миру. Установки были поставлены и введены в действие на фирме SAPA (Швеция, Финляндия) для сварки из прессовок крупногабаритных полых панелей размером $14,5 \times 3$ м для судостроения (корпуса судов, морские платформы, высокоскоростные паромы, палубные надстройки судов и т. п.) [10, 57]. Одна из первых установок была поставлена на фирму Marine Aluminium (Норвегия), на которой панели из прессованных профилей укрупняют СТП до размера $14,6 \times 6$ м для судостроения и железнодорожного подвижного состава [58]. Ежегодно фирма SAPA прессует на 22 прессах и укрупняет СТП на установке Super Stir™ около 180 000 т панелей размером $14,5 \times 3,0$ м, тогда как на самом мощном прессе P-5 можно

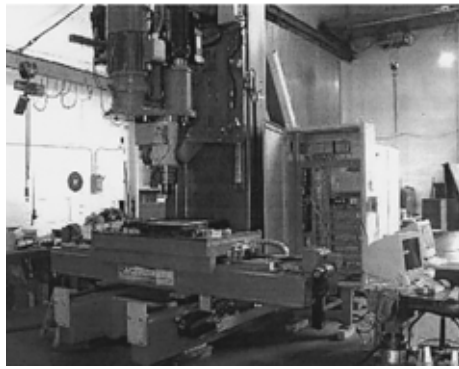
получить панель шириной 400 мм [59]. Фирма BOEING приобрела установки для СТП продольных (длиной до 15,3 м) и кольцевых (диаметром до 6 м) швов топливных баков ракет серии "Delta" [53] на четырех производственных предприятиях в разных штатах США.

В настоящее время большое число фирм в разных странах производят оборудование для СТП. Британский институт сварки (TWI) разработал серию машин типа FW для СТП деталей размером до $3,4 \times 4$ м и толщиной до 15 мм (односторонняя сварка) и до 50 мм (двусторонняя). В Галифаксе (Великобритания) компания Crawford Swif изготовила для компании BAE System в Филтоне трехкоординатную установку Power Stir™-360, рассчитанную на усилие 100 кН. Эта установка предназначалась для СТП экспериментальных конструкций крыльев и обшивки фюзеляжа больших самолетов, в частности AIRBUS A3xxx и других самолетов [10].

Американская фирма NOVATECH Engineering производит промышленные и экспериментальные установки типа H10K (горизонтальные) и S10K (вертикальные) (рис. 4) для СТП кольцевых и продольных соединений емкостей. Установки рассчитаны на усилие до 45 кН по оси шпинделя и до 22 кН по нормали к оси шпинделя. Имеется система компьютерного цифрового контроля по CNC-программе усилий для регулирования положения инструмента относительно поверхности деталей с регистрацией данных.



а)



б)

Рис. 4. Установки для СТП фирмы NOVA-TECH Engineering: а — горизонтальная; б — вертикальная



Рис. 5. Установка для СТП FSWJ2XBJ020 (КНР)

MTS System Co (США) в сотрудничестве с другими компаниями получила несколько патентов по конструкции сварочной головки и инструментов, а также разработала систему ISTIR™ PDS Jr. управления положением инструмента относительно поверхности стыка, применение которой обеспечило возможность соединения элементов двойной кривизны.

В последние годы в КНР также расширяется разработка и применение СТП [60]. Создан специализированный Центр СТП, в котором в течение двух лет изготовлены и поставлены заказчикам 16 установок разных типов:

— установка консольного типа FSW J2XBJ020 (рис. 5) для двухкоординатной сварки цилиндров (диаметром 2000 мм) из алюминиевых сплавов с толщиной стенки до 20 мм продольными (до 1700 мм) и кольцевыми швами. Перемещения по осям X и Z составляют 1700 и 300 мм соответственно;

— установка С-типа FSWJ4CXJ006 для трехкоординатной сварки малых цилиндров из сплавов алюминия с толщиной стенки до 6 мм кольцевыми швами и панелей продольными швами длиной до 400 мм. Перемещение по осям X, Y и Z — 400, 260 и 150 мм соответственно;

— установка порталная типа FSWJ3LMJ012 для сварки продольными швами профилей и па-

нелей толщиной до 12 мм из алюминиевых сплавов. Перемещение по осям X, Y и Z — 1700, 1000 и 300 мм соответственно.

Можно было бы продолжить перечень фирм, изготавливающих оборудование для СТП. Большое число фирм, изготавливающих оборудование для этого процесса, создали материально-техническую основу для расширения области его применения в разных отраслях промышленности.

Промышленное применение СТП

Первым изделием, в производстве которого использовали СТП, были сотовые панели холодильной установки для быстрого замораживания рыбы на рыболовецких судах [61, 62]. Для большей эффективности производственной линии непосредственно в нее встроены пресс мощностью 65 МН и оборудование для СТП. Сварка производится одновременно с двух сторон. Холодильная установка содержит 17 панелей длиной 16 м и толщиной 30 мм.

Процесс наблюдается дистанционно посредством видеокамер и параметры его контролируются автоматически системой мониторинга.

Фирма BOEING (США) также находится среди первых компаний, реализующих преимущества процесса СТП. Фирма уже несколько лет использует СТП для изготовления ракет серии Delta [53]. Переход с аргодуговой сварки на СТП при изготовлении топливных баков ракет (рис. 6) позволил снизить почти в 2 раза стоимость сварки [63] и улучшил качество швов. За первые четыре года было выполнено свыше 2,5 км бездефектных швов при СТП панелей из алюминиевого сплава 2014. В настоящее время фирма BOEING производит с применением СТП топливные баки ракеты Delta IV диаметром более 5 м.

Фирма BOEING использует процесс СТП при изготовлении самолетных конструкций. Криволинейные соединения створок шасси самолета из сплава 7075 сваривают СТП внахлестку [30]. При этом применяется запатенто-

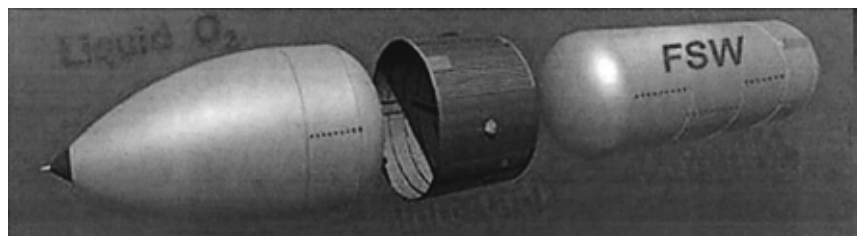


Рис. 6. Баки ракеты, сваренные СТП

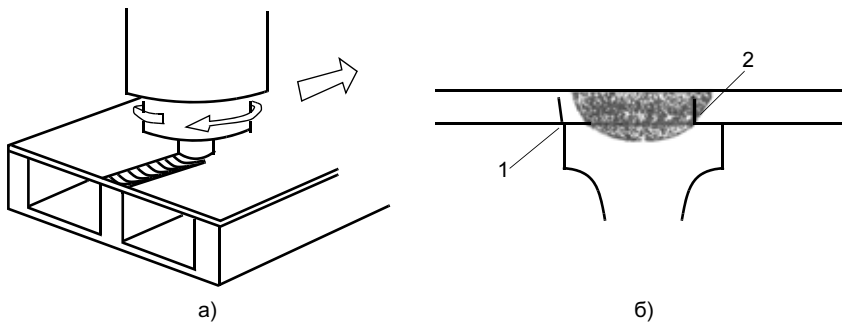


Рис. 7. Схема СТП коробки руля обтекателя (а) и контур шва в поперечном сечении таврового соединения (б)

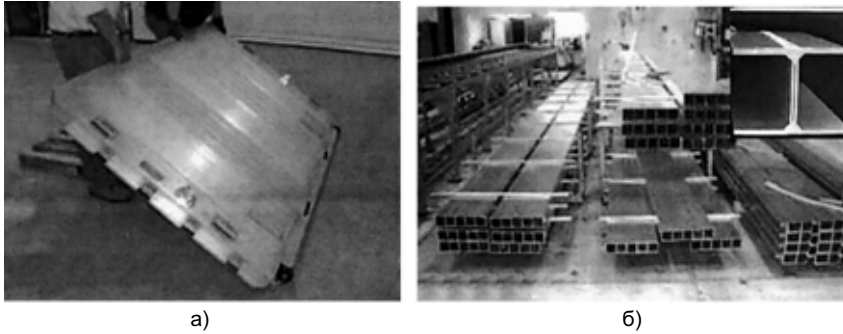


Рис. 8. Перегрузочный поддон грузового отсека самолета (а), секции поддона и поперечное сечение соединения секций поддона (б)

ванный силовой привод с адаптивной системой регулирования глубины погружения инструмента по действующему на него усилию.

Применяют СТП также при изготовлении сварной конструкции обтекателя истребителя, успешно прошедшего летные испытания. К Т-образным ребрам жесткости из сплава 7050 приваривают СТП обшивку из сплава 7075 толщиной 1,8 мм. Ребро жесткости воспринимает усилие с опорного бурта инструмента и обеспечивает устойчивость конструкции руля (рис. 7, а). Авторы отмечают недостаточно высокую усталостную прочность такого таврового соединения. Разрушение соединения при испытании идет по надрезам между жесткостью и обшивкой (рис. 7, б), по месту 1 — у 75 % и по месту 2 — у 25 % образцов (см. рис. 7).

Компания BOEING развивает свои проекты и для Вооруженных Сил США. Одна из задач — обеспечение воздушной перевозки тяжелых грузов и быстрой их перегрузки. Для этого разработана

конструкция поддона (рис. 8, а) грузового отсека самолета С17 Globemaster III. Поддон может перемещаться вместе с закрепленным на нем грузом из грузового отсека на армейскую платформу CROP's [31]. На рис. 8, б приведены секции поддона и поперечное сечение соединения секций поддона после испытания в распрыленном солевом растворе в течение шести недель.

Компания Lockheed-Martin Laboratories в Балтиморе (США) и Reynolds Aluminium по поручению NASA заменили в конструкции внешнего бака шаттла [64] сплав Al 2219 на разработанный ими алюминиево-литиевый сплав 2195. При решении проблем свариваемости сплава и качества соединения также используется процесс СТП. В настоящее время топливные баки (рис. 9) изготавливает фирма Lockheed-Martin Space Company в Новом Орлеане.

Авиационная компания Airbus GmbH (DA) и аэрокосмическое агентство (Daimler/Chrysler AG) проявили интерес к процессу

СТП [65] благодаря преимуществу в таких показателях, как масса конструкции, прочность соединения, особенно усталостная, и стоимость. Рассматривался вопрос о применении СТП для выполнения соединений в конструкции планера, включая фюзеляж, пассажирские кабины, вертикальные стабилизаторы, крылья, и окончательной сборки узкофюзеляжных самолетов. Для конструкции самолетов серии А3xxx Airbus [66] разрабатываются процессы СТП главным образом продольных стыковых швов фюзеляжа, крыльев, центрального кессона крыла (рис. 10). Компания Airbus рассчитывает на эффект от использования СТП в конструкции крыльев из алюминиевых сплавов групп 2xxx и 7xxx при изготовлении самолетов А318, А380 [67].

Авиационная компания Eclipse Aviation применяет СТП в производстве пятиместного самолета бизнес-класса Eclipse 500 [68, 69]. Концепция конструкции крыла самолета основывается на использовании СТП при изготовлении жестких стрингерных панелей из алюминиевых сплавов групп 2xxx (обшивка) и 7xxx (стрингеры) в одноименном и разноименном сочетаниях (рис. 11). Очень важна возможность проведения ремонта повторной СТП. Для реализации процесса СТП компания Eclipse Aviation построила специальный производственный центр, обеспе-

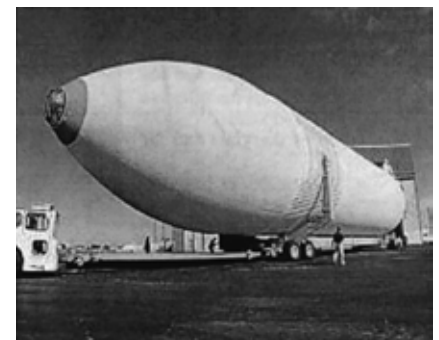


Рис. 9. Боковой топливный бак шаттла

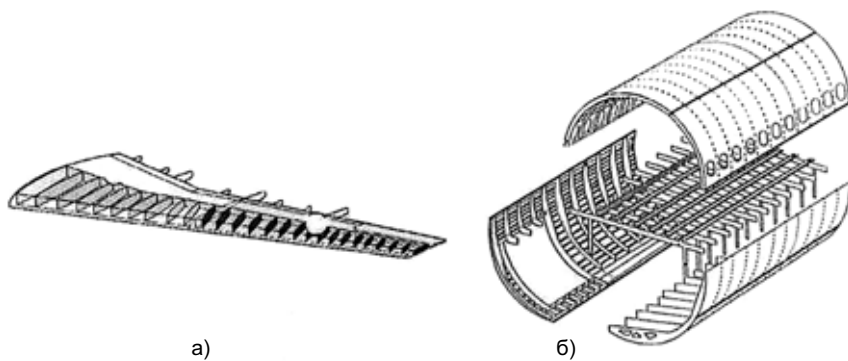


Рис. 10. Элементы крыла (а) и панели фюзеляжа (б) самолета AIRBUS 380, соединяемые СТП (Европейский проект TANGO — технологии и применение в авиастроении)

чивающий изготовление 1500 самолетов в год.

Следует также отметить разработку "Боинга" совместно с компанией Lockheed-Martin по изготовлению с использованием СТП конструкции полов самолета С130 из сплавов алюминия групп 2xxx и 7xxx [70].

Компания Fokker Space сообщает [71] о разработке корпуса двигателя главной криогенной ступени пусковой установки "Ариан 5", носовая часть которого состоит из 12 интегральных плоских панелей из алюминиевого сплава 7075 с элементами жесткости. Конструкция модернизирована под нахлесточное соединение панелей СТП (вместо болтового соединения) в специально разработан-

ном кондукторе (рис. 12). Исследования и испытания соединений СТП показали их значительное преимущество перед болтовыми и заклепочными соединениями: повышаются прочность и жесткость конструкции, снижаются масса двигателя и стоимость его изготовления.

Одна из основных областей применения технологии СТП — судостроение, где широко используются сварные панели [10], отличающиеся хорошей плоскостностью (рис. 13, а), размером 1250 × 5000 мм из алюминиевого сплава 5083, стойкого против коррозии в морской воде [73], а также сотовые панели (рис. 13, б) с высоким шумопоглощающим эффектом для стен корабельной

каюты и железнодорожных вагонов. Сообщается о других морских объектах возможного применения СТП: катера-катамараны, нефтедобывающие платформы, рефрижераторы, посадочные платформы для вертолетов, мачты и бонны, например парусных яхт, и др. Морское ведомство (Регистр Ллойда) разработало руководящее указание, где определило сферу новых разработок, на основании которых должен быть создан стандарт на технологию СТП [59].

Успешно применяется технология СТП в производстве подвижного состава железнодорожного транспорта [10, 72]. Современные вагоны в последнее время все чаще выполняют из алюминиевых экструдированных профилей и интегрированных жестких панелей. Большого успеха в освоении СТП алюминиевых конструкций подвижного состава железных дорог достигло вагоностроение в Японии. Широко применяют крупногабаритные полые панели преимущественно из сплава 6N01 (0,7 Mg; 0,6 Si; 0,1 Cu) в связи с его хорошей способностью к прессованию и малой чувствительности к закалке и из сплава 5083 ввиду его высокой прочности. Оребренные панели

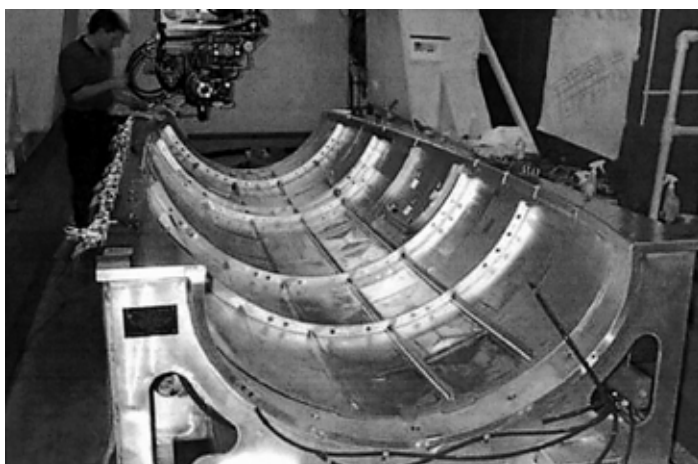


Рис. 11. Панель кабины самолета ECLIPSE 500 со стрингерами и шангоутами, приваренными СТП к обшивке

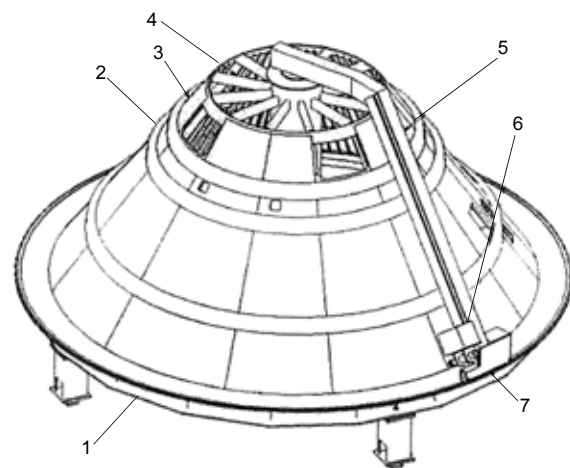
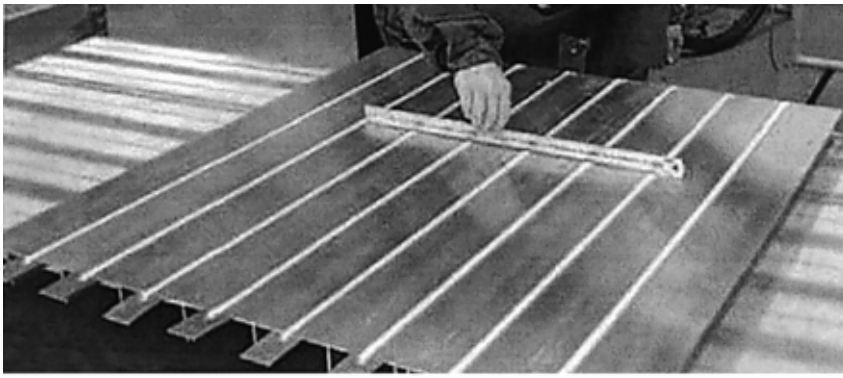
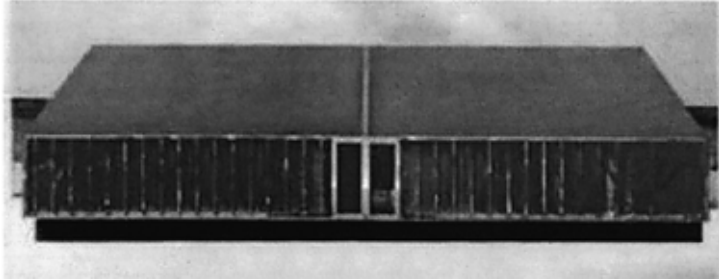


Рис. 12. Схема кондуктора для сборки под СТП носовой части корпуса двигателя "Ariane 5": 1 — нижняя опора; 2 — кольцевые рамы; 3 — соединяемые панели; 4 — верхняя опора; 5 — опорная балка для СТП; 6, 7 — тележки для осевого и радиального перемещения при СТП



а)



б)

Рис. 13. Плоская сварная панель, выполненная СТП для судостроения (а), и сотовая (б) — для вагоностроения

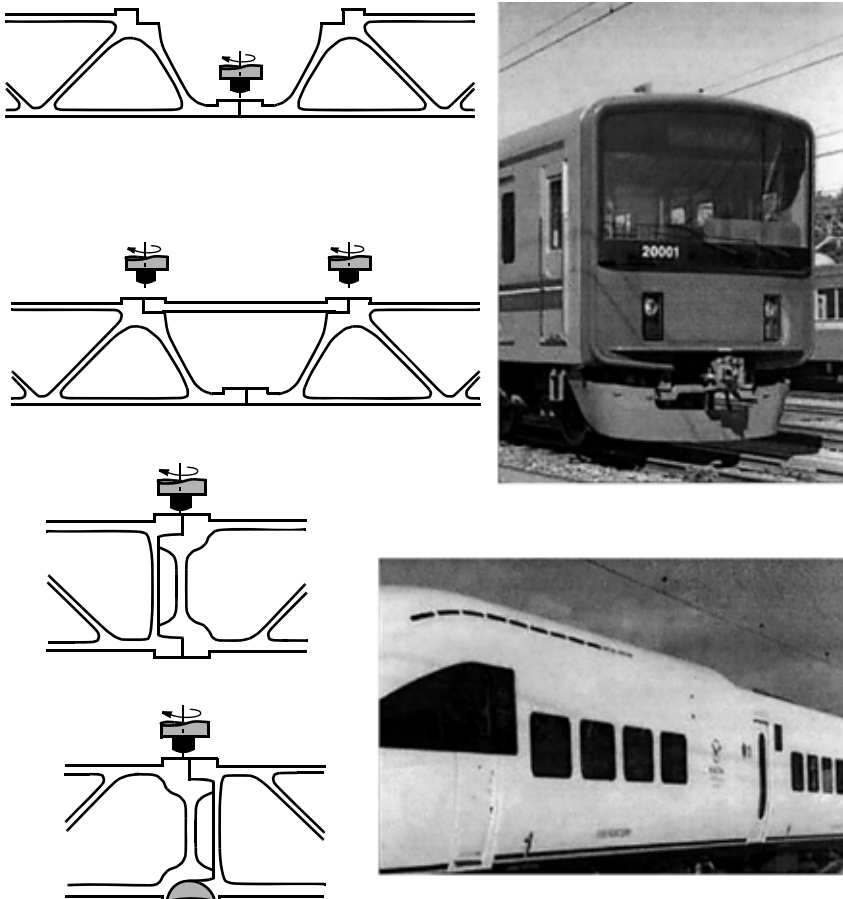


Рис. 14. Стыки полых панелей вагонов двух серий (НИТАСИ)

размером 1300×5000 мм, выполненные СТП, используются для пола суперэкспресса Shinkansen. Большие (1800×3000 мм) криволинейные с радиусом кривизны 2600 мм сотовые панели, сваренные СТП с лицевой и противоположной сторон, используются для стен вагона (рис. 14). В работе [72] отмечается, что при пробеге скоростного экспресса ТЕС 700 Shinkansen 450 тыс. км со скоростью до 285 км/ч разрушения не возникли, снизились вибрация и шум.

Следует отметить совместную разработку Университета в Аделаиде (Австралия) и TWI [74] модульной конструкции переносной машины с гидравлической системой автоматического управления условиями контакта инструмента со стыком. С помощью этой машины два оператора без использования крана выполняют СТП криволинейного шва в условиях монтажа поперечных швов носовой части круизного судна¹. После сварки панели с толщиной листа 5 мм из алюминиевого сплава 5083 подвергают формовке взрывом.

Преимущества СТП оценены многими автомобильными компаниями, в частности, при производстве пространственных рам кузовов [10], деталей шасси, топливных баков, корпусов автобусов и других транспортных средств. В Норвегии предложена технология соединения СТП двух частей автомобильного колеса², освоённая фирмой Hydro Aluminium. Это позволило разработать концепцию интегральной конструкции колеса с литой центральной частью, соединённой СТП с деформированным ободом колеса [75]. В работе [76] сообщается о хорошем результате, полученном при СТП пространственных деталей из литого магния для автомобильной промышленности с помощью трехкоординатного робота 805,

¹ Патент WO98/38084 (Австрия).

² Патент PCT/No96/00254.

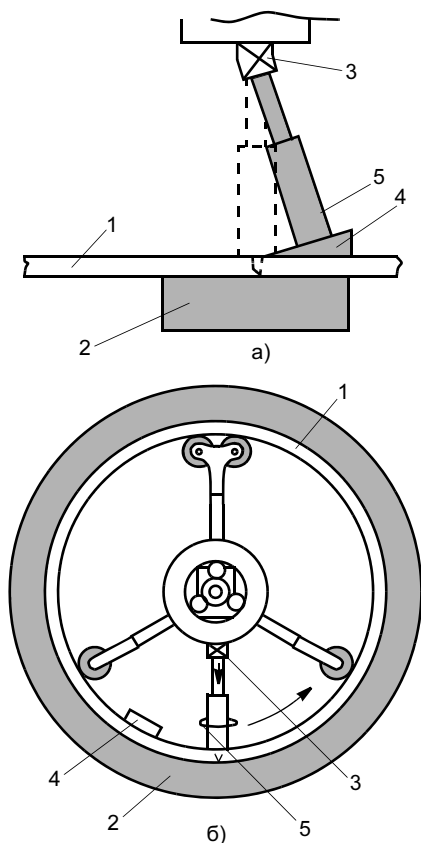


Рис. 15. Схема СТП кольцевого соединения трубы: а, б — вид сбоку и вдоль оси трубы; 1 — труба; 2 — опорное кольцо; 3 — шарнирное соединение; 4 — недостающая клиновидная пластина для окончания сварки без кратера; 5 — сварочная головка

обеспечивающего высокую точность позиционирования при допустимой нагрузке 45 кН.

Твердофазный процесс СТП позволяет производить сварку в любом пространственном положении, что обеспечивает возможность соединения этим методом кольцевых стыков неповоротных труб и других цилиндрических деталей. TWI сообщает о разработках технологии СТП цилиндрических емкостей³ и подобных трубных компонентов [77, 78]. Рис. 15 иллюстрирует предложенную концепцию орбитальной сварки кольцевого стыка неповоротных цилиндров с внутренней стороны одной или несколькими сварочными головками. Технология орбитальной СТП разработана, на-

³ EP 0615480 B1 (Великобритания).

пример, для соединения алюминиевых труб при монтаже газопровода [80].

Шведской фирмой Nuclear Fuel and Waste Management Co (SKB) на установке ESAB AB в 2004—2005 гг. были изготовлены с применением СТП надежно герметизированные медные контейнеры с толщиной стенки 50 мм [34, 79]. Контейнеры предназначались для захоронения отработанных радиоактивных отходов в шахтах на глубине 500 м. Срок хранения — 100 000 лет. Метод контроля качества швов, разработанные лабораторией SKB совместно с Университетом (Упсала, Швеция) включают цифровую рентгенографию, УЗК и индукционный метод.

СТП применяется также в строительстве для изготовления жестких крупных панелей стен, фасадов и других компонентов сооружений. В работах [80, 81] отмечается особенно высокая технико-экономическая эффективность использования процесса СТП в мостостроении. В 90-х гг. в Швеции была разработана концепция промышленного производства фрагментов моста из высокопрочных алюминиевых сплавов с последующей их доставкой к месту возведения моста и сборки на месте [80]. Реализация этой технологии стала возможной с появлением СТП, которая обеспечила требуемое качество соединений прессонок из высокопрочных алюминиевых сплавов в отличие от сварки плавлением. Масса мостового полотна по новой технологии в 10 раз меньше, время возведения (сборки) моста также на порядок меньше, сварная конструкция из сплава 6005 практически не корродирует. За последние 10—15 лет в Скандинавии возведены около 100 таких мостов (в основном в Швеции). Перечисленными

объектами промышленное применение процесса СТП не ограничивается, отмечены лишь наиболее крупные из них.

Несмотря на хорошие результаты многочисленных исследований и разработок, для применения СТП ответственных конструкций соответствующие департаменты (например, в аэрокосмической отрасли — NASA) требуют разработки стандартов и спецификаций. В настоящее время Международная организация по стандартизации (ISO) разрабатывает совместно с институтами стандарт ISO/AWI — 25239 по сварке трением с перемешиванием алюминия и алюминиевых сплавов (основные требования) [81]. Стандарт включает пять частей: общие положения; содержание; проектирование сварных соединений; квалификация операторов по сварке; техническое описание и ограничения в процедуре сварки; качество и требования по контролю.

Таким образом, разработка и применение процесса СТП в последние пять-шесть лет быстро развивались практически во всех промышленно развитых странах. Об этом можно судить по увеличению числа сообщений на международных симпозиумах о результатах исследований, разработок и производственного внедрения процесса СТП (рис. 16). Следует отметить, что уже в 2000 г. на конференции в Вашингтоне (США) по вопросам СТП докла-

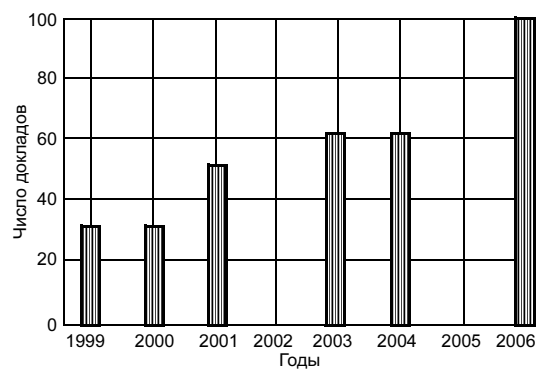


Рис. 16. Динамика роста числа сообщений на международных симпозиумах по СТП с 1999 по 2006 гг.

дывали около 50 специалистов из 12 штатов США, большинство из которых были представителями промышленных компаний. Такое интенсивное развитие технологии СТП и ее промышленное применение, по-видимому, изменит в глобальной перспективе количественное соотношение методов сварки, используемых в промышленном производстве и строительстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://sdmines.sdsmt.edu/sdsmt>
2. *Microstructure and properties of friction stir welded aluminium* / J. Karlsson, B. Karlsson, H. Larsson et al. // INALCO'98, 7th International Conference "Joints in aluminium". Cambridge (UK), 1998.
3. *Enomoto M.* FSW: research and industrial applications // Journal of light metal welding construction. 2002. Vol. 40. N 10. P. 59—63.
4. *Tanaka S.* et al. Joining dissimilar alloys between AA5083 and A6N01 by friction stir welding // 3rd International Symposium on Friction Stir Welding. Kobe (Japan), 2001.
5. *Allehaux D.* et al. Microstructure and properties of a friction stir welded 7349-T6 aluminium alloy // 4th International Symposium on Friction Stir Welding. Utah (USA), 2003.
6. *Mishina O. K., Norlin A.* Lap joints produced by FSW on flat aluminium ENAW — 6082 profiles // 4th International Symposium on Friction Stir Welding. Utah (USA), 2003.
7. *Nagano Y.* et al. Mechanical properties of aluminium die castings joined by FSW // 3rd International Symposium on Friction Stir Welding. Kobe (Japan), 2001.
8. *Steuwer A.* Influence of welding speed on the properties of AA5083-AA6082 dissimilar FSW's // 6th International Symposium on Friction Stir Welding. Montreal (Canada), 2006.
9. *Larsson H., Karlsson L., Swensson L.* Friction stir welding of AA5083 and AA6082 aluminium // Svetsaren. 2000. № 2. P. 6—10.
10. *Nicholas E. D., Kalle, Stephan W.* Friction Stir Welding — a decade on // IIV Asian Pacific International Congress. Sydney, 2000.
11. *Properties of friction stir welded joints in the aluminium alloys 2024, 5083, 6082/6060 and 7075/* J. K. Kristensen, C. D. Donne, T. Ghidini T. et al. // 5th International Symposium on Friction Stir Welding. Metz (France), 2004.
12. *A study on material flow of AA2024-T351 and AA6056-T4 alloys* / R. Zettler, S. Lomolino, J. F. Santos et al. // 5th International Symposium on Friction Stir Welding. Metz (France), 2004.
13. *Atallah M. M., Salem H. G.* Effect of FSW process parameters on the mechanical properties of the as-welded and post-weld heat treated AA2095 // 5th International Symposium on Friction Stir Welding. Metz (France), 2004.
14. *Colligan K.* et al. FSW of thick section 5083-H131 and 2195-T8P4 aluminium plates // 3rd International Symposium on Friction Stir Welding. Kobe (Japan), 2001.
15. *Yan J., Sutton M. A., Reynolds A. P.* Process—Structure—property relationship

for nugget and HAZ region of AA2524-T351 FSW joints // 5th International Symposium on Friction Stir Welding. Metz (France), 2004.

16. *Norman A. F.* et al. The effect of welding condition on the microstructure and mechanical properties of the nugget zone in AA7010 alloy friction stir weld's // 3rd International Symposium on Friction Stir Welding. Kobe (Japan), 2001.

17. *Baumann J. A., Lederich R. J., Mishra R.* Evolution of thick section friction stir welding of 7050 aluminium alloys // 4th International Symposium on Friction Stir Welding. Utah (USA), 2003.

18. *Marie F.* et al. Development of friction stir welding of 7000 series extrusions for central wing box applications // 3rd International Symposium on Friction Stir Welding. Kobe (Japan), 2001.

19. *Leonard R.* Corrosion resistance of friction stir welds in aluminum alloys 2014A-T651 and 7075-T651 // 3rd International Symposium on Friction Stir Welding. Kobe (Japan), 2001.

20. *Santos J. F.* Robotic friction stir welding of 7075 alloy (late substitution — manuscript not on CD // 4th International Symposium on Friction Stir Welding. Utah (USA), 2003.

21. *Фрикционная сварка листовых конструкций из алюминиевых сплавов 1201 и АМг6* / М. М. Штрикман, В. А. Половцев, Г. В. Шилло и др. // Сварочное производство. 2004. № 4. С. 41—47.

22. *Служебные характеристики соединений алюминиевых сплавов 1201 и АМг6, выполненных фрикционной сваркой* / В. А. Половцев, М. М. Штрикман, Г. В. Шилло и др. // Технология машиностроения. 2006. № 4. С. 30—34.

23. *Особенности формирования соединения из разнородных алюминиевых сплавов Д19 и 1420 при фрикционной сварке линейных швов* / М. М. Штрикман, А. А. Филатов, А. А. Гельман, Л. Б. Бер // Сварочное производство. 2005. № 1. С. 15—21.

24. *Hayashi M.* et al. Mechanical properties of friction stir welded 5083 aluminium alloy at cryogenic temperatures // 3rd International Symposium on Friction Stir Welding. Kobe (Japan), 2001.

25. *Cederqvist L., Reynolds A. P.* Factors affecting the properties of friction stir welded aluminium lap joints // Welding Journal. 2000. № 12. P. 281—287.

26. *Matsumoto K.* et al. Lap joints of aluminium alloys by FSW // 3rd International Symposium on Friction Stir Welding. Kobe (Japan), 2001.

27. *Characterization of weld quality by different sensing techniques in friction stir welding of lap joints* / D. Jandric, C. Chen, M. Valant, R. Kovacevic // 4th International Symposium on Friction Stir Welding. Utah (USA), 2003.

28. *Martin W.* FS lap welding methods for manufacturing efficient large scale spaceflight pressure vessels // 6th International Symposium on Friction Stir Welding. Montreal (Canada), 2006.

29. *Colligan K., Terman K., Pickens J. R.* FSW of thick section corner joints in aluminium alloys // 3rd International Symposium on Friction Stir Welding. Kobe (Japan), 2001.

30. *Friction stir welding of airframe structures* / R. Talwar, D. Bolser, R. Lederich, J. Baumann // 2nd International Symposium on FSW. Gothenburg (Sweden), 2000.

31. *An innovative, low cost friction stir welded cargo handling solution for the C-17 Globe-*

master III for reducing manufacturing cost and logistics support / R. Talwar, R. Lederich, D. Bolser, A. Garsia // 4th International Symposium on Friction Stir Welding. Utah (USA), 2003.

32. *Park S. H., Sato Y. S., Kokawa H.* Texture effects on tensile properties in friction stir weld of a magnesium alloy AZ31 // 4th International Symposium on Friction Stir Welding. Utah (USA), 2003.

33. *Volovitch P., Masse J.-E., Baudin T.* Microstructure and mechanical properties of friction stir welded Mg alloy AZ91 // 5th International Symposium on Friction Stir Welding. Metz (France), 2004.

34. *Cederqvist L.* Welding on millennium // Svetsaren. 2005. № 2. P. 30—32.

35. *Friction stir weldability of copper alloys* / K. Savolainen, J. Mononen, T. Saukonen et al // 5th International Symposium on Friction Stir Welding. Metz (France), 2004.

36. *Russell M. J., Blignault C.* Recent developments in FSW of Ti alloys // 6th International Symposium on Friction Stir Welding. Montreal (Canada), 2006.

37. *Bernath J. J.* FSW of Ti—6Al—4V structural components // 6th International Symposium on Friction Stir Welding. Montreal (Canada), 2006.

38. *Lofus Z.* FSW of 5 mm Ti—6Al—4V // 6th International Symposium on Friction Stir Welding. Montreal (Canada), 2006.

39. *Innovative technology applications in FSW of high softening temperature materials* / C. D. Sorensen, T. W. Nelson, S. M. Packer, R. J. Steel // 5th International Symposium on Friction Stir Welding. Metz (France), 2004.

40. *Park S. H. C., Sato Y. S., Kokawa H.* Effect of microstructure on corrosion of friction stir welded 304 stainless steel // 5th International Symposium on Friction Stir Welding. Metz (France), 2004.

41. *Okamoto K.* et al. Metallurgical and mechanical properties of friction stir welded stainless steels // 4th International Symposium on Friction Stir Welding. Utah (USA), 2003.

42. *Johnson R., dos Santos J. F.* Mechanical properties of friction stir welded S355 C—Mn steel plates // 4th International Symposium on Friction Stir Welding. Utah (USA), 2003.

43. *Nerman P., Andersson J.* Fatigue strength of mixed Al joints performed with FSW // 4th International Symposium on Friction Stir Welding. Utah (USA), 2003.

44. *Shinbayanagi T., Maeda M.* Characteristics of microstructure in dissimilar FSW joints of 5083/6061 Al alloys // 5th International Symposium on Friction Stir Welding. Metz (France), 2004.

45. *Mercado U. A.* et al. Fatigue and corrosion properties of friction stir welded dissimilar aluminium alloys // 5th International Symposium on Friction Stir Welding. Metz (France), 2004.

46. *Gerard H., Ehrstrom J. C.* Friction stir welding of dissimilar alloys for aircraft // 5th International Symposium on Friction Stir Welding. Metz (France), 2004.

47. *Park S. H. C.* et al. Dissimilar FSW of Al alloy 1050 and Mg alloy AZ31 // JWC-Korea, 2002.

48. *Savolainen K.* FSW of dissimilar metal joints of Cu and Al // 6th International Symposium on Friction Stir Welding. Montreal (Canada), 2006.

49. *Yoshikawa K.* A joining criterion for lap joining of dissimilar metal materials of aluminium and stainless steel by friction stir // 4th In-

ternational Symposium on Friction Stir Welding. Utah (USA), 2003.

50. Yasui T., Ishii T., Shimoda Y. Friction stir welding between aluminium and steel with high welding speed // 5th International Symposium on Friction Stir Welding. Metz (France), 2004.

51. Soundararajan V., Kovacevic R. FSW of steel to Al alloys // 6th International Symposium on Friction Stir Welding. Montreal (Canada), 2006.

52. Kimapong K., Watanabe T. Friction stir welding of aluminium alloy to steel // Welding Journal. 2004. N 10. P. 277—282.

53. Johnsen M. R. Friction Stir welding takes off at Boeing // Welding Journal. 1999. N 2. P. 35—39.

54. Chen C., Kovacevic R., Jandric D. Acoustic emission in monitoring quality of weld in friction stir welding // 4th International Symposium on Friction Stir Welding. Utah (USA), 2003.

55. www.esab.com — Каталог продукции ESAB: "Автоматическая сварка".

56. Lahti K. et al. Rotation friction welding — the possibilities in shipbuilding // Svetarsen. 2003. № 1. P. 6—8.

57. Benson P. G., Backlund J. T. Possibilities with aluminium extrusions joined by friction stir welding // 4th International Forum on aluminium ships. New Orleans, 2000.

58. Weman K. Equipment for aluminium welding // Svetsaren. 2000. № 2. P. 11—13.

59. Backlund J., Norlin A., Andersson A. Friction stir welding opens up a new field: wide and thin aluminium panels // United aluminium world at 4th World Congress "Aluminium 2000". 2000.

60. www.cfswt.com

61. Andersson A., Norlin A., Backlund J. IBEC'97, Adventure Technology and Process. Stuttgart (Germany), 1997. 105 p.

62. Midling O. et al. Friction stir welding aluminium — process and applications // 7th INALCO Conference Cambridge, 1998.

63. Rowe C. E. D., Thomas W. Advances in tooling materials for FSW // www.innovatec.com/iom3_dt/rowe_matcong.pdf

64. Hartley P. Friction plug weld, repair of Space Shuttle external tank // Welding and metal fabrication. 2000. N 9.

65. Lohwasser D. Application of friction stir welding for aircraft industry // 2nd International Symposium on Friction Stir Welding, Gothenburg (Sweden), 2000.

66. Lohwasser D. Welding of airframes by friction stir // 3rd International Symposium on Friction Stir Welding. Kobe (Japan), 2001.

67. Sherherd G. The evaluation of friction stir welded joints on airbus aircraft wing structure // 4th International Symposium on Friction Stir Welding. Utah (USA), 2003.

68. Friction stir welding system development for thin gauge aerospace structures / B. Christner, M. Hansen, M. Skinner, G. Sylva // 4th International Symposium on Friction Stir Welding. Utah (USA), 2003.

69. Christner B., McCoury J., Higgins S. Development and testing of friction stir welding as a joining method for primary aircraft structure // 4th International Symposium on Friction Stir Welding. Utah (USA), 2003.

70. Froes F. H. Fourth international symposium on FSW (review) // Light metal Age. 2003. N 10. P. 38—40.

71. Applying friction stir welding to the Ariane 5 main motor thrust frame / M. J. Brooker, A. J. M. van Deudekom, S. W. Kallee, P. D. Sketchley // 2nd International Symposium

on Friction Stir Weldings, Gothenburg (Sweden), 2000.

72. Midling O. T., Kvale J. S., Oma S. Application of prefabricated friction stir welded panels in catamaran building // 4th International Forum on aluminium ships. New Orleans, 2000.

73. Kumagai M., Tanaka S. Properties of aluminium wide panels by friction stir welding // 1st International Symposium on Friction Stir Welding. California (USA), 1999.

74. Henderson J. Exploiting friction stir welding in explosively — formed aluminium boat hull construction // IIV. Asian Pacific International Congress. Sydney, 2000. P. 536-1—536-7.

75. Midling O. T. Friction stir welding — a valuable processing routed // Conference "Aluminium'97". Essen (Germany), 1997.

76. Von Strombeck A., Schilling C., dos Santos J. F. Robotic friction stir welding: tool technology and applications // 2nd International Symposium on Friction Stir Welding, Gothenburg (Sweden), 2000.

77. Thomas W. M., Dolbi R. E. Friction stir welding developments // 6th International conference on Trends in welding research. Georgia (USA), 2002.

78. Gerhard Engelhard et al. Orbital friction stir welding of aluminium pipes // 3rd International Symposium on Friction Stir Welding. Kobe (Japan), 2001.

79. Cedervist L. FSW to seal 50 mm thick copper canisters — a weld that lasts for 100000 years // 5th International Symposium on Friction Stir Welding. Metz (France), 2004.

80. Klukan A., Ranes M. Aluminium bridge constructions — welding technology and fatigue properties // Svetsaren. 1995. № 3. P. 13—15.

81. www.iso.ch/iso/en

реклама

СВАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ ИНВЕРТОРНОГО ТИПА

ФОРСАЖ

INVERTER

НА ТОК

125 A 160 A 250 A 315 A 500 A

- ★ 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 XXI века
сварки



Публикуется на правах рекламы

О. А. ЦУКУРОВ, канд. техн. наук
ОАО "Институт сварки России" (Санкт-Петербург)

Национальные стандарты, регламентирующие требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов (на основе международных стандартов ИСО 3834:2005)

ВВЕДЕНИЕ

С принятием Федерального закона "О техническом регулировании" роль национальных стандартов в нормативной базе страны существенно возросла и область их использования значительно расширилась. В соответствии с принципом добровольного применения национальные стандарты можно применять как в законодательно регулируемой, так и в законодательно не регулируемой областях. В первом случае стандарты предназначаются для выполнения конкретных технических требований, содержащихся в общем виде во взаимосвязанных с ними специальных технических регламентах (СТР), и применяются в качестве доказательной базы при обязательном подтверждении соответствия продукции требованиям СТР. Во втором случае стандарты используются для выполнения требований контрактов или иной документации на продукцию (процессы, услуги) с возможной последующей добровольной сертификацией на соответствие этим стандартам.

Для разрабатываемых СТР на продукцию, безопасность которой определяется технологическими процессами сварки, необходимо подготовить около 80—90 национальных стандартов РФ, гармонизированных с европейскими и международными стандартами (МС) [1]. При этом в обновленной программе разработки технических регламентов, принятой постановлением Правительства РФ от 29 мая 2006 г. № 781-р, предусмотрено создание более 30 СТР на продукцию, безопасность которой связана со сварочными технологиями.

Исходя из этого ОАО "Институт сварки России" предложил для программы разработки национальных стандартов на 2006 г. подготовку 20 первоочередных проектов стандартов, взаимосвязанных с разрабатываемыми проектами СТР и гармонизированных с международными аналогами. В их числе проекты следующих системообразующих и ссылочных национальных нормативных документов на ос-

нове международных стандартов, устанавливающих требования к качеству выполнения сварки и родственных процессов:

— ИСО 3834 (1—6) версии 2005 г. "Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов";

— ИСО 14554 (1—2):2000 "Требования к качеству сварки. Контактная сварка металлов";

— ИСО 14922 (1—4): 1999. "Термическое напыление — требования к качеству термически напыленных структур";

— ИСО/ТО 17663:2001. "Руководство по выбору требований к качеству термообработки сварных изделий".

Из всего перечня предложенных для разработки институтом проектов национальных стандартов Ростехрегулированием (бывшим Госстандартом России) профинансирована разработка только двух первых частей национального стандарта, гармонизированных соответственно с 1- и 2-й частями МС ИСО 3834 :2005; 3- и 4-я части данного стандарта готовились в инициативном порядке на средства института.

Актуальность разработки приведенных национальных документов определилась главным образом отсутствием в действующей отечественной нормативной базе стандартов, подобных им, на фоне их широкого применения в международной практике, в том числе и в России [2, 3].

Так, в странах СНГ (Украине и Белоруссии) стандарты ИСО 3834 версии 1994 г. были приняты в качестве национальных в 2002 г.

На российских предприятиях стандарты ИСО 3834/ ЕН 729 применяют или непосредственно (при выполнении зарубежных заказов), или в качестве основы в процессе разработки ведомственных и внутрифирменных отечественных документов, регламентирующих требования к отдельным элементам сварочного производства или к системе качества в целом.

В первом случае зарубежный заказчик требует от отечественных изготовителей сварочной продукции наличия системы качества для сварочного производства, соответствующей стандартам ИСО 3834 или ЕН 729 (ч. 2—4) и сертифицированной в зарубежном органе по сертификации, даже несмотря на действующую систему менеджмента качества (СМК) всего предприятия по МС ИСО 9001:2000 г. Это требование объясняется тем, что стандарт ИСО 9001:2000 г. носит общий характер и для "специальных процессов", к которым относится сварка, может применяться ограниченно. По этой причине для обеспечения и управления качеством сварочной деятельности необходимо использовать стандарты ИСО 3834/ЕН 729, учитывающие специфические требования к качеству выполнения процессов сварки и дополняющие требования стандарта ИСО 9001.

Во втором случае разработчики отечественной НТД, используя, как правило, неучтенные или устаревшие версии основных и ссылочных зарубежных стандартов, создают "гармонизированную" нормативную документацию, заведомо не соответствующую действующей зарубежной, а значит, и не имеющую оснований для взаимного признания.

Кроме того, в отечественной практике не проводится сертификация систем качества сварочных производств на соответствие стандартам ИСО 3834 или ЕН 729, в частности, из-за отсутствия их российских аналогов. И поэтому сертификацию систем качества на российских промышленных предприятиях, имеющих сварочные производства, приходится осуществлять на соответствие только стандарту ГОСТ Р ИСО 9001:2001, что является недостаточным для признания отечественной сварочной продукции зарубежными потребителями.

С учетом изложенного в 2006 г. специалисты Института сварки России разработали проекты первых четырех частей национального стандарта ГОСТ Р ИСО 3834, гармонизированных с МС ИСО 3834 (1—4) : 2005 г., которые в соответствии с действующими процедурами прошли стадию публичного обсуждения и представлены на согласование и утверждение в Ростехрегулирование¹. Пятую и шестую части ГОСТ Р ИСО 3834 планируется подготовить в 2007 г.

Разработанные проекты стандартов устанавливают для товаропроизводителей требования к организации сварочного производства и управлению качеством сварочной деятельности, гарантирующие качество и безопасность продукции,

¹ Стандарт ГОСТ Р ИСО 3834 (1-4) — 2007 "Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов" утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии. Дата введения 01.01.2008 г.

изготавливаемой сваркой плавлением. Стандарты предназначены для применения в первую очередь в законодательно регулируемой области как при производстве сварных конструкций, так и в процедурах обязательного подтверждения соответствия конечной продукции требованиям специальных технических регламентов:

- "О безопасности машин и оборудования";
- "О безопасности строительных материалов и изделий";
- "О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением свыше 0,07 МПа или при температуре нагрева воды свыше 115 °С";
- "О безопасности магистрального трубопроводного транспорта, внутрипромысловых и местных распределительных трубопроводов";
- "О безопасности подъемно-транспортного оборудования и процессов его эксплуатации" и т. п.

Кроме того, данные стандарты можно применять и в законодательно нерегулируемой области для демонстрации возможностей изготовителя производить сварочную продукцию, соответствующую требованиям, установленным контрактом или иным документом, при добровольной сертификации системы качества сварочного производства.

Для получения более полного представления о назначении, области распространения, структуре и требованиях разрабатываемых гармонизированных стандартов ГОСТ Р ИСО 3834 (1—6) автор предлагает рассмотреть международные аналоги ИСО 3834 (1—6):2005, использованные при подготовке названных национальных стандартов.

Общие сведения о стандартах ИСО 3834 (1—6):2005

В международных стандартах ИСО серии 9000 на системы менеджмента качества сварка классифицируется как "специальный процесс", т. е. процесс, результаты которого (степень соответствия сварных соединений установленным требованиям) нельзя в полной мере проверить контролем и испытаниями готовой продукции.

Поэтому для обеспечения качества сварных конструкций при их производстве поставщику необходимо:

- определить и выполнить весь диапазон требований к качеству технической подготовки сварочного производства и осуществлению сварочной деятельности, первоначально установив требования к продукции при анализе контракта и сопутствующей технической документации;
- предусмотреть меры и выполнить требования по поддержанию в заданных рамках значения тех показателей отдельных элементов производственного процесса, которые влияют на достижение запланированных технических характеристик готового сварного изделия.

Такие требования установлены в международных (ИСО 3834) и европейских (ЕН 729) стандартах, получивших признание и широкое распространение в зарубежной сварочной практике, в том числе в европейских директивах "Нового подхода".

Семейство международных стандартов ИСО 3834 версии 2005 г. под общим названием "Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов" разработано на основе ранее действующих стандартов ИСО 3834 (1—4): 1994 г. с учетом принципов, заложенных в стандарте ИСО 9001:2000 г.

Объем и содержание требований стандартов ИСО 3834 (1—4): 1994 г. в свою очередь сформировались в результате многолетней международной практической деятельности по стандартизации в области качества применительно к сварочному производству (ИСО 3834:78 "Сварка. Факторы, используемые для оценки предприятий, применяющих сварку в качестве основного способа производств", ИСО 6213:89 "Сварка. Факторы, которые необходимо учитывать для обеспечения качества сварных конструкций" и ряда других международных документов).

Новые стандарты относятся к так называемым "отраслевым" и применяются как в сочетании со стандартом ИСО 9001:2000 г. при наличии на предприятии сварочных производств, так и самостоятельно на специализированных сварочных предприятиях при создании и последующей сертификации системы менеджмента качества.

Эти стандарты по аналогии с прежней версией распространяются на любые области применения сварки плавлением при изготовлении различных сварных конструкций в промышленности, строительстве, на транспорте и в том числе на поднадзорных объектах (высоконагруженные сварные конструкции, трубопроводы, сосуды и аппараты, работающие под давлением, грузоподъемные механизмы, мосты, железнодорожный транспорт и т. п.).

Стандарты ИСО 3834:2005 охватывают весь диапазон требований к качеству подготовки сварочного производства и реализации сварочной деятельности на всех этапах производственного цикла.

Эти требования являются дополнительными по отношению к техническим требованиям на сварочную продукцию, но не альтернативными.

Технические требования в стандартах формализованы в элементы системы, которые необходимо изготовителю выполнить и предоставить документальные свидетельства этого при внутренних и сертификационных аудитах (табл. 1). Стандарты могут быть использованы:

— при заключении договора (контракта) для определения требований к качеству сварки;

— изготовителями для установления и выполнения технических требований, предъявляемых к качеству сварки;

— при разработке стандартов и правил, определяющих требования к качеству сварки;

— организациями, которые оценивают качество исполнения, например, независимыми испытательными лабораториями, заказчиками или производителями;

— внутренними и внешними организациями, включая органы по сертификации, для оценки способности изготовителя удовлетворять требованиям заказчика, правилам/нормам или требованиям самого производителя.

Требования для применения стандарта могут быть установлены:

— в стандартах на продукцию (изделие);

— в спецификациях контрактов;

— в законодательных и ведомственных документах.

Комплекс международных стандартов ИСО серии 3834:2005, являющийся эквивалентом европейских стандартов ЕН ИСО 3834:2005, состоит из шести стандартов (частей) и содержит:

— ч. 1. "Критерии выбора и применения соответствующего уровня требований к качеству";

— ч. 2. "Всесторонние требования к качеству";

— ч. 3. "Стандартные требования к качеству";

— ч. 4. "Элементарные требования к качеству";

— ч. 5. "Нормативные ссылки для выполнения требований стандартов ИСО 3834-2, ИСО 3834-3, ИСО 3834-4";

— ч. 6. "Руководство по применению стандартов ИСО 3834".

В первой части определены назначение, области применения и структура семейства стандартов ИСО 3834 (1—6), а также критерии выбора конкретного уровня требований к качеству в зависимости от степени опасности конкретной продукции, назначения, сложности сварных конструкций, технологических, организационных и иных сопутствующих факторов. Даны рекомендации по применению 2—4-й частей стандарта.

Здесь же приведены дополнительные требования к документации СМК сварочного производства из стандарта ИСО 9001:2000, которые необходимо учесть при разработке следующих процедур:

— управления документацией и записями (4.2.3, 4.2.4);

— ответственности руководства (ч. 5);

— обеспечения ресурсами (6.1);

— компетентности, осведомленности, подготовки персонала и утверждения соответствующего оборудования и аттестации персонала (6.2.2, 7.5.2 б);

— планирования процессов жизненного цикла продукции (7.1);

Номер по порядку	Элемент	ИСО 3834-2	ИСО 3834-3	ИСО 3834-4
1	Обзор (анализ) требований	Требуется обзор (анализ)		
		Требуется отчет	Может потребоваться отчет	Отчет не требуется
2	Обзор (анализ) технических требований	Требуется обзор (анализ)		
		Требуется отчет	Может потребоваться отчет	Отчет не требуется
3	Субподрядчик	Требования к субподрядчику рассматриваются как к изготовителю; ответственность по качеству остается на изготовителе		
4	Сварщики и сварочные операторы	Требуется квалификация		
5	Персонал надзора за сваркой	Требуется		Специальные требования отсутствуют
6	Персонал контроля и испытаний	Требуется квалификация		
7	Производственное и испытательное оборудование	Необходимое сварочное, термическое, механообрабатывающее, подъемно-транспортное, испытательное оборудование; защитные устройства		
8	Техническое обслуживание оборудования	Требуется для поддержания соответствия оборудования установленным требованиям		Специальные требования отсутствуют
		Требуется документированные планы и отчеты	Рекомендуются документированные планы и отчеты	
9	Перечень оборудования	Требуется перечень		Специальные требования отсутствуют
10	Планирование производственного процесса	Требуется		То же
		Требуется документированные планы и отчеты	Рекомендуются документированные планы и отчеты	
11	Инструкции на технологические процессы сварки	Требуются		"
12	Квалификация сварочных процессов	"		"
13	Испытания сварочных материалов	Если требуются	Специальные требования отсутствуют	
14	Хранение и применение сварочных материалов	Требуется процедура в соответствии с рекомендациями поставщика		В соответствии с рекомендациями поставщика
15	Хранение основных материалов	Требуется защита от влияния атмосферных воздействий; должны быть обеспечены идентификация и прослеживаемость основных материалов		Специальные требования отсутствуют
16	Термическая обработка после сварки	Необходимо подтверждение соответствия продукции требованиям стандарта или технических условий		Специфические требования отсутствуют
		Требуется технология и отчет		
17	Контроль и испытания перед, во время и после сварки	Требуется		Если требуется
18	Несоответствия и корректирующие действия	Осуществление мер контроля; требуются процедуры ремонта и/или исправления		Осуществление мер контроля
19	Калибровка и валидация измерительного, испытательного и контрольного оборудования	Требуется	Если требуется	Специальные требования отсутствуют
20	Идентификация процессов	Если требуется		То же
21	Прослеживаемость	То же		"
22	Записи по качеству	Если требуются		

- определения требований, относящихся к продукции (7.2.1);
- анализа требований, относящихся к продукции (7.2.2);
- закупки (7.4);
- валидации процессов производства и обслуживания (7.5.2);
- собственности потребителей (7.5.4);
- внутренних аудитов (8.2.2);
- мониторинга и измерения продукции (8.2.4).

Во 2— 4-й частях новой версии сохранены три уровня требований к качеству сварочных производств, которые могут быть использованы как при разработке СМК, так и при ее сертификации на соответствие конкретной части стандарта ИСО 3834, в том числе и в сочетании со стандартом ИСО 9001:2000 г. При этом изготовитель должен сам определить выбранный им уровень, если это не следует из требований для конкретного случая применения. В отличие от прежней версии эти части стандарта не содержат нормативных ссылок, связанных с выполнением требований к конкретному уровню качества.

Каждая последующая часть стандарта является менее полной в сравнении с предыдущей. Табл. 1 элементов системы требований к качеству демонстрирует их снижение от 2-й до 4-й части.

Требования к качеству сварки, содержащиеся в ч. 2 стандарта, применяют в следующих случаях.

1. Когда по условиям контракта от исполнителя требуется наличие на предприятии СМК, соответствующей стандарту ИСО 9001:2000.

2. Когда по условиям контракта от исполнителя требуется наличие на предприятии СМК, соответствующей иному стандарту, чем ИСО 2001-2000.

3. При разработке изготовителем собственной СМК в области сварки.

4. При установлении специальных требований на сварочную продукцию в нормативной документации или контракте между сторонами. В этом случае более уместным может быть применение 3-й или 4-й части стандартов ИСО 3834.

Ч. 2 стандарта ИСО 3834, как правило, применяется при изготовлении сварных конструкций ответственного назначения, высокой степени надежности и безопасности или подверженных воздействию значительных статических или динамических нагрузок.

Ч. 3 стандарта ИСО 3834 применяется в следующих случаях.

1. Когда по условиям контракта от исполнителя требуется наличие на предприятии СМК, соответствующей иному стандарту, чем ИСО 9001.

2. При разработке изготовителем собственной СМК в области сварки.

3. При установлении специальных требований на сварочную продукцию в нормативной докумен-

тации или контракте между сторонами. В этом случае предпочтительнее применять ч. 4 стандарта ИСО 3834:2005.

Эта часть стандарта применяется при изготовлении сварных конструкций, рассчитанных на обычные требования к надежности и на средние статические или динамические нагрузки.

Требования ч. 4 стандарта применяются на малых и средних предприятиях при изготовлении сварных конструкций, предназначенных для эксплуатации в условиях низких нагрузок и без требований надежности. В этом случае всю ответственность за качество продукции берет на себя изготовитель. Ч. 4 применяется в тех случаях, когда имеют место нижеследующие условия:

— от поставщика не требуется СМК в соответствии с ИСО 9001:2000 или аналогичных стандартов. Требования к качеству сварки могут быть сформулированы в руководстве по качеству изготовителя при разработке собственной СМК;

— требования к сварке сформулированы в договоре сторон или как ссылка в стандартах на продукцию, или когда контроль качества сварки имеет второстепенное значение для качества конечной продукции.

Упомянутые в таблице отчеты (записи) по качеству должны быть представлены в действующей СМК, как минимум, следующими документами:

— отчетами по результатам анализа контракта и технических требований конструкторской документации;

— документами по основным материалам;

— документами по сварочным материалам;

— перечнями документированных требований к процессам сварки;

— отчетами по техническому обслуживанию оборудования;

— отчетами о квалификации сварочных технологий;

— удостоверениями сварщиков и сварочных операторов;

— планами производства;

— удостоверениями персонала неразрушающего контроля;

— перечнями документированных требований к технологиям термической обработки и отчетами по термической обработке;

— отчетами и протоколами контроля и испытаний;

— протоколами размерного контроля;

— отчетами по исправлению брака;

— отчетами о несоответствиях и корректирующих действиях;

— другими формами регистрации, если требуется.

Ч. 5 МС ИСО 3834 содержит ссылочные стандарты, выполнение требований которых обеспечит

Таблица 2

Сварка	Стандарт ИСО	ИСО 3834: пункт		
		ч. 2	ч. 3	ч. 4
Дуговая	ИСО 9606 (1—5), ИСО 14732, ИСО 15618 (1—2) ИСО 14732 ИСО 14732 ИСО 9606-1	7.2	7.2	7.2
Электронно-лучевая				
Лазерная				
Газовая				
Примечание. Относится к сварщикам и операторам связи.				

товаропроизводителю соответствие системы качества его производства конкретной части (2—4-й) названного стандарта. Действие ссылочных стандартов распространяется на указанные в табл. 2—11 процессы сварки (дуговую, газовую, электронно-лучевую, лазерную или их совокупность).

Ссылочные стандарты представлены следующими основными группами.

1. Комплексы стандартов

1.1. "Аттестационные испытания сварщиков" (пять стандартов):

— ИСО 9606 (1—5).

1.2. "Требования и квалификация процессов сварки металлических материалов" (20 стандартов):

— ИСО 15607 — взамен ИСО 9956-1 (ЕН 288-1);

— ИСО 15609-2;

— ИСО 15609 (1, 3, 4) — взамен ИСО 9956-2 (ЕН 288-2), ИСО 9956-10 (ЕН 288-10), ИСО 9956-11 (ЕН 288-11);

— ИСО 15610 — ИСО 15613 — взамен ИСО 9956 (5—8) ЕН 288 (5—8));

— ИСО 15614 (1—2) — взамен ИСО 9956 (3; 4) (ЕН 288 (3—4));

— ИСО 15614 (3—8, 10);

— ИСО 15618 (1—2).

1.3. "Методы неразрушающего контроля в сварке" (семь стандартов):

— ИСО 9712;

— ИСО 17635—ИСО 17639;

— ИСО 17640.

2. Отдельные стандарты

2.1. ИСО 13916 "Измерение температуры предварительного нагрева, температуры между проходами и температуры сопутствующего подогрева при сварке".

2.2. ИСО 14555 "Дуговая сварка шпилек".

2.3. ИСО 14731 "Координация в сварке. Задачи и ответственность".

2.4. ИСО 14732 "Испытания и квалификация операторов полностью механизированной и автоматической сварки".

Таблица 3

Сварка	Стандарт ИСО	ИСО 3834: пункт		
		ч. 2	ч. 3	ч. 4
Дуговая Электронно-лучевая Лазерная Газовая	ИСО 14731	7.3	7.3	7.3
Примечание. Относится к персоналу надзора за сваркой.				

Таблица 4

Сварка	Стандарт ИСО	ИСО 3834: пункт		
		ч. 2	ч. 3	ч. 4
Дуговая Электронно-лучевая Лазерная Газовая	ИСО 9712	8.2	8.2	8.2
Примечание. Относится к персоналу неразрушающего контроля.				

Таблица 5

Сварка	Стандарт ИСО	ИСО 3834: пункт		
		ч. 2	ч. 3	ч. 4
Дуговая Электронно-лучевая Лазерная Газовая	ИСО 15609-1 ИСО 15609-3 ИСО 15609-4 ИСО 15609-2	10.2	10.2	10.2
Примечание. Относится к требованиям к процессам сварки.				

Таблица 6

Сварка	Стандарт ИСО	ИСО 3834: пункт		
		ч. 2	ч. 3	ч. 4
Дуговая	ИСО 15607, ИСО 15610, ИСО 15611, ИСО 15612, ИСО 15613, ИСО 15614 (1—8, 10)	10.3	10.3	Нет
Электронно-лучевая				
Лазерная				
Газовая				
Примечание. Относится к квалификации сварочных технологий.				

Таблица 7

Сварка	Стандарт ИСО	ИСО 3834: пункт		
		ч. 2	ч. 3	ч. 4
Дуговая Электронно-лучевая Лазерная Газовая	ИСО/ТО 17663	13	13	Нет
Примечание. Относится к послесварочной термической обработке.				

Таблица 8

Сварка	Стандарт ИСО	ИСО 3834: пункт		
		ч. 2	ч. 3	ч. 4
Дуговая Электронно-лучевая Лазерная Газовая	ИСО 13916, ИСО/ТО 17671-2, ИСО/ТО 17844 Нет " "	14.3	14.3	Нет
Примечание. Относится к контролю и испытаниям в процессе сварки.				

Таблица 9

Сварка	Стандарт ИСО	ИСО 3834: пункт		
		ч. 2	ч. 3	ч. 4
Дуговая Электронно-лучевая Лазерная Газовая	ИСО 17635, ИСО 17636, ИСО 17637, ИСО 17638, ИСО 17639, ИСО 17640	14.4	14.4	Нет
Примечание. Относится к контролю и испытаниям после сварки.				

Таблица 10

Сварка	Стандарт ИСО	ИСО 3834: пункт		
		ч. 2	ч. 3	ч. 4
Дуговая Электронно-лучевая Лазерная Газовая	ИСО 17662	16	16	Нет
Примечание. Относится к калибровке, проверке и испытанию оборудования.				

Таблица 11

Процесс	Стандарт ИСО	ИСО 3834: пункт		
		ч. 2	ч. 3	ч. 4
Приварка шпилек	ИСО 14555	Все, если требуются		
Алюмотермическая сварка/термитная сварка	Документы ИСО еще не готовы	Нет		
Примечание. Относится к другим процессам сварки плавлением.				

2.5. ИСО 17639 "Испытания с разрушением сварных швов из металлических материалов. Макро- и микроскопические исследования".

2.6. ИСО 17662 "Сварка. Калибровка и поверка оборудования, включая вспомогательное".

2.7. ИСО/ТО 17663 "Руководство по выбору требований к качеству термообработки сварных изделий".

2.8. ИСО/ТО 17671-2 "Сварка. Рекомендации для сварки металлических материалов. Дуговая сварка ферритных сталей".

2.9. ИСО 15620 "Сварка. Сварка трением металлических изделий".

2.10. ИСО/ТО 17844 "Сварка. Сравнение стандартизованных методов предотвращения холодных трещин".

В ч. 6 рассматриваемого стандарта содержатся указания по применению стандартов ИСО 3834.

ВЫВОДЫ

1. Разработанные на основе международных аналогов проекты национальных стандартов ГОСТ Р ИСО 3834 (ч. 1—4) под общим названием "Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов" представляют современную точку зрения международного сварочного сообщества на организацию сварочного производства и управление качеством сварочной деятельности, обеспечивающие безопасность и качество сварочной продукции.

2. Стандарты предписывают изготовителю исходя из требований, предъявляемых к сварочной продукции, выбрать и выполнить соответствующие ей требования к технической подготовке сварочного производства и качеству осуществления сварочных работ, начиная с анализа контракта и технической документации, включая планирование производственной деятельности, управление ресурсами, изготовление, контроль, испытания готовой продукции и заканчивая ее поставкой заказчику (в случае, если это не предусмотрено условиями контракта или иной документацией).

3. Технические требования к перечисленным основным элементам сварочного производства и качеству осуществления сварочной деятельности установлены в ч. 1—4 стандарта ГОСТ Р ИСО 3834 только в общем виде и формализованы в "систему менеджмента качества". Для выполнения общих требований изготовителю необходимо использовать ссылочные стандарты, содержащие конкретные технические требования к соответствующим элементам сварочного производства. Перечень ссылочных стандартов приведен в ч. 5 стандарта ИСО 3834:2005. Выполнение требований этих стандартов обеспечит соответствие системы менеджмента качества сварочного производства одной из

трех частей (2-, 3- или 4-й) приведенного стандарта ИСО 3834.

4. Разработанные проекты национальных стандартов предназначены для использования как в законодательно регулируемой области при осуществлении сварочной деятельности и в процедурах обязательного подтверждения соответствия конечной продукции требованиям специальных технических регламентов, так и в законодательно нерегулируемой области для демонстрации возможностей изготовителя производить сварочную продукцию, соответствующую контрактным или иным требованиям.

5. Для применения разработанного стандарта ГОСТ Р ИСО 3834 необходимо дополнительно подготовить национальные стандарты, гармонизированные со ссылочными стандартами ч. 5 МС ИСО 3834.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов В. В., Казаков В. А., Цукуров О. А. Деятельность технического комитета по стандартизации "Сварка и родственные процессы" (ТК-364) по выполнению закона РФ "О техническом регулировании" // Сварочное производство. 2006. № 12. С. 43—47.

2. Смирнов В. В., Цукуров О. А. Управление качеством продукции сварочных производств по требованиям стандартов ИСО 3834/ЕН 729 // Современные проблемы и достижения в области электротехнологий в XXI веке. С.-Петербург: СПбГТУ, 2001. С. 8—19.

3. Применение международных стандартов ISO 3834 — основа системы менеджмента качества сварочного производства / В. К. Шелег, А. И. Рожков, В. П. Кудинова, В. Л. Иванова // Сварка и родственные технологии: мировой опыт и достижения. Минск, 2001. С. 187—188.

4. Цукуров О. А., Смирнов В. В. Новые международные стандарты, регламентирующие требования к качеству сварочных производств // Соединение и резка материалов, покрытий. Минск, 2006. С. 50—55.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 621.791:658

**А. М. РОДИОНОВ, аспирант
"МАТИ" — РГТУ им. К. Э. Циолковского**

Оценка методов расчета численности специалистов организационных структур управления предприятиями

Для расчета численности аппарата управления используется множество методов, основными из которых являются метод аналогии, метод экспертных оценок, методы структуризации целей, функциональный метод, метод организационного моделирования, метод типовых структур и укрупненных нормативов численности специалистов.

Наибольшее распространение получил нормативный метод, предложенный в начале 60-х годов НИИ труда. В последующие годы этот метод совершенствовался и к настоящему времени НИИ труда сформулирован блочный метод, сочетающий нормативный (типовой) с аналитическим (поисковым) методом [1].

В соответствии с разработанными методическими рекомендациями необходимая численность ИТР и служащих определяется по функциям управ-

ления и формируется структура управления каждым промышленным предприятием в следующей последовательности:

— на основе принятых нормативов рассчитывается численность специалистов по каждой функции управления;

— определяется состав структурных подразделений по каждой функции управления;

— найденная численность распределяется между заводоуправлением и цехами;

— конкретизируется схема управления на основе принципиальной типовой структуры аппарата управления;

— разрабатываются конкретные положения о структурных подразделениях на основе типовых положений.

В методических разработках НИИ труда установлено единое для всех отраслей промышленности членение аппарата управления по функциям управления и приведена принципиальная схема управления предприятием, являющаяся основой для разработки отраслевых нормативов численности специалистов, а также типовых структур управления. При этом нормативы их численности разрабатываются на основе статистического анализа фактически сложившейся численности специалистов на предприятиях. Эти нормативы по функциям управления представляются в виде соответствующих формул, выражающих зависимость их численности от наиболее существенных факторов. Последние разделяются на два вида. К первому виду относятся факторы, определяющие масштаб производства, объем внешних связей, производственно-технические и хозяйственные особенности каждого предприятия, т. е. такие факторы, которые непосредственно влияют на трудоемкость работ по управлению предприятием. Ко второму виду относятся факторы, характеризующие систему и методы работы, используемые формы документации и другие организационные условия, т. е. такие факторы, от которых в значительной мере зависит производительность труда специалистов.

При определении необходимой численности специалистов факторы первого вида учитываются непосредственно путем подстановки соответствующих данных в расчетную формулу. Факторы второго вида учитываются косвенно в виде постоянного коэффициента, входящего в отраслевой норматив и отражающего средний уровень производительности труда специалистов на передовых предприятиях, и в виде поправочного коэффициента, учитывающего уровень оснащенности конкретного предприятия средствами механизации управленческого труда.

По функциям, содержание которых специфично для той или иной отрасли промышленности, выбор наиболее существенных факторов производится с учетом конкретных особенностей каждой отрасли.

При расчете численности специалистов в каждой отрасли учитывается степень оснащенности управленческого труда средствами механизации, оказывающими существенное влияние на производительность труда работников.

В связи с внедрением автоматизированных систем управления предприятиями и созданием производственных объединений НИИ труда разработаны типовые нормативы численности. Большое внимание в этих рекомендациях уделено созданию и взаимоувязке систем нормативных материалов различной степени укрупнения, унификации нормативных материалов различной степени укрупнения, унификации нормативов численности по

административно-хозяйственным и экономическим функциям управления и их группировке, анализу факторов, влияющих на трудоемкость выполняемых работ, группировке факторов в интегральные показатели, группировке предприятий, совершенствованию методики разработки нормативов централизации работ, соотношений численности и числа подчиненных, рекомендациям по использованию нормативов и норм.

Разработка типовых межотраслевых нормативов численности служащих (в рекомендациях под термином "служащие" понимаются все руководители, специалисты и технические исполнители), занятых в экономических и административно-хозяйственных службах, осуществлена с целью унификации отраслевых нормативов и совершенствования на этой основе методов планирования численности, материального поощрения служащих, а также распределения общей численности по функциям управления. Поскольку внедрение автоматизированных систем управления вносит существенные изменения в технологию и организацию управления, то при разработке нормативов численности служащих учитываются изменение в трудоемкости выполнения работ по всем функциям управления в условиях АСУ и особенности планирования численности работников, занятых разработкой АСУ и эксплуатацией технических средств.

Типовые межотраслевые нормативы численности служащих разработаны в виде системы нормативов различной степени укрупнения:

- общей численности служащих, занятых в экономических и административно-хозяйственных службах производственных объединений (комбинатов) и предприятий;
- по группам функций управления;
- по функциям управления.

При этом состав групп и функций управления определен так, как это представлено в таблице.

В качестве основного в рекомендациях принимается укрупненный норматив. Поэтому значения численности, полученные по нормативам меньшей степени укрупнения, корректируются таким образом, чтобы сумма по всем функциям управления точно соответствовала нормативной численности служащих, рассчитанной по укрупненному нормативу. Так, например, если по нормативу общей численности служащих расчетным путем установлена численность, равная 45 чел., а сумма нормативной численности по функциям управления составляет 50 чел., то нормативная численность работников по каждой функции управления корректируется на поправочный коэффициент, равный отношению этих величин, в данном примере на 0,9.

Нормативы численности служащих по функциям управления в рекомендациях представлены в

Наименование групп и функций управления	Назначение функций
Прогнозирование и планирование	Прогнозирование и планирование
Управление трудом и заработной платой	Организация труда и заработной платы Совершенствование организации труда и управления
Управление трудовыми ресурсами	Подбор, расстановка и использование кадров Подготовка кадров
Материально-техническое снабжение и сбыт готовой продукции	Организация снабжения сырьем, материалами и оборудованием Организация сбыта готовой продукции
Бухгалтерская и финансовая деятельность	Финансовое обеспечение деятельности предприятием Бухгалтерский учет и отчетность
Общее делопроизводство и хозяйственное обслуживание	Общее делопроизводство Хозяйственное обслуживание

виде математических форм и таблиц, которые выражают зависимость от наиболее существенных факторов, оказывающих влияние на трудоемкость выполняемых работ управления.

В конечном итоге нормативная численность служащих определяется как алгебраическая сумма трех составляющих. Первая из них учитывает факторы, характеризующие трудоемкость работ по выполнению трудовых функций управления, вторая составляющая — территориальную разобщенность производственных единиц, входящих в объединение, а третья составляющая — степень внедрения АСУ.

Возможен и аналитический метод расчета. При аналитическом методе расчета численности управленческого персонала для любой управленческой задачи определяется исходя из трудоемкости получения одного результата (документа) в течение заданного периода времени. Затем определяется суммарный объем затрат на решение любой управленческой задачи, на основе которого рассчитывается количество работников аппарата управления для реализации данной задачи управления по формуле

$$N = T_{zir} / \Phi_r, \quad (1)$$

где T_{zir} — суммарная годовая трудоемкость решения данной i -й задачи, чел/ч; Φ_r — полезный годовой фонд времени работы одного работающего, чел/ч.

Полезный фонд времени одного работающего в свою очередь определяется исходя из количества

рабочих дней в году D_p , продолжительности рабочего дня t_d и потерь рабочего времени по формуле

$$\Phi_r = D_p t_d \&, \quad (2)$$

где $\&$ — коэффициент, учитывающий потери рабочего времени во время отпусков, болезней и других видов регламентированных потерь рабочего времени.

Аналитический метод следует считать наиболее оптимальным, так как он учитывает специфические особенности предприятий и исходит из трудоемкости управленческих задач и функций управления.

Структура аппарата, как и его численность, не является чем-то раз навсегда застывшей. Она находится в постоянном движении под воздействием развития техники, технологии производства, методов и форм организации производства.

В настоящее время характерно масштабное вовлечение работников предприятий в активное участие в управлении, массовое обучение новым методам работы, а также массовое переобучение персонала. Поэтому одной из важнейших проблем является проблема управления персоналом.

До последнего времени само понятие "управление персоналом" в управленческой практике отсутствовало, хотя в организационных структурах управления предприятиями были отделы кадров. Но последние не являлись ни методическим, ни информационным, ни координирующим центром кадровой работы.

Считается, что концепция управления персоналом имеет "национальный оттенок". В США, например, она прагматична: человек рассматривается как ресурс, к которому нужно бережно относиться и вложения должны окупаться. В Японии человек не только ресурс, но и самостоятельная ценность: здесь значительна роль корпоративной культуры и организационных ценностей. В России до своей концепции еще "не дошли руки", но традиционный отечественный менеджмент подходит к каждому человеку в отдельности как к чему-то второстепенному. Однако же в настоящее время в нашей стране начинает складываться собственная система управления персоналом. И если в условиях командно-административной системы эти задачи рассматривались как второстепенные, то при переходе к рынку они выдвигаются на первый план.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Общепромышленные методические рекомендации по разработке организационных структур управления для производственных объединений и предприятий.* М.: Экономика, 1988.
2. *Типовые межотраслевые нормативы численности служащих, занятых в экономических и административно-хозяйственных службах производственных объединений (комбинатов) и предприятий.* М.: НИИ труда, 1979.

Организация учебной практики студентов Тольяттинского государственного университета специальности 150202

Согласно учебному плану специальности 150202, после первого курса проводится учебная практика. Цель практики — подготовка студентов к изучению специальных дисциплин учебного плана специальности 150202. Следует отметить, что учебная практика влияет на формирование будущего специалиста. Многие впервые сталкиваются с реальным производством. Студенты учатся анализировать производственный процесс, обобщают собранный на базе практики материал при оформлении отчета.

Однако кризисные явления в промышленности в середине 90-х годов привели к сужению баз практики. В ряде случаев студенты проходили практику на предприятиях, деятельность которых не имела отношения к будущей специальности, как следствие, были формализованы требования к отчетным материалам.

После преодоления кризиса в промышленности перед коллективом кафедры встала задача поднять уровень практики после первого курса до прежнего и даже превзойти его. Проводимая в течение ряда лет работа позволила создать следующую систему организации практики первого курса.

Работа по организации практики начинается в первом семестре. Проводится общее собрание, на котором до сведения студентов доводят сроки проведения практики, цели и задачи практики, список баз практики, предлагаемый университетом, особенности организации практики и заключения договоров с предприятиями. Особо подчеркивается важность проведения практики для формирования будущего специалиста. Отмечаются особенности подготовки и оформления отчета по практике, доводится до сведения процедура защиты отчета.

В качестве баз практики кафедрой выбираются промышленные предприятия соответствующей специальности направленности, учебно-производственные подразделения и лаборатории университета. Большую часть студентов направляют в АО "АвтоВАЗ", в цеха сборки и сварки кузовов автомобилей семейства ВАЗ 2105, ВАЗ 2108, ВАЗ 2110 и ВАЗ 1118.

Отдельные студенты самостоятельно выбирают базу практики с учетом перспектив будущего трудоустройства, в том числе и в других городах. Студенты устраиваются на работу в соответствии с полученным разрядом при обучении рабочей специальности.

В начале второго семестра проводятся ознакомительные экскурсии на предприятия соответствующего профиля. Таким образом, к началу практики студенты получают основные представления о сварочном производстве и работе сварочного оборудования.

Перед практикой на общем собрании студентам зачитывают приказ о распределении студентов по предприятиям, дается исчерпывающий инструктаж, особенно в части сбора материала для оформления отчета по практике. Во время практики преподаватели проводят регулярные консультации, на которых даются пояснения по сбору материала на предприятии и его обработке. Периодически проверяют наличие студентов на рабочих местах, ведут работу с производственным персоналом.

Особое внимание уделяется подведению итогов практики. В установленный заранее срок студент сдает руководителю практики от университета отчет по практике вместе с дневником и отзывом о работе студента на предприятии, подписанные непосредственным руководителем практики от предприятия и заверенные печатью. Отчет должен содержать введение, описание свариваемого изделия с чертежами, технологии сборки и сварки изделия и сварочного оборудования, на котором работал студент, краткую аннотацию о проведенных экскурсиях, выводы по результатам практики и предложения по организации практики, список литературы. Таким образом, закладываются навыки, необходимые впоследствии студентам при курсовом и дипломном проектировании. Защита отчета по практике студентами производится перед комиссией, назначаемой заведующим кафедрой. Как правило, в комиссию включают двух-трех преподавателей кафедры.

Завершает итоги практики студенческая конференция, которую проводят в третьем семестре, в конце сентября. На конференции авторы наиболее интересных отчетов делают доклады.

Таким образом, в процессе подготовки к практике, непосредственно при прохождении практики, при подготовке отчета студенты знакомятся со сварочным производством, его структурой, технологиями, оборудованием, учатся работать с нормативной и технической документацией, научно-технической литературой. Выступая на конференции, студенты учатся доводить свои знания до слушателей. Все это закладывает основы будущего специалиста.

9-я Международная практическая конференция "Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки"

В Санкт-Петербурге 10—13 апреля 2007 г. состоялась 9-я Международная практическая конференция "Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки", организованная научно-производственной фирмой "Плазмацентр" и Санкт-Петербургским государственным политехническим университетом.

Более 25 периодических изданий являлись информационными партнерами конференции.

В работе конференции участвовали около 350 специалистов в области ремонта и эксплуатации техники различных отраслей экономики и городских хозяйств администраций субъектов РФ, крупнейших российских промышленных организаций, предприятий и организаций Украины, Белоруссии, Казахстана, Азербайджана, Молдавии, Армении, Нидерландов и Германии.

Основные проблемы, рассматриваемые на конференции, относились к различным технологиям диагностики и дефектации, мойки и очистки, восстановления заданной геометрии, упрочнения и восстановления свойств поверхности, механической обработки нанесенных покрытий, окраски и консервации, маслам, смазкам, присадкам, процессам трения и изнашивания, защите от коррозии, конструкционным и эксплуатационным методам повышения долговечности различных деталей и изделий.

Всего были представлены более 60 докладов. Среди выступающих были представители Москвы, Санкт-Петербурга, Екатеринбурга, Белгорода, Воронежа, Кирова, Волгограда, Нижнего Тагила, Твери, Ростова-на-Дону, Новосибирска, Тюмени, Уфы, Читы, Кировограда, Луганска, Мариуполя, Минска, Кишинева, Еревана и др. Каждая организация, представившая доклад, была отмечена почетным дипломом, представителям промышленности выдавались свидетельства о повышении квалификации в области знаний технологий ремонта.

Во вступительном слове председателя Комитета экономического развития, промышленной политики и торговли Санкт-Петербурга А. И. Сергеева отмечалось, что конференция — значительное событие в научно-промышленной сфере, направленное на поддержание функционирования промышленной продукции, а также средств технического и технологического оснащения производств.

Материалы конференции изданы двухтомным сборником (950 с). В сборник вошли доклады специалистов России, Украины, Белоруссии, Казахстана, Молдовы, Азербайджана и Армении. На конференции также распространялся диск с докладами всех предшествующих и текущей конференций.

Традиционно для участников конференции было организовано посещение промышленных участков по восста-

новлению и нанесению функциональных покрытий с использованием технологий газотермического напыления и наплавки. На выставочных площадях участникам конференции демонстрировалось новое поколение оборудования, разработанное специалистами НПФ "Плазмацентр" для финишного плазменного упрочнения инструмента и деталей технологической оснастки.

В рамках конференции прошла школа-семинар "Все методы повышения стойкости инструмента, штампов, пресс-форм и другой технологической оснастки", на которой были освещены практически все известные в России и за рубежом технологии упрочнения инструмента и оснастки, продемонстрирован в работе новый процесс финишного плазменного упрочнения с нанесением алмазоподобного покрытия, за несколько минут обработки изделий многократно повышающий их стойкость.

Участники конференции отметили следующее:

— существенно активизировались работы по применению новых наукоемких технологий для ремонта, особенно упрочнения ответственных деталей и инструмента. Широко используются плазменные, лазерные и другие высокоэффективные процессы для продления ресурса работы дорогостоящих деталей, инструмента и технологической оснастки;

— нанотехнологии выходят из исследовательских лабораторий и все шире применяются для упрочнения различных изделий;

— взаимно интересные, часто совместные, работы проводятся различными группами исследователей в СНГ;

— международные конференции подобного формата являются эффективным средством, способствующим развитию различных секторов экономики как в России, так и в других странах.

Участники конференции приняли решение:

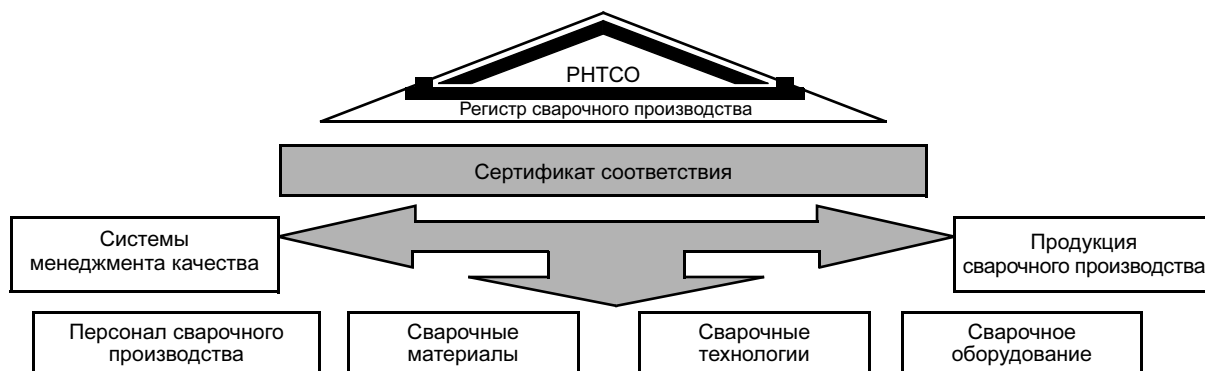
— поддержать инициативу организатора данной конференции — НПФ "Плазмацентр" по созданию в Санкт-Петербурге Центра технологий ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования и инструмента, основная цель которого — оказание информационных услуг по решению проблем ремонта, восстановления и упрочнения и предоставление информации об исполнителях данных работ;

— на сайте НПФ "Плазмацентр" (www.plasmacentre.ru) открыть постоянно действующий форум "Проблемы ремонта, восстановления и упрочнения", сформировать банк данных исполнителей технологий ремонта, восстановления и упрочнения.

Н. Л. Иванова, инж.
НПФ "Плазмацентр" (Санкт-Петербург)

Внимание! Информация

Российским научно-техническим сварочным обществом (РНТСО) на базе своего научно-технического и кадрового потенциала, а также опыта работы в международных организациях (IIW, EWF и др.) разработана система добровольной сертификации сварочных производств (Регистр СП РНТСО) в соответствии с требованиями международных норм и стандартов.



Система зарегистрирована в Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии, регистрационный номер РОСС. RU.3383.04EA00 от 15.12.2006 г.

В настоящее время система проходит производственную апробацию на ряде промышленных предприятий, отзывы о ней положительные. Эта система направлена на повышение качества и надежности продукции сварочного производства и включает в себя все элементы оценки сварочного процесса как специального процесса в соответствии с ISO 9001 и ISO 3834. Отличительная особенность этой системы заключается в том, что она является межотраслевой со строго ориентированной сварочной направленностью. В этой связи область ее применения не ограничена.

Система разработана на базе современных европейских и международных подходов с использованием соответствующих стандартов серии EN и ISO. Это особенно актуально в преддверии вступления РФ в ВТО. В связи с этим систему можно рассматривать как переходный (подготовительный) этап для вступления в международную систему сертификации с соответствующим взаимным признанием.

С появлением этой системы у отечественного производителя появляется возможность сравнения (в том числе с учетом зарубежного опыта) и выбора наиболее приемлемой системы сертификации для оценки своей продукции.

Регистр СП РНТСО располагает необходимой нормативно-методической документацией в области сертификации сварочных производств, соответствующей современным международным требованиям и стандартам.

Применение в России единых с Европой критериев при сертификации объектов сварочного производства предоставляет отечественному изготовителю равные права на международном (европейском) рынке.

РНТСО приглашает к сотрудничеству предприятия сварочного профиля по объектам сертификации, а также и аккредитации соответствующих сертификационных центров в рамках Регистра СП РНТСО.

Дополнительную информацию о Регистре СП РНТСО Вы можете получить

на сайте: www.prometey.ru;

E-mail: info@prometey.ru

в разделе "Стандарты РНТСО"

*Контактные телефоны: (49672) 6-27-84; (495) 730-75-14;
(499) 946-28-46; (499) 191-20-40*

УДК 621.791.(05)(-87):016

Содержание зарубежных журналов по сварке¹

QUARTERLY JOURNAL OF THE JAPAN WELDING SOCIETY (Vol. 24, N 2 (May), 2006, Япония)

Tashiro Sh. et al. Физические свойства плазмы, содержащей пары металла, при дуговой сварке в гелии вольфрамовым электродом. Р. 143—148.

Naito Ya. et al. Рассмотрение характеристик проплавления, механизма предупреждения пористости и потоков в жидкой ванне в процессе гибридной лазерно-дуговой сварки. Р. 149—161.

Oku K. et al. Остаточные напряжения, образующиеся при сварке оплавлением катаных сталей двутаврового профиля и их особенности. Р. 162—167.

Nishikawa H. Современное применение крупномасштабного метода конечных элементов для анализа механических задач при сварке. Р. 168—173.

Ishikawa T. et al. Свойства соединений, выполненных сваркой трением с перемешиванием на коррозионно-стойкой аустенитной стали. Р. 174—180.

Sakakibara N. et al. Разработка высококачественного термического напыления с помощью контролируемой защитной плазмы. Р. 181—186.

RIVISTA ITALIANA DELLA SALDATURA (An. LIX, N 1, 2007)

Murgia M. Возникновение усталостных напряжений, классические методы измерения, предупреждения и устранения. Р. 23—39.

Wilden J. et al. Диффузионная сварка применительно к изготовлению быстрорежущих инструментов с внутренними каналами. Р. 43—50.

Traversa F. et al. Физические факторы (шум, излучение и микроклимат) и их влияние на здоровье сварщиков. Р. 53—63.

Lezzi F. Основные проблемы сварки под водой. Р. 65—73.

Fontana E. Применение акустической эмиссии как метода неразрушающего контроля для оценки целостности сосудов давления. Р. 75—78.

Natale U. et al. Экспериментальный анализ цилиндрического паяного соединения из двух разных металлических материалов: 52NiCrMo6-G30. Р. 81—87.

Seib E., Koçak M. Анализ разрушения сварных соединений, свойства которых ниже свойств основного металла, выполненных на тонкостенных конструкциях, с использованием метода FITNET. Р. 91—102.

Применение ультразвукового контроля сварных соединений. Р. 105—110.

SCHWEISSEN UND SCHNEIDEN (N 3, 2007, Германия)

Первая выставка "Сварка и резка в России" в мае 2007 г. S. 121—122.

Новое поколение горелок для плазменной сварки. S. 124—125.

Keimig B. И на малых предприятиях роботизированная сварка эффективна. S. 125—127.

Jianchun. Ji. Геометрия шва, выполненного гибридной сваркой на алюминиевых сплавах (Nd:YAG-лазер + сварка в смеси защитного газа). S. 130—137.

Wilden J., Bruns C. Нанотехнологии — инновационный потенциал и проблемы сварочной техники. S. 146—155.

Schambach B. Обсуждение проекта стандарта ISO 9606-1 "Аттестация сварщиков стали" в Германии. S. 156—157.

Zwatz R. Заседание комитета ISO/TC44/SC11 в Лондоне. S. 157—158.

TWI CONNECT (Issue 147 (March/ April), 2007, Англия)

Новая дешевая и уникальная система наблюдения за дугой в реальном масштабе времени. Р. 1—2.

Программа испытаний сосудов давления для хранения водорода, запущенная в Британском институте сварки. Р. 3.

Расходуемые материалы для дуговой сварки под флюсом. Р. 4—5.

Автоматизированная система контроля с печатной платой. Р. 6.

Дым и пары, образующиеся при сварке, и ваше здоровье — рекомендации органов здравоохранения и безопасности. Р. 8.

WELDING AND CUTTING (N 2, 2007, Германия, Англия, Франция)

Фирма Corns разрабатывает новый метод сварки стали с алюминием. Р. 64.

Herzfeld D. Преимущества использования специальной головки при орбитальной сварке в монтажных условиях. Р. 66—67.

Скоростное газопламенное напыление (HVOF) — последние разработки позволяют повысить экономическую эффективность поверхностной обработки. Р. 70—73.

Reimer G. Компенсационная система для роботизированных пушек, используемых при точечной контактной сварке. Р. 75.

Fischer A. et al. Скоростные цифровые изображения сварочных процессов с синхронизированной записью сварочных параметров. Р. 78—80.

Jenicsek A., Cramer H. Повышение несущей способности соединений из разнородных металлов, выполненных приваркой шпилек. Р. 86—90.

Paglia Ch. S., Buchheit R. G. Влияние газопламенной термической обработки после сварки с помощью пропановой горелки на механические и коррозионные свойства со-

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).

единения 2219-T87, выполненного сваркой трением с перемешиванием. Р. 96—102.

Hilkes J., Neessen F. Сварка 9 %-ной никелевой стали, применяющейся для хранения сжиженного природного газа. Р. 103—112.

ZVARANIE — SVAROVANI (Roc. 55, N 9, 2006, Словакия)

Drotár A. et al. Оценка причин разрушения парового коллатора диаметром 273 × 28 мм. Р. 239—242.

Mráz L. Проблемы производства конструкций и изделий из оцинкованной стали. Р. 243—248.

Kováčik M., Hyža R. Применение методов ультразвукового контроля TOFD и фазовой решетки для испытания длительно эксплуатирующихся сосудов давления. Р. 252—254.

(Roc. 55, N 10, 2006, Словакия)

Juhás P. Характеристики отклонения сечения сварных стальных элементов. Р. 271—282.

Shribman V., Tomer Y. Магнитно-импульсная сварка для улучшения соединения труб. Р. 283—287.

Koubek P. Энергетические аспекты использования сварочных установок с трехфазным источником питания. Р. 288—292.

(Roc. 55, N 11—12, 2006, Словакия)

Bernasovský P. et al. Анализ трещинообразования в кольцевом шве колена трубы из стали DN 1400. Р. 299—302.

Vrbenská H. Соединение хрома (VI) в переходных паспированных слоях применительно к автомобильной промышленности. Р. 303—307.

УДК 621.791(088):16

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

Устройство для диффузионной сварки содержит сварочную камеру со смотровым окном для визуального наблюдения за процессом. Отличается тем, что для повышения надежности контроля путем обеспечения визуального наблюдения за невидимой зоной сварного соединения на внутренней поверхности сварочной камеры, противоположной смотровому окну, симметрично установлены два зеркальных отражателя под углом 45° к плоскости, проходящей через ось смотрового окна и сварочной камеры. 1508464 (A1). В. Г. Ломоносов, А. С. Пуховский, В. А. Исаев. [20].

Способ диффузионной сварки, при котором на свариваемой поверхности одной из свариваемых деталей выполняют, по меньшей мере, три выступа. Отличается тем, что для снижения трудоемкости процесса выступы выполняют путем локальной пластической деформации участков боковой поверхности, граничащих со свариваемой поверхностью. 1570170 (A1). В. Г. Ломоносов, Б. А. Белявский, А. И. Исаев, В. П. Антонов. [20].

Стол для термической резки листового металла содержит раму с установленными на ней рядами последовательно расположенных с возможностью вращения опорных элементов для листа. Отличается тем, что для повышения производительности путем сокращения времени на вспомогательные операции по перемещению листа, а также повышения эффективности отсоса вредных выделений стол снабжен дополнительной рамой с опорными элементами

* 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; У1 — свидетельство РФ на полезную модель.

для листа, опорные элементы основной и дополнительной рам выполнены в виде дисков, при этом диски основной рамы установлены перпендикулярно дискам дополнительной рамы, рамы установлены одна в другой с возможностью переменного перемещения в направлении, перпендикулярном плоскости опорных дисков. 1573661 (A1). В. Г. Воронцов, И. И. Богданова, В. М. Буянова и др. [20].

Горелка для дуговой сварки неплавящимся электродом в защитных газах содержит корпус цангодержателя с цилиндрической поверхностью у его рабочего торца, приваренный к токогазопроводу, установленную в корпусе цангу для крепления неплавящегося электрода и сопло, выполненное с цилиндрической поверхностью, переходящей в коническую, и затем в цилиндрическую у рабочего торца. Отличается тем, что на поверхности корпуса цангодержателя установлен асбестоцементный изолятор с посаженной на него латунной втулкой, зафиксированный на корпусе при помощи прижимного кольца-рассекателя с цилиндрической поверхностью, переходящей в коническую с радиальными отверстиями, перпендикулярными оси сопла, которое закреплено на латунной втулке. 2280545 (C2). В. Е. Орехов (RU). [21].

Инструмент для фиксации лопаток и его применение для сварки лопаток трением отличается тем, что содержит раму с боковыми удерживающими поверхностями, выполненными с возможностью поперечного удержания лопатки, верхняя из которых расположена вблизи верхней части устанавливаемой лопатки, и две нижние — вблизи нижних частей передней и задней кромок лопатки, подвижный замок, установленный на раме напротив верхней удерживающей поверхности, две подвижные зажимные губки, установленные на раме с возможностью перемещения в направлении к нижним частям передней и задней кромок устанавливаемой лопатки, приблизительно совпадающих, но не совмещенных, и также установленные приблизительно по направлению к нижним удерживающим поверхностям, систему управления зажимными губками и две горизонтальные удерживающие поверхности. 2280546 (C2). А. К. Ф. Колло (FR), Ж.-П. Ферт (FR). "Снекма Мотер" (FR). [21].

Способ снятия остаточных напряжений в сварных соединениях металлов аустенитного класса включает внешнее воздействие на металл и ОШЗ. Отличается тем, что внешнее воздействие осуществляют в процессе кристалли-

защиты металла введением в ОШЗ ультразвуковых колебаний частотой 22,1—22,7 кГц. 2280547 (С2). А. И. Трофимов (RU), С. И. Минин (RU), В. Н. Дементьев (RU). Обнинский государственный технический университет атомной энергетики. [21].

Флюс для низкотемпературной пайки алюминия и его сплавов содержит триэтанолламин и активатор. Отличается тем, что содержит загуститель — ацетамид, а в качестве активатора — бифторид аммония при следующем соотношении компонентов (%): 43—75 триэтанолламина; 25—50 бифторида аммония; 0—7 ацетамида. 2280548 (С1). В. Е. Дьяков (RU). [21].

Способ соединения теплообменных труб с трубной решеткой, при котором к трубной решетке со стороны межтрубного пространства прикрепляют накладку из листового припоя, выполняют в трубной решетке и припое отверстие для труб, осуществляют сборку трубной решетки с трубами, обеспечивая превышение концов труб над внешней поверхностью решетки, наносят слой металлического наполнителя на внешнюю поверхность решетки, производят нагрев до температуры пайки и охлаждение. Отличается тем, что для повышения качества соединения при использовании цилиндрической или полусферической трубной решетки и нагреве электронным лучом накладку из припоя деформируют с радиусом, равным радиусу решетки, отверстия под трубы в припое и решетке выполняют до прикрепления припоя к решетке, а перед нанесением слоя наполнителя между концами труб вертикально устанавливают дополнительные полосу листового припоя с образованием вокруг концов труб отдельных карманов, в которые на слой наполнителя наносят слой порошкового припоя. 1401767 (А1). Е. А. Андрианов, А. В. Барсуков, З. П. Медведев и др. [21].

Установка для закрепления труб в трубных досках теплообменника содержит лазер, афокальную систему, фокусирующую систему и аксион. Отличается тем, что для повышения производительности установка снабжена дополнительным лазером, афокальной системой, фокусирующей системой в виде тороидального параболического зеркала с внутренней отражающей поверхностью и аксионом, выполненный в виде конуса с наружной отражающей поверхностью с углом при вершине, большим 90°; аксион выполнен в виде конуса с наружной отражающей поверхностью и эквидистантно установленного относительно него усеченного конического зеркала с внутренней отражающей поверхностью. 1431200 (А1). А. В. Фабриков, В. М. Кирсанов. [21].

Способ соединения труб с трубными досками высококонцентрированным лучевым источником энергии, при котором в процессе электроэрозионной или электрохимической обработки в трубных досках при помощи труб получают отверстия, трубы устанавливают в эти отверстия и сваривают их с трубными досками. Отличается тем, что для повышения прочности сварных соединений при использовании в качестве источника энергии лазерного луча на торцевые поверхности трубных досок и труб предварительно укладывают фольгу из материала с температурой плавления выше температуры плавления материала свариваемых деталей и закрепляют ее, а последние сваривают колеблющимся по поверхности фольги лучом, фокус которого загибают в трубной доске. 1424260 (А1). М. М. Милько. [21].

Установка для лазерной обработки материалов содержит лазер, фокусирующую зеркальную систему и металлический зеркальный преобразователь пучка лазерного излучения из круглого в кольцевой. Отличается тем, что для повышения эксплуатационных характеристик установки преобразователь выполнен в виде фазовой дифракционной решетки с концентрическими кольцевыми пазами. 1476751 (А1). О. И. Смоктий, А. В. Фабриков, А. В. Шишкин. [21].

Устройство для диффузионной сварки содержит высокочастотный индуктор, термопару и узел ее крепления. Отличается тем, что для упрощения контроля процесса сварки путем исключения операции приварки спая термопары к свариваемой детали узел крепления термопары выпол-

нен в виде втулки с наружной резьбой и резьбовым отверстием с винтом, установленной в отверстии диэлектрической пластины, закрепленной на индукторе, а термопары установлена в отверстии втулки. 1466135 (А1). В. Г. Ломоносов, А. С. Пуховский, В. А. Исаев. [21].

Способ контроля процесса диффузионной сварки по температуре нагрева технологических элементов, устанавливаемых между пуансоном и свариваемыми деталями, при котором о стабилизации температуры нагрева в зоне соединения судят по интенсивности свечения технологических элементов. Отличается тем, что для повышения точности и упрощения процесса контроля в качестве технологических элементов берут два коаксиально расположенных цилиндра, в наружном из которых вдоль образующей выполняют равноудаленные смотровые окна, а о стабилизации температуры нагрева судят по интенсивности свечения цилиндров. 1394589 (А1). В. Г. Ломоносов, И. С. Любашенко, В. А. Исаев. [21].

Машина газовой резки содержит корпус с электроприводом, снабженный направляющей, на которой установлена каретка с электроприводом и закрепленным на ней кронштейном с резаком, имеющим сопло. Отличается тем, что машина снабжена дополнительным резаком, установленным на одном кронштейне с основным резаком, причем дополнительный резак оснащен защитным экраном, закрепленным на нем со стороны сопла. 54841 (U1). О. В. Федонин (RU), В. Ф. Дьяченко (RU), М. И. Сафин (RU) и др. ОАО "Магнитогорский металлургический комбинат" (RU). [21].

Устройство для газовой резки металлов включает каретку, имеющую возможность горизонтального возвратно-поступательного движения, на которой шарнирно установлен рычаг с закрепленным основным резаком. Отличается тем, что на каретке консольно установлена штанга, на конце которой закреплен дополнительный резак с возможностью вертикального перемещения, ось которого параллельна перемещению каретки. 54842 (U1). В. Ф. Дьяченко (RU), В. И. Шмаков (RU), И. М. Захаров (RU) и др. ОАО "Магнитогорский металлургический комбинат" (RU). [21].

Устройство для удаления грата содержит корпус с размещенными в нем трубками подогревающего и режущего кислорода и газовой, на торце которого установлена головка с соосно размещенным в ней соплом. Отличается тем, что головка и сопло установлены по отношению к корпусу так, что их оси симметрии взаимно перпендикулярны. 54843 (U1). А. В. Сарычев (RU), М. И. Сафин (RU), Ю. Б. Снегирев (RU). ОАО "Магнитогорский металлургический комбинат" (RU). [21].

Автомат для сварки толстолистового металла мостовых конструкций содержит корпус с закрепленными на нем ведущими и направляющими колесами, держателем для бухты электродной проволоки, электродвигателем с редуктором для ведущих колес и редуктором для перемещения электродной проволоки через ведущий ролик, бункером для флюса, сварочным мундштуком с ведущим роликом и прижимным роликом, который подпружинен от корпуса с помощью прижимной пружины, источник питания с токоподводящими проводами для сварочной дуги и токопроводящими проводами для электродвигателя, при этом нижние точки направляющего и ведущих колес расположены в единой опорной плоскости, а низ сварочного мундштука возвышается над этой плоскостью на определенную величину. 54844 (U1). В. Г. Гребенчук (RU), И. В. Гребенчук (RU), Д. Н. Парышев (RU) и др. ЗАО "Курганстальмост" (RU). [21].

Система подачи инертного газа к соплу сварочной горелки содержит баллон с инертным газом, ротаметр, редуктор, схему управления, рабочий клапан и переключатель. Отличается тем, что рабочий и настроечный клапаны установлены по обе стороны ротаметра, причем настроечный клапан расположен после ротаметра. 54845 (U1). В. В. Анохин (RU), П. П. Котенжи (RU). ФГУП "Воронежский механический завод" (RU). [21].

Машина для контактной точечной сварки арматуры содержит каркас, бухтодержатель, правильное устройство, сварочный узел, подающий механизм в виде пневматического цилиндра с захватом и механизм резки с рубящим ножом. Отличается тем, что подающий механизм снабжен дополнительным пневматическим цилиндром, расположенным в приконтактной зоне под углом к горизонтальной плоскости, причем механизм резки содержит упор и расположен таким образом, что расстояние от центральной технологической оси до рубящей кромки ножа равно расстоянию от центральной технологической оси до упора. 54846 (U1). В. В. Батищев (RU). [21].

Установка точечной контактной сварки содержит сварочную машину, промышленный робот с установленными на руке сварочными клещами с электродами, систему управления, стол с размещенным на нем устройством закрепления свариваемой дистанционирующей решетки, выполненным в виде многоулачкового патрона с губками, охватывающими

периметр решетки. Отличается тем, что многоулачковый патрон оснащен платформой, в которой выполнено глухое отверстие под втулку, при этом глубина отверстия соответствует размеру выступа втулки относительно ячейки дистанционирующей решетки, а платформа снабжена фиксаторами дистанционирующей решетки, выполненными с возможностью расположения в ячейках дистанционирующей решетки, ориентиром дистанционирующей решетки, выполненным с возможностью размещения в одном из канальных отверстий дистанционирующей решетки, и подпружиненной планкой, закрепленной на платформе с возможностью перемещения в направлении втулки и оснащенной с торца базовым элементом, выполненным с возможностью захода в паз втулки. 54847 (U1). А. В. Чиннов (RU), М. Г. Зарубин (RU), Н. А. Липухин (RU). ОАО "Новосибирский завод химконцентратов" (RU). [21].

Н. Посметная

В. Н. ЛАСТОВИРЕ — 60 лет

Исполнилось 60 лет известному ученому и специалисту в области автоматизации сварочных процессов, заведующему кафедрой "Оборудование и технология сварочного производства" Московского государственного индустриального университета, профессору, д-ру техн. наук Вячеславу Николаевичу Ластовиру.

После окончания в 1971 г. МВТУ им. Н. Э. Баумана В. Н. Ластовирия работал на кафедре сварки МВТУ, где занимался автоматизацией процессов дуговой сварки. В 1977 г. после защиты кандидатской диссертации продолжил работу в лаборатории лучевых способов сварки НИКИМТа, возглавив направление по разработке современных средств контроля и управления процессом формообразования сварного шва при электронно-лучевой сварке изделий ответственного назначения. Работа выполнялась по заданию Министерства атомной промышленности СССР в сотрудничестве с ИЭС им. О. Е. Патона. Параллельно В. Н. Ластовирия окончил в 1984 г. механико-математический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова.

В. Н. Ластовирия с сотрудниками исследовали процесс проплавления при ЭЛС и управление им в условиях действия неконтролируемых возмуще-

ний. Им сформулированы принципы двухобъектного подхода к управлению процессом ЭЛС, разработан метод идентификации уравнения связи геометрических параметров парогазового кратера с компонентами энергетического баланса электронного пучка на его поверхности, технические средства измерения и способы управления распределением плотности мощности электронного пучка.

После аварии на Чернобыльской АЭС и прекращения финансирования данного направления работ В. Н. Ластовирия в 1991 г. работал преподавателем на кафедре "Технологии металлов" МЭИ(ТУ), продолжая научно-исследовательскую работу в качестве руководителя проектов научно-технических программ Министерства образования СССР. В 2002 г. В. Н. Ластовирия защитил докторскую диссертацию.

С 2003 г. В. Н. Ластовирия возглавляет кафедру сварки в МГИУ, активно занимается научной и педагогической деятельностью. Он автор около 100 научных трудов и изобретений, в том числе монографии и 10 учебных пособий, член докторского и кандидатского диссертационных советов, ученого совета МГИУ, научно-технических советов МГИУ и НИКИМТа.

*Сердечно поздравляет Вячеслава Николаевича с юбилеем,
желает крепкого здоровья и больших творческих успехов!*

МГИУ, МЭИ (ТУ),
редколлегия и редакция журнала
"Сварочное производство"

УДК 621.791.1

Влияние тороидального вихря на эффективность газовой защиты зоны сварки. Федоренко Г. А., Трофименко О. В. — Сварочное производство. 2007. № 11. С. 3—7.

Рассмотрены вопросы образования и развития тороидального вихря в зоне газовой защиты в изотермических условиях, при горении дуги и после ее гашения. Выявлены причины и параметры условий, при которых тороидальный вихрь способствует улучшению или нарушению газовой защиты. Ил. 4. Библиогр. 12.

УДК 621.791.927.2

Электронно-лучевая наплавка карбидосталей. Ч. 1. Особенности технологии наплавки и подготовки композиционных наплавочных смесей. Гнусов С. Ф., Дураков В. Г., Гнусов К. С. — Сварочное производство. 2007. № 11. С. 8—12.

Проведено исследование фазового состава и структуры исходных порошков карбида вольфрама, карбида титана, стали Р6М5 и композиционных спеков на их основе при электронно-лучевой наплавке. Установлено, что в процессе получения композиционных спеков Р6М5 + WC и Р6М5 + WC + TiC происходит взаимодействие между частицами порошка быстрорежущей стали и карбида вольфрама с образованием сложного карбида типа M_6C . Приведены результаты исследований. Ил. 2. Библиогр. 19.

УДК 621.039.51: 621.791.052

Влияние времени существования сварочной ванны на качество сварного шва при лазерной сварке тонкостенных оболочек. Табакин Е. М., Семидоцкий И. И., Узиков В. А., Казаков Ю. В. — Сварочное производство. 2007. № 11. С. 13—16.

Произведена модельная оценка времени существования сварочной ванны в жидком состоянии при импульсной лазерной сварке тонкостенных оболочек из сплава АД1-0 и мартенситной дисперсионно-упрочненной стали. Показано, что при данном способе сварки время пребывания рассматриваемых металлов в расплавленном состоянии значительно меньше минимального времени образования пор браковочного размера в сварных соединениях. Приведенные результаты экспериментальной проверки согласуются с результатами модельной оценки. Табл. 1. Ил. 6. Библиогр. 7.

УДК 621.701.07

Разработка специализированного светолучевого оборудования для низкотемпературной пайки. Бажанов А. В., Фролов В. А., Федоров С. А., Пронин Н. С. — Сварочное производство. 2007. № 11. С. 16—19.

На примере малогабаритной светолучевой установки сформулированы основные подходы к конструированию специализированного светолучевого технологического оборудования для низкотемпературной пайки узлов и элементов радиоэлектронной аппаратуры. Ил. 5. Библиогр. 3.

УДК 621.791.92.042

Порошковые проволоки для дуговой сварки и наплавки чугуна. Метлицкий В. А. — Сварочное производство. 2007. № 11. С. 20—25.

Изложены история развития и современное состояние вопроса дуговой сварки и наплавки чугуна с применением порошковых проволок. Освещены особенности сварки при исправлении литейных дефектов на отливках, восстановлении поврежденных деталей и создании литосварных изделий и конструкций из чугуна. Показаны возможности повышения производительности при сварке порошковой проволокой. Приведена информация о сварке порошковой проволокой легированных чугунов, в частности, марганцовистого с пластинчатым графитом и никелевого с шаровидным графитом, а также о вертикальной дуговой сварке чугуна порошковой проволокой с принудительным формированием шва. Приведены примеры практического использования технологических процессов сварки чугуна с применением

порошковых проволок и обсуждены перспективные пути развития данного направления. Библиогр. 14.

УДК 621.791:669.71

Некоторые особенности дуговой механизированной сварки алюминия с управляемой импульсной подачей электродной проволоки. Лебедев В. А. — Сварочное производство. 2007. № 11. С. 26—30.

Определены общие и частные задачи, возникающие при дуговой механизированной сварке алюминия и его сплавов. Особое внимание уделено проблемам сварки токоведущих конструкций с высокими требованиями к электротехническим свойствам сварных соединений.

Выявлены преимущества процесса с управляемой импульсной подачей электродной проволоки, обеспечивающего повышение качества и электропроводящих свойств сварного шва.

Отмечается, что разработанные полуавтоматы для дуговой механизированной сварки сплавов алюминия внедрены на различных предприятиях в разных отраслях промышленности Украины и России. Ил. 6. Библиогр. 9.

УДК 621.791:006

Методология аттестации и сертификации оборудования для газовой и плазменной резки, применяемого при ремонтных работах на газотранспортных предприятиях. Капустин О. Е., Вышемирский Е. М. — Сварочное производство. 2007. № 11. С. 31—35.

Приведена оценка качества и безопасности оборудования для газовой и плазменной резки, применяемого при ремонтных работах на газотранспортных предприятиях в соответствии со стандартом ОАО "Газпром", введенным в действие с 24.07.2006 г. Описаны основные виды оборудования и даны их технические характеристики. Табл. 4. Ил. 7. Библиогр. 1.

УДК 621.791.14

Состояние и развитие процесса сварки трением линейных соединений (обзор). В 3 ч. Штрикман М. М. — Сварочное производство. 2007. № 11. С. 36—45.

В обзоре сообщается в основном о зарубежных разработках и промышленном использовании процесса сварки трением линейных соединений (сварка трением с перемешиванием) в разных областях техники за последние пять лет. Наибольшее внимание уделено термомеханическим процессам при сварке (ч. 1), совершенствованию сварочного инструмента и технологической схемы процесса (ч. 2), а также промышленному применению процесса сварки (ч. 3). Ил. 16. Библиогр. 81.

УДК 621.791:006

Национальные стандарты, регламентирующие требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов (на основе международных стандартов ИСО 3834:2005). Цукуров О. А. — Сварочное производство. 2007. № 11. С. 46—53.

Приведены основные сведения о разработке проектов национальных стандартов ГОСТ Р ИСО 3834 под общим названием "Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов" на основе международных стандартов ИСО 3834 версии 2005 г. Обоснована необходимость разработки национальных стандартов, гармонизированных с международными аналогами, применительно к целям и задачам Федерального закона "О техническом регулировании". Проанализированы назначение, области применения, состав, структура и содержание отдельных частей стандарта ИСО 3834 (ч. 1—6). Рассмотрен механизм выполнения требований 2—4-й частей стандарта с использованием нормативных ссылок, установленных в 5-й части. Даны рекомендации по применению данного и ссылочных международных стандартов в качестве национальных. Табл. 11. Библиогр. 4.

Abstracts of the articles published in "Svarochnoe Proizvodstvo", 2007, № 11

Toroidal vortex formation and its effect on the gas protection performance index. Fedorenko G. A., Trofimenko O. V. P. 3—7.

Toroidal vortex formation and propagation in the gas protection zone at isothermal conditions, arcing and after arc extinction are considered. Causes and conditions are established at which toroidal vortex makes for gas protection improvement or breaking.

Electron-beam welding deposition of the carbidic steels.

Part 1: Characteristic properties of the weld deposition techniques and composite surfacing compound preparation. Gnyusov S. F., Durakov V. G., Gnyusov K. S. P. 8—12.

An investigation of the initial powders phase composition and structure of the tungsten carbide, titanium carbide, steel P6M5 and composite cakes on their bases at electron-beam welding deposition is carried out. It is established that in the production process of the composite cakes P6M5 + WC and P6M5 + WC + TiC there is an interaction between powder fractions of the rapid machining steel and tungsten carbide with buildup of compound carbide of the M_6C type. Research results are given.

Influence of the weld pool lifetime on the weld seam quality at laser welding of the thing shells. Tabakin Ye. M., Semidotsky I. I., Uzikov V. A., Kazakov Yu. V. P. 13—16.

Model estimation of the liquid weld pool lifetime at laser impulse welding of thing shells from the АД1-0 alloy and martensitic dispersively strengthened steel is carried out. It is shown that at this welding technique dwelling time for the metals under consideration in the melt state is significantly less than minimal time for the rejected interstice formation in the welds. Described experimental validation results agree with the results of the model estimation.

Designing of the specialized light-beam equipment for low-temperature soldering. Bazhanov A. V., Frolov V. A., Fedorov S. A., Pronin N. S. P. 16—19

Illustrated by an example of a small-scale light-beam installation, basic approaches to designing specialized light-beam technological equipment for the low-temperature soldering units and electronics componentry are formulated.

Powder wire for cast iron arc welding and weld deposition. Metlitsky V. A. P. 20—25.

Development history and state-of-the-art of the cast iron arc welding and weld deposition applying powder wires are covered. Special features of welding at foundry defect correction in foundry goods, at reconditioning of damaged parts and creating cast-weld products and iron constructions are described. Opportunity for increase of labour productivity at powder wire welding is shown. Information on powder-wire welding of alloyed cast iron is given, in particular on manganese one and lamellate graphite, nickel-based iron and globular graphite, as well as on the cast iron vertical arc welding by powder wire with forced seaming. Examples of using cast iron

welding techniques applying powder wires are presented, and perspective approaches to the line of development are discussed.

Some special features of the aluminium machine arc-welding with electrode wire controlled impulse feeding. Lebedev V. A. P. 26—30.

General and special problems arising at machine arc-welding of aluminium and its alloys are defined. Special attention is paid to the welding problems of current-leading constructions, which meet high requirements to the electrotechnical properties of welds. Advantages of the electrode wire controlled impulse feeding process are shown, which ensure weld refinement and electroconductive properties. It is noted, that designed semiautomatic arc-welding machines for aluminium alloys are implemented at different plants in various industries of Ukraine and Russia.

Standardization and certification methodology of equipment for torch and plasma cutting practised at repair work in gas-transport enterprises. Kapustin O. Ye., Vyshemirsky Ye. M. P. 31—35.

Quality and safety assessment is carried out for the torch and plasma cutting equipment practiced at repair work in gas-transport enterprises in accordance with the "Gasprom" JSC standard, brought in since 24.07.2006. Basic types of equipment are described and performance specifications are given.

State and progress of the leaner joints friction welding process: A Review. Part 3: Industrial application of the stirring friction welding. Shtrikman M. M. P. 36—45.

Generally the review considers foreign developments and industrial application of the leaner joints friction welding process (stirring friction welding) in different fields of technology for the last five years. The most attention is paid to thermomechanical processes at welding (Part 1), to upgrading welding accessories and process flow-sheets (Part 2), as well as industrial application of welding (Part 3).

National standards regulating requirements for the quality of the metals fusion welding conduction (based on the international standards ISO 3834:2005). Tsukurov O. A. P. 46—53.

Basic information on project development of national standards GOST R ISO 3834 under the general title "Requirements for the quality of the metals fusion welding conduction" on the base of international standards ISO 3834:2005 is given. Necessity of developing national standards, harmonized with international analogues, is substantiated as applied to the aims and tasks of the Federal law "On technical regulation". Purpose, field of application, structure, contents of some parts of the standard ISO 3834 (parts 1—6) are analyzed. Mechanism of implementation is considered for the requirements of the 2nd—4th parts of the standard using normative references from the 5th part. Recommendations are given as to application of the standard in question and reference international standards as national ones.

Ордена Трудового Красного Знамени ОАО "Издательство "Машиностроение"

107076, Москва, Стромьинский пер., 4

Сдано в набор 11.09.2007. Подписано в печать 19.10.2007. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 7,905. Уч.-изд. л. 9,90. Заказ 21/07.

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".