



Сварочное производство

1 (878)
Январь

2008

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	А. И. Рымкевич
А. С. Зубченко	О. Н. Севрюков
Е. А. Калашников	З. А. Сидлин
В. И. Кулик	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

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-
вых 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

- Фролов В. А., Никитина Е. В.** — Исследование причин потери герметичности при аргонодуговой сварке сплавов ВAl16 и 1420 _____ 3
- Безбородов И. А.** — Совершенствование расчета параметров режима механизированной наплавки _____ 5
- Ефименко Л. А., Капустин О. Е., Илюхин В. Ю., Коновалова О. В.** — Анализ склонности трубных сталей различной категории прочности к термомеханическому старению _____ 10
- Кархин В. А., Хомич П. Н., Федотов Б. В., Раямки П.** — Анализ термических циклов при контактной стыковой сварке стали оплавлением _____ 12
- Сидоров В. П., Ковтунов А. И., Чермащенко Т. В., Селянин П. Н.** — Исследование структурной наследственности при пайке алюминиевых сплавов _____ 18

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

- Дюргеров Н. Г., Сагиров Х. Н., Морозкин И. С.** — Прогрессивные технологии восстановления деталей подвижного состава железных дорог _____ 21
- Тарасов А. Н., Панфилов В. А., Павловский Н. Р.** — Структура и свойства железокобальтовых пермендюроров при изготовлении сварных и паяных магнитопроводов электрических реактивных двигателей малой тяги _____ 25
- Волков С. С.** — Ультразвуковая контурная сварка тары из полимерных материалов, наполненной пищевыми продуктами _____ 29
- Шейнман Е. Л.** — Стандарт ASTM на сварку отливок _____ 36

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Арсеньева Н. В.** — Методика разработки инновационного плана для предприятий машиностроительного комплекса _____ 38

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

- Винклер Ф.** — Эффективное применение порошковых проволок при дуговой сварке _____ 41

ИНФОРМАЦИЯ

- Суслов Ан. А.** — 7-я Международная специализированная выставка "POCCBAP-KA/WELDEX — 2007" _____ 45

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
- 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	A. I. Rymkevich
A. S. Zubchenko	O. N. Sevryukov
E. A. Kalashnikov	Z. A. Sidlin
V. I. Kulik	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	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](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 reprint 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

- Frolov V. A., Nikitina Ye. V.** — Study of reasons for tightness loss under conditions of arc welding of the BA116 and 1420 alloys _____ 3
- Bezborodov I. A.** — Development of the calculative technique to determine mechanized build-up parameters according to the pad required thickness _____ 5
- Yefimenko L. A., Kapustin O. Ye., Ilyukhin V. Yu., Konovalova O. V.** — Analysis of bent to strain ageing of various-strength-types pipe steel _____ 10
- Karkhin V. A., Khomich P. N., Rayamyaki P., Fedotov B. V.** — Analysis of thermal cycle at steel contact flash welding _____ 12
- Sidorov V. P., Kovtunov A. I., Chermashentseva T. V., Selyanin P. N.** — Study of structural heredity effect at aluminium alloys soldering _____ 18

PRODUCTION SECTION

- Dyurguerov N. G., Saguirov Kh. N., Morozkin I. S.** — Component reconditioning advanced technologies for the railroad equipment _____ 21
- Tarasov A. N., Panfilov V. A., Pavlovsky N. R.** — Ferrous-cobalt permendure structure and properties at producing welded and soldered magnetic conductors for electric jet microthrusters _____ 25
- Volkov S. S.** — Ultrasonic contour welding of products from polymeric materials filled with foodstuffs _____ 29
- Sheynman Ye. L.** — ASMT standard for cast welding _____ 36

ECONOMICS AND PRODUCTION ORGANIZATION

- Arsenyeva N. V.** — Innovative program strategy development for the enterprises of the machine-building complex _____ 38

FOREIGN EXPERIENCE

- Winkler F.** — Powder wire efficient use at arc welding _____ 41

INFORMATION

- Suslov An. A.** — The 7th International specialized exhibition "ROSSVARKA/WELDEX'2007" _____ 45

BIBLIOGRAPHY

- Contents** of the foreign journals in the field of welding _____ 59
- RF patents**, RF certificates for useful models, author's certificates, USSR patents for inventions in the field of welding _____ 60
- Abstracts** of the published articles _____ 64

УДК 621.791.55:669.715

В. А. ФРОЛОВ, д-р техн. наук, Е. В. НИКИТИНА, канд. техн. наук
"МАТИ" — РГТУ им. К. Э. Циолковского

Исследование причин потери герметичности при аргонодуговой сварке сплавов ВАЛ16 и 1420

Внедрение сварнолитых конструкций из алюминиевых сплавов, несмотря на значительные достижения в этой области [1, 2], сдерживается из-за наличия значительного объема дефектов (особенно пористости), по сравнению со сваркой традиционных деформированных полуфабрикатов. Указанные дефекты вызывают снижение механических характеристик сварных соединений, нарушение герметичности сварной конструкции и в итоге — снижение эксплуатационной надежности. Анализ причин образования дефектов показал, что значительное количество дефектов вызвано так называемыми "наследственными" металлургическими причинами [3].

При сварке отливок из высокопрочного алюминиево-магниевого сплава ВАЛ16 с деформированными полуфабрикатами из сплава 1420 [4] наиболее слабой зоной является высокотемпературная область (ВТО) ЗТВ со стороны отливки. В этой зоне возникает нарушение герметичности.

Анализ процессов, протекающих в исследуемых материалах в диапазоне температур эффективного интервала кристаллизации, показал, что критическими температурами, вызывающими образование максимальных по объему несплошностей вследствие выделения "наследственных" газов, являются для сплава 1420 585—590 °С, для сплава ВАЛ16 — 560—590 °С.

Тепловая проба образцов, вырезанных из валиковой пробы рассматриваемых сплавов, подтвердила значительное отличие в поведении полуфабрикатов из сплавов 1420 и ВАЛ16. Установлено, что для литых пластин из сплава ВАЛ16 не наблюдается значимой линейной зависимости между исходной пористостью основного металла и пористостью металла шва. В связи с этим характеристика исходной пористости не может служить характеристикой качества литых изделий, подлежа-

щих сварке. Однако о принципиальном различии рассматриваемых материалов свидетельствует тот факт, что при проплавлении пластин во всем диапазоне исследуемых режимов для сплава 1420 содержание газов по результатам тепловой пробы в металле шва меньше, чем в исходном металле — $(\Sigma V_{H_2})_{\text{МШ ТП}} < (\Sigma V_{H_2})_{\text{ОМ ТП}}$, для сплава ВАЛ16 — $(\Sigma V_{H_2})_{\text{МШ}} > (\Sigma V_{H_2})_{\text{ОМ ТП}}$.

При экспериментальном исследовании характера распределения суммарного объема пор в различных зонах сварного соединения, а также содержания газов в них установили, что высокая пористость металла шва (МШ) и ВТО ЗТВ вызвана не только выделением газов при расплавлении металла сварочной ванны, но и вытеснением части металла и газов из ЗТВ по каналам в сварочную ванну (двухфазное течение) [5]. С целью изучения причин двухфазного течения исследовали влияние изотермического нагрева на процесс выделения газов в основном металле. Анализ процесса выделения газов при нагреве отливок в диапазоне температур, соответствующих изменению содержания жидкой фазы от 2 до 85 %, позволил выявить аномальную тенденцию (рис. 1, а) уменьшения суммарного объема выделяющихся газов ΣV_{H_2} с ростом температуры. Причиной этого являются, с одной стороны, особенности структуры отливок, в частности значительное содержание неравновесной эвтектики, с другой — особенности строения и свойств оксидных пленок на сплавах с повышенным содержанием магния.

В отличие от деформированных материалов с преимущественной ориентацией объемов выделяющейся жидкой фазы при нагреве литой пластины жидкая фаза образуется на поверхности всех границ зерен практически равномерно. С увеличением температуры нагрева растет толщина жидких

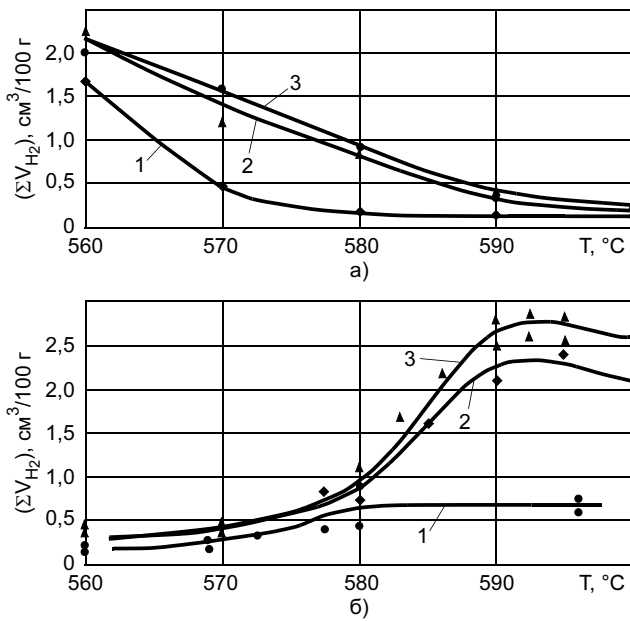


Рис. 1. Зависимость суммарного объема водорода в пластинах (толщина 5 мм) из сплава ВАЛ16 при нагреве на воздухе (а) и в контейнере с FeS (б) от температуры изотермической выдержки: 1—3 — t равно 10, 20 и 30 мин соответственно

прослоек, и расширяющийся при нагреве пластин газ, не деформируя заметно твердую фазу, может легко перемещаться, вытесняя жидкую фазу по каналам каркаса к поверхности. Если поверхностные оксиды рыхлые и не препятствуют двухфазному течению, газы удаляются в атмосферу, а на поверхности образца образуются своеобразные наросты (рис. 2). Микрорентгеноструктурный анализ таких наростов показал наличие в них повышенного содержания Mg (20—23 %). Проведенные исследования подтвердили влияние строения поверхностных оксидов на процесс перемещения жидкой фазы газов. Оксиды на поверхности сплава ВАЛ16 имеют сложный состав и содержат магниальную шпинель и MgO. В процессе нагрева вытесняемая на поверхность жидкая фаза обогащается магнием и в результате окисления формируется рыхлая оксидная пленка из чистого MgO. Такая пленка не является препятствием для перемещающейся к поверхности под давлением газов жидкой фазы. В качестве ингибиторов образования MgO известны сернистый газ и гексафторид серы, поэтому с целью уточнения влияния состава оксидных пленок на процесс вытеснения жидкой фазы провели аналогичные исследования в среде с FeS, выделяю-

щим при нагреве сернистый газ. В этом случае кривая зависимости $\Sigma V_{H_2} = f(\tau, T)$ (рис. 1, б) имеет другой характер, поскольку при нагреве в среде с FeS на поверхности образуется темно-серая плотная пленка, содержащая MgO и MgS, обладающая защитными свойствами ($\frac{V_{MgS}}{V_{Mg}} = 1,42$) и препятствующая прорыву жидкой фазы и газов через оксидную пленку на поверхность. Наблюдаемое при температурах свыше 590 $^{\circ}\text{C}$ уменьшение $(\Sigma V_{H_2})_{\text{тп}}$ с ростом температуры объясняется тем, что в этом диапазоне температур усиливается выделение серы и уменьшается выделение MgS. При этом оксидная пленка теряет свои защитные свойства и происходит прорыв газов и жидкой фазы через нее.

При аргодуговой сварке сплавов ВАЛ16 и 1420 в ВТО ЗТВ со стороны сплава ВАЛ16 наблюдается негативное явление: расширяющиеся под воздействием термического цикла сварки газы приводят к развитию динамических процессов — часть жидкой фазы с пузырьками газа вытесняется вследствие градиента давлений газов из ВТО ЗТВ в сварочную ванну. В ВТО ЗТВ при этом формируются сетчатые газоусадочные рыхлоты. Выход таких сообщающихся рыхлот на поверхность может привести к потере герметичности. Для снижения уровня подобных дефектов предлагается использовать сопла с большим диаметром на срезе, что умень-

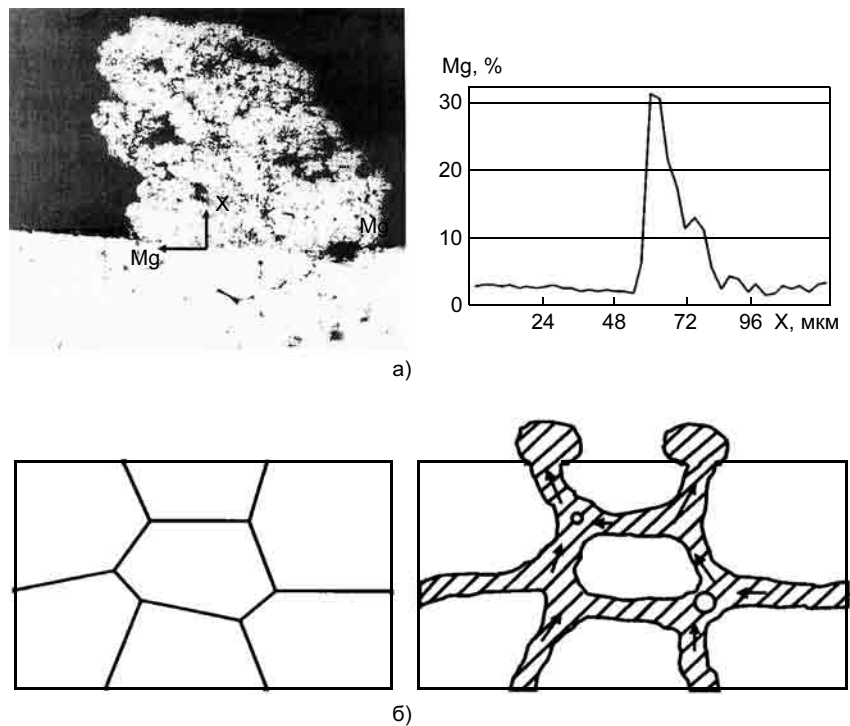


Рис. 2. Микроструктура поверхностного слоя и распределение Mg в образцах из сплава ВАЛ16 после тепловой пробы на воздухе (а. $\times 100$), схема образования наростов (б)

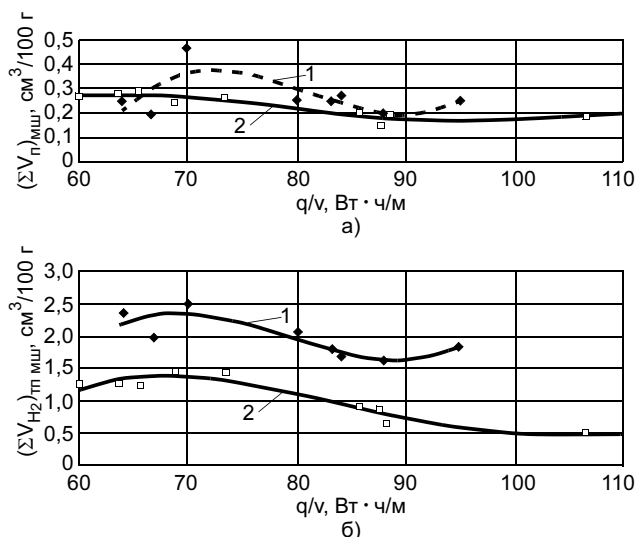


Рис. 3. Зависимость объема пор (а) и содержания газов в металле шва (б) от погонной энергии сварки: 1, 2 — сплавы ВАЛ16 и 1420 соответственно

шает вероятность окисления поверхностных слоев ВТО ЗТВ; в качестве защитной среды использовать аргон с добавками сернистого газа (1—5 %) или гексафторида серы (0,5—3 %), обеспечивающих образование защитного слоя оксида, предотвращающего образование подповерхностных рыхлотов в ВТО ЗТВ.

Проведенные исследования (рис. 3) показали, что наименьшие пористость и содержание газов в шве при аргодуговой сварке сплавов 1420 и ВАЛ16 на непрерывном режиме формируются при наименьшей погонной энергии, обеспечивающей требуемую форму шва, и скорости сварки 12—15 м/ч.

Выводы

1. При исследовании влияния изотермического нагрева (на воздухе и в ингибирующей процесс окисления среде) на выделение газов в литых пластинах из сплава ВАЛ16 установлено, что образование оксидной пленки предотвращает прорыв газов и жидкой фазы через поверхностный слой пластин.

2. Причиной нарушения герметичности в высокотемпературной области зоны термического влияния (ВТО ЗТВ) сплава ВАЛ16 является протекание динамических процессов — течение газов и жидкой фазы вследствие градиента давлений из ВТО ЗТВ в металл шва. Для снижения уровня подобных дефектов предлагается использовать сопла с большим диаметром на срезе; в качестве защитной среды использовать аргон с добавками сернистого газа (1—5 %) или гексафторида серы (0,5—3 %).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция и металлургические особенности производства литодеформированных конструкций / А. Г. Братухин, Е. Б. Глотов, В. И. Лукин, Н. С. Постников // Сварочное производство. 1993. № 10. С. 2—4.
2. Литосварные и литоштампованные конструкции из алюминиевых сплавов / В. Н. Мацнев, Е. Б. Глотов, В. М. Каинов, В. И. Рязанцев // Сварочное производство. 2003. № 4. С. 29—34.
3. Никитина Е. В., Фролов В. А. Металлургические и технологические особенности получения сварнолитых конструкций из алюминиевых сплавов // Технология машиностроения. 2006. № 5. С. 7—12.
4. Никитина Е. В., Лукин В. И., Никитин В. М. Оптимизация технологии АрДЭС высокопрочных алюминиевых сплавов // Металлургия и технология современных процессов сварочного производства. М.: ЦРДЗ, 1994. С. 146—149.
5. Никитина Е. В. Динамические процессы в зоне термического влияния при сварке плавлением гранулированного материала // Технология машиностроения. 2006. № 8. С. 49—52.

УДК 621.791.92.004

И. А. БЕЗБОРОДОВ, канд. техн. наук
Инженерный институт НГАУ (Новосибирск)

Совершенствование расчета параметров режима механизированной наплавки

Известно, что наплавленный слой одной и той же толщины может быть получен на разных режимах и при разных диаметрах наплавочной (электродной) проволоки. Базовый расчетный метод определения параметров

режима наплавочного процесса для получения заданной толщины наплавленного слоя не обеспечивает заданную точность [1, 2]. Причина погрешности данного метода заключается в том, что требуемая толщина слоя опре-

деляется из площади поперечного сечения наплавленного слоя и объема расплавленного металла вне их связи с закономерностью формирования формы поперечного сечения наплавленного валика.

Математическая формулировка задачи

Из анализа результатов исследований в различных публикациях связь результативных параметров наплавленного слоя с параметрами режима наплавки можно представить следующей системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} h &= f(v_{\text{пр}}, U_{\text{д}}, v_{\text{н}}, S_{\text{н}}); \\ h_{\text{в}} &= f(v_{\text{пр}}, U_{\text{д}}, v_{\text{н}}); \\ v_{\text{пр}} &= f(I_{\text{св}}, \alpha_{\text{н}}, d_{\text{э}}); \\ v_{\text{н}} &= f(v_{\text{н}}, d_{\text{э}}, F_{\text{в}}); \\ S_{\text{н}} &= f(d_{\text{э}}); \\ I_{\text{д}} &= f(D_{\text{А}}, d_{\text{э}}); \end{aligned} \right\} (1)$$

где h — толщина наплавленного слоя, мм; $v_{\text{пр}}$ — скорость подачи электродной проволоки, м/мин; $U_{\text{д}}$ — напряжение дуги, В; $v_{\text{н}}$ — скорость наплавки, м/мин; $S_{\text{н}}$ — шаг наплавки, мм/об; $h_{\text{в}}$ — высота наплавленного валика, мм; $I_{\text{св}}$ — сварочный ток, А; $\alpha_{\text{н}}$ — коэффициент наплавки, г/(А·ч); $d_{\text{э}}$ — диаметр электродной (наплавочной) проволоки, мм; $F_{\text{в}}$ — площадь поперечного сечения наплавленного валика, мм²; $I_{\text{д}}$ — ток дуги; $D_{\text{А}}$ — плотность тока, А/мм².

Из анализа системы уравнений (1) следует, что она не имеет общего решения традиционными математическими методами из-за превышения числа формирующих (неизвестных) параметров режима над результативными параметрами наплавленного слоя. Базовая методика определения параметров режима наплавочного процесса также дает частное решение этой задачи для узкой области управляемых факторов, т. е. решение задачи для выбранных значений параметров режима: тока, напряжения дуги и диаметра электродной проволоки. Это не дает полного представления о технологических возможностях наплавочного процесса, а также ограничивает возможности автоматизированных систем проектирования ТП. Во многих науч-

ных работах предприняты попытки связать параметры режима наплавочного процесса с геометрическими (результативными) параметрами и формой наплавленных валиков. Эти работы по методологическому подходу к решению данной задачи можно разделить на три направления:

— разработка методики определения параметров режима на основе эмпирических уравнений и номограмм, полученных путем реализации многофакторного планирования эксперимента [1, 3];

— получение уравнений, связывающих параметры режима наплавки с результативными геометрическими параметрами наплавленных валиков методом формальной и критериальной ин-терполяции [4, 5];

— разработка расчетных методов на основе аналитических уравнений тепловых процессов при сварке [6, 7].

Большая часть указанных работ проводилась для решения задач сварки исходя из условия обеспечения глубины проплавления и геометрических параметров сварного шва. В связи с этим они не могут быть использованы для методики расчетного определения режимов наплавочного процесса. При определении параметров режима наплавки основным условием является обеспечение технологически необходимой толщины наплавленного слоя.

В данной работе поставлена задача повышения адекватности и расширения области базового расчетного метода определения параметров режима наплавки на основе применения обобщенных результативных параметров подобия, отражающих фактор самоорганизации формирования формы сечения наплавленных валиков из расплавленного металла. Результаты исследования этого подхода приведены ниже на основе сопоставления с базовым методом определения параметров режима механизированной наплавки.

Совершенствование методики определения параметров режима наплавки на основе обобщенных параметров подобия

Режимы наплавки принято оценивать по двум обобщенным критериям подобия: относительной толщине наплавленного слоя Z_h (отношение толщины наплавленного слоя к диаметру наплавочной проволоки $Z_h = h/d_{\text{э}}$) и коэффициенту формы поперечного сечения наплавленных валиков $\Psi_{\text{в}} = V/h_{\text{в}}$.

В базовом расчетном методе толщина наплавленного слоя обеспечивается скоростью наплавки, определяемой из уравнения, в основу которого положено равенство объемов наплавленного металла и расхода наплавочной электродной проволоки с учетом выгорания и неполноты формирования слоя:

$$F_{\text{в}} v_{\text{н}} = F_{\text{пр}} v_{\text{пр}} K A, \quad (2)$$

где $F_{\text{пр}}$ — площадь сечения электродной (наплавочной) проволоки, мм²; K — коэффициент, учитывающий расход металла на выгорание и брызги; A — коэффициент неполноты наплавленного слоя.

После несложных преобразований равенства (2) получим

$$\begin{aligned} v_{\text{н}} &= \frac{0,785 d_{\text{э}}^2 v_{\text{пр}} K A}{F_{\text{в}}} = \\ &= \frac{0,785 d_{\text{э}}^2 v_{\text{пр}} K A}{S_{\text{н}} h}. \end{aligned} \quad (3)$$

При расчете скорости наплавки по формуле (3) скорость подачи наплавочной проволоки определяют по известной формуле

$$v_{\text{пр}} = \frac{\alpha_{\text{н}} I_{\text{св}}}{0,785 d_{\text{э}}^2 \gamma 60}, \quad (4)$$

где γ — плотность наплавленного металла, г/см³.

Практика показала, что значения скорости наплавки, расчи-

таные по формуле (3), не на всех режимах обеспечивают заданную толщину наплавленного слоя, поскольку площадь поперечного сечения наплавленного валика в этой формуле представлена равенством $F_B = S_H h$. Отсутствие в этом равенстве управляющей функции взаимосвязи между параметрами производства не отражает самоорганизацию формирования формы поперечного сечения наплавленного валика из жидкого состояния наплавленного металла. Это следует из того, что шаг наплавки в формуле (3) определяется через параметр наплавочной электродной проволоки из следующего соотношения:

$$S_H = (2 \div 2,5) d_3. \quad (5)$$

Использование выражения (5) для определения шага наплавки во многих случаях не обеспечивает заданную толщину наплавленного слоя при скорости наплавки, полученной по формуле (3). Это можно объяснить тем, что в реальных условиях шаг наплавки в соответствии с гидродинамикой формирования наплавленного слоя определяется шириной валика, которая является переменной величиной и зависит от всех параметров режима наплавочного процесса. При этом высота валиков, равно как и толщина наплавленного слоя, также изменяется вместе с изменением ширины валика. Эта взаимосвязь не учитывается в формуле (3) базовой методики, в чем и заключается причина ее неадекватности.

В ранних публикациях 50-х годов прошлого столетия, например в работе [5], увеличение толщины наплавленного слоя рекомендовалось производить за счет увеличения перекрытия наплавляемых валиков. Однако увеличение толщины наплавленного слоя за счет увеличения перекрываемой части ширины валика выше оптимального уровня ведет к уменьшению производи-

сти процесса и повышению деформации детали. При расчете параметров режима наплавки технологически необходимую толщину наплавленного слоя при восстановлении деталей назначают из расчета компенсации износа с учетом припуска на механическую обработку. Однако наплавка тонких слоев сопряжена с вероятностью образования технологических дефектов в виде пор и трещин. Поэтому необходимая толщина наплавленного слоя определяется не только из условия компенсации износа, но и предупреждения образования технологических дефектов. При этом качественное формирование наплавленного слоя обеспечивается при оптимальном перекрытии наплавленных валиков, обеспечивающих минимальную глубину впадин между валиками. Следовательно, взаимосвязь параметра S_H с толщиной наплавленного слоя можно выразить только через коэффициент формы поперечного сечения наплавленного валика. Тогда общее уравнение для определения S_H более правильно выразить через ширину валиков в следующем виде:

$$S_H = B - \Delta B = K_B B, \quad (6)$$

где ΔB — перекрываемая часть ширины валика; K_B — коэффициент неперекрываемой части валика.

Коэффициент K_B определяется из соотношения

$$K_B = \frac{B - \Delta B}{B}. \quad (7)$$

Тогда общее выражение (6) для определения шага наплавки примет следующий вид:

$$S_H = \psi_B K_B h_B, \quad (8)$$

где $K_B = 0,6 \div 0,8$. Большие значения принимают при наплавке тонкослойных покрытий на форсированных режимах.

В формуле (8) коэффициент ψ_B является связующим двух параметров: шага наплавки и высоты валика (равно как и толщины слоя). Однако, чтобы эта формула являлась расчетной, необходимо уравнение для определения коэффициента формы валика. Получить аналитическое выражение для этого коэффициента можно только из математического описания формы поперечного сечения наплавленного валика и его связи с параметрами режима механизированной наплавки. На рис. 1 в графической форме представлены результаты эксперимен-

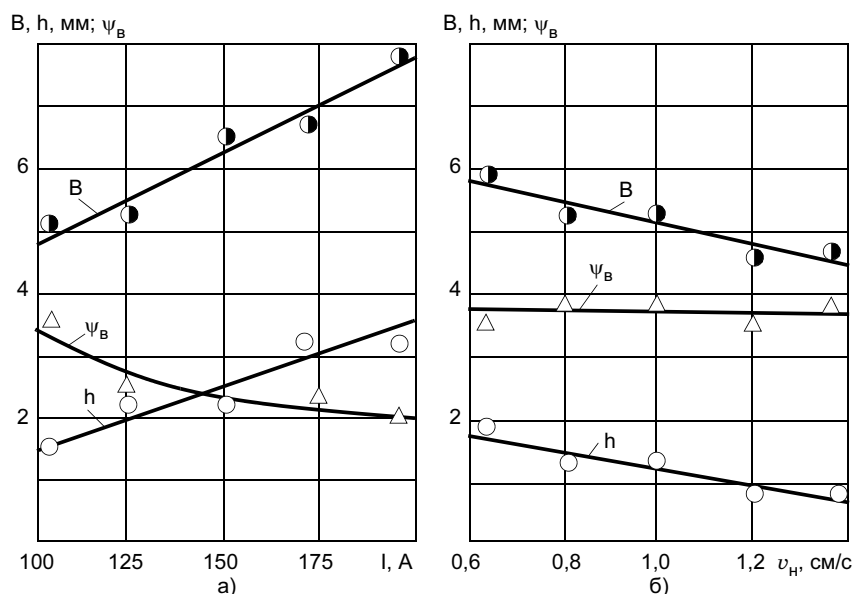


Рис. 1. Зависимость параметров геометрии и коэффициента формы наплавленных валиков от режимов наплавки в CO_2 : а — $v_H = 0,6$ см/с; б — $I = 125$ А

тальных исследований закономерностей изменения геометрических параметров и коэффициента Ψ_B от режимов наплавки.

Согласно приведенным экспериментальным данным, величина коэффициента Ψ_B при изменении скорости наплавки практически не изменяется, но значительно зависит от тока и напряжения дуги. Форма сечения наплавленных валиков при наплавке на форсированных режимах определяется влиянием давления дуги на жидкий наплавленный металл, на мягких режимах — преимущественным влиянием сил поверхностного натяжения и гравитации.

Можно считать, что при мягких режимах форма сечения наплавленного валика определяется только влиянием сил поверхностного натяжения. При увеличении напряжения дуги и тока форма валиков изменяется, поэтому получение аналитической формулы для определения коэффициента Ψ_B не представляется возможным. В связи с этим поставлена задача установить связь коэффициента Ψ_B с параметрами режима наплавки через относительную толщину наплавленного слоя. Для определения базового значения Ψ_B на мягких режимах, от которого он начинает увеличиваться при изменении параметров режима, установлена его связь с углом между гипотенузой и основанием треугольника, вписанного в сегмент круга:

$$\Psi_B = \frac{B}{h_B} = \frac{B}{0,5B \operatorname{tg} \alpha} = \frac{2}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (9)$$

где α — угол между гипотенузой и основанием сечения валика, вписанного в сегмент круга треугольника.

Связь угла α с углом поверхностного натяжения жидкого расплавленного металла определяется соотношением $\alpha = 0,5\theta$.

В соответствии с уравнением (9) минимальное значение коэф-

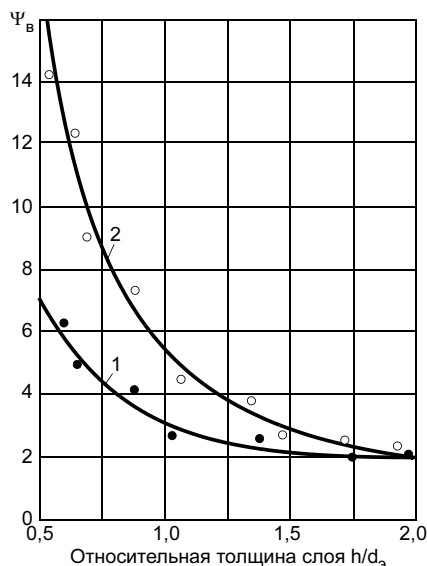


Рис. 2. Теоретические зависимости по формуле (10) (сплошные линии) и соответствующие им экспериментальные значения коэффициента Ψ_B от относительной толщины наплавленного слоя при токе 100 (1) и 200 (2) А

фициента Ψ_B равно 2. При увеличении тока и напряжения дуги численные значения Ψ_B возрастают. Этот механизм формирования наплавленного слоя выражен полуэмпирической зависимостью

$$\Psi_B = 2 + 2 \cdot 10^{-3} \alpha_H I_{CB} \exp(2Z_h^{-1}) / Z_h. \quad (10)$$

Первое слагаемое в формуле (10) принято равным теоретическому значению при наплавке на мягких режимах в соответствии с выражением (9), второе — отражает увеличение коэффициента от влияния тока и напряжения дуги для области изменения безразмерного параметра в пределах $2,0 \geq Z_h \geq 0,5$. Теоретические зависимости коэффициента формы сечения валика по формуле (10) от влияния относительной толщины наплавленного слоя для двух значений тока приведены на рис. 2.

Таким образом, формула (10) является общей для наплавки на мягких и форсированных режимах.

Определение тока и напряжения дуги

Ток дуги влияет на все выходные показатели наплавочного процесса: производительность, качество формирования наплаваемого слоя, температурные деформации детали. Однако на первом этапе определения режима наплавки ток дуги назначают из условия исключения предельных температурных деформаций, руководствуясь такими параметрами, как металлоемкость и толщина стенки наплаваемой поверхности детали. Значения остальных параметров режима определяют при согласовании их с принятым значением тока дуги. Диаметр наплавочной проволоки или диапазон регулирования тока для выбранного диаметра наплавочной проволоки определяют по известной формуле

$$I_{CB} = 0,785 d_3^2 D_A. \quad (11)$$

Плотность тока определяют для каждого способа наплавки по расчетным уравнениям, приведенным в таблице.

Напряжение дуги при наплавке на мягких режимах принимается минимальным из условия обеспечения стабильности дуги. Для получения тонкослойных металлопокрытий можно использовать повышенные значения напряжения дуги. После обработки экспериментальных данных получили математическую модель для определения напряжения дуги в следующем виде:

$$U_D = U_0 + 0,03 I_{CB} [1 + \exp(2Z_h^{-1})], \quad (12)$$

Способ наплавки	Расчетная формула
Под флюсом	$D_A = 148 - 40d_3,$ $\alpha_H = 3 + 5,5d_3$
В углекислом газе	$D_A = 140 - 25d_3,$ $\alpha_H = 7 + 4,0d_3$
Вибродуговая	$D_A = 100 - 15d_3,$ $\alpha_H = 4,5 + 2,5d_3$

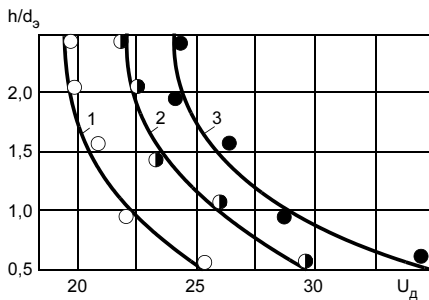


Рис. 3. Зависимость относительной толщины наплавленного слоя от напряжения дуги при токе 100 (1), 150 (2) и 200 (3) А

где U_0 — минимальное напряжение, обеспечивающее стабильность дуги при механизированной наплавке.

Минимальное напряжение дуги при расчетном прогнозировании можно определять по эмпирической формуле, приведенной в работе [8]:

$$U_0 = 3,65 I_{CB}^{0,37}. \quad (13)$$

Второе слагаемое в формуле (12) определяет прирост напряжения дуги, необходимый для обеспечения тонких слоев с заданным параметром Z_h .

На рис. 3 приведены теоретические зависимости относительной толщины наплавленного слоя от напряжения дуги.

Расчетные значения напряжения дуги по формуле (12) обеспечивают наплавку тонкослойных покрытий заданной толщины, характеризуемых параметром Z_h .

Ниже приведен пример расчета при наплавке цилиндрической поверхности коренной шейки коленчатого вала диаметром $D = 95$ мм, шириной 35 мм.

Исходя из расчета припуска для компенсации износа всех ремонтных размеров и припуска на черновую обработку, требуемая толщина слоя составляет 2,5 мм. Наплавленный металл должен быть плотным, поэтому принимаем мягкий режим наплавки. Параметр подобия для мягкого режима $Z_h = h/d_3 \geq 1,5$. Тогда расчет-

ный диаметр наплавочной проволоки $d_3 = h/Z_h = 2,5/1,5 = 1,67$. Исходя из этого диаметр наплавочной проволоки $d_3 = 1,6 \div 1,8$ мм. Принимаем $d_3 = 1,8$ мм. Корректируем значение параметра $Z_h = h/d_3 = 2,5/1,8 = 1,39$.

$$1. I_{CB} = 0,785 d^2 D_A = 190 \text{ А.}$$

Плотность тока $D_A = 148 - 40 d_3 = 76 \text{ А/мм}^2$.

2. Определим напряжение дуги по формуле (12): $U_d = 28 \text{ В.}$

3. По формуле (4) определим скорость подачи наплавочной проволоки: $v_{пр} = 2,06 \text{ м/мин}$ (значение α_n определяем по уравнениям, приведенным в таблице).

4. По формуле (3) определяем скорость наплавки: $v_n = 0,58 \text{ м/мин.}$

Шаг наплавки по соотношению (5) $S_n = 3,6 \div 4,5 \text{ мм/об.}$

Для сопоставления производим расчет шага наплавки также и по установленному уравнению (8): $S_n = 4,5 \text{ мм/об}$ (коэффициент формы сечения валика рассчитываем по формуле (12) — $\Psi_B = 3,1$).

Расчетное значение шага наплавки по формуле (8) для данного режима совпадает с максимальным значением по базовому соотношению (5). Расчетные значения шага наплавки для форсированных режимов при наплавке тонкослойных металлопокрытий по формуле (8) увеличиваются с уменьшением параметра Z_h . Заметим, что расчетные значения шага наплавки по соотношению (5) для всего диапазона изменения параметров режима остаются постоянными.

5. Определим частоту вращения детали при наплавке:

$$n_d = \frac{1000 v_n}{\pi D} = 1,9 \text{ об/мин.}$$

6. Машинное время наплавки одной поверхности

$$t_0 = \frac{L_n j}{n_d S_n} = 5,1 \text{ мин,}$$

где L — ширина участка поверхности наплавки, равная 35 мм; i — число слоев (проходов), равное 1.

ВЫВОДЫ

1. Полученное уравнение для определения шага наплавки на основе связи коэффициента формы поперечного сечения наплавленных валиков с относительной высотой наплавленного слоя является адекватным во всем диапазоне изменения параметров режима наплавочного процесса.

2. Предлагаемый расчетный метод позволяет определять режимы механизированной наплавки с учетом предложенной методики для определения шага наплавки, которые обеспечивают получение наплавленных слоев металла заданной толщины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безбородов И. А. Инженерная методика определения оптимального режима механизированной наплавки // Сб. науч. тр. ВКГУ. Усть-Каменогорск, 1999. С. 14—20.
2. Безбородов И. А. Управление технологическим формированием свойств базовых деталей и их соединений при ремонте автотракторных двигателей. Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2006. 187 с.
3. Исследование математическими методами влияния режимов наплавки цилиндрических деталей под флюсом на характер формирования валика / В. А. Деев, В. И. Дроздов, С. В. Иванов, А. В. Леонов // Сварочное производство. 1972. № 2. С. 4—6.
4. Бабкин А. С., Кривошеев В. Е. Разработка алгоритма расчета параметров режима сварки в углекислом газе на микроЭВМ // Сварочное производство. 1985. № 4. С. 3—5.
5. Фрумин И. И. Автоматическая электродуговая наплавка. М.: Металлургиздат, 1961. 421 с.
6. Дятлов В. И. Методика расчета режимов автоматической сварки. Киев, 1959.
7. Рыкалин Н. Н. Расчеты тепловых процессов при сварке. М.: Машгиз, 1951. 296 с.
8. Бабкин А. С., Елифанцев Л. Т. Методика расчета оптимальных параметров дуговой сварки и наплавки // Сварочное производство. 2004. № 2. С. 3—6.

Л. А. ЕФИМЕНКО, д-р техн. наук, **О. Е. КАПУСТИН**, д-р техн. наук,
В. Ю. ИЛЮХИН, инж., **О. В. КОНОВАЛОВА**, канд. техн. наук
 РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина

Анализ склонности трубных сталей различной категории прочности к термодеформационному старению

Склонность к термодеформационному старению характеризует способность металла изменять исходные механические свойства, и особенно сопротивление разрушению при эксплуатации.

Цель данной работы — оценка склонности к термодеформационному старению трубных сталей различной категории прочности. Исследовали фрагменты труб из сталей контролируемой прокатки, химический состав и механические свойства которых приведены в табл. 1 и 2.

Микроструктура исследуемых сталей приведена на рис. 1 и 2.

Обе стали относятся к низколегированным Si — Mn-сталим. Вместе с тем сталь категории прочности X80 отличается значительно меньшим содержанием углерода по сравнению со сталью категории прочности X50 (типа 17ГС) и наличием сильных карбидообразующих элементов. Химический состав, а также ускоренное охлаждение в процессе контролируе-

мой прокатки [1] обеспечивают формирование в ней преимущественно бейнитной структуры высокой дисперсности и однородно-

сти (см. рис. 2). У стали категории прочности X50 при контролируемой прокатке формируется ферритно-перлитная структура (см.

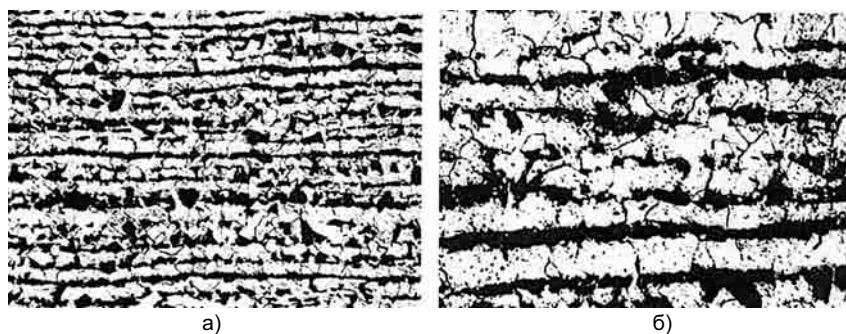


Рис. 1. Микроструктура трубной стали категории прочности X50: а, б — ×200 и 500 соответственно

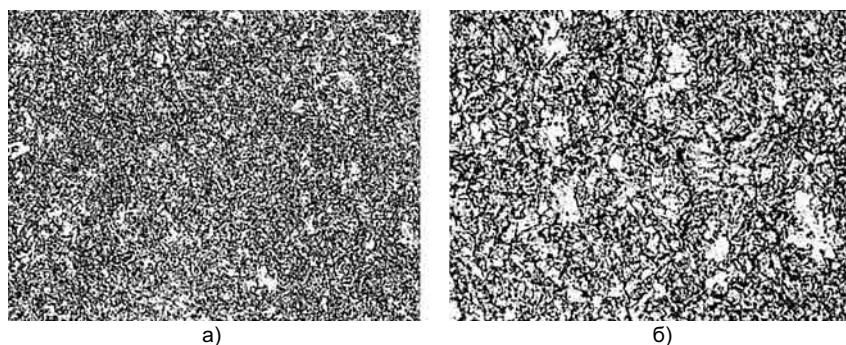


Рис. 2. Микроструктура трубной стали категории прочности X80: а, б — см. рис. 1

Таблица 1

Категория прочности	Содержание, %													
	C	Mn	Si	S	P	Mo	Nb	V	Ti	B	N	Ni	Cr	Cu
X80	0,07	1,6	0,13	0,005	0,015	—	0,07	—	0,11	—	0,008	0,15	0,240	—
X50	0,18	1,2	0,41	0,016	0,013	—	—	—	—	—	—	0,08	0,025	0,013

Таблица 2

Категория прочности	Механические характеристики металла			
	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Предел прочности σ_B , МПа	Относительное удлинение δ_5 , %	Максимальная твердость, HV
X80	552—690	621—827	18,0	300
X50	380—400	520	27,0	240

рис. 1), содержание ферритной фазы около 60—65 %. Наблюдается ярко выраженная строчечность расположения перлита и высокая разнородность феррита.

Процесс термомодеформационного старения имитировали в соответствии с ГОСТ 7268—82. Из трубы вырезали образцы размером 12×12×250 мм, которые подвергали растяжению на машине EU 40. Степень деформации составляла 10 %. Часть образцов основного металла деформировали методом прокатки на продольном прокатном стане ДУО 160. Степень деформации также составляла 10 %. Затем образцы подвергали отпуску при 250 °С, выдерживали в течение 1 ч и охлаждали на воздухе. Из полученных заготовок вырезали образцы для оценки комплекса механических характеристик металла в условиях статического (ГОСТ 1497—84) и динамического нагружения (ГОСТ 9454—78).

Испытания на статическое растяжение проводили на пропор-

циональных цилиндрических образцах III типа на разрывной машине FPZ 100/1 мощностью 400 кН при рабочей мощности 100 кН. Испытания на ударный изгиб выполняли на образцах Шарпи (ГОСТ 9554—78) с использованием маятникового копра МК-30А. Диапазон температуры испытания составлял 20—–80 °С. Строение поверхности разрушения образцов после испытания на ударный изгиб изучали фрактографическим методом.

Склонность стали к термомодеформационному старению при статическом нагружении оценивали по изменению прочностных и пластических характеристик. Определяли коэффициенты упрочнения металла по временному сопротивлению разрушению K_{y1} и пределу текучести K_{y2} при температуре 20 °С:

$$K_{y1} = \frac{\sigma_{BK}}{\sigma_{BH}}; \quad (14)$$

$$K_{y2} = \frac{\sigma_{0,2K}}{\sigma_{0,2H}}; \quad (15)$$

где σ_{BK} , $\sigma_{0,2K}$ — предел прочности и предел текучести металла после термомодеформационного старения соответственно; σ_{BH} , $\sigma_{0,2H}$ — предел прочности и предел текучести металла до термомодеформационного старения соответственно.

При динамическом нагружении степень термомодеформационного старения рассчитывали по формуле

$$C = \frac{KC - KCA}{KC} 100 \%, \quad (16)$$

где KC , KCA — среднее арифметическое значение ударной вязкости стали в исходном состоянии и после старения соответственно.

Результаты исследований приведены в табл. 3, 4 и на рис. 3.

В процессе термомодеформационного старения в обеих сталях происходит повышение прочностных характеристик и снижение пластичности (см. табл. 3). Так, σ_B стали категории прочности X80 увеличился на 13 %, ста-

Таблица 3

Категория прочности	Твердость HV, МПа	Предел прочности σ_B , МПа	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное удлинение δ_5 , %	Относительное сужение ψ , %	Коэффициент упрочнения металла	
						K_{y1}	K_{y2}
X80	2250	$\frac{665-661}{747-751}$	$\frac{594-608}{740-742}$	$\frac{23-20,5}{16-17}$	$\frac{79-76}{75-75}$	$\frac{—}{1,12}$	$\frac{—}{1,22}$
X50	$\frac{2000}{2320}$	$\frac{587-603}{725-754}$	$\frac{425-440}{678-711}$	$\frac{25-31}{15}$	$\frac{67}{62}$	$\frac{—}{1,17}$	$\frac{—}{1,57}$

Примечание. В числителе приведены данные до термомодеформационного старения, в знаменателе — после.

Таблица 4

Категория прочности	Температура испытаний, °С													
	20		0		–20		–40		–60		–70		–80	
	KCV, кПа	B, %	KCV, кПа	B, %	KCV, кПа	B, %	KCV, кПа	B, %	KCV, кПа	B, %	KCV, кПа	B, %	KCV, кПа	B, %
X80	$\frac{3500}{3210}$	$\frac{100}{100}$	—	—	$\frac{3420}{3160}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{3510}{3120}$	$\frac{100}{100}$	$\frac{3200}{2860}$	$\frac{100}{97,5}$	$\frac{3120}{330}$	$\frac{100}{0}$	$\frac{3250}{250}$	$\frac{95}{0}$
X50	$\frac{9500}{2260}$	$\frac{80}{0}$	$\frac{6300}{810}$	$\frac{40}{0}$	$\frac{3570}{490}$	$\frac{3}{0}$	$\frac{1700}{370}$	0	$\frac{860}{360}$	0	—	—	—	—

Обозначение. B — содержание волокна в изломе ударного образца, %.

Примечание — см. табл. 3.

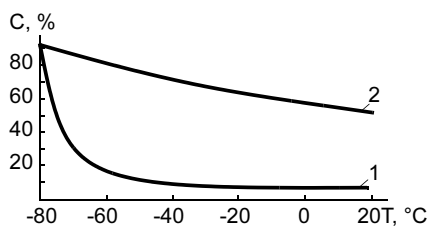


Рис. 3. Зависимость коэффициента термомодеформационного старения от температуры испытаний: 1, 2 — категория прочности стали X80 и X50 соответственно

ли категории прочности X50 — на 18 %; σ_T — на 24 и 40 % соответственно. Коэффициенты упрочнения K_{y1} и K_{y2} изменяются в пределах от 1,12 до 1,17 и от 1,22 до 1,57 для сталей категории прочности X80 и X50 соответственно.

В обеих сталях при значительном снижении относительно удлинения на 20 % относительное сужение изменяется незначительно — на 5 %, что свидетельствует об охрупчивании металла [2].

Анализ данных табл. 4 показал, что до термомодеформационного старения сталь категории прочности X80 характеризуется высокими значениями ударной

вязкости, вплоть до температуры испытания -80°C . При этом доля вязкой составляющей в изломе образцов составляет не менее 80 %. Ударная вязкость стали 17ГС соответствует нормативным требованиям вплоть до температуры испытания -40°C . В результате термомодеформационного старения сопротивление металла разрушению уменьшается. Значения ударной вязкости понижаются, при этом у стали категории прочности X80 это понижение незначительно вплоть до температуры -60°C . В диапазоне температур -60 — -80°C наблюдается снижение KCV практически на порядок: с 2,9 до 0,25 МДж/м². Степень старения C в указанном диапазоне температур изменилась от 20 до 92 %.

У стали категории прочности X50 после термомодеформационного старения отмечается резкое снижение ударной вязкости. Например, даже при температуре 20°C KCV уменьшается с 0,85 до 0,36 МДж/м². При этом с пони-

жением температуры от 20 до -40°C KCV уменьшается с 0,95 до 0,2 МДж/м².

ВЫВОДЫ

1. Низколегированные трубные стали с ферритно-перлитной структурой категории прочности X50 склонны к значительному охрупчиванию в результате деформационного старения.

2. Охрупчивание, вызванное термомодеформационным старением высокопрочной стали с преимущественно бейнитной структурой (категория прочности X80), проявляется только при эксплуатации в области отрицательных температур ниже -60°C .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Толстолистовая сталь для газопроводных труб категории прочности X80 / А. П. Белый, Ю. И. Матросов, И. В. Ганюшенко и др. // *Сталь*. 2004. № 3. С. 51—55.
2. Встовский Г. В., Терентьев В. Ф. Учет охрупчивания металла и наличия не регистрируемых дефектов в расчетах остаточного ресурса технологического оборудования // *Заводская лаборатория*. 1999. № 9. С. 47—51.

УДК 621.791.762

В. А. КАРХИН, д-р техн. наук, **П. Н. ХОМИЧ**, аспирант,
Б. В. ФЕДОТОВ, канд. техн. наук
 (Санкт-Петербургский государственный политехнический университет),
П. РАЯМЯКИ, канд. техн. наук
 (Технический университет, Лаппеенранта, Финляндия)

Анализ термических циклов при контактной стыковой сварке стали оплавлением

Стыковую сварку оплавлением применяют при изготовлении труб, рельсов, заготовок режущего инструмента, ободов колес, ленточных пил и др. [1—3]. Для оптимизации режима сварки и прогнозирования микроструктуры и механических свойств зон сварного соединения необходимо знать термические циклы этих зон. Температурные поля при стыковой сварке оплавлением рассматривались в работах [1, 4—11]. Однако переходные термические процессы на этапах нагрева и охлаждения и их

зависимость от параметров режима сварки и физических свойств свариваемого материала изучены недостаточно.

Цель исследования — разработка методики расчета температурных полей с учетом условий сварки изделий типа стержень.

Постановка задачи теплопроводности

Примем следующие допущения:
 — свариваемые стержни одинаковые, плоскость $x = 0$ является плоскостью симметрии (рис. 1, а);

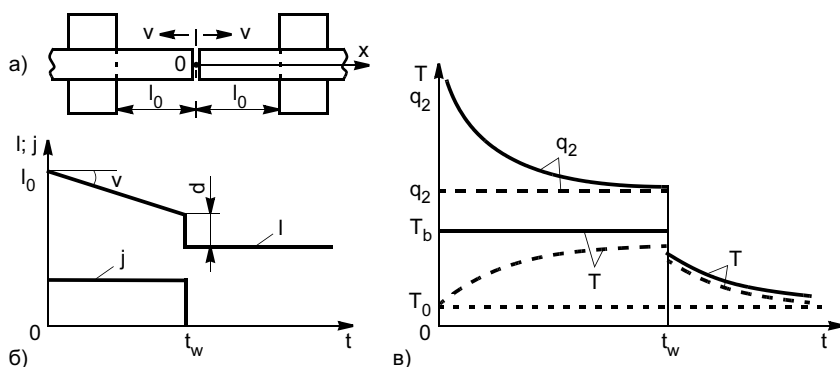


Рис. 1. Схема сварки оплавлением (а) и идеализированные временные зависимости плотности тока j , длины вылета l (б), температуры T и теплового потока q_2 на торце стержня (в центре шва) (в) (сплошные линии — задача А, штриховые — задача В)

— длина вылета каждого стержня l изменяется по заданному закону (рис. 1, б);

— известны средняя по сечению плотность тока j в стержне, температура T_e электродов ($x = l$), а на оплавляемом торце стержня ($x = 0$) — температура T_b или тепловой поток q_2 (рис. 1, б и в);

— грат удаляется сразу же после осадки;

— поверхностная теплоотдача отсутствует (периметр поперечного сечения тела относительно его площади мал), в любом поперечном сечении стержня температура постоянна, т. е. температурное поле одномерное;

— начало координат x находится на торце стержня (в центре шва), т. е. при нагреве и осадке оно движется относительно металла стержня со скоростью v (см. рис. 1, а).

При принятых допущениях постановка задачи теплопроводности в подвижной системе координат имеет следующий вид.

1. Уравнение теплопроводности

$$c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + v c_p \frac{\partial T}{\partial x} + \rho_e j^2, \quad (1)$$

где c_p — объемная теплоемкость; T — температура; t — время; λ — теплопроводность; ρ_e — электрическое удельное сопротивление.

2. Начальное условие ($t = 0$):

$$T(x, 0) = T_0. \quad (2)$$

3. Граничные условия:

$$x = 0, t \leq t_w: T(0, t) = T_b \text{ (задача А) или} \quad (3)$$

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x}(0, t) = q_2 \text{ (задача В);} \quad (4)$$

$$x = 0, t > t_w: \frac{\partial T}{\partial x}(0, t) = 0; \quad (5)$$

$$x = l: T(l, t) = T_e, \quad (6)$$

где t_w — время сварки (см. рис. 1, б).

Если применяется предварительный подогрев, то его следует учесть при задании начальной температуры T_0 [9]. Аналогично может быть учтен равномерный послесварочный подогрев.

Если свойства материала (c_p , λ , ρ_e) зависят от температуры, а граничные условия (T_b , q_2 , T_e) и условия сварки (v , j) — от времени, то сформулированные задачи А и В можно решить только численно. В данной работе обе задачи решали методом конечных разностей.

Аналитические методы имеют известные преимущества: относи-

тельную простоту алгоритмов и компьютерных программ, легкость анализа и обобщения результатов, в итоге экономию времени исследования. Для возможности решения температурной задачи аналитическими методами примем дополнительно следующие допущения:

— свойства материала (c_p , λ , ρ_e) и параметры процесса (v , j , T_b , q_2) не зависят от температуры и времени, а начальная температура T_0 постоянна;

— начальный вылет l_0 неограничен (см. рис. 1, а), температура на удалении от торца равна начальной температуре T_0 . При необходимости конечность l_0 можно приближенно учесть с помощью метода отражения, вводя в бесконечный стержень дополнительные источники и стоки [12, 13].

Найдем решение задач для этапа нагрева, а затем — для этапа охлаждения.

Решение задачи А для этапа нагрева

В данной задаче на этапе нагрева (при $t \leq t_w$) задана постоянная температура T_b на торце полубесконечного стержня (см. рис. 1, в). При принятых допущениях решение задачи может быть получено методом преобразования Лапласа [14]:

$$T(x, t) - T_0 = \frac{\rho_e j^2}{c_p} t + \frac{1}{2} (T_b - T_0) \times \left[\Phi^* \left(\frac{x+vt}{\sqrt{4at}} \right) + \exp \left(-\frac{vx}{a} \right) \Phi^* \left(\frac{x-vt}{\sqrt{4at}} \right) \right] + \frac{\rho_e j^2}{2vc_p} \left[(x-vt) \exp \left(-\frac{vx}{a} \right) \Phi^* \left(\frac{x-vt}{\sqrt{4at}} \right) - (x+vt) \Phi^* \left(\frac{x+vt}{\sqrt{4at}} \right) \right]; \quad (7)$$

$$\Phi^*(u) = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^u \exp(x^2) dx,$$

где a — температуропроводность, равная $\lambda/(c_p)$.

Оценим влияние сварочного тока. Плотность тока при сварке стали на стадии оплавления составляет около 7 А/мм^2 [1]. При максимальном удельном сопротивлении стали $0,001 \text{ Ом} \cdot \text{мм}$ наибольшая скорость подогрева в высокотемпературной зоне составляет $\rho_e j^2 / (c\rho) = 0,001 \cdot 7^2 / 0,005 = 10 \text{ К/с}$. Поэтому далее при расчете температуры влиянием джоулевой теплоты в стержне будем пренебрегать. При необходимости влияние джоулевой теплоты можно учесть дополнительно.

Тогда формула (7) упростится:

$$T(x, t) - T_0 = \frac{1}{2} (T_b - T_0) \times \left[\Phi^* \left(\frac{x+vt}{\sqrt{4at}} \right) + \exp \left(-\frac{vx}{a} \right) \Phi^* \left(\frac{x-vt}{\sqrt{4at}} \right) \right]. \quad (8)$$

Тепловой поток на торце стержня определяется градиентом температуры при $x = 0$:

$$q_2(0, t) = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} (0, t) = \frac{1}{2} \lambda (T_b - T_0) \left[\frac{1}{\sqrt{at}} \exp \left(-\frac{v^2 t}{4a} \right) + \Phi^* \left(-\sqrt{\frac{v^2 t}{4a}} \right) \right]. \quad (9)$$

Если время t относительно велико, то тепловое состояние в подвижной системе установившееся (квазистационарное):

$$T(x, \infty) - T_0 = (T_b - T_0) \exp \left(-\frac{vx}{a} \right); \quad (10)$$

$$q_2(0, \infty) = (T_b - T_0) c\rho v. \quad (11)$$

Процесс теплонасыщения характеризуется коэффициентом

$$\psi_1(\xi, \tau) = \frac{T(x, t)}{T(x, \infty)} = \frac{1}{2} \left[\exp(2\xi) \Phi^* \left(\frac{\xi}{\sqrt{4\tau}} + \sqrt{\tau} \right) + \Phi^* \left(\frac{\xi}{\sqrt{4\tau}} - \sqrt{\tau} \right) \right]; \quad (12)$$

$$\xi = \frac{vx}{2a}; \quad \tau = \frac{v^2 t}{4a}, \quad (13)$$

где ξ — безразмерная координата; τ — безразмерное время.

Характер зависимости коэффициента ψ_1 от τ и ξ приведен на рис. 2, а. Чем дальше точка наблюдения отстоит от торца (чем больше ξ), тем позже ее температура приближается к предельной (ψ_1 приближается к 1). Приведенные кривые позволяют определять время, необходимое для нагрева заданной

зоны до заданной температуры. Интересно отметить, что формула (12) совпадает с коэффициентом теплонасыщения для случая подвижного точечного источника на поверхности полубесконечного тела [12].

Решение задачи В для этапа нагрева

Решение данной задачи отличается от предыдущей только граничным условием на торце, на котором задан тепловой поток q_2 (см. рис. 1, в). Здесь возможны две следующие расчетные модели.

1. В бесконечном стержне единственный источник с плотностью мощности q_2 движется вдоль оси X со скоростью v . Металл за источником не удаляется. Этот подход использован в работе [8] при анализе тепловых процессов при сварке оплавлением.

2. Реальный плоский источник с плотностью $2q_2$ в первый момент времени раздваивается и каждый источник с плотностью мощности q_2 перемещается со скоростью v по одному из двух стержней вдоль оси X , но в противоположных направлениях (см. рис. 1, а). При этом металл между источниками не удаляется.

Отметим, что модель 2 более реалистична, чем модель 1.

Совместим начало оси X с источником, движущимся в направлении оси X (см. рис. 1, а). При при-

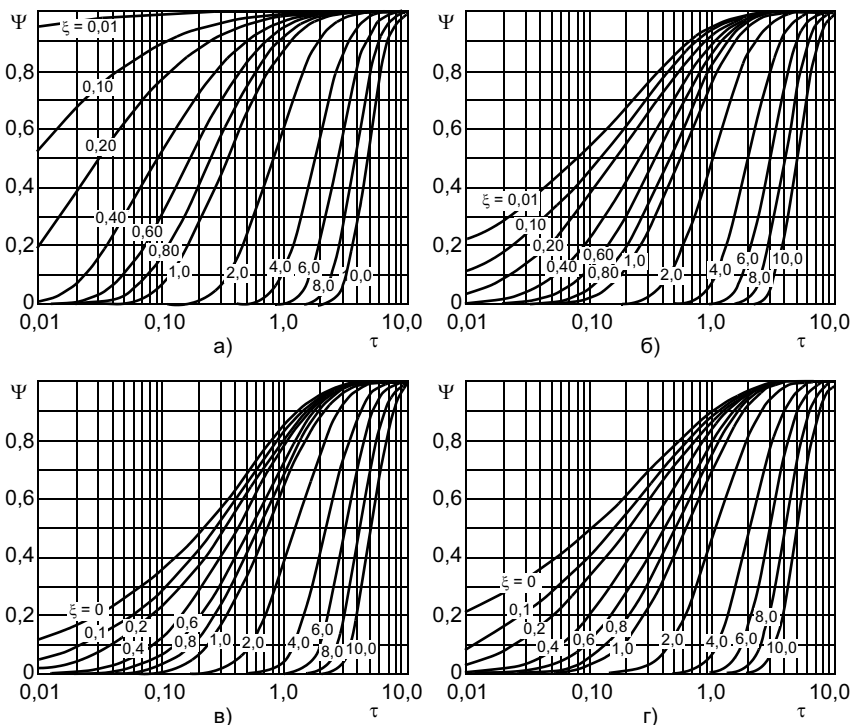


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплонасыщения зоны перед подвижным плоским источником от безразмерного времени τ и безразмерной координаты ξ при задании на торце стержня температуры (а) или теплового потока с учетом (б) и без учета (в, г) удаления оплавляемого металла, без учета (в) и с учетом (г) симметрии температурного поля

нятых допущениях решение первой задачи может быть получено методом источников [12, 13]:

$$T_3(x, t) - T_0 = \frac{1}{2} \frac{q_2}{c\rho v} \exp\left(-\frac{v(x+|x|)}{2a}\right) \left[\Phi^*\left(\frac{|x|}{\sqrt{4at}} - \sqrt{\frac{v^2 t}{4a}}\right) - \exp\left(\frac{v|x|}{a}\right) \Phi^*\left(\frac{|x|}{\sqrt{4at}} + \sqrt{\frac{v^2 t}{4a}}\right) \right]. \quad (14)$$

В предельном случае ($t \rightarrow \infty$)

$$T_3(x, \infty) = \frac{q_2}{c\rho v} \exp\left(-\frac{v(x+|x|)}{2a}\right). \quad (15)$$

Отсюда следует

$$\psi_3(\xi, \tau) = \frac{1}{2} \left[\Phi^*\left(\frac{|\xi|}{\sqrt{4\tau}} - \sqrt{\tau}\right) - \exp(2|\xi|) \Phi^*\left(\frac{|\xi|}{\sqrt{4\tau}} + \sqrt{\tau}\right) \right]. \quad (16)$$

На рис. 2, в приведена функция $\psi_3(\tau)$. Кривая $|\xi| = 0$ соответствует безразмерной температуре металла в плоскости источника.

Решение второй задачи имеет вид

$$T(x, t) - T_0 = T_3(x, t) - T_0 + T_3(-x - 2vt, t) - T_0; \quad (17)$$

$$T(x, \infty) - T_0 = T_3(x, \infty); \quad (18)$$

$$\psi_4(\xi, \tau) = \psi_3(\xi, \tau) + \psi_3(-\xi - 4\tau, \tau). \quad (19)$$

Функция $\psi_4(\tau)$ приведена на рис. 2, г.

Случай, когда источник q_2 движется и за источником металл удаляется, соответствует схеме плоского источника на подвижном торце полубесконечного стержня. Коэффициент теплонасыщения ψ_2 для этого случая приведен на рис. 2, б.

Сравним решения всех четырех рассмотренных задач. При задании фиксированной температуры на торце $T_b = \text{const}$ (задача А) тепловой поток на торце в начале нагрева (9) превосходит установившийся поток (11). Если задан поток $q_2 = \text{const}$, то температура на торце монотонно растет, приближаясь к предельному значению. Изменение температуры и потока во времени схематично показано на рис. 1, в.

Отметим, что точное задание граничных условий (T_b или q_2) затруднительно. В начальный период оплавления средняя температура на торце ниже температуры плавления, а сварочный ток и, следовательно, тепловой поток q_2 выше, чем в конце нагрева [1]. Это значит, что задачи А и В являются естественными границами диапазона, внутри которого находится реальный процесс. Как в задаче А, так и в задаче В предельное распределение температуры впереди движущегося источника одинаковое (формулы (10), (15) и (18)), если тепловой поток q_2

определяется выражением (11), где под T_b следует понимать температуру удаляемого металла.

Из сравнения кривых $\psi(\xi, \tau)$ на рис. 2, а и б следует, что если на торце задана температура, то теплонасыщение устанавливается быстрее, особенно вблизи торца. Неучет удаления расплавленного металла приводит к некоторому замедлению теплонасыщения металла перед источником, что следует из сравнения рис. 2, б и г. Дополнительный неучет условия симметрии вызывает дальнейшее замедление роста температуры (см. рис. 2, в и г).

Таким образом, неучет удаления металла и условия симметрии приводит к значительному завышению времени установления температурного поля в свариваемом изделии.

Решение задач на этапе охлаждения

В конце нагрева на торцах деталей образуется слой жидкого металла толщиной 0,1—0,5 мм [10]. При осадке большая часть жидкого металла выдавливается из стыка в грат, однако полностью удалить жидкость невозможно [10]. Допустим, что при осадке ($t = t_w$) нагретый металл каждого стержня на длине d удаляется (рис. 3, а). При этом граничные условия для стержня изменяются (уравнение (5)). Учет удаления жидкого металла становится особенно важным, если требуется оценить процесс затвердения жидкого металла (например при анализе вероятности образования горячих трещин).

Решение температурной задачи численными методами на этапе охлаждения не представляет принципиальных трудностей. Для аналитического решения задачи используем метод источников. При этом за начальное распределение температуры на этапе охлаждения ($t > t_w$) возьмем известное реше-

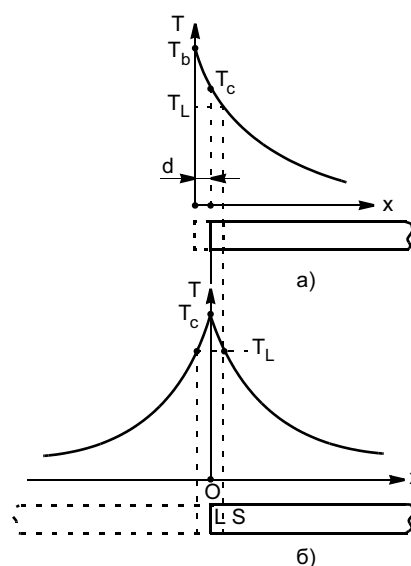


Рис. 3. Распределение температуры в стержне в момент окончания оплавления (а) и осадки (б)

ние $T(x, t_w)$ в конце нагрева. Поместим начало оси X в центр шва (рис. 3, б). Тогда выравнивание температуры в новой координатной системе описывается выражением

$$T(x, t) - T_0 = [4\pi a(t - t_w)]^{-1/2} \int_0^\infty [T(\xi + d, t_w) - T_0] \times \left[\exp\left(-\frac{(x - \xi)^2}{4a(t - t_w)}\right) + \exp\left(-\frac{(x + \xi)^2}{4a(t - t_w)}\right) \right] d\xi. \quad (20)$$

Решение задач сводится к простой процедуре интегрирования. Например, если температурное поле в конце нагрева близко к установившемуся (формула (10)), то процесс охлаждения описывается уравнением

$$T(x, t) - T_0 = \frac{1}{2} (T_b - T_0) \exp\left(-\frac{vd}{a} - \frac{x^2}{4a(t - t_w)}\right) \times \left[\exp\left(\frac{[2v(t - t_w) - x]^2}{4a(t - t_w)}\right) \Phi^*\left(\frac{2v(t - t_w) - x}{\sqrt{4a(t - t_w)}}\right) + \exp\left(\frac{[2v(t - t_w) + x]^2}{4a(t - t_w)}\right) \Phi^*\left(\frac{2v(t - t_w) + x}{\sqrt{4a(t - t_w)}}\right) \right].$$

Отметим, что если известно распределение осевых пластических деформаций укорочения нагретого металла при осадке, то его несложно учесть путем соответствующего деформирования сетки при использовании метода конечных разностей или путем изменения масштаба x и ξ в подынтегральном выражении (20) при аналитическом подходе.

Таким образом, предлагаемая методика позволяет рассчитывать температурные поля при нагреве и охлаждении с учетом условий сварки.

Пример

Стержни сечением $6,35 \times 50,8$ мм из стали AISI 1020 (0,18—0,23 % С, 0,30—0,60 % Мн) [7] сваривали при постоянной скорости $v = 0,94$ мм/с [5]. Температурные зависимости свойств аналогичных сталей приведены на рис. 4 [8, 12]. Температуру регистрировали с точностью до 28 К [8].

При аналитическом решении принимали: $T_b = 2500$ К, $\lambda = 0,035$ Вт/(мм · К), $c_p = 0,0064$ Дж/(мм³ · К), $T_0 = 300$ К, температура плавления $T_L = 1773$ К, толщина жидкого слоя, остающегося на торце при осадке, равна 0,2 мм (определяли экспериментально по шлифам). При численном решении принимали свойства из рис. 4, начальный вылет $l_0 = 35$ мм, температура зажимов $T_e = 300$ К. Из физических соображений и условия устойчивости конечно-разностной явной схемы принимали временной шаг $5 \cdot 10^{-5}$ с и пространственный шаг 0,05 мм. Приня-

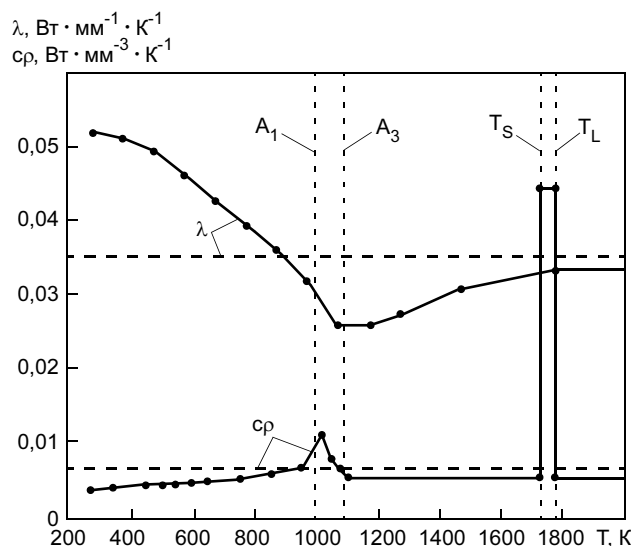


Рис. 4. Температурные зависимости теплопроводности λ и объемной теплоемкости c_p стали (0,23 % С, 0,64 % Мн) (штриховые линии — усредненные значения)

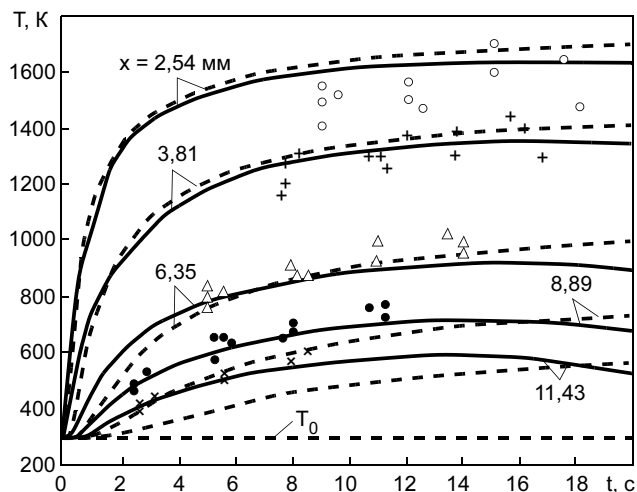


Рис. 5. Рост температуры T на расстоянии x от кромки стержня при скорости перемещения кромки $v = 0,94$ мм/с (сплошные линии — численное решение, штриховые — расчет по формуле (8), \times , \bullet , Δ , $+$, \circ — эксперимент [5])

тая температура на торце стержня T_b близка к средней температуре выбрасываемого при оплавлении металла (для стали около 2273 К [10]).

На рис. 5 приведен рост температуры на этапе нагрева в подвижной системе координат. Температура монотонно растет, достигая при $t = 12$ с почти предельных значений. Далее температура почти не увеличивается, если не учитывать влияние зажимов (аналитическое решение), или снижается из-за охлаждения стержня приближающимися зажимами (численное решение). Установившееся распределение температуры подчиняется экспоненциальному закону, как это видно на рис. 6 (кривая $t = \infty$) и формулы (10). Из рис. 5 и 6 следует, что расчетные

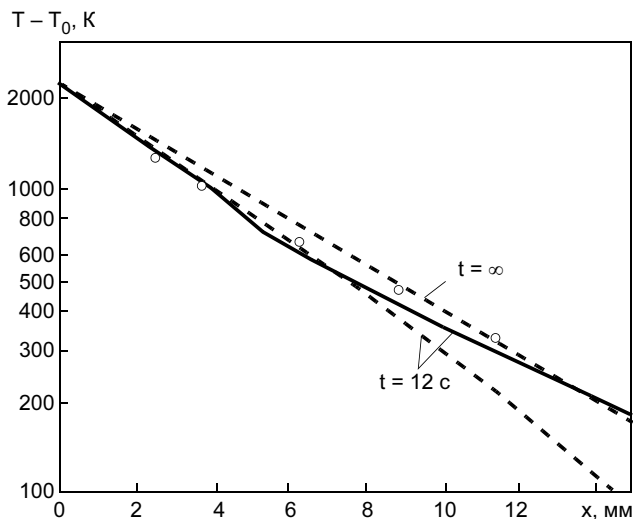


Рис. 6. Приращение температуры на расстоянии x от торца стержня в момент t (обозначения — см. рис. 5)

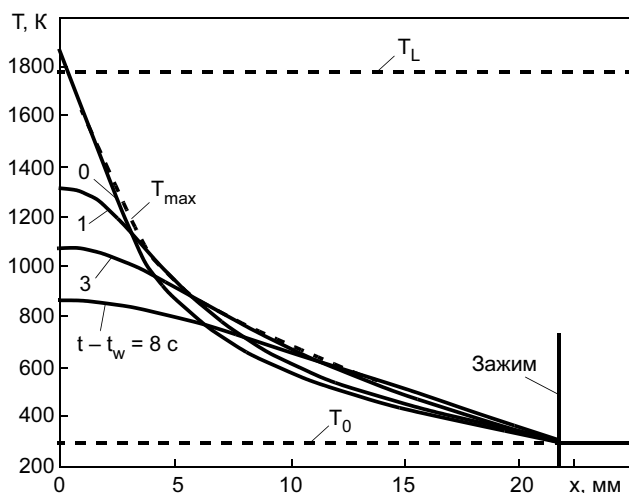


Рис. 7. Распределение температуры на этапе охлаждения ($v = 0,94$ мм/с, $l_0 = 35$ мм, $t_w = 12$ с, численное решение)

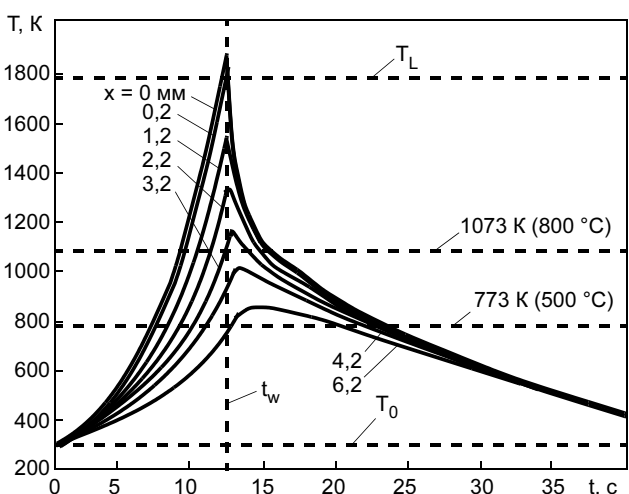


Рис. 8. Термические циклы металла на различном расстоянии от центра шва x при режиме сварки $v = 0,94$ мм/с, $T_b = 2500$ К (численное решение) (кривая $x = 0$ соответствует центру шва, кривая $x = 0,2$ мм — границе сплавления)

кривые удовлетворительно совпадают с экспериментальными точками.

Для определения размера шва и ЗТВ необходимо распределение максимальной температуры (рис. 7). В качестве примера на рис. 8 приведены термические циклы металла различных зон сварного соединения, рассчитанные численным методом. Видно, что металл всех зон, нагретых выше 1300 К, охлаждается в диапазоне 800—500 °С практически с одинаковой скоростью. Кривые $T(t)$ позволяют прогнозировать механические свойства металла.

ВЫВОДЫ

1. Разработанная методика позволяет расчетно оценить распределение температуры в свариваемом изделии на этапах нагрева и охлаждения при стыковой сварке оплавлением.

2. Период теплонасыщения при задании температуры на торце свариваемого стержня значительно короче периода теплонасыщения при задании теплового потока.

3. Неучет удаления металла при оплавлении приводит к значительному завышению времени установления температурного поля в свариваемом изделии.

4. Результаты расчета удовлетворительно совпадают с экспериментальными данными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кучук-Яценко С. И., Лебедев В. К. Контактная стыковая сварка непрерывным оплавлением. Киев: Наукова думка, 1976. 214 с.
2. *Resistance Welding Manual*. 4th edition. Philadelphia: Resistance Welder Manufacturers' Association, 1989. P. 5-1—5-18.
3. *Welding Handbook*. 8th Edition. Welding processes. Miami: American Welding Society, 1991. Vol. 2. P. 582—596.
4. Гельман А. С. Контактная электросварка. М.: Машгиз, 1949. 500 с.
5. *Temperature distribution during the flash welding of steel* / E. F. Nippes, W. F. Savage, J. J. McCarthy, S. S. Smith // *Welding Journal*. 1951. Vol. 30. № 12. P. 585-s—601-s.
6. *Temperature distribution during flash welding of steel-Part II* / E. F. Nippes, W. F. Savage, S. S. Smith et al. // *Welding Journal*. 1953. Vol. 32. № 3. P. 113-s—122-s.
7. *Further studies of the flash welding of steels* / E. F. Nippes, W. F. Savage, G. Grotke, S. M. Robelotto // *Welding Journal*. 1955. Vol. 34. № 5. P. 223-s—240-s.
8. *A mathematical analysis of the temperature distribution during flash welding* / E. F. Nippes, W. F. Savage, H. Suzuki, W. H. Chang // *Welding Journal*. 1955. Vol. 34. № 6. P. 271-s—285-s.
9. Пугин А. И. Прерывистый подогрев круглых стержней большого диаметра из углеродистой стали при сварке встык оплавлением // *Тепловые процессы при контактной сварке* / Под ред. Н. Н. Рыкалина. М.: АН СССР, 1959. С. 134—167.
10. *Сварка в машиностроении*. М.: Машиностроение, 1978. Т. 1. 501 с.
11. *Численное исследование кинетики напряжений при сварке разнородных стыков железнодорожных рельсов* / Е. А. Великоиваненко, Г. Ф. Розынка, Н. И. Пивторак, В. М. Шекера // *Математическое моделирование и информационные технологии в сварке и родственных процессах*. Ялта, 2004. С. 56—65.
12. Рыкалин Н. Н. *Тепловые основы сварки*. М.-Л.: АН СССР, 1947. 271 с.
13. Кархин В. А. *Тепловые основы сварки*. Л.: Ленинградский государственный технический университет, 1990. 100 с.
14. Карслоу Г., Егер Д. *Теплопроводность твердых тел*. М.: Наука, 1964. 487 с.

В. П. СИДОРОВ, д-р техн. наук, **А. И. КОВТУНОВ**, канд. техн. наук,
Т. В. ЧЕРМАШЕНЦЕВА, инж., **П. Н. СЕЛЯНИН**, инж.
 Тольяттинский государственный университет

Исследование структурной наследственности при пайке алюминиевых сплавов

В настоящее время область применения изделий из алюминия и его сплавов, полученных с применением пайки, постоянно расширяется в различных отраслях промышленности. В связи с этим возрастают требования к качеству и надежности алюминиевых паяных конструкций. Это делает актуальной разработку способов получения паяных соединений из алюминиевых сплавов с высокими механическими свойствами.

Механические свойства паяных швов зависят прежде всего от размеров его структурных составляющих. Значительное измельчение зерен паяного шва способствует развитию поверхности границ и субграниц, действующих как барьер на пути движения дислокации, что способствует повышению прочностных и пластических свойств шва.

Одним из широко применяемых способов измельчения структуры металла шва является модифицирование. В пайке имеется опыт модифицирования металла шва через флюсы и введение тугоплавких элементов в состав припоя.

Возможным способом модифицирования структуры является применение при пайке мелкокристаллических припоев. Модифицирование мелкокристаллическим припоем основано на явлении наследственности, заключающемся в связи между структурой припоя и структурой паяного шва.

Исследованию явлений структурной наследственности в алюминиевых сплавах при формировании слитков и отливок посвящено много работ. В них приведены представления о механизмах структурной наследственности и носителях структурной информации, оценено влияние структуры исходных материалов (шихты) на механические свойства отливок и слитков из алюминиевых сплавов [1]. Одним из объяснений механизма структурной наследственности является предположение о том, что в расплаве сохраняются дисперсные недорастворившиеся включения и частицы, входящие в состав шихты [1]. На основе опыта получения мелкокристаллических шихтовых материалов разработаны различные способы формирования мелкокристаллической структуры припоев: жидкофазные, кристаллизационные, твердофазные и дисперсионные [1].

Кристаллизационная обработка позволяет измельчать структуру присадочных материалов за счет увеличения скорости охлаждения расплава в

процессе затвердевания при различных тепловых условиях. Все способы кристаллизационной обработки можно разделить на три подгруппы: средние, повышенные и высокие скорости охлаждения. Наибольшие эффекты наследственности могут проявиться при применении способов третьей подгруппы, обеспечивающих кардинальное измельчение структурных составляющих присадочных материалов. Максимальные скорости охлаждения достигаются при получении микроотливок (гранул, чешуек и др.). Использование переплавов в виде гранул для модифицирования [1 и др.] дает значительный положительный эффект. Гранулы получают обычно распылением или разбрызгиванием жидкого расплава в жидкую (воду) или газообразную (воздух, инертные газы) среду [2].

Для оценки скорости охлаждения гранул можно воспользоваться математической моделью [3]

$$\frac{\partial [rT(r, \tau)]}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 T(r, \tau)}{\partial r^2} \right);$$

$$T(r, 0) = T_0 = \text{const};$$

$$T_c = \text{const};$$

$$\frac{\partial T(R, t)}{\partial t} H[T_c - T(R, \tau)] = 0.$$

Решение этой системы уравнений имеет вид

$$\Theta = \frac{T_0 - T(r, \tau)}{T_0 - T_c} =$$

$$= 1 - \sum \frac{2(\sin \mu_\eta - \mu_\eta \cos \mu_\eta)}{\mu_\eta - \sin \mu_\eta \cos \mu_\eta} \frac{R \sin \mu_\eta \frac{r}{R}}{r \mu_\eta} e^{-\mu_\eta^2 F_0}. \quad (2)$$

Здесь R — радиус гранулы, м; T_c — температура охлаждающей среды, °C; F_0 — число Фурье, равное $a\tau/R^2$; μ_η — корни характеристического уравнения $\text{tg} \mu = -\mu/\text{Bi} - 1$ (Bi — критерий Био, равный $\alpha R/\lambda = HR$).

Эквивалентная температура заливки, учитывающая теплоту кристаллизации, [4]:

$$T_0 = T_\Pi + \frac{[L + c_i(T_{\text{зал}} - T_\Pi)]}{c_i}, \quad (3)$$

где T_Π — температура ликвидуса, °C; L — теплота кристаллизации, Дж/кг; c_i — теплоемкость твердой фазы и жидкого металла, Дж/(кг · °C).

Применив метод прогонки уравнения (2), получили зависимости времени охлаждения гранул в интервале температур $T_0 - T_k$ от коэффициента теплоотдачи и радиуса гранул. По этим данным рассчитаны скорости охлаждения алюминиевых гранул в интервале температур $T_0 - T_k$ (T_k — температура неравновесного солидуса с учетом большой скорости охлаждения, $T_k = T_c - (100 - 300 \text{ } ^\circ\text{C})$ [2]).

Значение коэффициента теплоотдачи α_3 в большей степени определяется видом охлаждения. Распыление на воздухе позволяет формировать гранулы при скорости охлаждения χ внутренних слоев порядка $10^3 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{с}$, так как при воздушном охлаждении $\alpha_3 \leq 1,5 \cdot 10^3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ [4]. При использовании воды достигаются значения $\alpha_3 = 1,6 \cdot 10^4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ (при ее принудительной циркуляции), а при частичном кипении $\alpha_3 = 2 \cdot 10^4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ [4]. Соответственно скорость охлаждения гранул при распылении в воду доходит до $10^4 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{с}$. При использовании в качестве охладителя криогенной среды возможно достижение $\alpha_3 \approx 5 \cdot 10^4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ [4], а χ может принимать значения

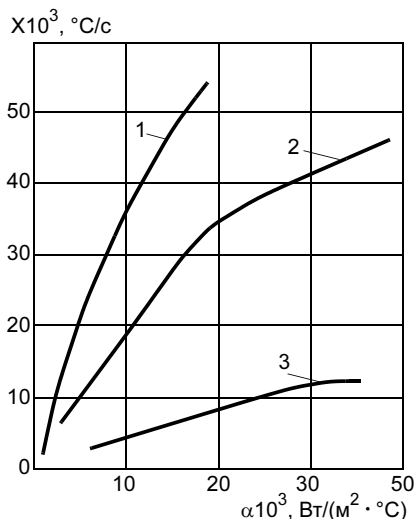


Рис. 1. Зависимость скорости охлаждения гранул от коэффициента теплоотдачи охлаждающей среды: 1—3 — R равен 0,1, 0,5 и 10 мм соответственно

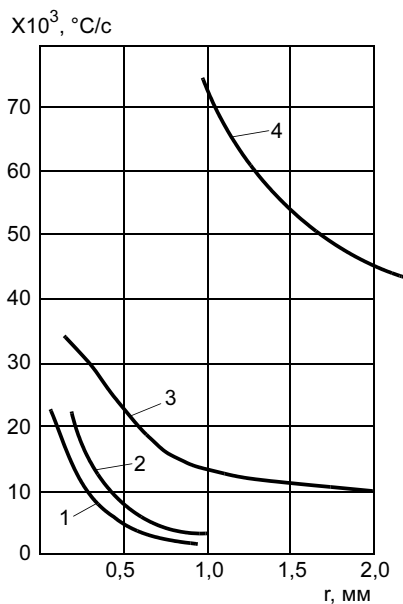


Рис. 2. Зависимость скорости охлаждения гранул от их радиуса: 1—4 — α равен $5 \cdot 10^3$, 10^4 , $2 \cdot 10^4$ и $4 \cdot 10^4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

$5 \cdot 10^4 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{с}$ (рис. 1). В отличие от внутренних слоев гранул скорость охлаждения поверхностных слоев будет значительно выше. Увеличение диаметра гранул ведет к снижению скорости охлаждения (рис. 2). Следует отметить, что наиболее целесообразно с точки зрения достижения максимальных скоростей охлаждения использовать гранулы диаметром не более 2 мм. Так как применение криогенных сред усложняет технологию получения гранул, предлагается в качестве охлаждающей среды использовать воду.

Для получения алюминиевых гранул изготовлена экспериментальная установка (рис. 3), состоящая из компрессора 1, ресивера 2 для стабилизации давления, обогреваемого тигля 4, установленного на распылительную форсунку 6, и емкости с водой 3. При получении гранул воздух из ресивера подается в форсунку. Расплавленный металл из отверстия в тигле поступает по металлопроводу 5 в форсунку, диспергируется и в емкости с водой формируется в виде твердых гранул.

Для получения припоя плавил сплав АК12 в печи сопротивления в графитовом тигле. При температуре $740 - 760 \text{ } ^\circ\text{C}$ проводили рафинирование расплава флюсом, содержащим 47 % KCl , 30 % NaCl , 23 % Na_3AlF_6 . Расплав заливали в обогреваемый тигель установки для получения гранул и в металлическую форму для получения припоя в виде прутка (рис. 4).

Микроструктурный анализ гранул и прутков (рис. 5), показал, что размер структурных составляющих гранул в большей степени зависит от их диаметра (см. таблицу). Размер α -фазы гранул и эвтектических прослоек составляет 2—7 мкм, что в 15—20 раз меньше размера структурных составляющих литых прутков. При таких размерах структурных составляющих исходя из зависимости дендритного параметра от скорости охлаждения скорость охлаждения гранул составляла $10^3 - 10^5 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{с}$ [2].

Для исследования влияния размера структурных составляющих припоев на структуру и свойства паяных швов изготавливали нахлесточные образцы нагревом электросопротивлением из алюминия А5 с использованием приготовленных припоев и флюса NOCOCOL.

Микроструктурный анализ полученных паяных швов подтвердил наличие модифицирующего эффекта при использовании мелкокристаллического припоя в ви-

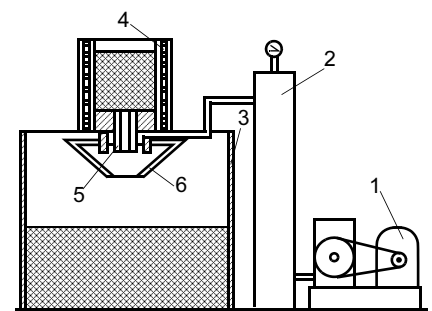


Рис. 3. Схема установки для получения алюминиевых гранул

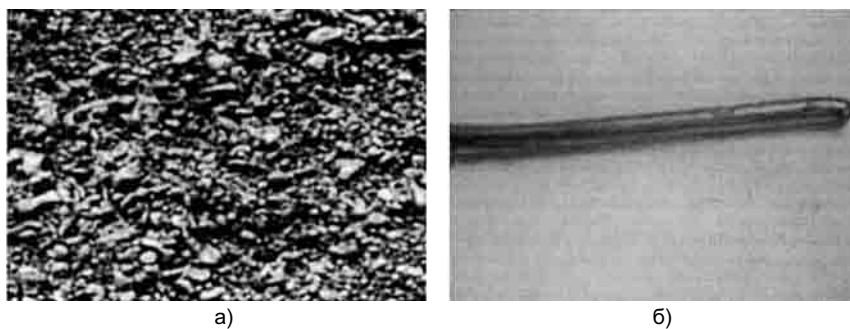


Рис. 4. Внешний вид припоя в виде гранул (а) и прутка (б)

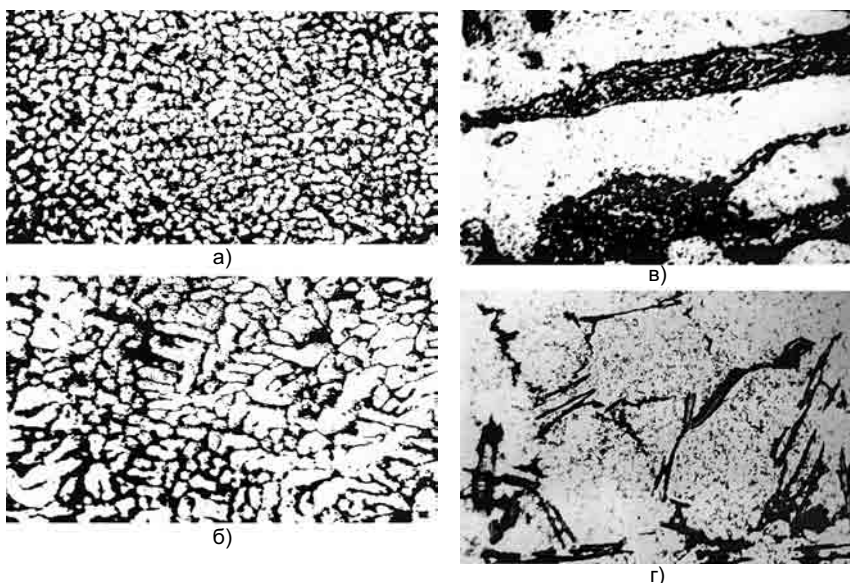


Рис. 5. Микроструктура припоев в виде гранул размером 0,5—1,0 мм (а) и 1—2 мм (б) и прутка диаметром 6 мм (в, г): а, б, г — $\times 600$; в — $\times 140$

де быстроохлажденных гранул. Средний размер α -фазы металла шва при использовании прут-

кового припоя составляет порядка 60 мкм. Применение гранульных Al—Si-припоев снижает размер α -фазы в 2—2,5 раза. Следует отметить значительное измельчение эвтектических составляющих при использовании мелкокристаллических припоев.

Прочность паяных соединений при использовании в качестве присадки гранул изменяется в зависимости от их диаметра (рис. 6). Предел прочности при растяжении паяных образцов с использованием прутковых припоев составлял в среднем 60 МПа, а при использовании гранул — 70—130 МПа. Значительный разброс прочности объясняется тем, что при использовании гранул диаметром более 1 мм снижается эффект наследственности, так как увеличивается раз-

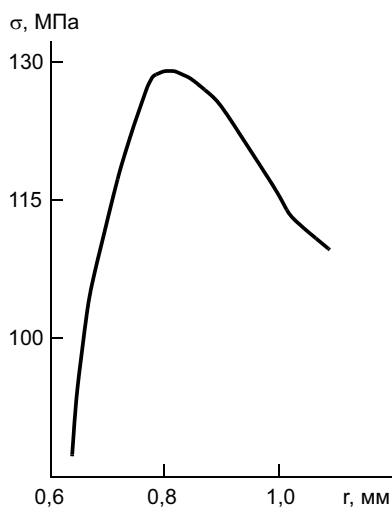


Рис. 6. Зависимость прочности паяных швов от размера гранул

мер структуры гранул. При использовании гранул размером менее 0,5 мм снижается прочность паяных соединений вследствие увеличения пористости металла шва и количества неметаллических включений. Причина этого — увеличение отношения площади поверхности гранул к их объему, а следовательно, и увеличение объема вносимых оксидных включений и адсорбированной влаги в металл шва.

Вид припоя	Размер дендритных ячеек, мкм	Толщина прослойки эвтектических фаз, мкм
Пруток	60—100	30—40
Гранулы диаметром 0,5—1,0 мм	3—5	2—4
Гранулы диаметром 1,0—2,0 мм	5—7	3—5

ВЫВОДЫ

1. Использование в качестве припоев быстроохлажденных гранул позволяет повысить механические свойства алюминиевых паяных соединений.

2. Скорость охлаждения гранул в зависимости от их размера и коэффициента теплоотдачи при распылении составляет 10^3 — 10^5 °C/с.

3. Распыление в воду алюминиевых припоев в виде гранул обеспечивает измельчение их структуры в 12—20 раз.

4. Применение алюминиевых гранул, распыленных в воду, в качестве припоя повышает предел прочности паяных соединений в 1,2—2,0 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитин В. И. Наследственность в литых сплавах. Самара: Самарский государственный университет, 1995. 248 с.
2. Добаткин В. И., Елагин В. И. Гранулированные алюминиевые сплавы. М.: Металлургия, 1981. 176 с.
3. Лыков А. В. Теория теплопроводности. М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1952. 392 с.
4. Кутаталадзе С. С. Основы теории теплообмена. Новосибирск: Наука, 1970. 270 с.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

УДК 621.791.92.04

**Н. Г. ДЮРГЕРОВ, д-р техн. наук, Х. Н. САГИРОВ, д-р техн. наук,
И. С. МОРОЗКИН, д-р техн. наук**
Ростовский государственный университет путей сообщения

Прогрессивные технологии восстановления деталей подвижного состава железных дорог

Детали железнодорожного подвижного состава наиболее подвержены износу, приводящему к выходу их из эксплуатации. При восстановлении деталей железнодорожного транспорта необходимо учитывать требования обеспечения служебных характеристик восстановленных деталей, а также требования, предъявляемые непосредственно к восстанавливаемым деталям и способам их восстановления, в частности:

— безаварийность, особенно при перевозке людей и опасных грузов;

— широкий диапазон толщин наносимых слоев от 0,1 до 10 мм и более [1] (обуславливает применение различных способов восстановления деталей);

— необходимость наплавки деталей из среднеуглеродистых сталей, обладающих плохой свариваемостью;

— малые размеры и различные формы изнашиваемых поверхностей;

— необходимость решения проблемы совмещения процессов восстановления и упрочнения деталей;

— трудность автоматизации процессов восстановления деталей небольших размеров.

Ведущее место при ремонте подвижного состава занимают технологические процессы дуговой сварки и наплавки [2]. В настоящее время применяют около 30 типовых, а всего более 200 способов восстановления и упрочнения деталей [3]. Часто одни и те же способы служат как для восстановления, так и упрочнения деталей.

Прогрессивными способами восстановления деталей, по мнению авторов, являются:

— наплавка под флюсом и ее усовершенствованные варианты с применением следящих копировальных систем управления процессом;

— наплавка открытой дугой порошковой проволокой и в углекислом газе с применением синергических (самонастраивающихся) систем;

— метод дополнительных деталей.

Классификация видов и способов наплавки для восстановления деталей приведена на рисунке. Классификационными признаками являются источник нагрева, способ защиты расплавленного металла восстанавливаемой детали и вид электрода.

Наибольшее применение на железнодорожном транспорте имеет дуговая наплавка: ручная, автоматическая под флюсом, автоматическая и механизированная в защитных газах, порошковой проволокой самозащитной и в углекислом газе, вибродуговая. Применяется индукционная наплавка токами высокой частоты (ТВЧ) [4].

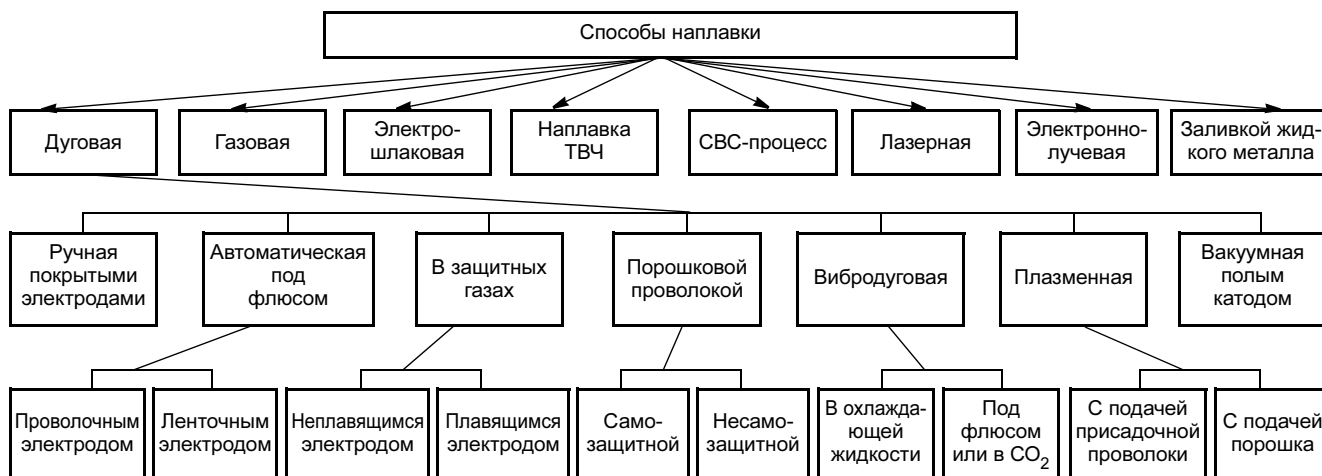
В табл. 1 приведены сравнительные характеристики различных способов наплавки.

Из сравнительного анализа способов наплавки следует, что наибольшими преимуществами обладает автоматическая наплавка под флюсом.

Основными трудностями, препятствующими применению автоматической наплавки под флюсом, являются необходимость удаления шлаковой корки с поверхности наплавленного валика перед его перекрытием последующим валиком и большие

Таблица 1

Способ наплавки	Плотность тока в электроде, А/мм ²	Коэффициент наплавки, г/(А · ч)	Производительность, кг/ч
Ручная дуговая	8,5—15	8,5—9,5	1,5—2,5
Под флюсом	35—150	12—13	3,0—8,0
В углекислом газе	50—300	10—18	0,5—5,0
Порошковой проволокой	70—100	13—16	3,0—6,0



Классификация способов наплавки (СВС — самораспространяющийся высокотемпературный синтез [5])

потери времени на наплавку каждого валика, связанные с установкой автоматической головки, манипулированием электродом, засыпкой флюса, проблемой начала процесса наплавки, что часто приводит к нецелесообразности применения данного способа. Возможны две схемы автоматической наплавки в зависимости от размеров и формы наплавляемых поверхностей, исключая указанные трудности: "раздвинутыми" валиками и челночным способом.

Наплавку "раздвинутыми" валиками производят в два прохода с шагом наплавки, равным ширине одиночного валика, располагающегося на наплавляемой поверхности при первом проходе. После наплавки первого прохода наплавленную поверхность очищают от флюса и шлаковой корки. При наплавке второго прохода производят заполнение ненаплавленных промежутков.

Примером реализации данного способа является восстановление подпятникового места наддрессорной балки. Наплавку опорной кольцевой поверхности подпятника осуществляют автоматом с рычажно-шарнирной системой. Наплавочная головка перемещается намагниченным вращающимся роликом по копиру — "спираль Архимеда". Система обеспечивает постоянство линейной скорости наплавки [6].

Наплавка челночным способом позволяет радикально решить вопрос автоматизации наплавки поверхностей небольших размеров. Наплавленный слой образуется за один проход наплавочной головки с перекрытием валиков от 0,3 до 0,5 их ширины. В этом случае режимом наплавки обеспечивается поддержание теплового состояния детали, при котором флюс находится в расплавленном и электропроводном состоянии, не препятствующем перекрытию валиков. Этим ограничивается ширина слоя наплавки. С ростом погонной энергии допустимая ширина наплавленного слоя увеличивается,

а с ростом температуры плавления флюса — уменьшается.

Примерами реализации способа челночной наплавки является восстановление наклонной поверхности стального фрикционного клина [7, 8] и наплавка наклонных поверхностей наддрессорной балки грузового вагона. При наплавке применяют автомат с рычажно-шарнирной системой и копир типа "гребенка". Наплавку выполняют электродом диаметром 3 мм под флюсом АН-60. Режим наплавки: ток 270—320 А, напряжение 32—36 В, время наплавки 3,5 мин. Ширина слоя наплавки 100 мм.

Способы наплавки открытой дугой порошковой проволокой и в углекислом газе при автоматизации процесса не требуют удаления шлаковой корки при перекрытии валиков и в отличие от традиционной наплавки под флюсом применяются для восстановления деталей с меньшими величинами износа и массой наплавляемого металла. Исключение составляет наплавка под флюсом тонкими электродными проволоками, при которой также требуется малое тепловложение в изделие.

Автоматизация наплавки тел вращения и плоских поверхностей с малым нагревом деталей обеспечивает уменьшение собственных напряжений и деформаций. Основные способы наплавки при этом: под флюсом тонкими электродными проволоками, короткой дугой в углекислом газе и вибродуговая.

Управление переносом металла на основе синергетического подхода к процессу сварки короткой дугой в углекислом газе [9] обеспечивает значительные преимущества по сравнению с типовым процессом сварки в углекислом газе:

- уменьшение потерь электродного металла на разбрызгивание до 2—5 %;
- расширение области применения процесса при уменьшении тока в 2—3 раза;

— осуществление контролируемого тепловложения в изделие;

— стабилизацию процесса, уменьшение проплавляющей способности дуги, обеспечивающей сварку металла толщиной от 0,5 мм на весу и нанесение тонких наплавленных слоев от 0,5 до 1,0 мм на плоские поверхности и поверхности тел вращения.

Технологические возможности синергетического процесса дуговой наплавки на железнодорожном транспорте при нанесении слоев малой толщины на поверхности тел вращения обеспечивают автоматизацию процесса и повышение производительности и качества наплавленного металла.

Синергетический процесс наплавки короткой дугой в углекислом газе может заменить металлизацию и плазменное напыление.

Сравнительные данные по наплавке "короткой дугой" деталей малого диаметра приведены в табл. 2.

Нанесение покрытий с помощью различных технологических способов наплавки в значительной степени индивидуализировано [10] и в ряде случаев его автоматизация затруднена.

Эффективным путем решения проблемы восстановления является ремонт методом дополнительных деталей. Восстановление данным методом заключается в том, что изношенную поверхность детали механически обрабатывают и затем к ней прикрепляют специально изготовленный новый элемент (дополнительную деталь) с необходимыми служебными свойствами [11, 12].

К преимуществам способа восстановления методом дополнительных деталей относятся:

— простота получения трибузлов с заданными характеристиками;

— высокая производительность, технологичность и экономичность ремонта;

— унификация конструкций дополнительных деталей, а также их подготовки к ремонту;

— серийное изготовление дополнительных деталей промышленными высокопроизводительными методами;

— возможность предварительного придания дополнительным деталям определенных служебных свойств по эспурам износа: твердости, износостойкости;

— применение дополнительных деталей из пористых или композиционных материалов;

— отсутствие или резкое уменьшение деформаций и напряжений в восстанавливаемых деталях.

При восстановлении методом дополнительных деталей припуск на предварительную механическую обработку должен быть унифицирован, а его величина меньше или равна предельному износу.

К возможным способам крепления дополнительных деталей относятся: механическое, клеевое или клеесварное соединения, образованные приваркой несколькими способами (ручной сваркой, автоматической под флюсом, электронно-лучевой, диффузионной в вакууме, электрозаклепка и др.) и пайка.

Ввиду сложности термической обработки крупногабаритных узлов железнодорожной техники целесообразно избегать термического воздействия, характерного для сварки и наплавки; при восстановлении деталей и там, где это возможно по условиям эксплуатации, применять клеевые или клеесварные соединения. В настоящее время такой опыт имеется при ремонте буксового проема боковин тележек грузовых вагонов.

Примером ремонта методом дополнительных деталей является восстановление ребер букс грузовых вагонов. Проблема заключается в том, что при обычной дуговой наплавке возникающие деформации не позволяют собрать подшипниковый

Таблица 2

Диаметр детали, мм	Толщина наплавленного слоя, мм	Ток, А	Напряжение, В	Скорость подачи электрода, м/ч	Скорость наплавки, м/ч	Смещение электрода, мм
Синергетический процесс						
15	1,0	20	17	85	15—20	3
27	0,8	30	17—18	105	15—20	3
40	0,6—0,8	40	18	115	15—20	3
50	0,8	45	18—19	130	20—25	3
60	0,5	50	18—19	145	15—20	3
Типовой процесс						
15	0,8	80—90	16—18	195	40—45	3
20	0,8—1,0	95—110	18—19	260	40—45	3—5
25	0,8—1,0	90—110	18—19	245	40	3—5
30	1,0	85—110	18—19	245	35—40	5
40	1,0	100—130	18—20	360	30—35	6—8
<p>Примечание. Наплавка постоянным током обратной полярности; расход CO₂ 6—7 л/мин; смещение электрода от зенита в сторону, противоположную направлению вращения детали; диаметр проволоки Св-08Г2С 0,8 мм; вылет электрода 8 мм.</p>						

узел буксы грузового вагона. Наплавка с установленным в буксе распирающим домкратом уменьшает деформации [2], однако для этого необходимо сохранить действие усилия домкрата до остывания буксы, что резко снижает производительность ремонта. Ручная приварка дополнительных деталей-планок — через отверстия к ребрам букс не гарантирует качество соединения.

Автоматическая приварка под флюсом или порошковой проволокой планок к ребрам букс электрозаклепками через отверстия позволяет решить эту проблему. Перед приваркой планок производят фрезерование ребер букс на заданный размер между параллельными плоскостями. Приварка осуществляется с применением систем бесконтактного зажигания дуги и фиксации времени ее горения. При бесконтактном зажигании дуги процесс устанавливается практически мгновенно, что позволяет точно фиксировать время формирования электрозаклепки и стабилизировать ее размеры [13].

Себестоимость ремонта букс по сравнению с ручной дуговой наплавкой уменьшается в 5 раз. Ремонт методом дополнительных деталей целесообразно применять для восстановления скользящих, наклонных поверхностей надрессорных балок и других деталей грузовых вагонов. Отсутствие унифицированной технологии, обеспечивающей приварку дополнительной детали к основной, сдерживает широкое применение данного способа.

ВЫВОДЫ

1. Совершенствование наплавки под флюсом "раздвинутыми" валиками и челночным способом с применением копировальных систем управления процессом позволяет решить проблему автоматизации восстановления деталей различной формы и небольших размеров, существенно увеличить производительность и качество наплавки.

2. Снижение величины тока, характерное для синергетических процессов наплавки в углекислом газе, целесообразно использовать при восстановлении слоя малой толщины до 0,5—1,0 мм при ремонте деталей типа тел вращения, а также для возможной замены процессов металлизации и плазменного напыления наплавкой в углекислом газе.

3. Наплавка методом дополнительных деталей снижает деформации и напряжения в восстанавливаемых деталях при высокой производительности, технологичности и экономичности ремонта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев С. Н., Аксенова Л. А., Засыпкин В. В. Технология сварочного производства при ремонте подвижного состава. М., 1983. 100 с.
2. Ресурсосберегающие технологии восстановления железнодорожной техники сваркой, наплавкой и напылением / Под ред. В. Н. Лозинского. М.: ИНТЕКСТ, 1998. 272 с.
3. Поляк М. С. Технология управления. М.: Машиностроение, Л. В. М. — СКРИПТ, 1995. Т. 1. — 832 с., Т. 2. — 688 с.
4. Жуков В. П., Зайченко Ю. А. Новый технологический способ восстановления и упрочнения тяжело нагруженных деталей подвижного состава М.: РИИЖТ, 1985. Вып. 181. С. 2—4.
5. Левашов Е. А. Физико-химические и технологические основы самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. М.: БИНОМ, 1999. 170 с.
6. Сагиров Х. Н. Механизированная наплавка поверхностей сложной формы с помощью копировальных систем // Сварочное производство. 1991. № 9. С. 31—33.
7. Дюргеров Н. Г. Автоматическая наплавка фрикционных клиньев // Железнодорожный транспорт. 2002. № 4. С. 51—52.
8. Сагиров Х. Н. Эффективный процесс автоматической наплавки под флюсом // Сварочное производство. 2003. № 8. С. 41—43.
9. Сагиров Д. Х. Механизированная сварка короткой дугой // Сварочное производство. 2006. № 2. С. 29—31.
10. Шляпин В. Б., Емельянов Н. П., Крайчук М. М. Ремонт сваркой узлов и деталей железнодорожного подвижного состава. М.: Транспорт, 1975.
11. Воловик Е. Л. Справочник по восстановлению деталей. М.: Колос, 1981. 352 с.
12. Ремонт подвижного состава методом дополнительных деталей / Н. Г. Дюргеров, Х. Н. Сагиров, А. М. Лубягов, А. А. Чайка // Сб. научн. тр. Ростов-на-Дону: РГУПС, 2004. С. 76—78.
13. Сагиров Х. Н., Дюргеров Н. Г., Морозкин И. С. Зажигание сварочной дуги. Ростов-на-Дону: Гефест, 1999. 200 с.

Реклама Вашей продукции в нашем журнале — один из способов достижения Вашего успеха!

Журнал "Сварочное производство" читают руководители и специалисты всех предприятий машиностроительного комплекса, он распространяется более чем в 30 странах мира.

Публикация рекламного объявления в нашем журнале даст Вам возможность:

- ❖ найти партнеров, заинтересованных в совместных исследованиях, а также внедрении Ваших идей и разработок в области сварочного производства;
- ❖ установить контакты с организациями и фирмами в стране и за рубежом;
- ❖ наладить обмен информацией.

Наш журнал не имеет аналогов в России и распространяется только по подписке. Это надежная гарантия того, что Ваше рекламное объявление будет прочитано именно специалистом или заинтересованным лицом, т. е. попадет точно в цель.

**Наш адрес: 129626, Москва, проспект Мира, 106. Для корреспонденции: 129626, Москва, а/я 78, ОАО «Издательство "Машиностроение"» (для журнала "Сварочное производство").
Тел.: (495) 682 3856, тел./факс: (495) 687 6316.**

А. Н. ТАРАСОВ, канд. техн. наук, **В. А. ПАНФИЛОВ**, инж., **Н. Р. ПАВЛОВСКИЙ**, инж.
ОКБ "Факел" (Калининград)

Структура и свойства железокобальтовых пермендюров при изготовлении сварных и паяных магнитопроводов электрических реактивных двигателей малой тяги

Применение магнитомягких железокобальтовых сплавов с содержанием кобальта 27—49 %, имеющих повышенную температуру Кюри в сравнении с традиционными сталями 10880, 16Х-ВИ [1—4], при изготовлении деталей магнитных систем и электромагнитных клапанов регулирования расхода рабочего тела перспективно для повышения технических характеристик и ресурса работы электрических реактивных двигателей малой тяги (ЭРД МТ) (ОСТ 92-1186—81) [5, 6].

В ОКБ "Факел" в последнее время проведено экспериментальное исследование структуры и свойств, а также возможных технологических схем изготовления прецизионных деталей двигателей с применением пермендюров 49КФ, 49К2Ф с целью получения оптимальных эксплуатационных параметров при снижении металлоемкости, трудоемкости изготовления и вакуумной термической обработки.

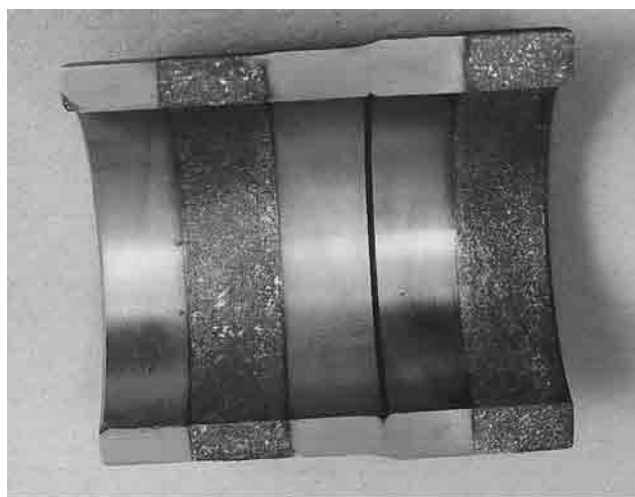
Тонкостенные цилиндрические магнитопроводы и тороидальные образцы для измерения магнитных свойств, а также исследования микроструктуры на всех этапах изготовления и термической обработки выполняли из прутков горячекатаных сплавов и сталей серийного производства (табл. 1).

Размеры тороидов для измерения магнитных свойств методом веберметра на установке У-5045 были идентичны для всех изученных сплавов: наружный и внутренний диаметры 35—40 и 27—30 мм соответственно, высота 6—8 мм. Это позволило проводить их сварку и вакуумную пайку по опорным поверхностям и наружному диаметру с последующим определением магнитной индукции и коэрцитивной силы соединений сталь—пермендюр. На рис. 1 приведен набор таких тороидов и микроструктура сварных и паяных соединений. Вакуумный отжиг и пайку проводили в двухколпаковых вакуумных печах СГВ-2.4/15И2. Микроструктуру основного металла и соединений исследовали на микроскопах ММР-4, "Неофот", прочностные характеристики измеряли при испытании стандартных образцов диаметром 5 мм на растяжение на машинах Р-5. Вакуумную пайку выполняли через слой

химического никеля, а аргонодуговую сварку — с присадкой и без присадочного материала неплавящимся вольфрамовым электродом на установке ТИР-300. В табл. 2 приведены режимы предварительной и окончательной вакуумной термической обработки, а также условия формирования паяных



а)



б)

Рис. 1. Набор паяных и сварных тороидов из магнитомягкой стали 10880 и пермендюра 49КФ: а — внешний вид; б — макроструктура

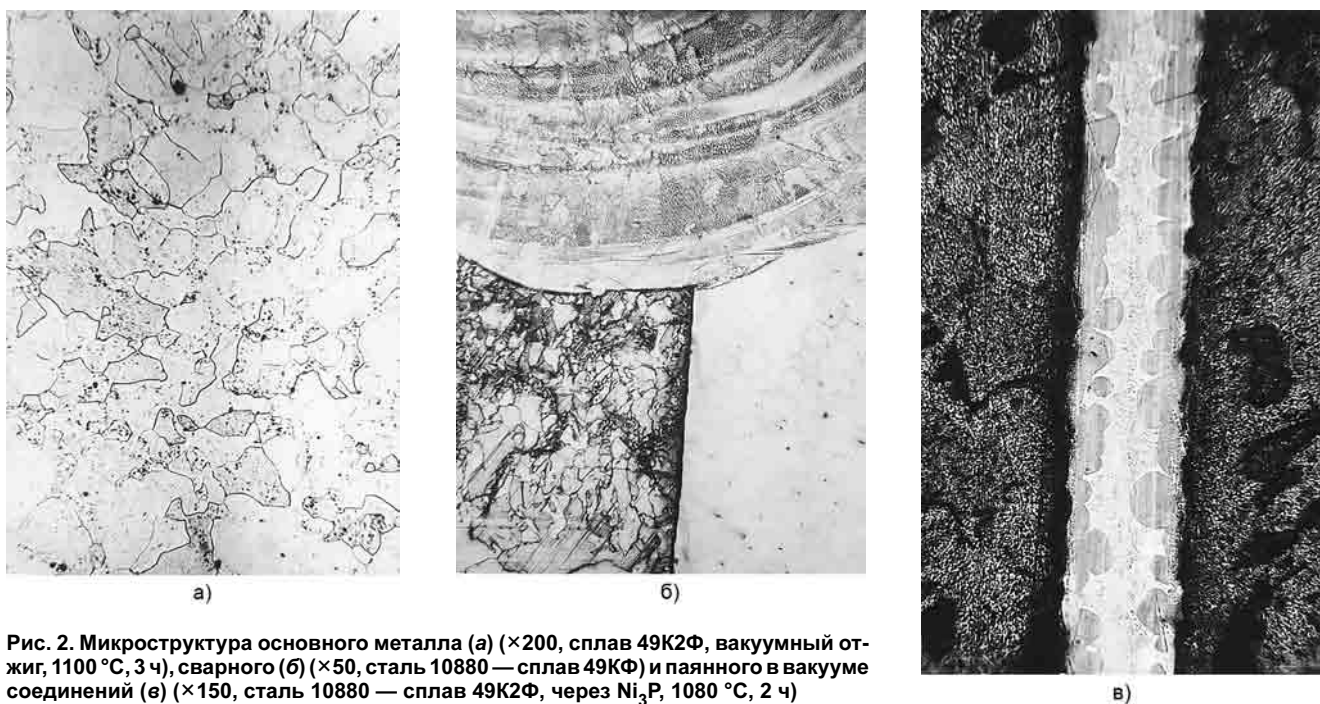


Рис. 2. Микроструктура основного металла (а) ($\times 200$, сплав 49К2Ф, вакуумный отжиг, 1100 °С, 3 ч), сварного (б) ($\times 50$, сталь 10880 — сплав 49КФ) и паянного в вакууме соединений (в) ($\times 150$, сталь 10880 — сплав 49К2Ф, через Ni₃P, 1080 °С, 2 ч)

и сварных соединений тонкостенных магнитопроводов и образцов для измерения магнитных характеристик. Сравнительную коррозионную стойкость оценивали после выдержки тороидов в течение 288 ч в атмосфере 98 %-ной влажности, определяя изменения плотности в единицу времени.

На рис. 2 приведена микроструктура основного металла и металла сварного и паяного соединений пермендюра с магнитомягкой сталью 10880, а на рис. 3 — зависимость магнитной индукции от условий отжига и способа получения неразъемных соединений при пайке и сварке.

Таблица 1

Сплав ¹ , диаметр, мм	Температура T _к , °С	Содержание элементов ²					Коэрцитивная сила H _с , А/м	Магнитная индукция B ₂₅₀₀ , Тл
		С	Со	V	Si	Mn		
49КФ, 90	940	0,03	48,70	1,55	0,23	0,21	166	1,95
49К2Ф, 50	950	0,02	48,40	1,82	0,19	0,21	162	2,01
10880, 130	770	0,03	—	—	0,17	0,19	79	1,58

¹ ГОСТ 10160.
² Сера и фосфор не выше 0,01 %.

Таблица 2

Материал, обработка, твердость	Способ соединения деталей	Режим вакуумного отжига ¹	Магнитная индукция ² , Тл	
			B ₅₀₀	B ₂₅₀₀
Пермендюр 49КФ и сталь 10880, токарная (Ra = 1,25 мкм), 203—208HV	Аргондуговая сварка без присадки со сталью 10880 без покрытия отожженных заготовок 49КФ	Вакуумный отжиг в печи СГВ-2.4/15И2, 3 ч, вакуум 10 ⁻⁴ Па, 1100 °С и 960 °С (сталь 10880)	0,87—0,90	1,62—1,64
Пермендюр 49К2Ф и сталь 10880, токарная (Ra = 0,82 мкм), 187—194HV	Пайка в процессе вакуумного отжига со сталью 10880 с покрытием химическим никелем без припоя	Вакуумный нагрев в печи СГВ-2.4/15И2 до 1050—1080 °С, 2 ч, вакуум 10 ⁻⁴ Па	0,95—0,98	1,56—1,60

¹ Охлаждение со скоростью 150—180 °С/ч до 500 °С, затем в вакууме с печью до 80 °С.
² Тороид высотой 8 мм (4 мм пермендюр + 4 мм сталь 10880).

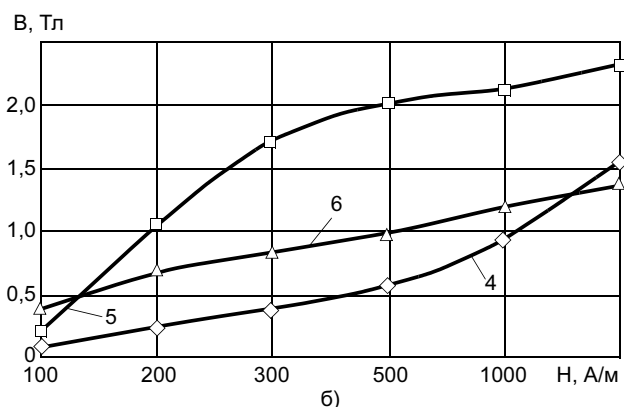
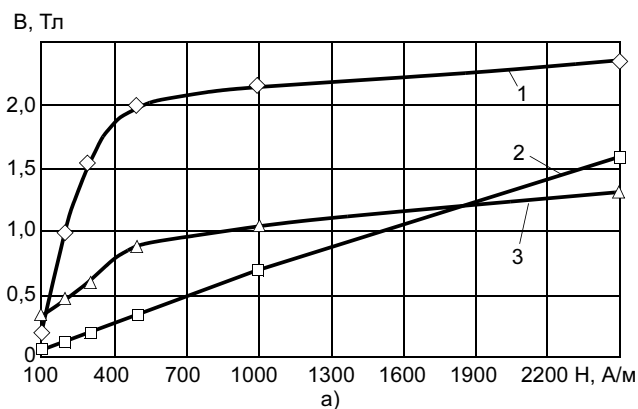


Рис. 3. Зависимость магнитной индукции в полях различной напряженности от условий обработки пермендюрлов 49КФ (а) и 49К2Ф (б): 1 — механическая обработка, вакуумный отжиг перед сваркой при 1100 °С; 2 — токарная обработка до отжига; 3 — сварка со сталью 10880 без предварительного отжига в вакууме; 4 — механическая обработка без отжига; 5 — вакуумная пайка с одновременным отжигом; 6 — АрДС со сталью 10880 после механической обработки, без отжига

Как видно из результатов измерений и анализа структуры, максимальная магнитная индукция достигается после вакуумного отжига перед сваркой и в процессе отжига с одновременной пайкой с формированием крупнозернистой структуры пермендюрлов 49КФ и 49К2Ф.

При аргодуговой сварке пермендюрла 49КФ и стали 10880 с предварительным вакуумным отжигом образуется стабильный высокопрочный проплав на всю толщину или часть толщины соединяемых цилиндрических вставок магнитопроводов в зависимости от числа проходов. Уровень магнитной индукции после сварки может изменяться от 1,53 до 1,65 Тл в зависимости от соотношения объема и толщины деталей из пермендюрла и магнитомягкой стали. Соединения, паянные в вакууме в процессе высокотемпературного вакуумного отжига через расплав химического никеля Ni₃P, также однородны и высокопрочны, а уровень магнитных свойств изменяется несколько более резко, чем при сварке. В табл. 3 приведены прочностные характеристики, магнитные свойства и характерные дефекты соединений, обнаруженные при рентгенографировании на аппаратах РУП-120.

На рис. 4 приведен внешний вид магнитопровода и макроизлом пермендюрла в ОШЗ при ударных испытаниях.

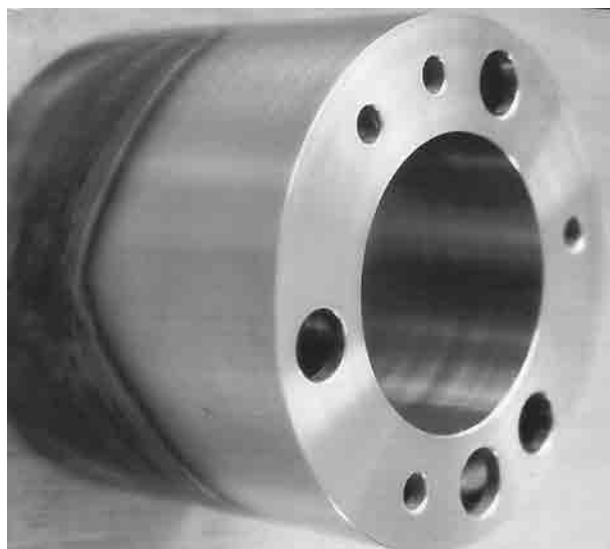
В процессе испытаний на растяжение установлено, что зоны разрушения образцов, паянных в вакууме с одновременным отжигом, концентрируются преимущественно в паяном шве, а в сварных соединениях — в ОШЗ пермендюрлов 49КФ и 49К2Ф вследствие их недостаточной пластичности. Влияние точечных и строчечных пор и плен на характер разрушения не установлено.

Коррозионная стойкость во влажной атмосфере через слой никеля деталей из пермендюрлов и никелированной стали 10880 максимальна в пределах 2—3 баллов шкалы ГОСТ 13819—75 (группа — весьма стойкие). Сварные соединения из сплавов 49КФ и 49К2Ф коррозионно-стойки как и основной металл, а коррозионная стойкость деталей из стали 10880 без покрытия составляет 6—7 баллов (пониженно стойкие) при скорости коррозии более 0,5 мм в год.

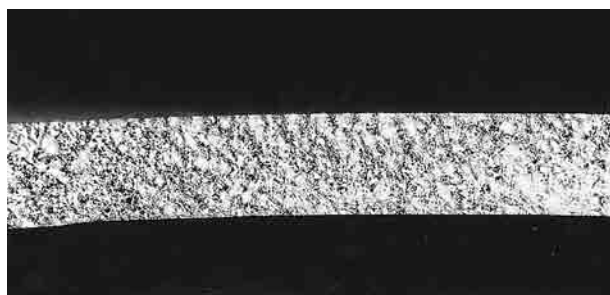
Таблица 3

Материал, способ соединения ¹	Твердость ² , НV	Прочностные характеристики		Дефекты шва, сая
		σ _в , МПа	δ, %	
Сплав 49КФ + сталь 10880, АрДС без присадки	210—220 150—155	280—285	12—17	Единичные поры, строчки долевого пористости
То же	227—230 147—150	260—270	11—14	Строчки пор, плены штриховые
Сплав 49КФ + сталь 10880, пайка через слой химического никеля 20 мкм	205—215 140—145	240—250	14—16	Неприлегание до 5—7 %
Сплав 49К2Ф + сталь 10880, пайка через слой химического никеля 25 мкм	194—201 130—142	225—230	11—13	Непропай менее 5 % длины шва

¹ Режимы пайки и вакуумного отжига приведены в табл. 2.
² В числителе приведены значения твердости пермендюрла, в знаменателе — стали 10880.



а)



б)

Рис. 4. Внешний вид сварного соединения пермендюр 49КФ + сталь 10880 (а) и макроструктура излома пермендюра в ОШЗ сварного соединения (б)

Практические испытания эффективности сварных и паяных соединений из сплавов с повышенной магнитной проницаемостью (пермендюр и магнитомягкой стали 10880) в конструкциях цилиндрических магнитопроводов, проведенные на установках магнитного контроля ПМД-70 в приложенном магнитном поле, показали возможность создания разнотолщинных конструкций с фокусировкой магнитного потока по высоте магнитопроводов. На рис. 5 приведено распределение плотности магнитных силовых линий в одном из сварных и паяных наборов из пермендюров и магнитомягкой стали, полученное нанесением тонкодисперсного порошка магнитного оксида железа Fe_3O_4 в приложенном магнитном поле установки ПМД-70 напряженностью 250 А/м.

Установлено, что путем вариации толщин и высот цилиндрических поясов и вставок пермендюров 49КФ и 49К2Ф, паяемых или свариваемых с основными корпусами из стали 10880 в зоне максимальной тепловой нагрузки и разогрева рабочих кромок магнитопроводов и катушек ЭРД МТ, удается создавать оптимальные по напряженности магнитные

концентрированные поля, влияющие на работоспособность и ресурс работы двигателей малой тяги.

На основании полученных экспериментальных данных определены следующие рациональные технологические этапы изготовления паяных и сварных деталей магнитных систем электрических реактивных двигателей:

- изготовление деталей из горячекатаных и кованных заготовок сплавов 49КФ и 49К2Ф и стали 10880 с припусками на чистовую механическую обработку по опорным и цилиндрическим поверхностям при классе чистоты соединяемых поверхностей вставок и корпусов $Ra \geq 0,6$ мкм;

- вакуумный отжиг деталей из сплавов 49КФ и 49К2Ф (ОСТ 92-4821—83) для сварного варианта при 1100 °С в течение 2—3 ч по стандартным режимам, при 960 °С — стали 10880 с последующим химическим никелированием в процессе вакуумного отжига;

- аргодуговая сварка пермендюров с зачисткой слоя химического никеля на стали 10880 по свариваемой поверхности и вакуумная пайка при температуре 1050—1080 °С путем оплавления химического никеля в процессе вакуумного отжига;

- шлифование и доводка по классным, посадочным поверхностям с последующим стабилизирующим вакуумным отпуском при 500—550 °С в течение 2—3 ч для классных деталей повышенной точности;

- контроль качества соединений рентгенографией, измерение магнитных свойств на образцах-свидетелях.

Число и последовательность операций чистой доводки, предварительного химического никелирования, стабилизирующего отпуска необходимо выбирать с учетом конструктивных особенностей каркасов, катушек, полюсов, магнитопроводов, входящих в состав магнитной системы ЭРД.

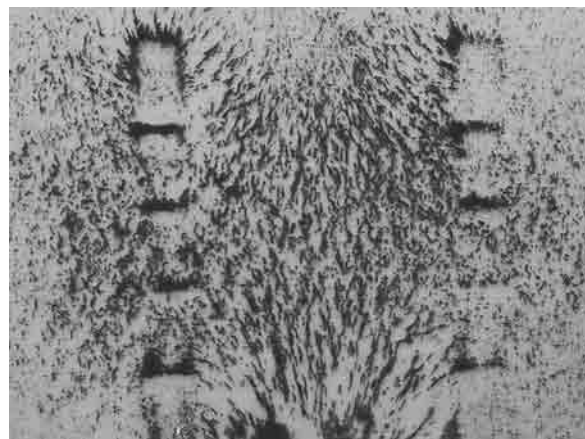


Рис. 5. Характер и плотность оседания магнитного порошка в комбинированном сварном и паяном соединениях пермендюр 49КФ + сталь 10880 (тороиды толщиной 8 мм)

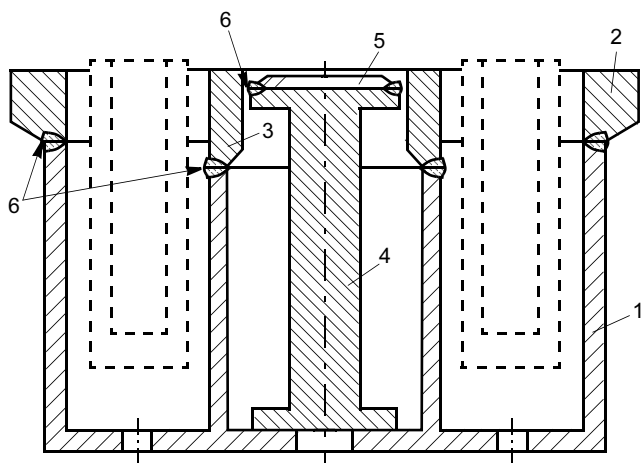


Рис. 6. Конструкторско-технологическое решение сварного тонкостенного магнитопровода из стали 10880 с торцевой вставкой из пермендюра 49КФ: 1, 4 — сталь 10880; 2, 3, 5 — пермендюр; 6 — сварные швы

На рис. 6 приведено одно из конструкторско-технологических решений магнитопровода из стали 10880 со сварной торцевой вставкой из пермендюра 49КФ.

ВЫВОДЫ

1. С применением вакуумной пайки и аргодуговой сварки возможно создание тонкостенных высокопрочных конструкций сложных и переменных сечений из разнородных магнитомягких сталей и

сложнолегированных сплавов, применяемых в магнитных системах различного назначения.

2. На основании проведенных экспериментов и предварительных стендовых испытаний двигателей установлена эффективность разработанных технологий изготовления сварных и паяных деталей из пермендюров 49КФ и 49К2Ф и стали 10880 при производстве ЭРД МТ различных модификаций.

3. Применение сварных и паяных в вакууме конструкций деталей магнитных систем ЭРД МТ из железокобальтовых пермендюров 49КФ, 49К2Ф и магнитомягких сталей 10880, 16Х-ВИ экономически эффективно также на предприятиях приборостроения, электроники, электротехники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Молотилев Б. В. Прецизионные сплавы. М.: Metallurgia, 1983. 439 с.
2. Электротехнические материалы: Справочник / Под ред. В. Б. Березина, Н. С. Прохорова. М.: Энергоиздат, 1983. 430 с.
3. Эспе В. Технология электровакуумных материалов. М.: Энергоиздат, 1962. Т. 1. 631 с.
4. Тарасов А. Н., Мурашко В. М., Приданников С. Ю. Вакуумная термическая обработка сварных и паяных магнитопроводов // МиТОМ. 1998. № 1. С 23—27.
5. Тарасов А. Н., Мурашко В. М., Панфилов В. А. Основные направления применения новых материалов и технологий при производстве электрических реактивных двигателей // Сварочное производство. 2005. № 10. С. 25—28.
6. Тарасов А. Н., Мурашко В. М., Павловский Н. Р. Особенности применения магнитомягких железокобальтовых сплавов в магнитных системах ЭРД МТ // Технология машиностроения. 2006. № 7. С. 52—54.

УДК 621.791.16

С. С. ВОЛКОВ, канд. техн. наук
МГТУ им. Н. Э. Баумана

Ультразвуковая контурная сварка тары из полимерных материалов, наполненной пищевыми продуктами

В последнее время отечественная промышленность стала переходить на пластмассовую тару для упаковки пищевых и других продуктов. В связи с этим возникла необходимость создания прочного, герметичного, неразъемного соединения. Существует несколько методов получения неразъемного соединения полимеров, одним из них является сварка, получившая первостепенное значение.

Выбор способа сварки зависит от толщины материала, свойств пластмассы, серийности выпуска изделий, типа конструкции и предъявляемых к ней требований, а также условий, в которых происходит

процесс сварки. Для соединения ряда полимеров хорошие результаты могут быть получены при сварке ультразвуком.

С помощью ультразвука возможно производить сварку изделий с поверхностями, покрытыми различными агрессивными средами (растворами солей, пищевыми кислотами, маслами и т. д.). Нагреву подвергается только та незначительная по глубине и ширине часть внутренней поверхности соединяемых полимеров, которая предназначена для сварки. Это очень важно при сварке емкостей с пищевыми продуктами, а также различными горю-

чими веществами, так как исключается возможность разогрева продукта, помещенного в полимерную тару. Поверхность деталей не подвергается предварительной обработке. Ультразвуковая сварка не требует сколько-нибудь значительного электрического коэффициента потерь у свариваемых материалов, а лишь достаточную адсорбционную способность в отличие от сварки токами высокой частоты. Ею обладают все термопластические материалы, что позволяет сваривать их ультразвуком [1].

Все эти преимущества обуславливают возможность применения этого способа для укупорки пищевых продуктов в полиэтиленовую тару.

В данной работе рассматривается принципиально новый способ ультразвуковой сварки пластмасс по контуру большого диаметра порядка 90—120 мм, который позволяет производить сварку за один прием, затрачивая при этом минимум времени. По данным отечественной и зарубежной научно-технической литературы, ультразвуковую сварку полимеров выполняли главным образом точками, прерывистым и непрерывным швом преимущественно точечными и ножевыми волноводами. В последнее время стали применять волноводы простой формы — круг, квадрат, треугольник, эллипс — небольших размеров, не превышающих по диаметру 30 мм [1, 2].

Однако применение таких волноводов не всегда рационально. Высокая производительность, а также требования герметичности емкостей обуславливают применение новых форм волноводов, позволяющих сваривать полимеры по замкнутому контуру большого диаметра.

В лаборатории сварки МГТУ им. Н. Э. Баумана разработана технология ультразвуковой сварки изделий из полимеров по замкнутому контуру большого диаметра до 120 мм. Сварка различных полимеров (полиэтилена, поливинилхлорида, полистирола и др.) производится как по чистым поверхностям, так и покрытым различными веществами и продуктами агрессивного характера. Наличие инородных включений в зоне сварки несколько усложняет процесс. В данном случае получить соединение можно только с помощью ультразвуковой сварки. Необходимо отметить, что до настоящего времени ультразвуковая сварка по контуру большого диаметра полиэтилена, загрязненного инородными веществами, не применялась.

При разработке технологии в качестве объектов, подлежащих сварке, выбраны полиэтиленовые банки для упаковки жидких продуктов (рис. 1). Банки изготовлены методом литья под давлением из белого нестабилизированного полиэтилена низкой

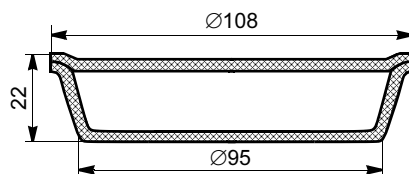


Рис. 1. Полиэтиленовая банка

плотности (ПНП). Наружный диаметр банки 108 мм, высота 22 мм.

Банка в верхней части имеет контурную отбортовку шириной 4 мм и толщиной 0,7 мм, что создает благоприятные условия для ультразвуковой сварки контурным волноводом большого диаметра (108 мм). Крышка также выполнена с отбортовкой и заплечиками по всему диаметру, при помощи которых плотно входит внутрь банки.

При укладке круговых швов больших диаметров невозможно обеспечить высокую производительность, поэтому возникла необходимость разработки сварочных волноводов, позволяющих получить круговые швы за один цикл сварки, т. е. за одно движение волновода.

Волновод, служащий для трансформации и концентрации ультразвуковых колебаний в контакте свариваемых деталей, является сварочным инструментом. Возможность получения качественного сварного соединения полимеров в первую очередь зависит от правильно спроектированной колебательной системы. При проектировании ультразвуковых волноводов необходимым условием является максимальная передача акустической энергии от излучателя к изделию. На выходе колебательной системы амплитуда колебаний в каждом конкретном случае должна иметь различные значения. Основным параметром волноводов — коэффициент усиления, зависящий от формы сужения [2, 3].

Коэффициент усиления для различных концентраторов является функцией отношения линейных поперечных размеров для круглого экспоненциального волновода:

$$k = f(N);$$

$$N = d_1/d_2,$$

где d_1, d_2 — диаметры широкого и узкого концов волновода соответственно.

Обычно торец магнитострикционного преобразователя, к которому припаивают широкий конец волновода, имеет амплитуду смещения 5 мкм, поэтому колебательная система с коэффициентом усиления от 4 до 8 будет иметь амплитуду смещения на рабочем торце волновода 20—40 мкм.

Таким образом, для получения большой амплитуды смещения необходимо, чтобы линейные размеры волновода уменьшались по определенному

закону по мере приближения к концу колебательной системы. В рассматриваемом случае необходимо выполнить сварное соединение по кольцу диаметром 108 мм, т. е. выходной диаметр волновода должен быть равен 108 мм. Если поперечное сечение волновода будет сплошным, то выходное сечение, припаиваемое к магнитоотрицателю, должно иметь диаметр

$$d_{\text{вх}} = kd_{\text{вых}} = 432 \div 864 \text{ мм.}$$

К магнитоотрицательным преобразователям, которые применяют при сварке, можно припаивать концентраторы диаметром не более 100 мм, поэтому на сплошном волноводе невозможно получить коэффициент усиления 4—8. Таким образом, поперечное сечение волновода должно иметь форму кольца, причем площади таких колец должны уменьшаться к концу волновода по определенному закону.

В соответствии с теорией расчета конических ультразвуковых волноводов наилучшими показателями обладает волновод, у которого площадь в каждом сечении изменяется по экспоненциальному закону

$$S_x = S_1 e^{-bx},$$

где S_1 — площадь входного торца волновода; b — показатель экспоненты; x — расстояние от торца волновода до определенного сечения.

Обычно такие волноводы применяют при ультразвуковой сварке изделий диаметром не более 45 мм. Авторы предприняли попытку применить волноводы диаметром 108 мм, соответствующим размеру свариваемого изделия.

Цилиндрическое изделие в данном случае сваривают одновременно по всему периметру. Как показали проведенные эксперименты, волноводы большого диаметра имеют незначительную амплитуду колебаний на рабочем торце (15—20 мкм), что недостаточно для проплавления материала по всему контуру.

По периметру изделия сварку проводили неравномерно — отдельными точками, что можно объяснить наличием в системе продольных и поперечных колебаний и погрешностями в размерах при изготовлении волноводов. Волноводы требуют высокой точности изготовления, а также полировки внутренних полостей [2]. Вследствие этих недостатков волноводы, диаметр которых превышает 40—50 мм, не обеспечивают качественной сварки изделий по всему контуру.

Решающим фактором, определяющим получение сварного соединения высокого качества, является величина амплитуды колебаний волновода.

Эксперименты показали, что для сварки емкостей из полимерных материалов, наполненных различными жидкостями, требуется амплитуда 35—45 мкм при диаметре емкостей 108 мм.

В данном случае трудно получить форму волновода, пользуясь обычными расчетными формулами. Поэтому сварку изделий большого диаметра по замкнутому контуру проводили в несколько этапов волноводом ножевого и полукольцевого типов, что резко снижает свойства сварного соединения и в ряде случаев неприемлемо из-за конструктивных соображений.

При конструировании волноводов для сварки замкнутых контуров, диаметр которых превосходит $\lambda/2$, необходимую амплитуду на конце инструмента можно получить за счет присоединения к вводящему стержню демпфирующей массы (насадки). Задача заключалась в том, чтобы связать геометрические размеры насадки и вводящего стержня с режимом колебаний пластины. При этом амплитуда смещения на торце пластины должна быть максимальной, что также зависит от размеров вводящего стержня и пластины. Эксперименты проводили со стержневым волноводом, рассчитанным по экспоненте, с добавлением к нему пластин-насадок толщиной от 10 до 40 мм. С учетом размеров изделия диаметр насадки составлял 108 мм.

Равномерность колебаний по рабочему торцу волновода и увеличение амплитуды колебаний до 35—45 мкм по всему периметру были достигнуты за счет присоединения к концу стержня, рассчитанного по экспоненциальному закону, демпфирующей массы (насадки) грибовидной формы, увеличивающей жесткость и препятствующей возникновению поперечных колебаний на рабочем торце волновода. Основными колебаниями волновода в этом случае являются продольные. Замеры колебаний торца волновода производили с помощью оптического микроскопа МИР-2.

В результате проведенной экспериментальной работы разработан новый вид контурного волновода для сварки круговых швов диаметром 108 мм за один цикл движения магнитоотрицательного преобразователя. В качестве материала волновода выбрана сталь 30ХГСА, которая обладает минимальным коэффициентом потерь и максимальным пределом прочности [2, 4].

Разработанный волновод (рис. 2) представляет вводящий стержень, состоящий из двух конических участков. В нижней части волновод снабжен специальной демпфирующей массой, которая обеспечивает получение на рабочем торце волновода продольных колебаний, равномерно распределенных по всему периметру торца волновода с амплитудой до 30—35 мкм, необходимой для получения проч-

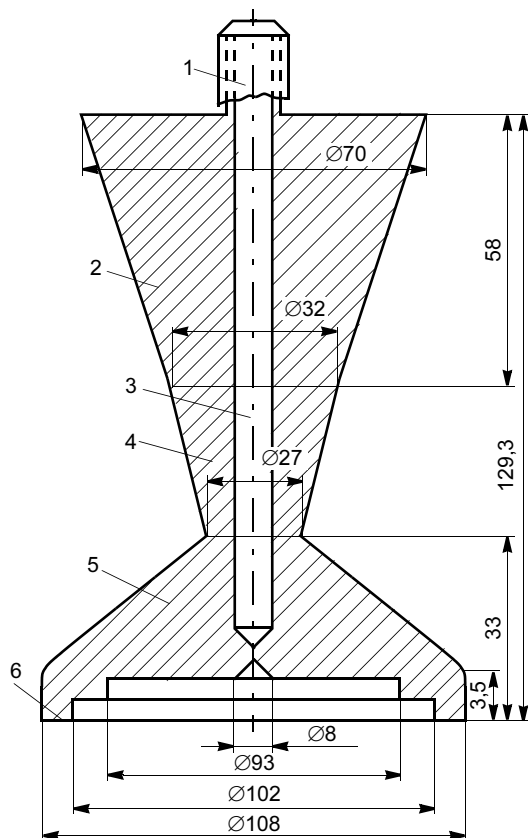


Рис. 2. Общий вид контурного волновода для сварки изделий из термопластов: 1 — резьбовое соединение; 2 — стержень; 3 — аксиальный канал для охлаждения; 4 — ножка; 5 — демпфирующая масса; 6 — рабочая поверхность

ного и герметичного сварного соединения. Волновод резьбовым соединением крепится к магнитострикционному преобразователю мощностью 1,5 кВт, который, преобразуя электрическую энергию высокой частоты 20—22 кГц, полученную от ультразвукового генератора, в механические колебания той же частоты, и приводит волновод в рабочее состояние. Для предотвращения нагрева волновода в нем предусмотрен аксиальный канал, по которому в процессе работы протекает вода.

Достаточно сложно было получить хороший внешний вид изделия. Выплески, образовавшиеся во время сварки, делали изделия неприглядными и негерметичными. Решение вопроса было найдено благодаря разработке различных форм рабочей поверхности волноводов.

Рабочую поверхность волновода, которая непосредственно касается изделия в процессе сварки, выполняют различной формы (рис. 3) в зависимости от материала изделия и его толщины. Кроме того, она играет большую роль в процессе пластического формования сварного шва. Кольцевая рабочая поверхность по периметру волновода имеет

различный угол наклона, определяемый толщиной и видом свариваемого материала. Сварка производится наклонной плоскостью или выступом и расплавленный полимер в этом случае собирается в кольцевую канавку, приобретая удовлетворительный внешний вид и герметичность. Наиболее хорошее формование и достаточная выпуклость шва получены при нанесении насечки на рабочую поверхность. При этом во избежание просекания изделия выступы насечки необходимо делать закругленными.

При применении таких насечек удалось избежать просекания изделий у шва, свищей, а также уменьшить грат, который частично выступал наружу, частично внутрь изделия. Это объясняется тем, что при наличии рельефов и выступов на рабочей поверхности волновода концентрация вводимой в шов энергии больше, чем при сварке волноводом с гладкой рабочей поверхностью.

Существенное влияние на качество сварного соединения оказывают форма и расположение опоры по отношению к волноводу (рис. 4). При изготовлении системы опора—волновод необходимо соблюдать соосность и параллельность рабочих поверхностей волновода и опорных стаканов. Опора имеет форму цилиндра с закругленными края

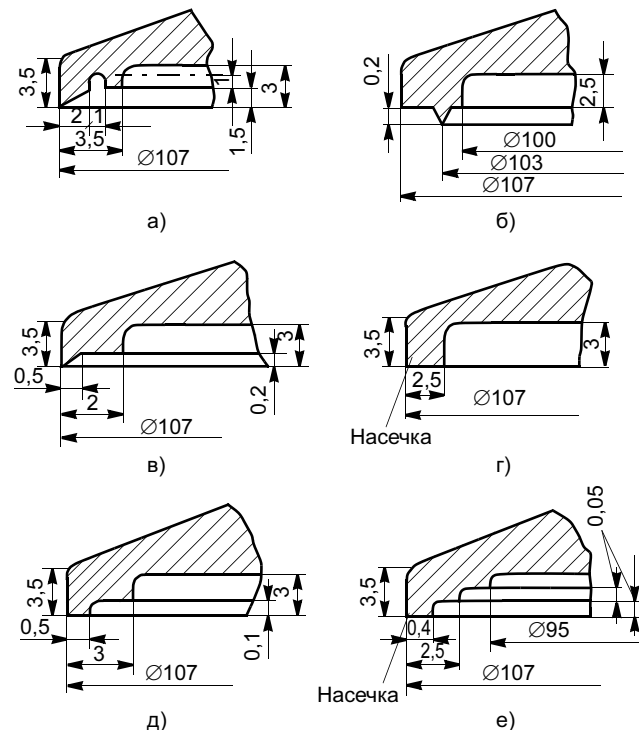


Рис. 3. Рабочая поверхность контурного волновода: а — коническая обработка торца; б — выступ с насечкой по краю волновода; в — выступ с внутренней насечкой; г — насечка по всему торцу волновода; д, е — волноводы с двойной и тройной насечкой соответственно

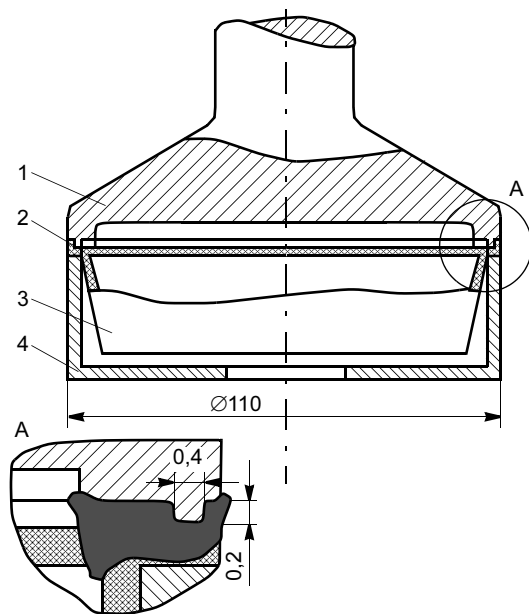


Рис. 4. Опора с изделием: 1 — волновод; 2 — крышка; 3 — коробка; 4 — опора

ми, в которую при сварке помещается изделие. Были опробованы опоры из различных материалов: стали 45, алюминиевых сплавов, текстолита и др. Хорошие результаты получены при сварке изделий на четвертьволновой опоре из стали 45, закрепленной на резиновой подложке.

Исследовали влияние ширины буртика опоры на прочность сварного шва. Наилучшее качество и стабильность сварного соединения обеспечиваются при условии, когда ширина буртика опоры приблизительно равна ширине рабочей поверхности волновода.

Схема сварки цилиндрических изделий контурным волноводом приведена на рис. 5. Изделие 4 помещается в стакан-опору 5, где удерживается буртиком, расположенным в верхней части банки. Крышка 3 плотно удерживается на поверхности коробки заплечиками. Волновод 1 с некоторым давлением и большой точностью прикладывают по всему контуру изделия строго по осевой линии. При ультразвуковой сварке по контуру емкостей, наполненных жидкостью, возникает возмущение этой жидкости, вызванное "ультразвуковым ветром", исходящим с торцевой поверхности контурного волновода.

"Ультразвуковой ветер" — постоянный направленный поток ультразвуковой энергии, наблюдаемый как в воздухе, так и в жидкостях. Интенсивность ультразвукового ветра определяется свойствами среды, амплитудой колебаний контурного волновода, его формой и частотой колебаний.

Известно, что если на поверхность ультразвукового излучателя налить тонкий слой воды, то при включении ультразвуковых колебаний над поверхностью жидкости образуется туман. Одной из причин его образования является кавитация на поверхности жидкости. Во время работы магнитострикционного преобразователя с поверхности контурного волновода излучается воздушный поток, направленный вертикально вниз к свариваемому изделию. Этот "ультразвуковой" ветер, попадая на поверхность жидкости, возмущает ее с определенной частотой, образуя рябь. В том случае, когда контур волновода плотно прилегает к свариваемой поверхности, происходит максимальное возмущение жидкости, в емкости возникает давление, под воздействием которого жидкость поднимается по стенкам и стремится выйти наружу. В это время полимер размягчается под воздействием ультразвуковых колебаний на узкой полоске сварного шва. Жидкость под давлением устремляется в ослабленные места соединений, где еще не произошло сплавление материала, и выходит наружу, образуя свищи и непровары. Если в процессе сварки вокруг волновода возникает туман, это свидетельствует о наличии свищей в сварном соединении. Эти же явления обуславливают в большинстве случаев и непровары, так как поднимающаяся по стенкам жидкость поступает на поверхность раздела свариваемых изделий, препятствуя протеканию сварки.

Очевидно, чем больше вязкость жидкости, тем меньше вероятность ее подъема под действием

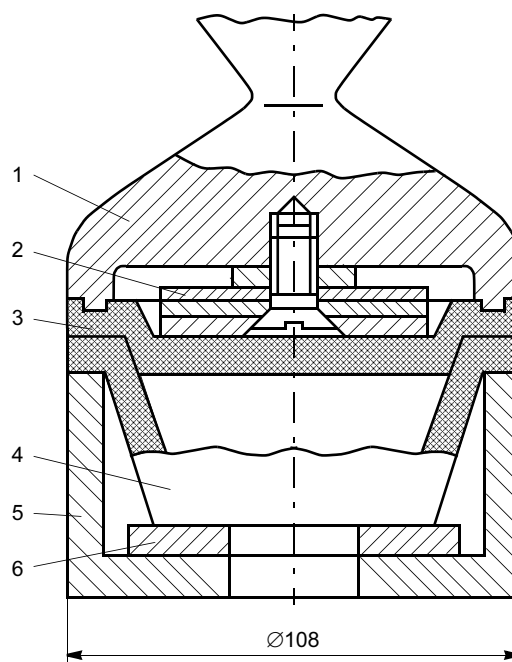


Рис. 5. Схема сварки цилиндрического изделия контурным волноводом с акустическим экраном

ультразвукового ветра до поверхности раздела деталей и тем, следовательно, меньше вероятность образования свищей и непроваров. Действительно, наилучшие результаты получаются при герметизации жидких продуктов вязкостью более $4 \text{ Па} \cdot \text{с}$ или замене жидкости воздушной средой, а худшие — при герметизации жидкостей вязкостью $0,5 \text{ Па} \cdot \text{с}$ (вода, спирт и др.).

При сварке контурным волноводом в центре крышки может возникать прожог или пробой материала. Установлено, что прожог обусловлен колебаниями крышки с собственной частотой колебаний волновода, а также наличием направленного потока — "ультразвукового ветра". Крышка в этом случае колеблется аналогично тонкой мембране, зажатой по контуру волноводом. При определенных условиях наибольшие динамические напряжения возникают в центре крышки, что приводит к ее усталостному разрушению. Отсюда следует, что наиболее рациональным способом предотвращения разрушения крышки является ее демпфирование в процессе сварки. В качестве демпфера используют звукопоглощающие пластины (см. рис. 5), которые плотно поджимают к крышке пористой резиной. Эксперименты показали, что при таком демпфировании, когда воздушный зазор между демпфером и крышкой полностью выбран, крышка не разрушается.

Для частичного предотвращения образования "ультразвукового ветра" при сварке емкостей предлагается применять звукопоглощающие пластины (акустический экран). Пластины, собранные из звукопоглощающих материалов (свинца, пористой резины, пенопластов и др.), склеенных в различных сочетаниях, крепили к рабочим поверхностям волновода, оставляя только узкую полоску рабочей сваривающей части волновода. При использовании таких перегородок качество сварного соединения при сварке емкости с жидкостью улучшилось на $15\text{—}20\%$. Для регулирования высоты банки в опоре служит шайба.

Непровары при ультразвуковой сварке также могут быть обусловлены разнотолщинностью свариваемых поверхностей.

Изменение свойств шва и округлости происходит из-за разнотолщинности свариваемых поверхностей изделий. При измерении свариваемых поверхностей по периметру разнотолщинность доходила до 37% максимальной толщины свариваемого материала. Как показали эксперименты, допустимая разнотолщинность для емкостей, наполненных жидкими продуктами, вязкость которых не превышает $1 \text{ Па} \cdot \text{с}$, равна $6\text{—}8\%$. При сварке емкостей, наполненных жидкостью с вязко-

стью до $4\text{—}6 \text{ Па} \cdot \text{с}$ и более, разнотолщинность допускается до $15\text{—}20\%$.

Поскольку свариваемость мягких пластмасс в значительной степени определяется консистенцией жидких продуктов, загрязняющих контактирующие поверхности, то при отработке режимов за величину, по которой оценивается склонность к сварке, приняли вязкость жидкости. При этом все жидкости по их влиянию на свариваемость можно разделить на четыре группы по вязкости [5]. За эталон качества сварного соединения принимали банку, сваренную без жидкого продукта. В зависимости от вязкости жидкости, наполняющей банку, меняются условия сварки и качество сварных соединений.

К первой группе следует отнести жидкости с вязкостью $5\text{—}8 \text{ Па} \cdot \text{с}$, которые вызывают снижение прочности не более чем на 20% по сравнению с прочностью при сварке без загрязняющих прослоек (жидкого мыла, сиропов, масла для амортизаторов, меда, майонеза, касторового масла и др.). Ко второй группе относят жидкости с вязкостью $2\text{—}5 \text{ Па} \cdot \text{с}$, снижающие прочность на $30\text{—}40\%$ (касторовое, растительное, трансформаторное и др.). Третью группу составляют жидкости с вязкостью $0,5\text{—}2,0 \text{ Па} \cdot \text{с}$, в присутствии которых прочность снижается на $50\text{—}60\%$. В четвертую группу входят жидкости с вязкостью не ниже $0,5 \text{ Па} \cdot \text{с}$ (молоко, водные растворы солей, кислот, щелочей, спирты и др.), которые значительно затрудняют процесс сварки. На основании разработанной технологии контурной ультразвуковой сварки емкостей из полиэтилена низкой плотности, наполненных различными жидкими продуктами, с применением нового типа контурного волновода в сварочной лаборатории МГТУ им. Н. Э. Баумана разработана и изготовлена машина УПК-15М1 (рис. 6).

На машине УПК-15М1 можно сваривать изделия диаметром $25\text{—}120 \text{ мм}$ и толщиной от $0,4\text{—}1,5 \text{ мм}$. Сварку производят по слою различных жидких наполнителей. Производительность установки 800 изделий в 1 ч при диаметре 108 мм , используемый генератор — УЗГ5-1.6, магнитоотрицательный преобразователь — ПМС1-ММВТУ мощностью $1,5 \text{ кВт}$.

Установка работает следующим образом (см. рис. 6). Коробки из полимера, наполненные жидкостью и закрытые крышками в момент останова стола вручную помещают в стаканы 9. При повороте стола на 60° и в момент его полного останова толкатель 2 сходит с выступа 1 и пружины 4 и опускает кронштейн 3 со сварочным узлом 5, 6, который с некоторым усилием, регулируемым поджимной пружиной, зажимает коробку между волноводом (инструментом) и стаканом. В момент зажатия коробки включается ультразвук и осуществляется сварка изделия. Продолжительность сварки регулируется

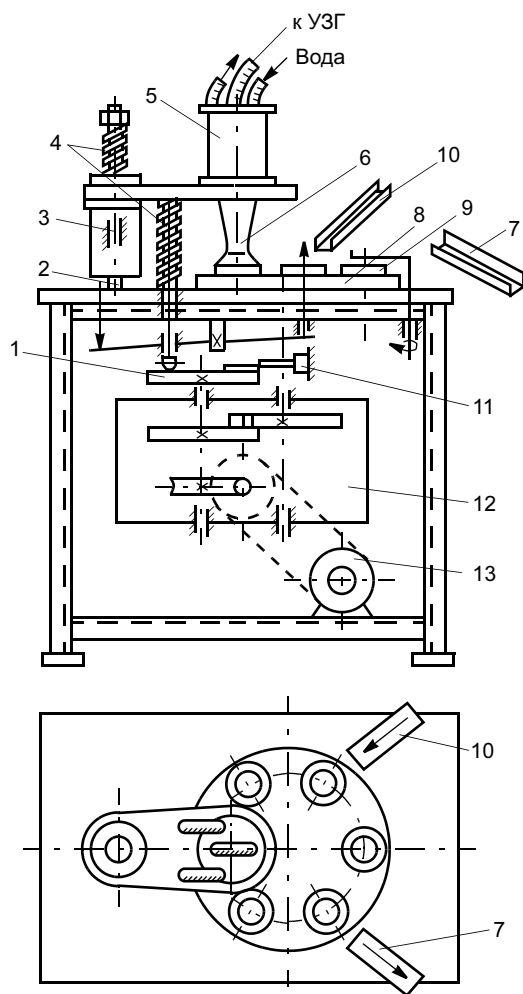


Рис. 6. Схема работы ультразвуковой сварочной установки УПК-15М1

по остаточной толщине сварного шва свариваемой коробки. Поворот стола осуществляется мальтийским крестом, расположенным в редукторе 12, работающем от электродвигателя 13.

Во время сварки, т. е. остановка стола, кулачок продолжает вращаться, и при подходе выступа к толкателю 11 последний поднимает преобразователь с волноводом, стол поворачивается в следующую позицию и сваренная коробка выталкивается на лоток 7 и снимается с машины.

Стол 8 имеет шесть поворотных позиций. В каждой позиции в момент остановки стола происходят соответственно загрузка коробки с лотка 10, ультразвуковая сварка и съем готовой продукции.

Машина УПК-15М1 комплектуется электроблоком, позволяющим определить продолжительность действия ультразвука в зависимости от деформации свариваемых деталей, т. е. производить отключение ультразвука в момент достижения опре-

деленной, заранее установленной величины деформации, и применяется при сварке изделий из полиэтилена, полипропилена, полиамидов и др. Кроме того, машина УПК15-М1 работает по заранее разработанному рабочему циклу приложения сварочного давления: ультразвук — контактное сварочное давление.

Для того чтобы очистить свариваемые поверхности, загрязненные различными агрессивными средами: солями, маслами, уксусом, горчицей, томатами, и др., на машине была уменьшена скорость приложения давления, т. е. давление нарастало постепенно и ультразвуковые колебания включались до приложения давления на свариваемое изделие. Таким образом, постепенно касаясь изделия, волновод сообщал ему ультразвуковые колебания, тем самым, очищая поверхность прежде, чем наступала сварка. И только при этом удалось получить прочный и ровный шов.

Применение разработанного контурного волновода позволило внедрить ультразвуковую сварку для изделий большого диаметра, стабилизировать свойства сварного соединения и получить качественные швы без прожогов и непроваров. Изделия прошли испытания на герметичность в вакуумной камере с остаточным давлением до 8 кПа.

ВЫВОДЫ

1. Разработанный специализированный контурный волновод диаметром 108 мм позволяет сваривать изделия большого диаметра, наполненные пищевыми продуктами.
2. Новый технологический процесс по укупорке различных продуктов в полимерную тару позволяет производить сварку по поверхностям, покрытым различными агрессивными жидкостями.
3. Разработанные различные формы рабочей поверхности контурного волновода обеспечивают хороший внешний вид и герметичность сварного изделия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков С. С. Сварка и склеивание полимерных материалов: Учебное пособие для вузов. М.: Химия, 2001. 376 с.
2. Донской А. В., Келлер О. К., Кратыш Г. С. Ультразвуковые электротехнологические установки. 2 изд., перераб. и доп. Л.: Энергоиздат, 1982. 208 с.
3. Ультразвуковые преобразователи / Под ред. Е. Кичуи. Пер. с англ. под ред. И. Н. Голяминой. М.: Мир, 1972. 424 с.
4. Сварка полимерных материалов: Справочник / К. И. Зайцев, Л. Н. Мацюк, А. В. Богдасhevский и др.; под общ. ред. К. И. Зайцева, Л. Н. Мацюк. М.: Машиностроение, 1988. 312 с.
5. Мозговой И. В. Основы технологии ультразвуковой сварки полимеров: Учеб. пособие. Красноярск: Изд-во Красноярского государственного университета, 1991. 280 с.

Е. Л. ШЕЙНМАН
Сан-Хосе, Калифорния (США)

Стандарт ASTM на сварку отливок

ASTM (American Society Testing and Materials) — ASTM International — старейшая (с 1898 г.) организация, создавшая самую большую в мире систему стандартов, которые сейчас считаются наиболее исчерпывающими и широко применяемыми. Среди более чем 12 000 стандартов, ежегодно публикуемых ASTM, стандарт A 488/A 488M-06 является едва ли не единственным, целиком относящимся к сварке, хотя требования по сварке содержатся во многих стандартах. Первая буква "А" обозначает, что стандарт относится к черным металлам (для цветных металлов используется буква "В"), затем идет фиксированный номер стандарта 488, "06" — год последней редакции. Впервые он был издан в 1963 г., последнее предшествующее переиздание — в 2004 г. Дублирующая система нумерации (с буквой "М" и без нее) связана с использованием двойной системы размерности: американской — в фунтах и дюймах и метрической (система СИ). Так как перевод из одной системы в другую не вполне эквивалентен, они используются независимо друг от друга, т. е. если применяют американскую систему, используется стандарт без буквы "М", если современную метрическую — с буквой "М". Стандарты ASTM могут быть представлены в форме классификации, руководства (guide), дискуссии, технического условия (specification), терминологии, метода испытаний, а также в форме так называемой практики, которая определяет отдельные процедуры, не приводящие к получению результатов испытаний. К последней форме относится и приведенный стандарт A 488: "Standard Practice for Steel Casting, Welding, Qualifications of Procedures and Personnel" (Стандарт-практика на стальные отливки, сварку, регламент и квалификацию персонала). Данный стандарт распространяется только на дуговую сварку.

Металл, предназначенный для сварки, может быть следующих категорий.

1. Углеродистые стали (содержание углерода менее 0,35 %) — прочность на растяжение не более 70 ksi (480 МПа).

2. Углеродистые стали — прочность на растяжение более 70 rsi (480 МПа); марганцовистые стали — прочность на растяжение не менее 70 ksi, но меньше, чем 90 ksi (620 МПа).

3. Углеродистые и марганцовистые стали — прочность на растяжение не менее 90 ksi (620 МПа).

4. Низколегированные стали (отожженные, нормализованные или нормализованные и отпущен-

ные) — прочность на растяжение меньше 85 ksi (565 МПа).

5. Низколегированные стали (отожженные, нормализованные или нормализованные и отпущенные) — прочность на растяжение не менее 85 ksi (565 МПа).

6. Низколегированные стали (закаленные и отпущенные).

7. Ферритные коррозионно-стойкие стали.

8. Мартенситные коррозионно-стойкие стали.

9. Низкоуглеродистые аустенитные коррозионно-стойкие стали (содержание углерода не более 0,03 %).

10. Нестабильные аустенитные коррозионно-стойкие стали (содержание углерода более 0,03 %).

11. Стабильные аустенитные коррозионно-стойкие стали.

12. Дуплексная (аустенитно-ферритная) коррозионно-стойкая сталь.

13. Дисперсионно-твердеющая коррозионно-стойкая сталь.

14. Сплавы на основе никеля.

В каждой категории перечисляются конкретные марки сталей для сварки.

Тип наплавленного металла, контролируемый при проведении квалификационных испытаний, определяется так называемой группой А (табл. 1).

Присадочный металл (filler metals) для квалификационных испытаний входит в группу F: номера F1, F2, F3, F4, F5, F6, F41, F42, F43, F44 и F45. Они соответствуют техническим условиям (ANSI/AWS Specification) и классификации (ANSI/AWS Classification) Американского общества сварщиков (AWS) (ANSI — American National Standard Institute). Например, номеру F43 могут соответствовать технические условия SFA-5.11 и марка ENiCrCoMo-1, но этому же номеру могут соответствовать и другие технические условия и другие марки. Все большее применение получает Унифицированная система нумерации UNS (Unified Number System). В соответствии со стандартом-практикой ASTM E527-83 (2003) (здесь 2003 — год последнего переутверждения стандарта) присадочный металл маркируется следующим образом:

W00001 — W09999 — углеродистые стали;

W10000 — W19999 — низколегированные марганцево-молибденовые стали;

W20000 — W29999 — низколегированные никелевые стали;

A No	Тип наплавленного металла (сталь)	Содержание, %					
		C	Cr	Mo	Ni	Mn	Si
1	Мягкая сталь	0,15				1,60	1,00
2	Молибденовая	0,15	0,50	0,40—0,65		1,60	1,00
3	Хромомолибденовая	0,15	0,40—2,00	0,40—0,65		1,60	1,00
4	«	0,15	2,00—6,00	0,40—1,50		1,60	2,00
5	«	0,15	6,00—10,5	0,40—1,50		1,20	2,00
6	Хромомартенситная	0,15	11,0—15,0	0,70		2,00	1,00
7	Хромоферритная	0,15	11,0—30,0	1,00		1,00	3,00
8	Хромоникелевая	0,15	14,5—30,0	4,0	7,5—15,0	2,50	1,00
9	«	0,30	25,0—30,0	4,00	15,0—37,00	2,50	1,00
10	Никелевая до 4 %	0,15		0,55	0,80—4,00	1,70	1,00
11	Марганцевомолибденовая	0,17		0,25—0,75	0,85	1,25—2,25	1,00
12	Никельхромомолибденовая	0,15	1,50	0,25—0,80	1,25—2,80	0,75—2,25	1,00

Примечания. 1. Одиночные значения являются максимальными. 2. Пример обозначения наплавленного металла: A No. 1.

W30000 — W39999 — аустенитные коррозионно-стойкие стали;

W40000 — W49999 — ферритные коррозионно-стойкие стали;

W50000 — W59999 — низколегированные хромистые стали;

W60000 — W69999 — сплавы на основе меди;

W70000 — W79999 — сплавы для поверхностного нанесения;

W80000 — W89999 — сплавы на основе никеля.

В приведенных марках W обозначает сварку (weld), первые цифры — группы сплавов, остальные четыре цифры соответствуют более специфическим признакам сплавов. Присадочный металл делят на две общие категории в зависимости от состава: первая определяется составом сердечника электрода, вторая — составом наплавленного металла. Именно этой категории соответствует приведенная выше маркировка.

Квалификационные процедуры имеют три формы отчетности. Форма 1 регламентирует процедуру квалификационного теста для производителя или подрядчика. Форма 2 в общих чертах подобна форме 1, но относится к сварщику или оператору. Форма 3 представляет технические условия на проведение сварочной операции, состоящие из двенадцати разделов (титовый лист, данные о

технических условиях, диапазон применения, основной материал, присадочный металл, подготовка основного материала, предварительный подогрев, положение при сварке, электрические характеристики, особенности сварки, послесварочная термическая обработка, контроль).

Ориентация сварки включает четыре положения: нижнее (flat), горизонтальное, вертикальное и потолочное (overhead). Кроме того, отмечают горизонтальное фиксированное положение. Это относится к трубам или цилиндрическим отливкам, имеющим горизонтальную ось и разделку шва в вертикальной плоскости. При этом сварка производится без поворота трубы или отливки во всех положениях, кроме горизонтального. Допустимые угловые отклонения от горизонтальной и вертикальной плоскостей составляют 15°. Положения сварных швов с разделкой кромок (groove welds) определяются в соответствии с табл. 2.

Для квалификационных испытаний используются четыре интервала толщин пластин: от 1/16 до 3/8 дюйма (от 1,6 до 9,5 мм), свыше 3/8 (9,5) и ниже 3/4 (19,0), от 3/4 (19,0) и ниже 1 1/2 (38,1), от 1 1/2 (38,1) и выше. Количество испытаний для каждого вида от 2 до 4.

Применяют четыре типа квалификационных испытаний: на растяжение; на изгиб; ударное (по Шарпи); радиографическое.

Элементы образцов для испытания на изгиб имеют специфические названия: поверхности реза — стороны (side); две другие поверхности — лицевая (face), на которой сварной шов имеет большую ширину, и корневая (root) — противоположная лицевой. Соответственно существуют три вида испытаний на изгиб: боковой (side bend); лицевой (face bend); корневой (root bend).

Ознакомление специалистов России с основными положениями стандарта ASTM будет полезно при разработке и совершенствовании национальных стандартов в области сварки.

Таблица 2

Положение	Обозначение по диаграмме	Наклон осей, градус	Поворот шва, градус
Нижнее	A	0—15	180—210
Горизонтальное	B	0—15	80—150
Вертикальное	C	0—75	210—280
			0—80
			280—360
Потолочное	D	15—75	80—280
	E	75—90	0—360

УДК 621.791:338.4

**Н. В. АРСЕНЬЕВА, канд. экон. наук
"МАТИ" — РГТУ им. К. Э. Циолковского**

Методика разработки инновационного плана для предприятий машиностроительного комплекса

В настоящее время будущее предприятия, в том числе его конкурентоспособность, во многом определяется его инновационной политикой, возможностью разрабатывать, осваивать и внедрять различные виды инноваций.

На сегодняшний день состояние инновационных процессов на российских машиностроительных предприятиях достаточно противоречивое:

- на многих предприятиях машиностроительного комплекса продолжают инновационные процессы. Они более интенсивны в сфере смены ассортимента выпускаемой продукции и оборудования и не слишком интенсивны в сфере освоения новых технологий и материалов;
- освоение новых продуктов в значительной части основано на конкурентной имитации. В области технологий переносов меньше, предприятия пытаются идти собственным путем;
- при этом освоение новых технологий часто вступает в противоречие с имеющейся рыночной инфраструктурой предприятия (поставщики и иные партнеры). Серьезное изменение технологий ведет к пересмотру состава хозяйственной цепочки;
- воздействие государственной экономической политики на интенсивность инновационных процессов, к сожалению, еще незначительно, хотя и наблюдается тенденция усиления.

Для успешного использования инноваций необходим детально

разработанный инновационный план развития предприятия. Разработка инновационного плана предприятия должна включать формирование основных целей, варианты его реализации и ожидаемые конечные результаты, а также оценивать возможные риски и ожидаемую эффективность инновационного проекта.

Методика разработки инновационного плана предприятия должна включать следующие основные этапы:

- определение глобальной цели развития предприятия;
- формирование перечня инноваций, рекомендуемых к внедрению;
- разработка портфеля инновационных проектов;
- расчет и обоснование очередности внедрения отдельных проектов (разработка стратегических альтернатив);
- расчет обеспеченности ресурсами;
- маркетинговые исследования;
- анализ риска и неопределенности;
- подготовка комплексного инновационного плана развития предприятия;
- обеспечение инвестиционной привлекательности предприятия;
- определение и проведение перспективных НИОКР в составе инновационного плана;
- подготовка и организация производства;
- планирование организации сбыта и рекламных мероприятий;

— анализ и оценка результатов внедрения комплексного инновационного плана в целом и по отдельным проектам.

Определение глобальной цели развития предприятия является отправной точкой, с которой начинается разработка инновационного плана на предприятии. Основными задачами могут выступать как внедрение нового продукта или услуги, новой технологии, нового материала, так и идея организационных преобразований на предприятии в целом или в одном из его подразделений. Также необходимо выявить, насколько цели инновационного плана совпадают с целями и стратегией развития предприятия.

Формирование перечня инноваций, рекомендуемых к внедрению на предприятии. На этом этапе формируется перечень инновационных проектов, внедрение которых целесообразно на предприятии.

Разработка портфеля инновационных проектов. Процесс формирования портфеля инновационных проектов приведен на рисунке.

Расчет обеспеченности ресурсами включает также оценку инвестиционной привлекательности предприятия.

Маркетинговые исследования. Для реализации инновационного плана предприятия необходимо, чтобы маркетинговые исследования рынка подтвердили его необходимость, выявили конкретных потребителей. В том случае, если на предприятии внедряется новый продукт, то цель маркетингового исследования — спрогнозировать



Процесс формирования портфеля инновационных проектов

спрос на новый продукт. Сюда же можно отнести использование новых оборудования и технологий, приводящих к улучшению качества существующего продукта или выпуску нового, т. е. маркетинг нового материала, оборудования и технологий сводится к маркетингу продукции, которая может быть выпущена с их помощью.

Однако провести маркетинговое исследование по принципиально новому продукту очень сложно, так как в некоторых случаях продукт может быть настолько новым, что потенциальные потребители еще не осознали его необходимость. В этом случае предметом исследования может выступать не сам товар, а его основные потребительские параметры (например, для продукции машиностроения — конструкция и условия эксплуатации). Должны исследоваться предпочтения потребителей по поводу соотношений "цена — уровень отдаленно потребительского параметра", "цена — уровень ведущего потребительского параметра". Для наукоемких товаров длительного пользования в состав учитываемых потребительских параметров целесообразно включать условия га-

рантийного и послегарантийного обслуживания. Маркетинговые исследования по вновь разработанным продуктам должны проводиться применительно к определенным сегментам рынка. При таком подходе можно прогнозировать ожидаемую емкость и ценовую эластичность спроса отдельно для каждого потенциального сегмента рынка.

Кроме этого, целью маркетингового исследования является оценка объема продаж, который будет обеспечен в результате выпуска товара или услуги. При оценке возможного объема продаж необходимо оценить общий размер рынка, долю рынка, срок выпуска новой продукции, вероятность получения прибыли. Также целесообразно выявить действительных и потенциально возможных конкурентов, проанализировать возможные каналы распределения нового продукта, оценить, насколько соответствует существующая система сбыта, так как создание специализированных каналов распределения на предприятии может значительно увеличить стоимость инновационного проекта.

Анализ риска и неопределенности. Инновационная деятельность

в большей степени, чем другие направления деятельности предприятия, сопряжена с риском. На крупных предприятиях величина риска значительно меньше, поскольку перекрывается масштабами обычной хозяйственной деятельности (отлаженной и чаще всего диверсифицированной).

Инновационный риск возникает при следующих ситуациях:

- при внедрении более дешевого метода производства товара или оказания услуги по сравнению с уже используемыми. Подобные инвестиции принесут предпринимательской фирме временную сверхприбыль до тех пор, пока такая фирма является единственным обладателем данной технологии. В данной ситуации фирма сталкивается лишь с одним видом риска — возможной неправильной оценкой спроса на производимый товар;
 - при создании нового товара или оказании услуги на старом оборудовании. В данном случае к риску неправильной оценки спроса на новый товар или услугу добавляется риск несоответствия уровню качества товара или услуги в связи с применением оборудования, не позволяющего обеспечивать необходимое качество;
 - при производстве нового товара или оказании услуги с помощью новой техники и технологии. В данной ситуации инновационный риск включает: риск того, что новый товар или услуга может не найти покупателя; риск несоответствия нового оборудования и технологии требованиям, необходимым для производства нового товара или услуги; риск невозможности продажи созданного оборудования, так как оно не соответствует техническому уровню, необходимому для производства новых товаров.
- В целом риск, возникающий в инновационном предпринимательстве, включает следующие основные виды рисков:
- ошибочного выбора инновационного проекта;

- необеспечения инновационного проекта достаточным уровнем финансирования;
- маркетинговые риски сбыта результатов инновационного проекта;
- неисполнения хозяйственных договоров (контрактов);
- возникновения непредвиденных затрат и снижения доходов;
- усиления конкуренции;
- связанные с недостаточным уровнем кадрового обеспечения;
- связанные с обеспечением прав собственности на инновационный проект и др.

Формирование оптимального портфеля инноваций и одновременное внедрение нескольких инновационных проектов приводят к снижению риска в целом. При этом, как правило, прибыль от реализации успешных проектов настолько велика, что перекрывает затраты на неудавшиеся разработки.

Стадия НИОКР является начальным этапом реализации инновационного плана предприятия, на котором следует оценить вероятность достижения определенных научно-технических показателей. Инновационный план предприятия может основываться на изолированной разработке или разработке, давшей начало группе новых продуктов, оборудования и технологий, поэтому целесообразно выявить возможные перспективы разработки комплексных инноваций.

Подготовка и организация производства. Организация производства новых изделий предполагает перестройку существующего производственного процесса и всех составляющих его элементов. Организационный этап подготовки производства подразделяется на ряд стадий (см. таблицу). Работы, входящие в комплекс организационной подготовки производства, выполняются специализированными научно-исследовательскими или проектными организациями, если освоение производства происходит на вновь вводимом в строй предприятии; его заводскими экономическими и техническими службами, если подготовка производства ведется на действующем предприятии.

К числу важнейших требований комплексной подготовки производства относят и социально-психологическую подготовку производства.

Социально-психологическая подготовка производства — это система мероприятий, направленных на организацию пропаганды экономических, психологических и социальных последствий от внедрения новой продукции для коллектива предприятия-изготовителя, а также для ее потребителей.

В общем виде при проектировании организации производства можно выделить следующие направления работ:

- определение производственных мощностей для организации выпуска новой продукции;
- выбор рациональных форм организации производства;
- разработка или совершенствование системы оперативно-производственного планирования;
- проектирование системы технического обслуживания производства;
- проектирование форм и методов оплаты труда всех категорий работающих;
- разработка и реализация проекта технической реконструкции предприятия или отдельных цехов.

Одной из основных работ по проектированию организации производственного процесса изготовления новой продукции является расчет необходимых производственных мощностей. При расчете должны быть предусмотрены определенные соотношения между мощностями цехов, образован некоторый избыток для создания межцеховых опережений и образования заделов для обеспечения ритмичной работы.

При выборе форм организации производственных процессов определяются тип производственной структуры цехов и участков, характер специализации подразделений, поточная или непоточная форма организации основных процессов производства, формируются по-

Стадия	Содержание
Разработка проекта организации основного производственного процесса	Выбор форм организации производства, специализации цехов и участков, кооперирования между ними. Определение потребности в площадях и оборудовании для выпуска нового продукта. Составление планировок и участков. Разработка проекта реконструкции цехов. Разработка или совершенствование оперативно-производственного планирования
Разработка проекта технического обслуживания производства	Составление планов движения предметов труда в производстве, выбор и определение необходимых средств внутривозовского транспорта и тары. Разработка проектов организации складского хозяйства, ремонтного и инструментального обслуживания. Выбор методов контроля нового продукта
Разработка организации и оплаты труда	Создание рационального проекта разделения и кооперации труда. Разработка проекта организации трудового процесса, организации обслуживания рабочих мест, организации режимов труда и отдыха. Расчет трудоемкости. Подготовка и переподготовка кадров. Выбор и обоснование системы оплаты труда рабочих и специалистов при освоении новых изделий, оборудования и технологии
Организация материально-технического обеспечения	Определение потребности в материальных ресурсах. Составления заявок и заказов на специальное оборудование, оснастку, материалы и комплектующие изделия. Выбор поставщиков. Реализация планов снабжения для выпуска образцов
Создание нормативной базы для внутривозовского технико-экономического и оперативно-производственного планирования	Расчет материальных, трудовых и календарно-плановых нормативов. Калькулирование себестоимости и установление цен на новое изделие. Определение размеров нормативов запасов и оборотных средств

токи материалов, полуфабрикатов и готовой продукции. Варианты организационных структур, планировок, маршрутов движения предметов труда анализируются с использованием методов аналитического и имитационного моделирования.

Самостоятельным направлением проектирования является разработка системы контроля качества новых изделий.

Планирование организации сбыта и рекламных мероприятий. Организация адекватной системы сбыта нового продукта предполагает выбор одного из нижеперечисленных способов.

1. Сбыт непосредственно потребителям нового продукта по прямым договорам с ними или через собственную розничную торговлю предпринимателя-производителя.

2. Продажи оптово-торговым предприятиям целесообразны, когда продукт настолько массового спроса, что попытки продавать его непосредственно конечным потребителям приведут к неминуемому росту издержек. Поэтому продажа (желательно до реального их выпуска) крупных партий товара фирме оптовой торговли будет в данном случае единственным способом обеспечить оборот, необходимый для покрытия издержек предприятия-производителя. Такой метод сбыта наиболее эффективен в отраслях с непрерывным технологическим циклом (металлургическая отрасль).

3. Сбыт в независимую торгово-розничную сеть целесообразен, когда новый продукт ориентирован на массовый спрос, но не настолько

широкий, чтобы осуществлять сбыт через оптовую сеть.

4. Любой из первых трех вариантов, но с привлечением посредников, в частности, брокеров, торговых агентов, комиссионеров и т. д. Услугами брокеров пользуются для поиска неизвестных потенциальных потребителей специфических наукоемких продуктов на отдаленных (в том числе зарубежных) рынках.

В зависимости от масштабов предприятия при разработке инновационного плана могут быть исключены и/или добавлены некоторые этапы. Решение о внесении изменений принимаются непосредственно в процессе разработки инновационного плана предприятия.

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

УДК 621.791.75.042—492

Ф. ВИНКЛЕР, инж.

Böhler Schweisstechnik Austria GmbH (Австрия)

Эффективное применение порошковых проволок при дуговой сварке

Применение порошковых проволок стало неотъемлемой частью сварочной технологии в различных отраслях промышленности. В последние десятилетия преимущества порошковых проволок обеспечивают устойчивый рост их потребления на европейском рынке. Данная тенденция, наблюдаемая в Японии и США с 1980-х годов, обеспечила завоевание приблизительно 30 % рынка этих стран.

Компания Böhler Welding определила эту тенденцию еще на раннем этапе и занимается разработкой и производством данных материалов многие годы. В 2004 г. компания завершила строительство

нового завода по производству порошковой проволоки. Модернизированные в 2006 г. производственные мощности в Капфенберге (Австрия) обеспечивают ежегодный выпуск 1500 т средне- и высоколегированной порошковой проволоки. Компания выпускает порошковые проволоки высочайшего качества, предназначенные для обширного диапазона областей применения. Нелегированные порошковые проволоки производятся учрежденным в Европе совместным предприятием.

К существенным преимуществам порошковых проволок относятся:

1. Повышенная производительность:

— более высокая скорость наплавки, особенно для позиционной сварки с применением проволок Böhler PW-Wire;

2. Удобство использования:

— большой предел допусков сварочных параметров, т. е. более удобная для пользователя технология сварки;

— струйный перенос электродного металла;

3. Снижение риска ошибок при выполнении сварного шва:

— шлак и защитный газ обеспечивают двойную защиту сварочной ванны;

— минимальный риск образования пористости, даже для сварки, выполняемой при монтаже;

— гарантированный провар, сниженный риск недостаточного проплавления;

4. Сниженные общие расходы:

— снижение времени сварки и простоев.

В настоящее время недостатком порошковых проволок является их более высокая стоимость по сравнению с проволоками сплошного сечения. Тем не менее благодаря уменьшению времени сварки и простоев общие расходы все-таки сокращаются.

Приведенные ниже примеры представляют лишь малый спектр возможностей применения, в которых дуговая сварка с использованием порошковой проволоки успешно заменяет другие сварочные процессы и присадочные материалы. Данные примеры относятся исключительно к сварке с применением проволок.

Сварка углеродистых сталей

Характерный пример — сварка стальных конструкций в различных пространственных положениях (рис. 1) с использо-



Рис. 1. Каркас крыши, сваренный проволокой Böhler Ti 52-FD

ванием порошковых проволок с рутиловым наполнением¹.

На рис. 2 приведено днище сосуда (ASTM SA 516 Gr. 70) с толщиной стенки 110 мм. В целях экономии при такой толщине стенки обычно применяют дуговую сварку под флюсом. В ходе подробного сравнения сварочных процессов, выполненного фирмой Schoeller Bleckmann Nooter Apparatechnik GmbH, установили, что сварка с применением проволоки Böhler Ti 52-FD позволяет получить требуемые механические свойства и обеспечивает экономические преимущества. Один из основных аргументов в пользу применения порошковой сварочной проволоки — ее пригодность для позиционной сварки.

При использовании порошковой проволоки наблюдается существенное увеличение скорости процесса, особенно при позиционной сварке.

Ниже приведены примеры применения высоколегированных, коррозионно-стойких порошковых проволок в различных отраслях промышленности.

Сварка высоколегированных материалов в химической и нефтехимической промышленности и объектов морского базирования

На рис. 3 показано изготовление влажного фильтра для установки химической регенерации (сульфат магния) на заводе АЕЕ (Австрия). С учетом коррозионной нагрузки применена двухфазная аустенитно-ферритная дуплексная сталь W. Nr. 1.4462 (UNS 31803), сваренная порошковой проволокой Böhler с аналогичными свойствами.

Благодаря возможности беспроблемного использования на открытом воздухе порошковые проволоки особенно подходят для сварки емкостей для хране-

¹ Автор благодарит все компании, представившие иллюстрации для печати.



Рис. 2. Сварное днище сосуда



Рис. 3. Влажный фильтр (корневой слой — сварка с использованием электрода с покрытием FOX CN22/9N и сварочной проволоки CN 22/9 N-IG (TIG, GTAW — дуговая сварка вольфрамовым электродом в газовой среде соответственно), заполняющий и облицовочный слой — сварка CN 22/9 N-FD



Рис. 4. Бак для хранения химических веществ, изготовленный для завода Apparateban Schweisstechnik (Австрия) из материалов 1.4301 (AISI 304) и 1.4541 (AISI 316Ti), средней шириной 4 м и длиной 20 м, толщина стенок 5 мм, сварен с использованием порошковых проволок Böhler EAS 2-FD и EAS 2PW-FD

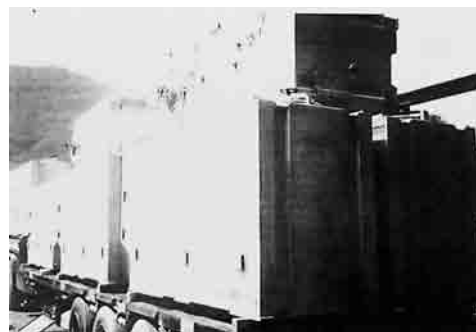


Рис. 5. Баки для воды, изготовленные для завода Iveco (Италия) из материала W. Nr. 1.4571 (AISI 316Ti), толщина стенки 3 мм, порошковая проволока Böhler SAS 4-FD



Рис. 6. Паровые душирующие установки для завода Volth Paper Heidenhoim (Германия) из стали 1.4404 (mod.) (AISI 316L), толщина стенки 5 мм. Угловые и V-образные швы со скосом одной кромки сварены с использованием порошковой проволоки Böhler EAS 4M-FD диаметром 1,2 мм

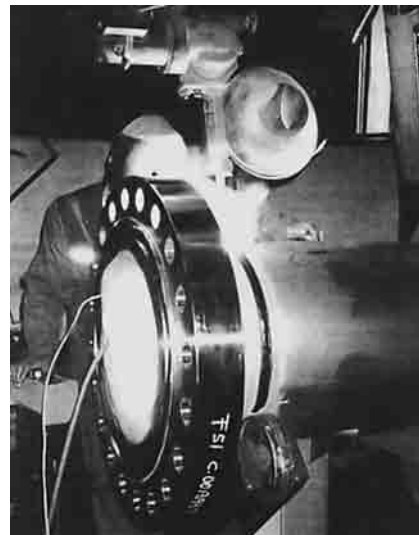


Рис. 7. Сварное соединение трубы и фланца из стали 1.4462 (UNS 31803), сваренное порошковой проволокой CN 22/9 N-FD диаметром 1,2 мм (завод Visser Smith Hanab, Нидерланды)



Рис. 8. Полимеризатор для изготовления синтетических материалов (завод ACE-AG, Christoph Group, Австрия)



Рис. 9. Соединение разнородных материалов (завод Andritz AG, Австрия)

ния химических веществ (рис. 4). Двойная защита сварочной ванны обеспечивает очень малую чувствительность к ветру и в результате достигается меньшая предрасположенность к порообразованию.

Для транспортных средств пожарных служб, использующих воду промышленного водоснабжения в противопожарных целях, баки для воды из коррозионно-стойкой стали сваривают порошковой проволокой W. Nr. 1.4571 (AISI 316Ti) (рис. 5).

Дополнительным преимуществом применения является увеличенная скорость сварки и, как следствие, более низкое тепловложение и снижение деформации соединений. Следовательно, затраты на повторную обработку снижаются.

Паровые душирующие установки, применяемые в целлюлозно-бумажной промышленности для повторного увлажнения бумажного полотна с целью снижения риска разрыва, с толщиной стенки 5 мм сваривают порошковой проволокой Böhler EAS 4M-FD (рис. 6).

Платформы морского базирования в целях безопасности должны быть оборудованы тщательно раз-

работанными системами пожаротушения. Использование морской воды приводит к коррозионной нагрузке материалов труб. Благодаря исключительной стойкости против образования питтинговой коррозии дуплексные материалы идеальны для таких областей применения (рис. 7).

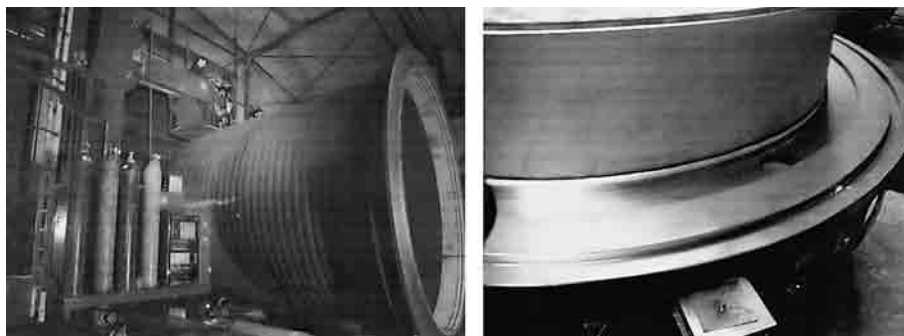
На рис. 8 показан сварной полимеризатор для изготовления синтетических материалов. Для сварки соединений из аустенитной стали 1.4541 (AISI 321) использовали проволоку EAS 2-FD, а для разнородных соединений из аустенитной и углеродистой стали — CN23/12 Mo-FD.

Соединения разнородных материалов и наплавка

Порошковые проволоки применяют для сварки различных соединений из разнородных материалов.

На рис. 9 приведено соединение разнородных материалов из мелкозернистых конструкционных сталей с высоколегированной CrNiMo — сталью W. Nr. 1.4404

Рис. 10. Защитный кожух печи (а) и поддон (б) для отжига (завод Ebner Furnaces Inc., Leonding, Австрия)



а)

б)

(AISI 316), полученное с применением порошковой проволоки CN 23/12 Mo-FD.

Присадочные материалы на никелевой основе применяют для сварки соединений разнородных материалов, эксплуатируемых при рабочих температурах выше 350 °С.

На рис. 10 приведены защитный кожух печи отжига и поддон для отжига, изготовленные из низкоуглеродистой стали (фланец) и стали W. Nr. 1.4541 (AISI 321) (труба) соответственно. Сварку в нижнем положении выполняли недавно разработанной порошковой проволокой на никелевой основе Böhler NIBAS 70/20-FD диаметром 1,6 мм в защитном газе — аргон + 18 % CO₂.

Преимущество порошковых проволок на никелевой основе заключается в простоте их использования. Струйный перенос обеспечивается даже в самом низком диапазоне параметров сварки и при этом достигается перенос материала практически без брызг. Мож-

но использовать стандартные защитные газы без каких-либо ограничений.

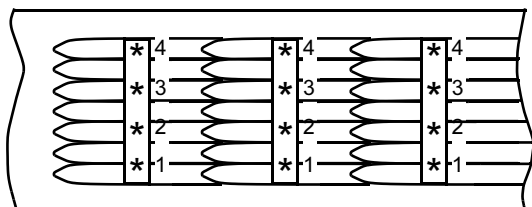
Порошковую проволоку также применяют для антикоррозионной наплавки широкого спектра различных материалов.

На рис. 11 приведены результаты одно-, двух- и трехслойной наплавки CrNiMo — теплоустойчивого материала (13CrMo45) (A335, Cr. 911). Высоколегированную порошковую проволоку Böhler CN 23/12 Mo-FD диаметром 1,2 мм использовали для выполнения первого наплавочного прохода, а проволоку EAS 4M-FD диаметром 1,2 мм — для остальных проходов. В наплавленном металле второго прохода содержание ферритной фазы превышает 6—7 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование порошковых проволок при дуговой сварке практически не имеет ограничений, что, принимая во внимание их эффективность, позволяет предположить дальнейшее возрастание объемов и областей их применения.

Последние несколько лет компания Böhler Welding интенсивно работала над разработкой и производством различных высоколегированных присадочных сварочных материалов. Компания продолжит работу в данной области и в будущем.



Содержание ферритной фазы согласно Förster 1.053 в точках 1—4

	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4
I	9	10	12	11
II	6	6	7	7
III	5	5	5	5



Рис. 11. Наплавка на основной материал — сталь 13CrMo45 (A335, Cr. 911) с использованием проволоки CN 23/12 Mo-FD и EAS-4M-FD диаметром 1,2 мм: I—III — сварочный проход

Уважаемые читатели!

Оформить подписку на свой профессиональный журнал **"СВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО"**

Вы можете с любого месяца в любом почтовом отделении связи.

Подписные индексы:

70807 — в каталоге

Агентства "Роспечать";

27860 — в Объединенном каталоге;

60256 — в каталоге "Почта России".

ИНФОРМАЦИЯ

УДК 621.791:061.2/4

7-я Международная специализированная выставка "РОССВАРКА/WELDEX—2007"

С 30 октября по 2 ноября 2007 г. в Москве в КВЦ "Сокольники" прошла 7-я Международная специализированная выставка сварочных материалов, оборудования и технологий "РОССВАРКА/WELDEX—2007".

Выставка (рис. 1) организована ЗАО "Международная выставочная компания" (МVK) при содействии КВЦ "Сокольники" и поддержке компании "Элсвар", РНТСО, РСРПСП, ММАГС, НАКС и журнала "Сварочное произ-

водство" (генеральный информационный спонсор).

В работе выставки (рис. 2) приняли участие практически все ведущие производители сварочной техники — более 200 компаний, организаций и фирм из России, Украины, Белоруссии и ряда зарубежных стран (Турции, Швеции, Италии, Германии, Швейцарии, Чешской Республики, Вьетнама и др.).

На выставке были представлены технологии и оборудование для различных методов сварки, резки, наплавки, пайки и термической обработки; расходные материалы, инструменты и приспособления для сварки; средства защиты от вредных производственных факторов; инженерное и научное обеспечение, технологии подготовки кадров.

Ниже приведены организации и представленные ими новые научно-технические разработки и инновационные проекты в соответствии с основной тематикой выставки.

ОАО "Уральское производственное предприятие "ВЕКТОР" (Екатеринбург) — МПУ-10ЗУЗ (микроплазменная установка) для ручной воздушно-плазменной резки черных



Рис. 1. На выставке "Россварка/WELDEX — 2007"



Рис. 2. Экспозиция выставки



Рис. 3. Аппарат для воздушно-плазменной резки МПУ-10ЗУЗ

и цветных металлов, коррозионно-стойких сталей толщиной от 0,2 до 25 мм. Установка передвижная, массой не более 140 кг, габаритные размеры 840×576×912 мм, масса резака 0,2 кг (рис. 3).

Государственный Рязанский приборный завод:

— малогабаритные инверторные сварочные аппараты серии "Форсаж" для ручной дуговой сварки покрытыми электродами ("Форсаж-125", "Форсаж-160", "Форсаж-250", "Форсаж-315", "Форсаж-500"), механизированной сварки с внешним механизмом подачи проволоки (универсальные профессиональные аппараты "Форсаж-315", "Форсаж-315CAZ", "Форсаж-500"), аргодуговой сварки ("Форсаж-160АД"); — новые аппараты "Форсаж-315 М PRO" (рис. 4), "Форсаж-315 CAZ PRO" для работы в цеховых и полевых условиях при питании от стационарной сети или автономных электростанций;



Рис. 4. Малогабаритный инверторный сварочный аппарат "Форсаж-315М PRO"

— "Форсаж МПУ", подача проволоки осуществляется как при постоянном (24—100 В), так и переменном (22—80 В) питании. Остальные параметры аналогичны аппарату "Форсаж-МП". Совместим с любыми источниками для механизированной сварки.

ООО "ИНВЕРТОР-ПЛЮС" (Оренбург):

— переносной инверторный сварочный аппарат "Вулкан 160 И" для сварки металлоконструкций в различных пространственных положениях постоянным током;

— инверторный сварочный аппарат "Pi CO 230, 260, 300VRD-A для ручной дуговой сварки покрытыми металлическими электродами (ММА) и дуговой сварки неплавящимся электродом в защитных газах (ВИГ) постоянным током металлоконструкций из углеродистых и легированных сталей, меди, никеля и их сплавов;

— аппараты "Сатурн 300 МИГ" для стандартной механизированной и автоматической сварки в инертных и защитных газах и их смесях (МИГ/МАГ). Свариваемые материалы: углеродистые, низко- и высоколегированные стали, алюминиевые и никелевые сплавы, медь и ее сплавы (рис. 5);



Рис. 5. Сварочный аппарат инверторного типа "Сатурн 300 МИГ"

— универсальный инверторный аппарат PHOENIX 330, 400, 500 для сварки МИГ/МАГ, ВИГ с контактным зажиганием дуги, ручной сварки покрытыми электродами;

— механизм подачи сварочной проволоки "Ассистент" для механизированной и автоматической сварки в защитных газах. Варианты исполнения: "Ассистент-4L" — под катушку диаметром 300 мм, "Ассистент-4М" — под катушку диаметром 200 мм (облегченный вариант).

Аппараты комплектуются сварочными горелками ТИГ, МИГ/МАГ.

ООО "Инвертор-плюс" является представителем фирм "EWM" и "ТВ1" (Германия).

Завод сварочного оборудования "ИСКРА" (Первоуральск Свердловской обл.):

— автономные сварочные агрегаты, сварочные генераторы, трансформаторы, выпрямители, автоматы и полуавтоматы, машины для контактной сварки (точечные, стыковые, шовные), сварочные навесные установки: сварочный агрегат, оснащенный устройством ДВС — "SUPER ARC—супер—дуга", обеспечивающим стабильный ток для лучшего качества сварки (однородная стабильная дуга, "горячий" пуск, высокотехнологичный трехфаз-

ный генератор с вращающимся полем, генератор с пиковой (5500 Вт) и номинальной (4000 Вт) мощностью независимо от режимов сварки (резервная мощность). Сварочный ток 65—600 А, напряжение 14—40 В, масса 1098 кг (рис. 6). Оснащен дизельным двигателем "Минск 62 ХП".



Рис. 6. Сварочный агрегат с ДВС "SUPER ARC — супердуга"

ООО "Фактор" — ООО "КСТАВИА" (Москва):

— аппараты для воздушно-плазменной резки металлов ПУРМ различной мощности (толщина разрезаемого металла 1—100 мм, сварочный ток 12—360 А, масса 90—440 кг). Аппараты комплектуются компрессорами, кабель-шланговыми пакетами длиной до 30 м очистителями воздуха, а также расходными материалами и комплектующими;

— машины термической резки (переносная машина прямолинейного раскроя металла "Грань" на полосы), переносная машина для резки труб "Сателлит" (рис. 7), двухкоординатная машина "Сателлит" для резки труб и снятия фасок

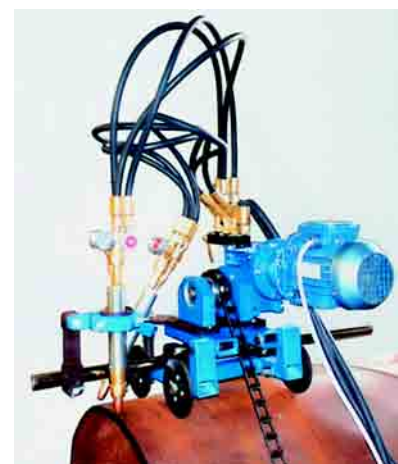


Рис. 7. Труборез "Сателлит" для резки труб и снятия фасок

натная портальная машина термической резки "Параллель" — легкий обрабатывающий комплекс для раскроя листового металлопроката по заданным чертежам с использованием системы ЧПУ, портальная машина термической резки металлов для автоматизированного раскроя металлопроката по заданным чертежам с использованием системы ЧПУ.

ОАО "МУЛЬТИПЛАЗ" (Москва):

— плазменный аппарат "Мультиплаз-7500" для резки металлов толщиной до 25 мм (масса блока 21 кг, мощность 7,5 кВт, напряжение сети 380 В, расход сжатого воздуха 250 л/мин, давление 525 кПа, масса с упаковкой 27,6 кг, габаритные размеры 66×43×33 см) (рис. 8);



Рис. 8. Установка для воздушно-плазменной резки "Мультиплаз-7500"

— плазменный аппарат "Мультиплаз-15000" для резки металлов толщиной до 50 мм (масса блока 38 кг, мощность 15 кВт, напряжение сети 380 В, расход сжатого воздуха 480 л/мин, давление 700 кПа, масса с упаковкой 40,6 кг, габаритные размеры 66×43×48 см).

Для работы аппаратов не требуются компрессоры и баллоны.

НИКИМТ — филиал ФГУП "Инвестиционно-строительный концерн "Росатомстрой" (Москва):

— сварочный автомат СА-673 для орбитальной сварки труб с дистанционным управлением. В состав автомата входят унифицированная многофункциональная сварочная головка, микропроцессорная аппаратура управления, инверторный источник сварочного тока, телевизионная система наблюдения для дистанционного управления процессом свар-



Рис. 9. Сварочный автомат СА-673 для орбитальной сварки с дистанционным управлением

ки, автономная система охлаждения горелки, регистратор параметров сварки (рис. 9);

— теплоизоляционные и защитные материалы (коррозионно-стойкие полимерные покрытия, преимущественно водостойкие, химически- и атмосферостойкие, для строительных конструкций, коммуникаций и вспомогательного оборудования, теплоизоляционные полимерные материалы для улучшения радиационной обстановки на объектах, изделия специального назначения из термопластичных материалов).

Группа предприятий "Особые сварочные агрегаты" — "ОСА" (Москва):

— автономные дизельные источники постоянного тока для сварочных работ (сварочный дизельный однопостовой ОСА-350, "Комби-300", дизельный сварочно-наплавочный комплекс "Комби-300 Универсал", сварочный дизельный двухпостовой — АСМ-2-2, четырехпостовой — АСМ-2-4);

— дизельные электростанции "ОСА" (автономный малогабаритный источник переменного тока), автомасстерские (АМ-01, АМ-02, АМ-03) на базе различных автомобилей от УАЗа до КАМАЗа с максимальной насыщенностью энергетическим и сварочно-монтажным технологическим оборудованием;

— новый сварочный генератор ОСА-Д для ручной и механизированной сварки покрытыми и неплавящимися электродами. Генератор отличается большим диапазоном регулирования сварочного тока (20—250 А), обеспечивает высокостабильный процесс сварки (высокая эластичность сварочной дуги, перенос металла осуществляется через дуговый промежуток без коротких замыканий с минимальным разбрызгиванием).

Все сварочные агрегаты имеют сертификаты соответствия НАКС. Разработки защищены патентами на изобретение, отмечены дипломами нефтегазового комплекса и др.

ЗАО "Пензенское конструкторско-технологическое бюро арматуростроения" ("ПКТБА"):

В настоящее время предприятие развивает направление, связанное с разработкой, производством и поставками различного сварочного оборудования:

— сварочные трансформаторы, выпрямители, комплексные сварочные полуавтоматы и автоматы, механизмы подачи, установки для аргонодуговой сварки (рис. 10, а);

— термическое оборудование (электропечи для прокалики электродов, электрощафы для сушки электродов, электропечи для прокалики флюса, термопенал, пенал-термос (рис. 10, б);

— механическое сварочное оборудование (универсальные сварочные вращатели, вращатели роликовые, ко-



Рис. 10. Установка для электродуговой наплавки тел вращения УН-6М (а), термическое оборудование для сушки и прокалики электродов и флюса (б), универсальный сварочный вращатель ВСУ-3 (в).

лонны для сварочных автоматов, краны консольные, столы сварщика (рис. 10, в);

— оборудование для термической резки (установки для сварки и воздушно-плазменной резки металлов, плазматроны для установок воздушно-плазменной резки, установки для механизированного раскроя листового металлопроката, установка для механизированной резки труб, переносные установки для газокислородной резки труб);

— продукция фирмы EWM HI GНTEC WELDING GmbH (Германия). Предприятие является официальным представителем данной фирмы с правом технического и сервисного обслуживания.

ООО "НПП "ПЛАЗМА" (Ростов-на-Дону):

— сварочные трансформаторы ТДМЭ-160, ТДМЭ-200, ТДМ-250-2;

— сварочные выпрямители ВД-205АС/DC, ВДУ-506П, ВДМ-6305;

— машины для механизированной сварки серии "Звезда" (бытовые на основе ПДГ-125/165/200), серии "ПРОФФИ" (профессиональные на базе ПДГ-185/205/220);

— установки для аргодуговой сварки серии УДГУ, СУПЕР-МАСТЕР-200, инверторного типа (новая модель "SUPER-200-P" с высокочастотным возбуждением дуги (HF), стабилизацией сварочного тока и импульсным регулированием частоты сварочного тока);

— установки для воздушно-плазменной резки инверторного типа (УВНР-100/201, СUT-60S/100).

Предприятие осуществляет поставки оборудования ряда зарубежных фирм (горелки для механизированной и аргодуговой сварки фирмы ABI COR BINZEL (Германия), сварочная



Рис. 11. Уникальная маска "Хамелеон" с автотемнением для работы при низких температурах (до -25°C)



а)



б)

Рис. 12. Установка для ЭЛС АЭЛТК-60/15-12 (а) и электронно-лучевая аппаратура (б)



а)



б)

Рис. 13. Машина точечная многоэлектродная для сварки конвективных панелей МТМ-КП300/500 (а), модуль сварки (б)

проволока фирмы ISAF (Италия), сварочные маски с автотемнением, в том числе уникальная маска "Хамелеон" для работы при низких температурах -25°C фирмы JACKS ON (США) и др. (рис. 11).

ОАО "НИТИ "Прогресс" (Ижевск):

— установка для электронно-лучевой сварки и обработки металлов АЭЛТК-60/15-12 (на базе ЭЛУ-19), изготовлена в 2007 г., эксплуатируется в ОАО "Мотостроитель" (Самара). Предназначена для сварки в автоматическом режиме деталей типа тел вращения диаметром до 1500 мм, под различными углами оси вращения ($0-90^{\circ}$), прямолинейных, продольных швов длиной до 1300 мм. Система управления обеспечивает автоматическое и полуавтоматическое наведение луча электронной пушки в стык свариваемых деталей (всего 10 параметров сварки) (рис. 12).

В настоящее время в эксплуатации находятся четыре установки для электронно-лучевой сварки;

— установка для аргодуговой сварки кольцевых швов серии "Прогресс", универсальная установка для сварки кольцевых и продольных швов УСКП-300/500, установка для аргодуговой сварки кольцевых и круговых швов УСК-250 и др.;

— машины точечные многоэлектродные для контактной сварки панелей радиаторов МТМ-300/500 (толщина свариваемых панелей $1,4 + 1,4$ мм, количество одновременно свариваемых точек $6 + 6$ шт., масса 2500—3100 кг), машина точечная многоэлектродная для сварки конвективных панелей МТМ-КП300/500, машина для автоматической контактной шовной сварки сильфонов (тонкостенных трубок толщиной $0,1-0,5$ мм и диаметром 10—200 мм) с арматурой (рис. 13).



а)



б)

Рис. 14. Установка ПВ-900 для вакуумного отжига сварных конструкций, изделий из титановых и жаропрочных сплавов (а), установка АРН-250 для нанесения защитных покрытий плазменным способом в вакууме на деталях, имеющих ось вращения (б)

ОАО "Электромеханика" (Ржев):

— оборудование для вакуумного литья деталей различного назначения (от лопаток газотурбинных двигателей до качественных крупногабаритных отливок), установки для получения равноосных, монокристаллических структур, направленной кристаллизации, радиально-направленной кристаллизации;

— оборудование для вакуумного отжига и термической обработки деталей из различных сплавов (установки для вакуумного отжига сварных конструкций, изделий из титановых и жаропрочных сплавов (СНВ-80, ПВ-900), установки для термической обработки алюминия и других цветных металлов (ЭТА-2, АЛ-ТАЙ), установки для снятия напряжений закалки и искусственного старения изделий из алюминия, алюминиевых и медных сплавов (АРН-2/3, ПАП) (рис. 14, а);

— оборудование для нанесения защитных, жаростойких, износостойких и других покрытий плазменным способом (АРН-250, УПУ-8М и др.) (рис. 14, б);

— оборудование для электронно-лучевой, аргодуговой сварки, электронно-лучевой сварки в вакууме,

сварки погруженной дугой (АДСВ-6М, АРК-3/4, СКПД-2500, УСК-22МК, УСКС-21, ЭЛУ и др.).

ООО "Техмонтажсистем"

(Тверь) — машина термической резки (МТР) "Термит", состоящая из портала, двух ходовых тележек, перемещающих портал по продольным рельсовым направляющим, с одним или несколькими суппортами. Машины "Термит" выпускают четырех серий: ПКЦ (портальная кислородная цифровая), ППлЦ (портальная плазменная цифровая), ПКПлЦ (портальная кислородная плазменная цифровая), ПКЛ (портальная кислородная линейная).

Одновременная установка суппортов с плазменной и газовой технологиями значительно расширяет номенклатуру толщин (от 6 до 300 мм) и марокрезаемых металлов. МТР комплектуются системами ЧПУ типа "Промышленная рабочая станция" и "Vigny" (русская версия) (рис. 15).

Одновременно с выпуском машин термической резки предприятие про-



Рис. 15. Машина для термической резки "Термит"

водит модернизацию машин портального типа прошлых выпусков ("Кристалл", "Комета", "Енисей" и др.).

Завод сварочного оборудования "УРАЛТЕРМОСВАР" (Екатеринбург) — производство сварочного оборудования широкой номенклатуры, основная часть которого аттестована АЦ НАКС:

— сварочные агрегаты (дизельные АДДУ-4001У1 и АДДУ-4001ПРУ1 с ПДГО-512 "Урал", АДПР-2×2501ВУ1 для сварки и воздушно-плазменной резки, одно-, двух- и четырехпостовые автономные сварочные дизельные агрегаты на раме или на шасси);

— сварочные выпрямители (ВДУ-306МТУЗ с ПДГО-512 "Урал", ВДПР-306УЗ для сварки и воздушно-плазменной резки);

— сварочные генераторы (одно-, двух- и четырехпостовые на номинальные токи 200, 250, 315 и 400 А с частотой вращения вала 1800 или 3000 об/мин);

— сварочные навесные тракторные установки типа УСН, сварочный тракторный агрегат РТ-М-160ТС);

— многопостовой энергосварочный комплекс КЭСМ-100-4-315 для сварочных работ в полевых условиях (рис. 16).

ОАО "Завод ЭЛЕКТРИК" (С.-Петербург):

— выпрямители для автоматической сварки (ВД-1001Э), инверторные источники питания для дуговой сварки ("Прогресс"), пост для ручной дуговой сварки неплавящимся электродом в инертных газах (ПРС-501Э), автоматы для дуговой сварки в углекислом газе и под флюсом (АДФ-2×6030), уста-



Рис. 16. Комплекс энергосварочный многопостовой КЭСМ-100-4-315 для проведения сварочных работ в полевых условиях



а)



б)



в)

Рис. 17. Сварочное оборудование: а — установка УДГ-3020Э для ручной дуговой сварки неплавящимся электродом в инертных газах (комплектуются компактным переносным аргодуговым модулем АДМ-321); б — автомат АДФ-2×6030 для дуговой сварки в углекислом газе и под флюсом (комплектуются двухголовочным сварочным трактором ТС-2×30); в — многоэлектродная машина МТМ-317 для контактной сварки

новки для ручной дуговой сварки неплавящимся электродом в инертных газах (УДГ-3020Э), машины для контактной точечной сварки переменным током (УК-0501), контактной стыковой сварки (МСС-601Э), многоэлектродные (МТМ-317) (рис. 17).

Генеральным дистрибьютором ОАО "Завод ЭЛЕКТРИК" является ЗАО "Электрик-МИКС" (С.-Петербург).

ОКБ "БУЛАТ" (Москва-Зеленоград):

— высокотехнологичный лазерный аппарат LRS-50 для прецизион-



Рис. 18. Высокотехнологичный лазерный аппарат LRS-50 для прецизионной сварки металлов и сплавов

ной сварки металлов и сплавов, оснащенный системой управления формой импульса излучения лазера (рис. 18);

— комбинированная лазерная установка LRS-150A для выполнения технологических операций по контурной резке и сварке изделий из металла, а также для гравировки и прошивки отверстий. Особенность установки — наличие двух рабочих мест: одно

оборудовано автоматизированным, а второе — ручным координатным столом;

— автоматизированный координатный стол и приводы вращения.

Вятское машиностроительное предприятие "Лазерная техника и технологии" — лазерные промышленные технологии (сварка, наплавка, пайка, термическая обработка, лазерно-плазменная химико-термическая обработка, лазерная плазменная обработка, импульсная лазерная сварка разнородных металлов).

На рис. 19 приведен узел калибратора — прибора для точных измерений параметров электрических мер, сваренный импульсной лазерной сваркой. В стадии НИОКР находятся две новые технологические разработки: лазерно-плазменные технологии формирования поверхностных нанокристаллических структур при атмосферных условиях и лазерно-плазменное нанесение алмазоподобных покрытий при атмосферных условиях.

ООО "МЭЛФИЗ-УЛЬТРАЗВУК" (Москва) — сварка и резка полимеров (пластмасс) и синтетических нетканых материалов; очистка, обезжиривание диспергирование (измельчение), пропитка, эмульгирование; размерная обработка твердых, хрупких материалов (камень, керамика, стекло); уп-

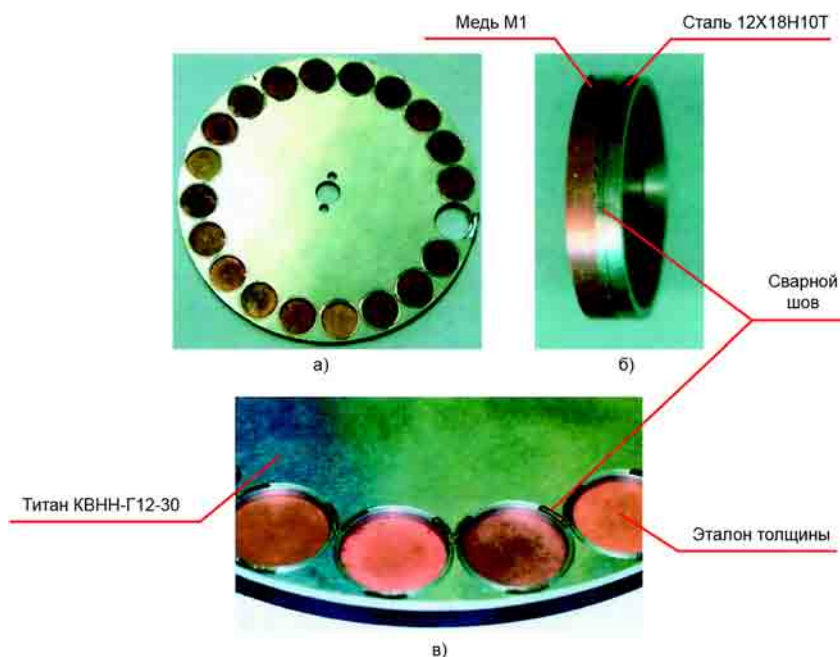


Рис. 19. Узел калибратора-дискдержателя эталонных образцов, сваренный импульсной лазерной сваркой: а — держатель эталонных образцов — титановый диск; б — эталонный образец толщин меди; в — титановый диск

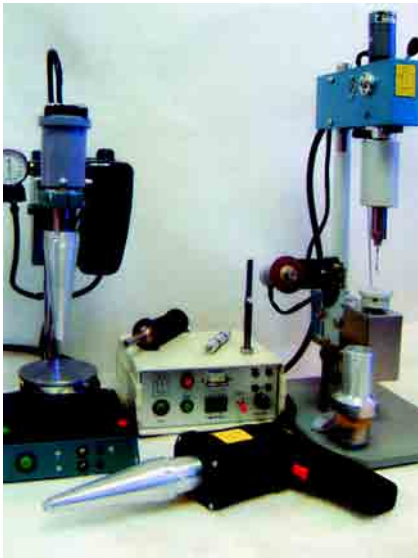


Рис. 20. Ультразвуковое оборудование для проведения различных технологических операций с использованием ультразвука

рочнение поверхностного слоя металлов, ультразвуковая сварка металлов.

Специальное и универсальное оборудование серийного выпуска (рис. 20) выполнено на пьезоэлектрических кольцах. Рабочая частота 22 кГц. Позволяет производить размерную обработку с точностью до 0,001 мм.

ООО "НПП "ЭЛТЕРМ" (Екатеринбург) — установки для индукционного нагрева различного технологического назначения: УИТ-50-2,4 и УИТ-100-2,4 (максимальная мощность 50 и 100 кВт, масса 480 и 1000 кг, температура нагрева 840 °С (максимальная) для термической обработки труб диаметром 1000—1420 мм, для на-

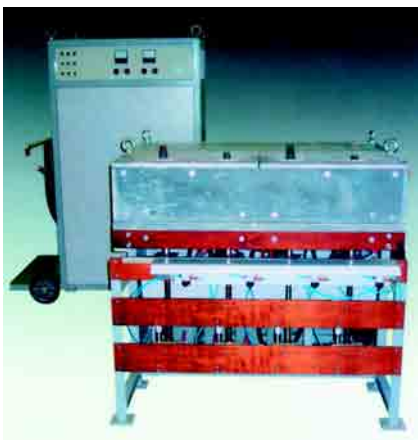


Рис. 21. Установка индукционная нагревательная для пайки изделий из твердых сплавов "ЭЛТЕРМ УИП-100-2,4"

грева сварных швов трубопроводов "ЭЛТЕРМ УИПТ-200-2,4", для нагрева заготовок под горячую штамповку УИН-50-2,4, для пайки изделий из твердых сплавов "ЭЛТЕРМ УИП-100-2,4" (рис. 21).

ЗАО "Производственное объединение "ДЖЕТ" (Ижевск):

— резаки газокислородные (ацетиленовые, пропановые) инжекторного типа Р1А (Р1П) для ручной кислородной резки углеродистых и низколегированных сталей (толщина реза от 3 до 150 мм, масса 0,6 кг, габаритные размеры 460×150×70 мм) для различных областей применения.

Всего разработано более 10 моделей резаков кислородной резки (для толщин разрезаемой стали от 3 до 450 мм);

— горелки газокислородные (ацетиленовые, пропановые) инжекторного типа Г2, ГЗУ для ручной сварки, пайки, подогрева и других видов обработки металлов с применением ацетилена или его заменителей (толщина свариваемой стали от 0,1—0,3 до 17,0—30,0 мм);

— редукторы баллонные одноступенчатые кислородные, пропановые, ацетиленовые, водородные, углекислотные для регулирования (снижения) давления газа в системах высокого давления (БКО, БПО, БАО, БВО, УР и др.);

— горелка газовоздушная "КОЛЬЦО" для прогрева стыков при сварке трубопроводов диаметром от 219 до 1420 мм. Температура пламени горелки 1100 °С;

— комплекты переносные "ОСА" (ацетиленовый) и ПС-5.1 (пропановый) для резки и сварки низколегированных сталей при проведении строительно-монтажных работ, в т. ч. спасательных работ в автономных условиях.

ООО "Компания "КОРД" (п. Львовский Подольского р-на Московской обл.):

— инверторный сварочный аппарат "КОРД-315" для ручной дуговой сварки плавящимся покрытым электродом на постоянном и переменном токе диаметром от 1,6 до 4,0 мм, сварки порошковой проволокой диаметром от 0,8 до 1,2 мм, а также неплавящимся вольфрамовым электродом в аргоне.

Основные преимущества: повышенная надежность, ремонтпригоден в условиях автомастерских;

— новая серия электрододержателей "КОРД" (кость руки защищена от искр и брызг расплавленного металла, ультрафиолетового и других излучений, имеется регулировка усилия прижима и поворота электрода, подвод тока к электроду осуществляется по четырем линиям);

— горелки взрывобезопасные универсальные серии "КОРД" типа ГЗ с сопловым смешиванием газов для ручной газокислородной сварки, пайки и нагрева металлов толщиной от 0,2 до 17,0 мм с использованием пламени, образуемого сжиганием смеси горючего газа (пропан-бутана или природного газа) с кислородом или воздухом. Горелка удобна и безопасна в работе.

ООО "ПРОМТЕХКОМПЛЕКТ" (С.-Петербург) — резаки кислородные инжекторные ручные, горелки сварочные, горелки сварочные пропановоздушные, редукторы газовые баллонные, регуляторы расхода газа, комплектующие (ниппели, переходники, мундштуки (внутренние и наружные), наконечники к горелкам, манометры, рукава резиновые для сварочных работ, вентили баллонные, подогреватель углекислого газа, средства защиты).

Компания "РСАР" (Москва):

— новая серия трехтрубных резаков РСТ для тяжелых режимов эксплуатации. Новые резаки имеют ряд преимуществ по сравнению с аналогами как в секторе средних режимов эксплуатации (инжекторные), так и в секторе тяжелых режимов (с внутренним сопловым смешением газов).

В 1,5 раза легче аналогов для тяжелых режимов эксплуатации, повышенная безопасность против "обратного удара", ремонтпригодность, экономичность (цена резаков в 1,5—2 раза ниже, чем у аналогов) (рис. 22);

— новое поколение горелок серии ГСТ (горелки выпускаются в собранном виде — ствол и наконечник составляют единое целое, замене подвергается только мундштук). Горелка серии ГСТ (горелка сварочная двухтрубная) благодаря повышенной безопасности вошла в класс рихтовочных горелок, позволяющих производить правку сварных конструкций нагревом с наибольшей безопасностью.

Компания "ЛИНДЕ ГАЗ РУС" (Балашиха Московской обл.):



Рис. 22. Трехтрубные резаки РСТ для тяжелых режимов эксплуатации



— газовые смеси на основе аргона и углекислоты (CORGON) — новый тип защитного газа для дуговой сварки плавящимся электродом.

Применение сертифицированных смесей CORCO резко снижает количество брызг металла при сварке и обеспечивает более гладкий и чистый профиль сварного шва;

— ацетилен в стандартных баллонах (масса баллона, содержащего 5 кг ацетилена, достигает 100 кг) и облегченных (количество ацетилена 6,0–7,7 кг, масса баллона 60–74 кг).

ОАО "Завод УРАЛТЕХГАЗ" (Екатеринбург):

— ацетиленовые баллоны с литой пористой массой (ЛПМ). Преимущества: повышенная газобирательность (вбирает 7,4 кг растворенного ацетилена, тогда как обычный баллон с активированным углем только 5 кг), повышенная взрывобезопасность (ЛПМ гасит "обратный удар" газового пламени). Аналогов в России нет;

— поставка технических газов (кислорода, азота, аргона, ацетилена, углекислоты, гелия, газовых смесей) в стальных баллонах.

Вся продукция имеет сертификат качества.

Группа компаний "ЛЕОТЕК" (Москва) — продукция для гидравлических систем дорожно-строительной, коммунальной техники, а также для оборудования металлургической, целлюлозно-бумажной и гор-

но-добывающей промышленности: рукава высокого давления (метраж), в том числе с фитингами (соединительные детали), соединительная арматура (переходники, тройники, заглушки, штуцеры и др.), обжимное оборудование (обжимные прессы, зачистное и отрезное оборудование), ремни (клиновые, многоручьевые, двойные (шестиугольные, плоские).

ЗАО "Балтийский сталепрокатный завод" (С.-Петербург):

— сварочная проволока Св-08Г2С омедненная и неомедненная для механизированной сварки в защитных газах диаметром 1,0–2,0 мм;

— алюминиевая проволока для сварки и наплавки металлическим плавящимся электродом в инертном газе (МИГ) диаметром от 0,8 до 3,2 мм (пять марок).

Проволока поставляется в бухтах и катушках различных видов (стандартные и евростандарт). Возможна поставка проволоки больших диаметров.

Продукция сертифицирована Институтом сварки России, аттестована НАКС, одобрена Российским Морским Регистром судоходства и Госгортехнадзором.

ЗАО "Металлургия специальных сплавов" (Москва):

— производство и поставка ферросплавов;

— вольфрамовые электроды (пять марок) диаметром от 1,6 до 4,0 мм для сварки постоянным или переменным

током, прутки для сварки неплавящимся (вольфрамовым) электродом в аргоне (ТИГ) (всего 6 марок);

— коррозионно-стойкая сварочная проволока различного химического состава и назначения диаметром от 0,8 до 5,0 мм (всего около 50 марок);

— сварочные электроды МР-3, МР-3С, МР-3Т, МР-3М, УОНИ-13/55, АНО-4, ОК-46 и др.). Всего более 100 марок электродов различного назначения от ведущих заводов-изготовителей.

ООО "ПОБЕДИТ" (Владикавказ):

— порошки вольфрамовые и молибденовые для различных целей, карбиды вольфрамовые порошкообразные (более 10 модификаций);

— твердые сплавы (вольфрам-кобальтовые, титано-вольфрамовые, титано-тантало-вольфрамовые различных модификаций и различного назначения (более 30 марок);

— вольфрамовый и молибденовый прокат (прутки, проволока);

— вольфрамовые электроды, в т. ч. для сварки в инертных газах (рис. 23).

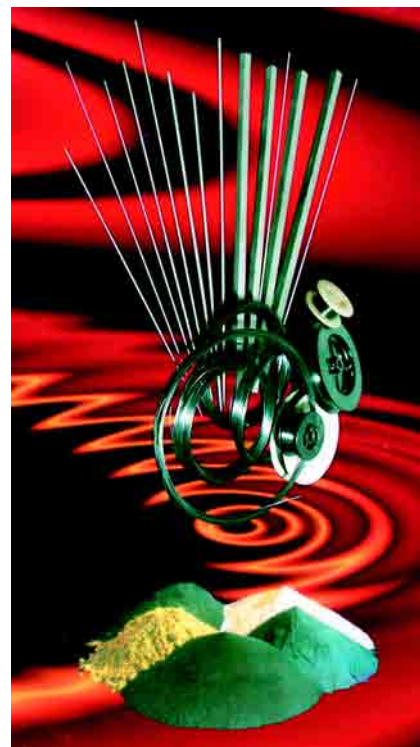


Рис. 23. Изделия из тугоплавких металлов и твердых сплавов

ООО "НТП "СовИнТехника" (Чебоксары) — высококачественный сварочный инструмент (токопроводящие наконечники, электроды для контакт-

ной сварки, сопла, втулки), а также слесарный инструмент. Фирма является официальным представителем компании "Woltersdorf GmbH" (Германия) в России (поставка сварочного и режущего оборудования).

Впервые на выставке широко были представлены заводы и предприятия-изготовители электродов (свыше 20): **ЗАО "ЭЛЕКТРОД"** (Железнодорожск Курской обл.), **ООО "ТИГАРБО"** (Москва—Каменск-Шахтинский Ростовской обл.), **ЗАО "ЭЛЕКТРОДНЫЙ ЗАВОД"** (С.-Петербург), **ЗАО "ЗАВОД СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ"** (г. Берёзовский Свердловской обл.), **Компания "АСТРОН"** (Екатеринбург), **ООО "Фирма "Земля сварщиков"** (Москва) и др.

ООО "КОНТУР" (Москва):

— магнитные угольники (магнитный уровень, стандартный магнитный угольник, магнитные угольники с кнопкой управления) для перемещения, удержания и фиксации плоских и круглых деталей, змеевидные магниты MF 218M и MF C18M (включают гибкий кабель длиной 450 мм, два магнита для простого удержания плоских и небольших круглых деталей) (рис. 24, а);

— двухосевое сварочное приспособление WAC35-SW для удержания детали в вертикальной или горизонтальной плоскости и трехосевое сварочное приспособление для удержания объемных деталей при сварке и препятствия искривлению детали при охлаждении (рис. 24, б).

Компания осуществляет поставки сварочного оборудования японской фирмы DAI HEN Corporation.

Промышленная группа "ИНВЕНТ" (С.-Петербург—Москва):

— подъемно-поворотные устройства для удаления загрязненного воздуха, вредных веществ и пыли от стационарных и нестационарных рабочих мест практически для производств любого вида (подвесные, настольные и консольные вытяжные устройства);

— фильтровентиляционные агрегаты (12 моделей) для очистки воздуха и удаления пыли и газообразных вредных веществ при различных технологических операциях. Агрегаты могут работать как индивидуально (передвижные), так и в составе централизованной вентиляционной системы (стационарные);

— высоковакуумные фильтровентиляционные агрегаты для удаления загрязненного воздуха от источника загрязнения и чистки механическим фильтром перед выбросом в окружающее пространство. Выпускаются для обслуживания одного, четырех и шести рабочих мест сварщика;

— устройства фильтровентиляционные различного типа и назначения;

— системы удаления выхлопных газов автомобилей.

ЗАО "СОВПЛИМ" (С.-Петербург):

— местные вытяжные устройства, стационарные и передвижные фильтры для очистки воздуха от



а)



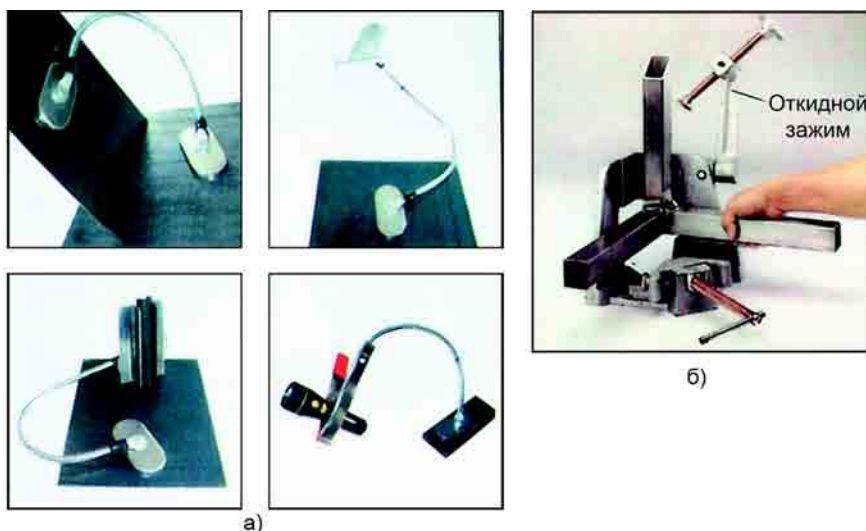
б)

Рис. 25. Защитные ограждения рабочих зон: а — защита от брызг, искр, пылевых и воздушных потоков при проведении различных работ; б — специальные защитные ограждения

вредных веществ, пылеулавливающие агрегаты и циклоны для очистки крупнодисперсной пыли, вытяжные устройства и системы для удаления выхлопных газов из гаражей, боксов и станций технического обслуживания, энергосберегающая автоматика; — защитные ограждения рабочих зон (защита от сварочного излучения, брызг и искр, пылевых и воздушных потоков при проведении различных работ, в т. ч. сварочных (рис. 25, а), защита от шума, специальные проекты защитных ограждений (рис. 25, б).

НПП "ЭКОЮРУС-ВЕНТО"

(С.-Петербург) — механические фильтры и агрегаты для удаления сварочного аэрозоля и мелкодисперсной пыли, фильтр для пайки на бумажной основе, низкоскоростные и безвихревые воздухораспределители для создания зон "чистого воздуха" на рабочих местах, в лабораториях, а также в местах проведения технологических операций, устройства для удаления выхлопных газов автомобилей, работающих в помещениях ("Краб", КДУ), вентиляторы серии ЭВ.



а)

б)

Рис. 24. Инструментальные приспособления: а — змеевидные магниты (MF 218M и MF C18M) для удержания плоских и круглых деталей; б — трехосевое сварочное приспособление для удержания объемных деталей при сварке (модель WAC35-SW)



Рис. 26. Рабочее место сварщика на два поста с использованием установки серии ФВУ производительностью 2400 м³/ч

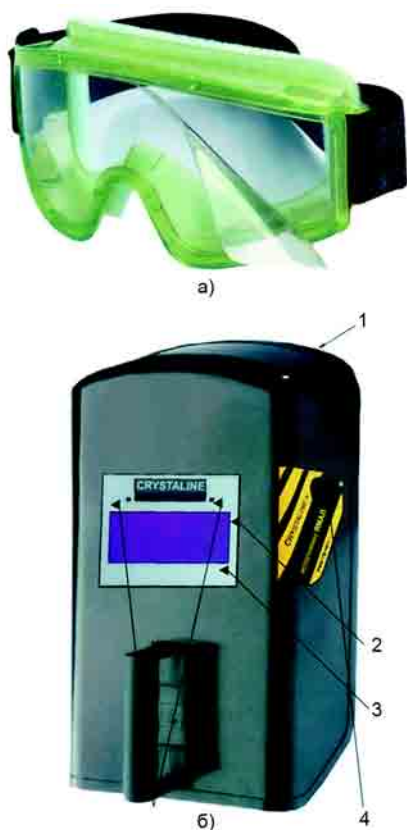


Рис. 27. Индивидуальные средства защиты: а — защитные герметичные очки для работы с агрессивными средами со сменной защитной пленкой (модель ЗНГ1 "Люкс супер панорама") (масса не более 110 г); б — ручной щиток сварщика, выполненный из термостойкой пластмассы, устойчивый к прогоранию, высоким и низким температурам, с автоматической системой фильтрации (АСФ) (модель НН12 "CRYSTALINE Контакт"): 1 — корпус щитка; 2 — АСФ; 3 — оптический класс; 4 — внешний ручной регулятор затемнения; 5 — датчик

Предприятие неоднократно награждалось премиями ("Российский национальный Олимп" (2003 г.)), призами ("Приз экспертов в номинации "Профессионализм персонала" (2005 г.)) и другими наградами.

ЗАО "КОНСАР" (г. Саров Нижегородской обл.) — установки СТ-ФРИ с импульсной системой регенерации фильтров, ICEF — пылеулавливающие "мокрого типа" для удаления и очистки воздуха от пыли, маслосодержащих эмульсий и газов, ФВУ с электростатическим фильтром для удаления и очистки сварочного аэрозоля, газов и мелкодисперсных пылей (рис. 26), А — с рукавными или картриджными фильтрами и регенерацией фильтров встряхиванием для удаления и очистки воздуха от абразивной, металлической пыли при шлифовальных, заточных и других работах; поворотные устройства различных серий для удаления сварочного дыма, газа, различных испарений, в том числе нефтяных; энергосберегающие вентиляторы MIXER и MINI MIXER для возврата теплового воздуха из верхней части рабочих помещений в нижние. Всего свыше 15 систем очистки воздуха на промышленных предприятиях различного назначения.

ОАО "СУКСУНСКИЙ ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ЗАВОД" (пгт. Суксун, Пермский край):

— очки защитные (открытые, с прямой и непрямой вентиляцией, герметичные для работы с агрессивными средами), более 70 моделей;

— щетки для электросварщиков (9 серий), щитки лицевые (16 серий), каски защитные (4 серии);

— комплекты средств защиты головы, глаз, органов слуха и дыхания (более 20 наименований).

Всего более 50 наименований новой техники (рис. 27).

Ассоциация предприятий текстильной и легкой промышленности "ВОСТОК-СЕРВИС" (Москва) — спецодежда (пять серий: "Специалист", "Зима", "Сигнал", "Химик", "Электра"), спецобувь (демисезонная, утепленная, ботинки, в т. ч. "ФОРВЕЛД"), средства индивидуальной защиты. На рис. 28 приведен новый сварочный костюм "Зевс" для использования при всех видах сварочных работ, в том числе при работе в горячих цехах.



Рис. 28. Сварочный костюм "Зевс" для всех видов сварочных работ, в т. ч. в горячих цехах

ООО "Акустические контрольные системы" (Москва) — приборы для неразрушающего контроля металлов, пластмасс и бетона: ультразвуковые приборы для контроля металлов (ультразвуковой толщиномер, ультразвуковые дефектоскопы универсальные серии "Мастер", "Эксперт"), электромагнитно-акустические приборы (толщиномер, дефектоскоп для ручного контроля различных объектов из металла серии "Вебер"), ультразвуковые приборы для контроля бетонов (тестер, дефектоскоп, томограф) и др. (рис. 29).

В работе выставки принимали участие фирмы, занимающиеся вопросами инженерного, научного обеспечения и подготовки кадров в област-



Рис. 29. Ультразвуковой дефектоскоп универсальный серии "Мастер" для неразрушающего контроля металлов

ти сварочного производства: ООО "Учебно-производственный центр "МИР СВАРКИ" (С.-Петербург), ОАО "Инженерно-технологический центр "Прометей" (г. Чехов Московской обл.), МАТИ — РГТУ им. К. Э. Циолковского, МЭИ-ТУ и др.

Впервые был представлен ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ "equipnet.ru" (Челябинск-Москва), занимающий ведущее место в рейтингах российского Интернета — 30 000 единиц оборудования размещено, 17 000 предприятий зарегистрировано, 70 новых поступлений ежедневно, 60 000 уникальных посетителей ежемесячно, размещение новостей, статей, исследования рынка, обзоры рынка, поиск оборудования по 3000 сайтам производителей.

ИЭС им. Е. О. Патона (Киев):

— комплексные исследования процессов сварки и пайки, разработка современного сварочного оборудования и новых материалов, исследования прочности и несущей способности сварных соединений и конструкций, научные разработки, инновационные проекты и др.;

— базы данных в области металлургии, технологии сварки и родственных технологий.

ЗАО "Артемовский машиностроительный завод "ВИСТЕК" (Украина) — высококачественные сварочные электроды различных марок (АНО-4, АНО-6, АНО-21, МР-3, УОНИ-13/45, УОНИ-13/55).

Среднемесячный объем выпуска электродов составляет около 1000 т.

ОАО "ЗОНТ" (Одесса) — машины для термической резки (газокислородные и плазменного типа, портальные с технологической оснасткой и системой ЧПУ).

Завод автогенного оборудования "ДОНМЕТ" (Краматорск) — газокислородное оборудование для резки, сварки и пайки металлов (горелка для МАФ-газа "ДОНМЕТ"-247-02МАФ, 6/9, керосинорезы — резак Бобуха "ВОГНИК-181", ацетиленовые редукторы БАО-5ДМ для баллонов типа АГ А).

ОАО "Каховский завод электросварочного оборудования" — "КЗЭСО" — сварочное оборудование для путевой техники, стационарные и подвесные машины для контактной стыковой сварки рельсов, машины и комплексы для контактной стыковой сварки труб. На рис. 30 приведена мо-

дернизированная путевая рельсосварочная машина ПРСМ-3 для контактной стыковой сварки рельсов непосредственно на пути при строительстве и ремонте железных дорог.

Государственное научно-производственное предприятие "ОБЪЕДИНЕНИЕ "КОММУНАР" (Харьков) — универсальные дуговые частотные сварочные выпрямители инверторного типа серии ВДУЧ для сварки металлов на постоянном токе в режимах МАГ, ММА, ТИГ (более 10 моделей), для сварки алюминия и алюминиевых сплавов (ВДУЧ-315М2, ВДУЧ-250 АС/С), для импульсно-дуговой сварки (ВДУЧ-500 ИДС). Оборудование сертифицировано.

НПП "ТЕХМАШ" (Одесса) — портальные машины с ЧПУ для кислородной и плазменной резки листового проката серий ИНТЕРТЕХ, ШАТТЛ, КРОСТЕХ; модернизация машин термической резки всех типов.

Научно-производственная фирма "ТЕХВАГОНМАШ" (Кременчуг):

— универсальные сварочные стенды, в том числе с лазерными следящими системами, сварочные стенды для рамных металлоконструкций, сборочно-сварочные стенды для листовых полотнищ со встроенным кантователем (рис. 31);

— комплексные механизированные сборочно-сварочные линии с системой управления, кантователи для сварки рамных металлоконструкций с системой слежения за синхронностью подъема изделия;

— дробемётная камера для очистки труб, листового и профильного проката, крупного литья и свар-



Рис. 30. Модернизированная путевая рельсосварочная машина ПРСМ-3 для контактной стыковой сварки рельсов непосредственно на пути при строительстве и ремонте железных дорог



Рис. 31. Стенд автоматической сварки листовых полотнищ со встроенным кантователем

ных металлоконструкций, линия дробемётной очистки и консервации листового и профильного проката, окрасочно-сушильные камеры.

На выставке были представлены в полном объеме как фирмы-производители сварочного оборудования и расходных материалов, так и фирмы — официальные представители в России и СНГ известных отечественных и зарубежных фирм-производителей (примерно 90 из 210 участников).

Отметим те фирмы, которые только осваивают российский рынок сварочной продукции.

Компания WOLTERS DORF GMBH (Германия) — производство сварочных аппаратов для МИГ/МАГ-сварки, в том числе для импульсной МИГ-сварки, сварочных источников тока инверторного типа для сварки покрытыми электродами, аппаратов для плазменной резки. Официальный представитель компании в России — ООО НТП "СовИнТехника" (Чебоксары).

Компания SOLTER SOLDADURA S.L. (Испания) — оборудование "Inventer Cott", "Inventer iCON" для ТИГ/ММА-сварки, новаторского дизайна, с возможностью автоматической регулировки режимов сварки.

Инверторные аппараты "Cott" и "iCON" имеют соответственно минимальную массу (3,5 и 4,5 кг) и небольшие размеры (120×230×255 и 320×135×285 мм), могут подключаться к любому источнику сетевого напряжения, в том числе к автономным генераторам.

Компания KÜNTREIBER (Чешская Республика) — сварочные выпрямители инверторного типа серий "KIT" (более 25 типов) для МИГ/МАГ-сварки и "KITin" (более 12 типов) для ММА/ТИГ-сварки, в частности цифровой сварочный инвертор с контактным поджигом дуги (KITin-170 LA/LAV); защитные маски сварщика с автоматическим затемнением, сварочные горелки "TBI", "BINZEL" и "TRAFIMET", а также запасные части к сварочным горелкам и аппаратам. Официальным представителем компании в РФ является ЗАО ТД "ИНТЕРСВАРКА" (С.-Петербург).

Фирма ORBIMATIC GMBH (Германия) — оборудование для орбитальной сварки методом ВИГ (микро-сварочная головка ORBIWELD-12 для труб диаметром 3,0—12,7 мм, закрытая сварочная головка ORBIWELD

для труб диаметром 3—170 мм, сварочные щипцы ORBIWELD TP для труб диаметром 20—275 мм).

Все сварочные аппараты ORBIMATIC могут комбинироваться с каждой сварочной головкой и каждым сварочными щипцами из программы ORBIMATIC. Официальный представитель фирмы — ООО "ТЕХНО ПАЙП" (Москва).

Компания сварочного оборудования Mitech LTD (Китай):

— инверторные выпрямители для ручной дуговой сварки (ММА) постоянным током; инверторные установки аргонодуговой сварки (ТИГ) постоянным током; инверторные установки для сварки (ТИГ) пульсирующей дугой; инверторные установки для сварки (ТИГ); инверторная установка для воздушно-плазменной резки; универсальные инверторные установки, инверторные полуавтоматы для сварки в защитных газах (МИГ/МАГ). Всего более 10 серий оборудования и более 100 моделей установок. Официальным представителем компании в РФ является ООО "ПЛАЗМА" (Ростов-на-Дону).

Фирма PIERCE CONTROL AUTOMATION (Чешская Республика) — порталные машины газоплазменного раскроя металла ("Scorpion" — для толщин 1,0—200 мм, "Rur" — высокоточная машина, "Maxi" — с шестью кислородными резаками с шириной раскроя от 4 м, "SpeedFire" — высокоточная скоростная установка — аналог лазерной резки).

Все машины оборудованы ЧПУ "Burny 10 plus" производства США, с сенсорными ЖК-дисплеями, программным обеспечением "CAD/CAM". Официальный представитель фирмы в РФ — ООО "Техно Пирс Ориент" (г. Лосино-Петровский Московской обл.).

Компания WITT-GASETECHNIK GMBH GO&KG (Германия) — газосмесители для сварочной техники (BM-2M), газоанализаторы одного или двух газов, регуляторы газов, предохранительные устройства от протекания газов и воспламенения и др.). Официальный представитель фирмы — ООО "ИНТЕРТЕХПРИБОР" (Москва).

Компания TRAFILERIE BRAMBILLA S.P.A (Италия) — сварочная проволока из коррозионно-стойкой стали для дуговой сварки, сварки

вольфрамовым электродом и сварки под флюсом.

Сварочная материальная компания промышленности NAMTRIEU (Вьетнам), включающая завод электродов "НАМ ЧИЕУ" — сварочные электроды для ручной дуговой сварки, сварочная проволока для сварки в углекислом газе, сварки проникающей дугой, омедненная сварочная проволока с флюсовым сердечником, порошковая омедненная сварочная проволока.

Следует отметить фирмы-разработчики робототехнических систем.

AIR LIQUIDE WELDING (Франция) — различные решения по автоматизации процессов сварки с использованием машин автоматического и роботизированного применения (DIGI@WAVE и DIGI@PLUS). **DAIHEN Corporation** (Япония) — гибкие малогабаритные роботы Almega серии AX, в том числе самый "удобный" универсальный робот для дуговой сварки Almega-AX-V4(L)AP.

KUKA ROBOTER GMBH (Германия) — промышленные роботы для автомобильной промышленности и общего машиностроения, в том числе в сфере автоматизации процессов сварки и резки. Компания представила новую серию устройств линейного перемещения с шестью осевыми роботами KUKA Jet.

Компания Motoman Robotics Europe AB (Швеция) (дочерняя компания корпорации YASKAWA Electric (Япония) — роботизированное оборудование (свыше 25 000 роботов в год) для дуговой, плазменной и контактной сварки, газовой резки, плазменного и лазерного раскроя материала, зачистки кромок, фрезерования, сверления, шлифования и других операций (рис. 32).

Компания FANUC LTD (Япония) — 18 моделей промышленных роботов для выполнения 11 технологических операций, в том числе для высокопроизводительной дуговой сварки, полировки, обслуживания станков и др. (более 150 000 роботов). Официальным представителем японской компании является "Сварочный центр" (Тюмень).

ООО "ФОРВАРД ИНЖИНИРИНГ КО." (Москва) — работает на рынке продаж сварочного оборудования и промышленных роботов, в частности, промышленных сварочных роботов серии TAWERS фирмы Panasonic (Япония).

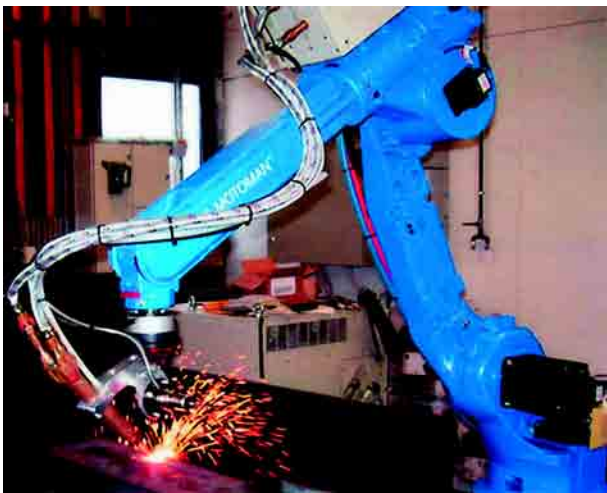


Рис. 32. Промышленный робот для газовой сварки

В рамках выставки состоялась обширная программа мероприятий, включающая практическую конференцию по актуальным вопросам сварки и родственных технологий, организованную ММАГС в формате деловых встреч руководителей промышленных предприятий России с представителями предприятий-участников выставки. Состоялась отчетно-выборная конференция РНТСО, на которой присутствовали представители почти всех регионов России. Президентом РНТСО избран д-р техн. наук О. И. Стеклов (РГУ нефти и газа). Прошло заседание круглого стола, организованного НАКС, на котором обсуждались проблемы сертификации и аттестации сварочной техники, сварочных материалов и сварочного персонала, а также проблемы разработки отечественных стандартов по сварке. С докладами и сообщениями выступили многие участники выставки.

Ежегодный профессиональный конкурс "Лучший сварщик 2007" проводился в трех номинациях: "Лучший сварщик ручной дуговой сварки (ММА)", "Лучший сварщик ручной дуговой сварки неплавящимся электродом в защитных газах (TIG)" и "Лучший сварщик механизированной дуговой сварки плавящейся проволокой в защитных газах (MIG/MAG)".

В конкурсе участвовали сварщики следующих предприятий: ООО "РН-ЮГАНСКНЕФТЕГАЗ" (Нефтеюганск), ФГУП "ВПО "ТОЧМАШ" (г. Владимир), ООО "МОНРЕМ" (Волгодонск Ростовской обл.), ОАО "Первоуральский новотрубный завод" (Первоуральск Свердловской обл.), ООО "АТОМСПЕЦСЕРВИС" (Ростов-на-Дону), ОАО "НК НПЗ" (Новокуйбышевск Самарской обл.), ОАО "АТОММАШЭКСПОРТ" (Волгодонск Ростовской обл.), ЗАО "МОСФЛОУЛАЙН" (Москва), ОАО "МОСТЕПЛОСЕТЬЭНЕРГОРЕМОНТ" (Москва), ИЭС им. Е. О. Патона, МЭИ-ТУ и др.

В номинации ММА первое место занял В. В. Утешов (ООО "РН-ЮГАНСКНЕФТЕГАЗ"), второе — Н. Д. Муратов (ЗАО "МОСФЛОУЛАЙН").

В номинации TIG места были распределены соответственно следующим образом: Д. В. Кушнирук (ИЭС им. Е. О. Патона), Г. И. Груздова (ОАО "Новокуйбышевский НПЗ"), в номинации MIG/MAG — С. П. Емельянов (ЗАО "МОСФЛОУЛАЙН") и В. А. Тудвасев (ОАО "АТОММАШЭКСПОРТ").

В номинации "Мисс Сварка России 2007" победила Т. В. Предеина, студентка ЮТИ ТПУ (Юрга).

Победители конкурса (рис. 33) получили дипломы и главные призы — инверторные сварочные аппараты, предоставленные спонсорами ООО "ЭСАБ" (Россия—Швеция), НПФ "ИТС" (С.-Петербург), ООО "СВАГА-РУ" (Москва). Участники конкурса, занявшие вторые и третьи места, получили дипломы и ценные призы, предоставленные НАКС.

Все участники получили дипломы об участии в конкурсе и подарки от фирм BOSCH (Германия), ЭЛКОР-АБРАЗИВ-ОСБОРН (Россия—Германия).

В конкурсе "Лучший инженер-сварщик 2007" в номинации "Лучший ученый-сварщик" победителем признан д-р техн. наук из МГТУ им. Н. Э. Баумана А. В. Коновалов за разработку "Система компьютерного анализа свариваемости легированных сталей".

В номинации "Лучший разработчик-сварщик" победителем стал представитель МАТИ им. К. Э. Циолковского А. В. Бажанов за разработку малогабаритной светолучевой установки "Луч-3М".

Победители конкурса награждены дипломами выставки и ценными подарками от Зеленоградского электродного завода, фирмы BOSCH, годовыми подписками журналов "Сварочное производство" и "Сварка и диагностика".

На участие в конкурсе "Мисс Сварка России 2007" подали заявки 15 девушек из 11 городов России и Белоруссии.

Жюри в составе д-ра техн. наук О. И. Стеклова, президента РНТСО, председателя жюри; д-ра техн. наук В. А. Казакова, директора издательства "Технология машиностроения", главного редактора журнала "Сварочное производство"; К. Скога — руководителя Департамента автоматизации сварки по России и странам СНГ компании ESAB; О. Синеговской — победительницы конкурса "Мисс Сварка России 2002", канд. техн. наук В. Н. Бутова, чл.-кор. РИА, президента ММАГС, канд. техн. наук Н. В. Смирнова, генерального директора Института сварки России определило победительниц (рис. 34).

На первом этапе конкурса победили: — инженер-технолог компании "МАСТЕРПЛАСТ" Евгения Березовская (Электросталь Московской обл.),



Рис. 33. Участники конкурсов "Лучший сварщик 2007" и "Лучший инженер-сварщик 2007"

— ассистент по маркетингу и продажам Московского представительства компании "Белле Тиссен Швайстехник" (Германия) Ольга Жаркова (г. Железнодорожный Московской обл.),

— студентки Юргинского технологического института Татьяна Сергеева и Таисия Предеина (Юрга Кемеровской обл.),

— студентка МЭИ-ТУ Ольга Максимова (г. Белебей, Башкирия),

— работник компании "ОСТ" — представительства компании "МЕРКЛЕ" (Германия) — Наталья Соломехо (Белоруссия) (рис. 35).

Девушки демонстрировали профессиональную одежду Шатурского швейного комбината и компании "Восток", сварочные аппараты, материалы, сварочные маски "Хамелеон" и другое оборудование, соревновались в художественной плазменной резке, отвечали на вопросы викторины по истории сварки, читали стихи, пели, танцевали спортивно-бальные танцы в паре с лауреатом российских и международных конкурсов Дмитрием Суровцевым.

Звания "Мисс Сварка России 2007" была удостоена Наталья Соломехо из Белоруссии (рис. 36). Ей вручены главные призы: корона ручной работы, выполненная экс-



Рис. 36. Победительница конкурса "Мисс Сварка России 2007" Наталья Соломехо из Белоруссии

klusивно методомковки и сварки (художник Игорь Апетенюк (Витебск), спонсор — группа "ОСТ" (Белоруссия) и компания "МЕРКЛЕ" (Германия) и плазменный телевизор, предоставленный Зеленоградским электродным заводом.

Все остальные девушки удостоены звания "Вице-Мисс Сварка России 2007" и награждены памятными дипломами и подарками от фирм ESAB, BOSCH, "ДОНМЕТ" (Украина), "ЭЛКОР-АБРАЗИВ" (С.-Петербург), НАКС.

Конкурс сопровождался выступлениями народного танцевального коллектива "Юность" (руководитель Алла Волкович) из г. Электростали.

В 7-й Международной выставке "Россварка/WELDEX — 2007" приняли активное участие художники и скульпторы, представившие художественные композиции из металла, выполненные методом сварки иковки. Свои работы демонстрировали мастера из России, Армении и Украины: А. Волков, заслуженный художник России; К. Даниелян, скульптор, член Международной федерации художников; Ю. Шурупов, скульптор; Д. Шестопалов, скульптор, член Союза художников России; Д. Кушнирук, художник-сварщик; В. Иванов, скульптор; творческая мастерская "ПанАрт" под руководством скульптора А. Безручко. Многие работы этих художников находятся в музеях и частных коллекциях в России и за рубежом.

Следует также отметить музыкальное сопровождение выставки — ансамбль скрипачей на стенде Волгоградского электродного завода.

Выставка "Россварка/WELDEX — 2007" продемонстрировала основные направления развития сварочного производства, науки и техники. Посетители выставки смогли ознакомиться с новейшей сварочной продукцией на стендах более 200 отечественных и зарубежных фирм и организаций, разместившихся на обширных выставочных площадях. Выставка прошла с неизменным успехом и вызвала традиционный интерес как у профессионалов, так и у рядовых посетителей.

Следующая выставка "Россварка/WELDEX — 2008" будет проходить с 21 по 24 октября 2008 г. в Москве на новой выставочной площадке МВЦ "КРОКУС-ЭКСПО".



Рис. 34. Жюри конкурса "Мисс Сварка России 2007"



Рис. 35. Участницы конкурса

Ан. А. СУСЛОВ, канд. техн. наук

БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 621.791.(05)(-87):016

Содержание зарубежных журналов по сварке¹

BULETINUL INSTITUTULUI IN SUDURĂ ȘI ÎNCERCĂRI DE MATERIALE — BID ISIM (N 1, 2007, Румыния)

Dobeneck D., Loewer T. Последние инновации в электронно-лучевой сварке. Р. 3—10.

Adziev G. et al. Влияние прочности сварного шва и основного металла на разрушение образцов с трещинами в ЗТВ. Р. 11—20.

Bella Sz. et al. Методы ТИГ-сварки, лазером и контактная рельефная микросварка. Р. 25—34.

Murariu A. Современные методы оценки качества термoplastических трубопроводов. Р. 35—40.

JOURNAL OF THE JAPAN WELDING SOCIETY (Vol. 76, N 3, 2007, Япония)

Shiga Ch. Новая концепция производства стальных конструкций с применением инновационных сварочных технологий. Р. 3—5.

Mizuta T. Расходуемые материалы для сварки двухфазной коррозионно-стойкой стали. Р. 6—7.

Hirose A. Соединение с применением наночастиц серебра как альтернатива микропайке высокотемпературными припоями. Р. 8—12.

Nakamoto M. Создание электронных микросхем на пластмассовых подложках с помощью металлических нанопаст. Р. 13—17.

Ohara S. Биомолекулярное соединение наночастиц. Р. 18—21.

Morisada Yo., Fujii H. Формирование нанокompозитов на поверхности материала в процессе сварки трением с перемешиванием. Р. 22—26.

Kanehira Sh., Hirao K. Формирование объемных наноструктур при фемтосекундном лазерном облучении. Р. 27—31.

Takemoto T. Электрохимическая стойкость паяных соединений, выполненных бессвинцовыми припоями. Р. 32—37.

Kihira H. Индекс атмосферостойкости ванадиевых сплавов и прогнозирование коррозии в неокрашенных конструкциях стальных мостов. Р. 38—41.

SCHWEISSEN UND SCHNEIDEN (N 5, 2007, Германия)

Сопоставление успехов в области пайки сотрудничающих стран. С. 232—236.

Индивидуальные смеси газов оптимизируют лазерную сварку. С. 238—240.

Защитная одежда в качестве страхования сварщика. С. 240.

Выставки-ярмарки в Штутгарте "Экспо-лист" и "Schweisstec". С. M1—M22.

Mücklich S. u. a. Магний — смешанные соединения. Сравнительные исследования пайки, склеивания механического соединения. С. 243—248.

Bobzin K. u. a. Высокотемпературная пайка — способ ремонта для повышения долговечности монокристаллических компонентов турбин. С. 249—252.

Wilden J. u. a. Технологические аспекты промышленной диффузионной сварки деталей со сложным внутренним контуром. С. 253—259.

Tillmann W. u. a. Свойства паяных соединений (на основе никеля) алмаза со сталью для обрабатывающего алмазы инструмента. С. 260—269.

Dilthey U. Гидродинамический анализ процесса при гибридной сварке (лазер + сварка плавящимся электродом в смеси защитных газов). Ч. 1. Геометрия шва. С. 270—278.

Защита человека в электрических, магнитных и электромагнитных полях — правила, стандарты и директивы. С. 279.

TRANSACTION OF JWRI (Vol. 35, N 2, 2006, Япония)

Nobuyuki A. et al. Модификация поверхности алюминиевых покрытий, напыленных с помощью процесса переплава диодным лазером. Р. 1—4.

Kobayashi A. et al. Основные характеристики плазменного источника типа микроволнового разряда, работающего при атмосферном давлении. Р. 5—9.

Morks M. F., Kobayashi A. Получение и определение характеристик покрытий из HA/SiO_2 , выполненных напылением газоразрядной плазмой туннельного типа. Р. 11—16.

Kobayashi A. et al. Влияние отжига на композиционное покрытие из диоксида циркония / оксида алюминия, полученное напылением газоразрядной плазмой туннельного типа. Р. 17—21.

Kobayashi A. Свойства стеклянных покрытий на основе железа, напыленных газоразрядной плазмой туннельного типа. Р. 23—28.

Kobayashi A. et al. Прочность сцепления пленки DLC с покрытием из диоксида циркония, полученным напылением газоразрядной плазмой туннельного типа. Р. 29—34.

Fahim F. N., Kobayashi A. Микроструктура, механические и термические свойства композиционного покрытия с металлической основой W/SiC , полученного плазменным напылением. Р. 35—41.

Radwan M., Miyamoto Yo. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез наноструктур AlN и их свойства при спекании. Р. 43—46.

Kondoh K., Watanabe R. Анализ характеристик горячего прессования частиц порошка железа с помощью уравнения Купера-Итона. Р. 47—51.

Nishikawa H. et al. Прочность соединения между бессвинцовым припоем на основе Sn—Ag и медной подкладкой и оценка влияния добавки меди в припой. Р. 53—56.

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).

Hirohata M., Kim You-Chul. Характеристики механических свойств при сжимающих нагрузках крестообразных колонн выступающих панелей, подверженных правке нагревом. Р. 57—62.

Kondo A. et al. Механохимический синтез $BaTiO_3$, TiO_2 , $BaCO_3$. Р. 63—65.

Shibayanagi T. et al. Местная рекристаллизационная обработка чистого алюминия с помощью точечного лазерного нагрева. Р. 67—68.

WELDING JOURNAL (Vol. 86, N 5, 2007, США)

Ozden H. Исследуемые волоконные лазеры для применения в судостроении и морских конструкциях. Р. 26—29.

Stahura R., Houska C. Новейшие достижения в области сварки коррозионно-стойких сталей. Р. 30—35.

Schlueter H. Лазерная сварка — преимущества, концепция и применение. Р. 37—39.

Messier Jr. R. W. Электронно-лучевая сварка в производстве сверхзвуковых самолетов F-14. Р. 41—47.

Nowotny S. et al. Прогрессивная лазерная технология, используемая для наплавки и плакировки. Р. 48—51.

Longfield N. et al. Повышение производительности лазерной сварки. Р. 52—55.

Campbell R. D. Как избежать дефектов в сварных швах на коррозионно-стойкой стали. Р. 56—63.

Chi C. et al. Оптимальная оценка толстолистовых деталей из AZ61A-F, полученных электронно-лучевой сваркой. Р. 113-s—118-s.

Aizawa T. et al. Применение магнитоимпульсной сварки для соединений из сплавов алюминия и толстолистовой стали. Р. 119-s—124-s.

Ramirez J. E. Оценка свариваемости сверхмартенситных коррозионно-стойких трубных сталей. Р. 125-s—134-s.

Kanjilal P. et al. Прогнозирование переноса элементов при дуговой сварке под флюсом. Р. 135-s—146-s.

УДК 621.791(088):16

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

Стенд для сварки балок включает опоры с наклонными опорными элементами, на которых смонтированы упоры для установки собранных на прихватках балок, устройство для сварки швов между стенкой и поясом балки, приспособления для въезда на балку и съезда с балки устройства для сварки швов, устройство для подъема, транспортировки и перекатовки свариваемых балок. Отличается тем, что содержит механизированное нагревательное устройство, осуществляющее нагрев балки с внешней стороны ее пояса, причем положение нагревателя может регулироваться по всей ширине пояса балки, а приспособления для въезда на балку и съезда с балки устройств для сварки швов обеспечивают также соответственно въезд и съезд механизированного нагревательного устройства. 55661 (U1). В. В. Пассек (RU), И. В. Гребенчук (RU) [24].

База трубосварочная включает накопитель труб с покатами, линию сборки и сварки корневого шва и линию поворотной автоматической сварки заполняющих слоев. Отличается тем, что накопитель труб выполнен механизированным и имеет отсекающие рычаги, линия сборки и сварки корневого шва выполнена с возможностью ввода внутреннего центратора с обеих сторон и дополнительно содержит линию поворотной сварки для подварки корневого шва. 55662 (U1). В. А. Иванов (RU). [24].

* 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 опубликованного 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 опубликованные; U1 — свидетельство РФ на полезную модель.

Устройство для сборки под сварку изделий коробчатой формы содержит корпус с размещенным в нем электроприводом и установленную на боковой стенке корпуса планшайбу. Отличается тем, что снабжено тягой, консольно установленной в корпусе с возможностью ее продольного перемещения посредством ручного винтового привода и связанными с тягой разжимными элементами в виде коаксиально установленных относительно тяги направляющей и опоры, двух оппозитно размещенных балок, каждая из которых посредством ролика, установленного на оси перпендикулярной балки контактирует с планшайбой и шарнирно связана с опорой посредством, по меньшей мере, двух пар рычагов, размещенных по длине балки, причем на обоих концах каждой балки установлено по паре подпружиненных распорных рычагов с возможностью фиксации днища и крышки собираемого изделия. 55663 (U1). Н. В. Пасечник (RU), Б. А. Сивак (RU), А. Ф. Новицкий (RU) и др. ООО "Фирма "СВАРМЕТ" (RU). [24].

Газовый резак для резки металла включает сопло, головку с каналами режущего кислорода, подогревающего кислорода и газа, корпус, в котором расположены трубки режущего кислорода, подогревающего кислорода и газа. Отличается тем, что трубопровод режущего кислорода выполнен из чередующихся трубок разного диаметра, причем трубки большего диаметра плавно соединены с трубками меньшего диаметра, кроме того, канал режущего кислорода сопла имеет средний участок меньшего диаметра, плавно соединенный с участками канала большего диаметра. 56248 (U1). И. М. Захаров (RU), М. И. Сафин (RU), Ю. Б. Снегирев (RU), А. В. Брусенцев (RU). ОАО "Магнитогорский металлургический комбинат" (RU). [25].

Установка дуговой сварки содержит источник сварочного тока, электрод, камеру, блок управления, вакуумный насос, источник инертного газа. Отличается тем, что корпус камеры выполнен разъемным с уплотнением для герметизации камеры, внутри одной части корпуса установлен электрод с возможностью подвода его к изделию и соединенный с корпусом, снаружи установлен электромагнит для управления перемещением электрода, камера снабжена приспособле-

нием для размещения внутри нее свариваемого изделия и изоляции его от корпуса. 56249 (U1). А. Б. Харлов (RU), В. И. Байкалов (RU). ФГУП "ГНЦ РФ — НИИ атомных реакторов" (RU). [25].

Хобот и электрод машины контактной точечной сварки. 1. *Хобот машины контактной точечной сварки* отличается тем, что состоит из трубы, выполненной из прочного немагнитного материала, внутри которой расположен проводник из металла или сплава с низким электрическим сопротивлением, а также трубок или шлангов охлаждения, при этом трубки и шланги охлаждения расположены внутри трубы хобота и не выступают за его пределы, что расширяет область применения машин контактной точечной сварки, а также экономит материал на хобот. 2. *Электрод машины контактной точечной сварки*, внутри которого есть полости для охлаждающей жидкости. Отличается тем, что штуцеры или трубки для охлаждающей жидкости не выступают за пределы хобота машины контактной точечной сварки. 56250 (U1). С. Е. Чернявский (RU). [25].

Устройство для соединения контактов содержит боек и электромагнитный привод его перемещения, расположенный в корпусе, матрицу и пуансон, расположенные в матрицедержателе, демпфер бойка, переключающее устройство, состоящее из упора и захвата, жестко соединенных между собой и установленных с возможностью поочередного ввода в матрицедержатель, ось, жестко закрепленную на матрицедержателе. Отличается тем, что снабжено промежуточным элементом из немагнитного материала, жестко закрепленным в теле бойка. 56251 (U1). А. Д. Абрамов (RU), В. А. Каргин (RU). ГОУВПО "Сибирский государственный университет путей сообщения" (RU). [25].

Устройство для газопламенных работ (варианты) содержит горелку с корпусом, гидрозатвор, электролизер для выделения водорода и кислорода с получением гремучего газа, выпрямитель, трубопроводы и блок управления. Отличается тем, что дополнительно содержит подпитывающий сосуд, соединенный трубопроводом для отвода полученного гремучего газа с гидрозатвором и горелкой, капилляр и клапан, а электролизер выполнен с проточной подпиткой и состоит из чередующихся биполярных электродов, диэлектрических прокладок, концевых плит, выполняющих функции анода и катода, крепежных деталей, входного и выходного патрубков, при этом в каждом биполярном электроде выполнены расположенные на разной высоте два отверстия, а электроды размещены между концевыми плитами, разделены диэлектрическими прокладками и стянуты крепежными деталями, выходной патрубок соединен трубопроводом с подпитывающим сосудом, соединенным через капилляр и клапан с входным патрубком, причем подпитывающий сосуд электрически соединен с концевой плитой, выполняющей функцию анода, а клапан электрически соединен с концевой плитой, выполняющей функцию катода. 2283736 (C2). А. А. Гамазов (RU). ГОУВПО "Кубанский государственный университет" (RU) [26].

Плазменная горелка содержит корпус с разрядной камерой, соосно к которой прикреплены сопло-анод, катод, кнопка, резервуар для жидкости, заполненный влаговпитывающим материалом, подпружиненная к соплу-аноду теплопроводная трубка-испаритель, в которой установлены на упругодеформируемых элементах электроизоляционная трубка и подпружиненный к кнопке катододержатель, опирающийся плоским торцем на полусферу кнопки; трубка-испаритель имеет каналы, выходящие в разрядную камеру и в полость между электроизоляционной трубкой и катододержателем, а влаговпитывающий материал соприкасается с развитой наружной поверхностью трубки-испарителя. Отличается тем, что влаговпитывающий материал соприкасается с развитой наружной поверхностью трубки-испарителя через размещенную между ними металлическую сетку, которая плотно и упруго охватывает наружную поверхность трубки-испарителя, при этом кнопка снабжена соосно и жестко прикреплен-

ной к ней резьбовой втулкой, соединенной с резьбовым концом катододержателя, а ее опорная поверхность выполнена конусной. 2283737 (C1). В. Г. Гиневич (RU), М. П. Карташов (RU), Г. Г. Тимошенко (RU). [26].

Установка для лазерной обработки изделий содержит излучатель, блоки питания и управления, телескопическое устройство, делитель луча с многогранной призмой, фокусирующий объектив и координатный стол. Отличается тем, что делитель луча содержит кассету, выполнен подвижным и снабжен приводом линейного перемещения вдоль оптической оси лазерного луча и приводом вращения многогранной призмы вокруг оптической оси лазерного луча в плоскости, перпендикулярной этой оси, при этом оба привода электрически связаны с блоком управления, а расположение делителя луча в исходном положении ограничено установочным размером от основания многогранной призмы до главной плоскости фокусирующего объектива, величина которого определяется расчетным путем. 2283738 (C1). В. А. Гребенчиков (RU), Г. И. Джанджава (RU), В. С. Коврижкин (RU) и др. ОАО "Раменское приборостроительное конструкторское бюро" (RU). [26].

Узел сварного соединения трубопровода содержит металлические трубы с нанесенным на их внутреннюю поверхность защитным покрытием и втулку, размещенную внутри труб. Отличается тем, что сварное соединение узла выполнено ручной и/или автоматической сваркой с получением сварного шва, площадь которого превышает площадь нормального сечения труб, а узел имеет кольцевые элементы, кольцевые неармированные и/или армированные резиновые уплотнения, термоизоляционный материал, герметизирующий материал, Г-образный кольцевой упор или как минимум три Г-образных упора, равноразмещенных в радиальной плоскости, служащие для установки центров масс; размещенная внутри труб втулка выполнена с цилиндрическим участком и сопряженными с ним развальцованными и/или механически обработанными лезвийным инструментом, коническими участками и размещена внутри труб таким образом, что кромки труб контактируют с Г-образным кольцевым упором или Г-образными упорами, защитное покрытие на внутренней поверхности труб нанесено на расстоянии от их торцев с образованием в зоне нанесения термонагруженной зоны, Г-образный кольцевой упор или Г-образные упоры размещены на половине длины втулки и жестко зафиксированы на ее внешней поверхности, на внутренней поверхности цилиндрического и сопряженных с ним конических участков втулки нанесено защитное покрытие, кольцевые элементы жестко закреплены на внешней поверхности цилиндрического участка втулки, равно смещены от его торцев и установлены оппозитно друг другу; кольцевые неармированные и/или армированные резиновые уплотнения размещены на внешней поверхности втулки между нанесенным на внутреннюю поверхность труб защитным покрытием, торцами кольцевых элементов и коническими участками втулки и плотно контактируют с ними, термоизоляционный материал жестко закреплен на внешней поверхности цилиндрического участка втулки между торцами кольцевых элементов, герметизирующий материал нанесен на внешнюю поверхность упомянутых конических участков втулки. 2283739 (C1). ООО "ЦЕЛЕР" (RU). [26].

Способ получения сварного соединения трубопровода включает выбор типа сварного соединения, подготовку кромок соединяемых металлических труб, нанесение на внутреннюю поверхность соединяемых труб защитного покрытия, размещение на внешней поверхности устанавливаемой внутрь труб уплотнительных элементов, термоизоляционного и герметизирующего слоев, установку втулки внутрь свариваемых труб и сварку. Отличается тем, что защитное покрытие на внутреннюю поверхность труб наносится на расстоянии от их торцев с образованием в зоне нанесения термонагруженной зоны, размещаемую внутри труб втулку выполняют цилиндрической, а ее приторцовые зоны

развальцовывают с образованием конических участков; на внешней поверхности втулки, на половине ее длины, жестко фиксируют Г-образный кольцевой упор или как минимум три Г-образных упора, равномерно размещенных в радиальной плоскости, служащие для установки центров масс, на внешней поверхности цилиндрического участка втулки оппозитно и равномерно от торцев устанавливают и жестко закрепляют кольцевые элементы; в качестве уплотнительных элементов используют кольцевые неармированные и/или армированные резиновые уплотнения, на внутреннюю поверхность цилиндрического и сопряженных с ним конических участков втулки наносят защитное покрытие, термоизоляционный слой жестко закрепляют на внешней поверхности цилиндрического участка втулки между торцами кольцевых элементов; герметизирующий слой наносят на внешнюю поверхность конических участков втулки, втулку устанавливают внутрь труб с достижением контакта между кромками труб и Г-образными упорами или Г-образным кольцевым упором и для обеспечения плотного контакта между кольцевыми неармированными и/или армированными резиновыми уплотнениями нанесенным на внутреннюю поверхность труб защитным покрытием, торцами кольцевых элементов и коническими участками втулки; для сварки выбирают оптимальные марки электродов исходя из материала труб и выполняют ручную и/или автоматическую сварку с получением сварной зоны, площадь которой превышает площадь нормального сечения соединяемых труб, а после сварки полученное сварное соединение подсуживают до температуры окружающей среды. 2283740 (С1). ООО "ЦЕЛЕР" (RU). [26].

Припой на основе никеля содержит хром, железо, бор, кремний, вольфрам, молибден. Отличается тем, что дополнительно содержит кобальт, алюминий, углерод, ниобий при следующем соотношении компонентов, %: 6,0—10,0 хрома; 0,1—0,7 железа; 0,6—1,3 бора; 0,05—0,15 кремния; 2,0—5,0 вольфрама; 1,8—2,2 молибдена; 8,0—10,0 кобальта; 4,0—6,0 алюминия; 0,05—0,2 углерода; 3,0—5,0 ниобия; остальное — никель. 2283741 (С1). Е. Н. Каблов (RU), В. И. Лукин (RU), В. С. Рыльников (RU) и др. ФГУП "ВИАМ" (RU). [26].

Припой на основе никеля для соединения никелевых жаропрочных сплавов содержит хром, алюминий, вольфрам, титан, молибден, кремний. Отличается тем, что дополнительно содержит кобальт, железо при следующем соотношении компонентов, %: 25,0—32,0 хрома; 7,5—9,0 алюминия; 1,0—2,5 вольфрама; 0,6—1,5 титана; 0,05—0,6 молибдена; 0,05—0,3 кремния; 0,1—1,0 кобальта; 0,06—0,5 железа; остальное — никель. 2283742 (С1). Е. Н. Каблов (RU), В. И. Лукин (RU), В. С. Рыльников (RU) и др. ФГУП "ВИАМ" (RU). [26].

Устройство для кантования тяжеловесных изделий при сварке содержит шарнирно смонтированный на основании поворотный корпус с Г-образной поверхностью, привод поворота корпуса, закрепленную на горизонтальной части Г-образной поверхности корпуса приемную площадку, выполненную в виде трех зубьев, и закрепленную на вертикальной части Г-образной поверхности корпуса подающую площадку с V-образной подающей поверхностью. Отличается тем, что подающая площадка выполнена в виде направляющих, образующих две пары — верхнюю и нижнюю — равноудаленные друг от друга зазором, обеспечивающим возможность автономной их установки относительно корпуса; каждая из направляющих подающей площадки и рабочие поверхности зубьев приемной площадки снабжены опорными пластинами из более мягкого материала, чем материал кантуемого изделия, при этом опорные пластины, установленные на направляющих подающей площадки имеют форму, соответствующую форме наружной поверхности кантуемого изделия. 2283743 (С1). В. В. Башкатов (RU). ОАО "Уральский завод химического машиностроения" (RU). [26].

Способ сварки (варианты), предназначенный для формирования жидкой наплавленной части на основном материале, которым может быть один из следующих материалов: монокристаллический материал и кристаллический материал, полученный в результате направленной кристаллизации и предусматривающий формирование на основном материале некоторого множества наплавленных частей при условии выдерживания предварительно установленного зазора между примыкающими друг к другу наплавленными частями, формирование соответствующей наплавленной части в каждом из предварительно установленных зазоров, при этом формирование наплавленной части выполняют в направлении, перпендикулярном направлению роста кристалла основного материала. 2284251 (С2). С. СИМОХАТА (JP) М. МЕГА (JP), К. КИСИ (JP) С. КАТАЯМА (JP). "МИЦУБИСИ ХЕВИ ИНДАСТРИЗ ЛТД" (JP). [27].

Способ сварки плавлением стыковых соединений биметалла на основе слоев из алюминиевых сплавов и стали или титана с одно- или двусторонними швами включает выполнение V- или X-образной разделки свариваемых кромок и последующую разделительную сварку одноименных слоев биметалла с полным заполнением разделки между ними с использованием присадочных материалов, при этом вначале сваривают стальной или титановый слой, затем заполняют разделку между свариваемыми кромками слоев из алюминиевого сплава. Отличается тем, что выполняют ступенчатую разделку свариваемых кромок, удаляя слой из алюминиевого сплава на величину, составляющую 0,2—0,9 толщины стального или титанового слоя, а разделку между свариваемыми кромками слоев из алюминиевых сплавов заполняют не менее чем за два прохода. 2284252 (С2). В. И. Павлова (RU), Е. П. Осокин (RU), В. М. Зарубин (RU) и др. ФГУП "ЦНИИ КМ "Прометей" (RU). [27].

Устройство для диффузионной сварки содержит установленные в вакуумной камере нагреватель, опору, прижимной шток и теплоизолирующий элемент для деталей. Отличается тем, что для повышения производительности путем увеличения скорости охлаждения деталей после сварки прижимной шток выполнен с радиальными направляющими, а теплоизолирующий элемент установлен в радиальных направляющих прижимного штока и снабжен приводом его перемещения. 1284106 (А1). В. Г. Ломоносов, И. С. Любашенко, В. А. Исаев. [27].

Устройство для наплавки ферромагнитных порошков на поверхности деталей, имеющих ось вращения, содержит электромагнит с сердечником, полюсный наконечник и бункер с лотком. Отличается тем, что лоток бункера выполнен в виде трубки, снабженной на входе конусной заслонкой, расположенной внутри бункера, а на выходе — рассеивателем, имеющим веерные канавки. 56843 (RU). Г. А. Борисов (RU), Е. И. Буренина (RU), М. М. Слугин (RU). Рязанская государственная сельскохозяйственная академия им. П. А. Костычева (RU). [27].

Сварочный трактор состоит из ходовой тележки и установленного на ней оборудования, включающего электродвигатель, кинематически связанный с механизмом перемещения ходовой тележки и при помощи червячного редуктора с механизмом подачи электрической проволоки, пульт управления, кассету для электродной проволоки, бункер для флюса, правильный механизм, подающий и прижимной ролики, мундштук, механизм корректировки положения угла наклона электрода и сменные шестерни для регулировки скорости перемещения ходовой тележки. 56844 (U1). К. Г. Шердиц (UA). ОАО "Головной специализированный конструкторско-технологический институт" (UA). [27].

Н. Посметная

Рефераты опубликованных статей

УДК 621.791.55:669.715

Исследование причин потери герметичности при аргонодуговой сварке сплавов ВАЛ16 и 1420. Фролов В. А., Никитина Е. В. — Сварочное производство. 2008. № 1. С. 3—5.

Исследована потеря герметичности в высокотемпературной области зоны термического влияния (ВТО ЗТВ) при аргонодуговой сварке деформированных полуфабрикатов из сплава 1420 с отливками из сплава ВАЛ16. Установлено, что причиной нарушения герметичности в ВТО ЗТВ сплава ВАЛ16 является протекание динамических процессов (течения газов и жидкости из-за градиента давлений) из ВТО ЗТВ в металл шва. Для снижения уровня подобных дефектов предлагается использовать сопла с большим диаметром на срезе, а в качестве защитной среды — аргон с добавками сернистого газа (1—5 %) или гексафторида серы (0,5—3,0 %).

УДК 621.791.92.004

Совершенствование расчета параметров режима механизированной наплавки. Безбородов И. А. — Сварочное производство. 2008. № 1. С. 5—9.

Предложен расчетный метод, позволяющий с достаточной для практики точностью определять параметры режима механизированной наплавки, которые обеспечивают получение наплавленных слоев металла заданной толщины. Табл. 1. Ил. 3. Библиогр. 8.

УДК 621.791:539.389.3

Анализ склонности трубных сталей различной категории прочности к термомеханическому старению. Ефименко Л. А., Капустин О. Е., Илюхин В. Ю., Коновалова О. В. — Сварочное производство. 2008. № 1. С. 10—12.

Исследована склонность трубных сталей различной категории прочности к термомеханическому старению. Установлено, что низколегированные трубные стали с ферритно-перлитной структурой склонны к значительному охрупчиванию в результате термомеханического старения. Высокопрочные стали с преимущественно бейнитной структурой склонны к охрупчиванию только при эксплуатации в области отрицательных температур ниже -60°C . Приведены результаты исследований. Табл. 4. Ил. 3. Библиогр. 2.

УДК 621.791.762

Анализ термических циклов при контактной стыковой сварке стали оплавлением. Кархин В. А., Хомич П. Н., Федотов Б. В., Раямяки П. — Сварочное производство. 2008. № 1. С. 12—17.

Сформулирована задача теплопроводности с учетом различных условий стыковой сварки оплавлением. Задача решена численным методом конечных разностей и аналитическими методами источников и преобразования Лапласа. Рассмотрен процесс теплонасыщения на этапе нагрева при различных условиях на торцах деталей. На примере сварки стали показано практическое применение разработанной методики расчета термических циклов. Совпадение результатов расчета с экспериментальными данными удовлетворительное. Ил. 8. Библиогр. 14.

УДК 621.791.3.01

Исследование структурной наследственности при пайке алюминиевых сплавов. Сидоров В. П., Ковтунов А. И., Чермашенцева Т. В., Селянин П. Н. — Сварочное производство. 2008. № 1. С. 18—20.

С целью получения соединений из алюминиевых сплавов с высокими механическими свойствами исследовано явление наследственности при пайке алюминиевых сплавов. Установлено, что применение алюминиевых гранул, распыленных в воду, в качестве припоя позволяет повысить предел прочности паяных со-

единений в 1,2—2,0 раза. Приведены результаты исследований. Табл. 1. Ил. 6. Библиогр. 4.

УДК 621.791.92.04

Прогрессивные технологии восстановления деталей подвижного состава железных дорог. Дюргеров Н. Г., Сагиров Х. Н., Морозкин И. С. — Сварочное производство. 2008. № 1. С. 21—24.

Описаны способы наплавки, применяемые для восстановления деталей железнодорожного транспорта. Приведен сравнительный анализ применяемых способов. Установлено, что наплавка под флюсом "раздвинутыми" валиками и "челночным" способом с применением копируемых систем управления позволяет автоматизировать процесс восстановления деталей различной формы и небольших размеров. Уменьшение тока, характерное для синергетических процессов наплавки в углекислом газе, целесообразно использовать при восстановлении слоя малой толщины до 0,5—1,0 мм при ремонте деталей типа тел вращения, а также для возможной замены процессов металлизации и плазменного напыления наплавкой в углекислом газе. Восстановление методом дополнительных деталей — ресурсосберегающая, высокопроизводительная технология. Табл. 2. Ил. 1. Библиогр. 13.

УДК 621.791:621.431.75

Структура и свойства железокобальтовых пермендюрров при изготовлении сварных и паяных магнитопроводов электрических реактивных двигателей малой тяги. Тарасов А. Н., Панфилов В. А., Павловский Н. Р. — Сварочное производство. 2008. № 1. С. 25—29.

Исследованы технологические особенности и возможность изготовления деталей магнитной системы электрических реактивных двигателей малой тяги для повышения параметров и ресурса работы двигателей. Определены магнитные свойства и структура сварных и паяных соединений из пермендюрров 49КФ, 49К2Ф после вакуумного отжига по различным режимам. Табл. 3. Ил. 6. Библиогр. 6.

УДК 621.79.16

Ультразвуковая контурная сварка тары из полимерных материалов, наполненной пищевыми продуктами. Волков С. С. — Сварочное производство. 2008. № 1. С. 29—35.

Разработан контурный волновод, позволяющий сваривать изделия большого диаметра до 108 мм из различных полимеров толщиной от 0,4 до 1,5 мм. Разработана технология ультразвуковой контурной сварки полиэтиленовых банок большого диаметра, наполненных различными пищевыми продуктами. Обеспечено получение герметичного сварного соединения при сварке по поверхностям, загрязненным свариваемым поверхностям различными агрессивными средами. Разработаны различные формы рабочей поверхности контурных волноводов, а также форма опоры, на которой происходит сварка. Ил. 6. Библиогр. 5.

УДК 621.791:006

Стандарт ASTM на сварку отливок. Шейман Е. Л. — Сварочное производство. 2008. № 1. С. 36—37.

Приведено описание международного стандарта А 488/А 488М-06 на стальные отливки, сварку, регламент и квалификацию персонала. Табл. 2. Ил. 5.

УДК 621.791.75.042—422

Эффективное применение порошковых проволок при дуговой сварке. Винклер Ф. — Сварочное производство. 2008. № 1. С. 41—44.

Приведены примеры применения порошковых проволок австрийской компании BOHLER WELDING для дуговой сварки в различных отраслях промышленности. Ил. 11.

Abstracts of the articles published in "Svarochnoe Proizvodstvo", 2008, № 1

Study of reasons for tightness loss under conditions of arc welding of the БАЛ16 and 1420 alloys. Frolov V. A., Nikitina Ye. V. P. 3—5.

Tightness loss is studied in the high-temperature zone of the heat-affected area at argon-arc welding of the strained semi-manufactured articles from 1420 alloy to casts from БАЛ16 alloy. It is established that reasons for the tightness failure in the high-temperature zone of the heat-affected area of the БАЛ16 alloy is due to dynamic processes (gas and liquid flows resulted from pressure gradient) from the high-temperature zone of the heat-affected area into the weld metal. In order to decrease the quantity of such defects it is suggested to use orifice of major diameter at the edge, and to use argon with added sulphur dioxide (1—5 %) or sulphur hexafluoride (0,5—3,0 %) as shielding medium.

Development of the calculative technique to determine mechanized weld deposition conditions by the data of the pad required thickness. Bezborodov I. A. P. 5—9.

A calculative method is suggested, which ensures determination of the mechanized weld deposition conditions characteristics accurate enough for practical work. This enables obtaining required thickness of layers of weld metal.

Analysis of bent to strain ageing of various-strength-types pipe steel. Yefimenko L. A., Kapustin O. Ye., Ilyukhin V. Yu., Konovalova O. V. P. 10—12.

Bent of various-strength-types pipe steels to strain ageing is studied. It is established that low-alloyed pipe steel of ferritic-and-pearlitic structure is bent to considerable embrittlement resulted from strain ageing. High-strength steel of primarily bainite structure is bent to embrittlement only at operation in the area of sub-zero temperatures lower than -60°C . Research results are given.

Analysis of thermal cycle at steel contact flash welding. Karkhin V. A., Khomich P. N., Fedotov B. V., Rayamyaki P. P. 12—17.

Thermal conductivity task is formulated considering various conditions of contact flash welding. The task is solved by the finite difference numerical method and by analytical methods of sources and of Laplace transformation. Heat-saturation process is analyzed at the heating stage under different conditions at the part ends. Practical application of the developed procedure for thermal cycles' calculation is illustrated by an example of steel welding. Agreement of the calculated results and of experimental data is satisfactory.

Study of structural heredity effect at aluminium alloys soldering. Sidorov V. P., Kovtunov A. I., Chermashentseva T. V., Selyanin P. N. P. 18—20.

Aimed at producing aluminium alloys joints of high mechanical properties, a heredity effect is studied at aluminium alloys soldering. It is established that application of water-sputtered aluminium gran-

ules as solder allows for raising strength limit of the soldered joints by a factor of 1,2—2,0. Research results are given.

Component reconditioning advanced technologies for the railroad equipment. Dyurguerov N. G., Sagirov Kh. N., Morozkin I. S. P. 21—24.

Weld deposition techniques are described, which used to recondition railroad components. Comparative analysis of the practical processes is covered. It is established that flux weld deposition by "expanded" beads and by "shuttle" technique applying tracing control system allows for automatizing reconditioning components of various shapes and of small sizes. Current decrease, characteristic of carbon dioxide weld deposition synergetic processes, is expedient to use at rebuilding a layer of small-scale thickness up to 0,5—1,0 mm, repairing components of the solids-of-rotation type, as well as at possible substitution of metal deposition and plasma spraying for carbon dioxide weld deposition. Renovation by supplementary components is a resource-saving high technology.

Ferrous-cobalt permendure structure and properties at producing welded and soldered magnetic conductors for electric jet microthrusters. Tarasov A. N., Panfilov V. A., Pavlovsky N. R. P. 25—29.

Process features and production potentialities for components of magnetic system of the electrical reactive microthrusters are studied aimed at upgrading engine performance data and operation life. Magnetism and structure of permendur 49KФ and 49K2Ф welded and soldered joints are determined after vacuum annealing by various conditions.

Ultrasonic contour welding of products from polymeric materials filled with foodstuffs. Volkov S. S. P. 29—35.

A contour waveguide is designed enabling to weld parts of major diameter up to 108 mm from different polymers of 0,4—1,5 mm thickness. Ultrasonic contour welding technique of polyethylene cans of major diameter, which are filled with foodstuffs, is developed. A hermetic welded joint is ensured at surface welding, also at welding along contaminated welded surfaces by different corrosive medium. Various forms of contour waveguide working surfaces are developed, as well as anvil form on which welding is conducted.

ASMT standard for cast welding. Sheynman Ye. L. P. 36—37.

An international standard A 488/AM-06 for steel casting, welding, regulation and personnel labour grades are described.

Powder wire efficient use at arc welding. Winkler F. P. 41—44.

Application examples of arc welding powder wires by Austrian company BOHLER WELDING in different branches of industry are covered.

Ордена Трудового Красного Знамени ОАО "Издательство "Машиностроение"

107076, Москва, Стромьинский пер., 4

Сдано в набор 16.11.2007. Подписано в печать 18.12.2007. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 8,14. Уч.-изд. л. 10,59. Заказ 1/08.

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".