



Сварочное производство

2 (879)
Февраль

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*
Редактор *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;
796 2491.

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 письменном согласовании с редакцией журнала.

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

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

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

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель. Цена свободная.

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

- Лукин В. И., Жегина И. П., Лавренчук В. П., Базескин А. В., Котельникова Л. В.** — Влияние методов сварки на прочностные характеристики и характер разрушения сварных соединений сплава системы Al—Mg—Li _____ 3
- Болдырев А. М., Биржев В. А., Мартыненко А. И.** — Исследование влияния переменного аксиального магнитного поля на процесс плавления электродной проволоки _____ 6
- Потехин Б. А., Измайлов Д. К.** — Особенности диффузионной сварки в вакууме без приложения внешнего давления _____ 8
- Меньшиков Г. А., Антонов В. Г.** — Применение припоев при точечной контактной сварке соединений из алюминий-магниевого сплава _____ 13
- Головин С. И., Аверченко В. А., Попович Л. Г., Пузряков А. Ф.** — Математическая модель сверхзвукового воздушно-плазменного напыления _____ 16

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

- Мосягин А. С., Алексеев И. В., Михнин И. Д.** — Технологический процесс изготовления сварных сотовых блоков _____ 23
- Семенов А. Н., Плышевский М. И., Ривкин Е. Ю., Новожилов С. Н., Суглобова Л. В., Тюрин В. Н.** — Сварка коррозионно-стойкой стали со сплавами титана _____ 25
- Рябцев И. И.** — Улучшение отделимости шлаковой корки при дуговой наплавке под флюсом _____ 27
- Волков С. С.** — Ультразвуковая сварка синтетических тканей технического назначения _____ 30
- Сидлин З. А., Гольдинберг П. И., Ветров Д. В.** — Автоматизация производства сварочных материалов — повышение стабильности качества _____ 37

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Айрапетян А. Р., Беляков А. В.** — Оценка инновационного потенциала предприятия в современных условиях _____ 40

ОБРАЗОВАНИЕ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ

- Фролов В. А., Федоров С. А.** — Основные цели и направления реформирования системы подготовки профессиональных кадров технологического профиля _____ 42

ИНФОРМАЦИЯ

- Суслов Ан. А.** — 5-я Международная специализированная выставка "Робототехника—2007" _____ 48
- Иванов А. Н.** — 7-я Международная специализированная выставка "Передовые технологии автоматизации—2007" _____ 53
- Плаунов В. П.** — Семинар "Пайка—2007" _____ 57

БИБЛИОГРАФИЯ

- Содержание зарубежных журналов по сварке** _____ 58
- Патенты РФ, свидетельства РФ на полезные модели, авторские свидетельства и патенты СССР на изобретения в области сварки** _____ 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;
796 2491.

Fax: (495) 687 6316.

E-mail: svarka@mashin.ru

Http://www.mashin.ru

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

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

Reference to "Svarochnoe Proizvodstvo" at 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

- Lukin V. I., Zheguina I. P., Lavrenchuk V. P., Bazeskin A. V., Kotelnikova L. V.** — The welding methods effects on the strength properties and fracture pattern of the welded joints of the Al—Mg—Li system allows _____ 3
- Boldyrev A. M., Birzhev V. A., Martynenko A. I.** — Study of the variable axial magnetic field influence on the welding wire burning-off process _____ 6
- Potekhin B. A., Izmaylov D. K.** — Specific features of the vacuum diffusion welding without external pressure application _____ 8
- Menshikov G. A., Antonov V. G.** — Solder alloy usage at the spot contact welding of the aluminium-magnesium alloy joints _____ 13
- Golovin S. I., Averchenko V. A., Popovich L. G., Puzryakov A. F.** — Mathematical model of the supersonic pneumatic-plasma spraying of coatings _____ 16

PRODUCTION SECTION

- Mosyaguin A. S., Alexeyev I. V., Mikhin I. D.** — Production process technology of the welded cellular blocks _____ 23
- Semionov A. N., Plyshevsky M. I., Rivkin Ye. Yu., Novozhilov S. N., Suglobova L. V., Tyurin V. N.** — Welding of rust-resisting steel and titanium alloys _____ 25
- Ryabtsev I. I.** — High temperature slag coverage separability refinement at flux arc-building-up _____ 27
- Volkov S. S.** — Ultrasonic weld of the synthetic fabric for technical purposes _____ 30
- Sidlin Z. A., Goldinberg P. I., Vetrov D. V.** — Welding materials production automation as their quality stability increase _____ 37

ECONOMICS AND PRODUCTION ORGANIZATION

- Ayrapetyan A. R., Belyakov A. V.** — Evaluation of the enterprise innovative potential in the present conditions _____ 40

EDUCATION & PERSONNEL TRAINING

- Frolov V. A., Fiodorov S. A.** — Major goals and trend in reforming personnel professional training in technology _____ 42

INFORMATION

- Suslov An. A.** — The 5th Jubilee International specialized exhibition "Robotics—2007" 48
- Ivanov A. N.** — The 7th International specialized exhibition "Advanced Automation Technologies—2007" _____ 53

BIBLIOGRAPHY

- Contents** of the foreign journals in the field of welding _____ 58
- 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 621.791:669.2/8.018—672

**В. И. ЛУКИН, д-р техн. наук, И. П. ЖЕГИНА, канд. техн. наук,
В. П. ЛАВРЕНЧУК, инж., А. В. БАЗЕСКИН, инж., Л. В. КОТЕЛЬНИКОВА, инж.
ФГУП "ВИАМ" ГНЦ РФ**

Влияние методов сварки на прочностные характеристики и характер разрушения сварных соединений сплава системы Al—Mg—Li

Создание новых высокопрочных материалов и высокоресурсных сварных конструкций из них невозможно без понимания явлений разрушения на микронном и субмикронном уровнях как опытных образцов, так и реальных конструкций в процессе эксплуатации.

Фрактографические исследования, а также микрорентгено-спектральный анализ поверхности изломов дают необходимую информацию о топографии поверхности разрушения, ее связи с видом НДС, способом приложения нагрузки, структурой материала, химической неоднородностью его состава, технологической историей переработки (литья, обработки давлением, сварки, термической обработки и др.), что в конечном итоге позволяет эффективно устанавливать причину разрушений [1].

В настоящее время расширяется область применения алюминий-литиевых сплавов в сварных конструкциях авиакосмической техники. Несмотря на то что работы по исследованию и разработке литийсодержащих конструкционных алюминиевых сплавов, отличающихся пониженной плотностью, высокими жесткостью, прочностью и удовлетворительной стойкостью против кор-

розии и повреждений, продолжают более 40 лет и к настоящему времени разработан достаточно широкий ассортимент этих материалов начиная со сплава 1420, с точки зрения применения их в реальных конструкциях их можно считать относительно новым классом материалов [2, 3].

Основным преимуществом данных сплавов по сравнению с серийными алюминиевыми сплавами (Д16, В95, АМг6, 1201 и др.) является значительное снижение массы конструкции, и в первую очередь сварной (15—24 %). Это подтверждает опыт изготовления сварных баков и кабины пилота из сплава 1420 самолета МиГ 29М, а также топливного криогенного бака из алюминий-литиевого сплава 2195 Space Shuttle [4—6].

Следует отметить, что увеличивается объем применения Al—Li-сплавов третьего поколения: так, на дальнемагистральном пассажирском самолете А380-800 общая масса изделий из Al—Li-сплавов составляет свыше 2000 кг, на грузовом варианте А380F — около 1000 кг, в деталях и узлах фюзеляжа ближне/среднемагистрального пассажирского лайнера Bombardier — до 34 %.

Особенностью сварки данных сплавов является повышенная склонность к порообразованию в

сварном соединении, малая сопротивляемость образованию горячих трещин, зависимость пластичности сварного соединения от условий его получения [7—9].

В данной работе для исследования возможности повышения стабильности свойств сварных соединений сплава 1420 (провода Св-АМг63), а также работоспособности сварных элементов опробовали ручную и автоматическую аргодуговую сварку неплавящимся электродом с применением сканирующей дуги, разнополярного асимметричного тока с прямоугольной формой волны, с наложением на дугу мощных импульсов тока, а также плазменную сварку в непрерывном и импульсном режимах [10—13].

Сваривали листы толщиной 3,5 мм в состоянии закалки и искусственного старения на режимах, обеспечивающих минимальное тепловложение и качественное формирование швов.

Оценку свойств полученных сварных соединений осуществляли на основании рентгеновского контроля, результатов испытаний механических свойств и данных фрактографического анализа.

Результаты рентгеновского контроля показали, что в исследованных сварных соединениях

Таблица 1

Сварка	σ_B , МПа			
	σ_{max}	σ_{min}	σ_{cp}	$\Delta\sigma = \sigma_{max} - \sigma_{min}$
Ручная аргодуговая переменным током	367	326	356	41
Автоматическая аргодуговая переменным током	367	363	364	4
Автоматическая аргодуговая сканирующей дугой	387	371	376	16
Автоматическая аргодуговая асимметричным током	351	331	340	20
Автоматическая аргодуговая с наложением импульсов тока	373	335	354	38
Плазменная в непрерывном режиме	351	325	340	26
Плазменная в импульсном режиме	329	315	322	14
Основной металл (закалка + искусственное старение)	500	491	493	9

Таблица 2

Сварка	Число циклов до разрушения			
	N_{max}	N_{min}	N_{cp}	$\Delta N = N_{max} - N_{min}$
Ручная аргодуговая	56 900	14 600	32 350	42 300
Автоматическая аргодуговая	268 800	92 700	94 833	3500
Автоматическая сканирующей дугой	128 600	56 800	64 840	18 900
Автоматическая асимметричным током	88 800	24 100	49 583	64 700
Автоматическая с наложением импульсов тока	146 200	47 600	52 675	9500
Плазменная в непрерывном режиме	118 200	34 200	52 575	31200
Плазменная в импульсном режиме	143 000	34 500	52 320	53 000
Основной металл (закалка + искусственное старение)	64 300	34 300	50 050	29 910

практически отсутствуют внутренние дефекты.

Согласно результатам испытаний, временное сопротивление сварных соединений независимо от способа сварки составляет 0,7—0,8 временного сопротивления основного металла (табл. 1). При этом следует отметить значительный разброс свойств при испытаниях сварных образцов, выполненных ручной аргодуговой сваркой ($\sigma_B = 40$ МПа). Стабильные и высокие характеристики получены при автоматической аргодуговой сварке неплавящимся электродом: разброс значений σ_B составил ± 4 МПа. Пластичность сварных соединений (угол изгиба) и ударная вязкость находятся на уровне аналогичных характеристик основного металла и практически не зависят от способа сварки. Такая же закономерность сохраняется при рассмотрении резуль-

татов испытаний на склонность сварного соединения к образованию трещин.

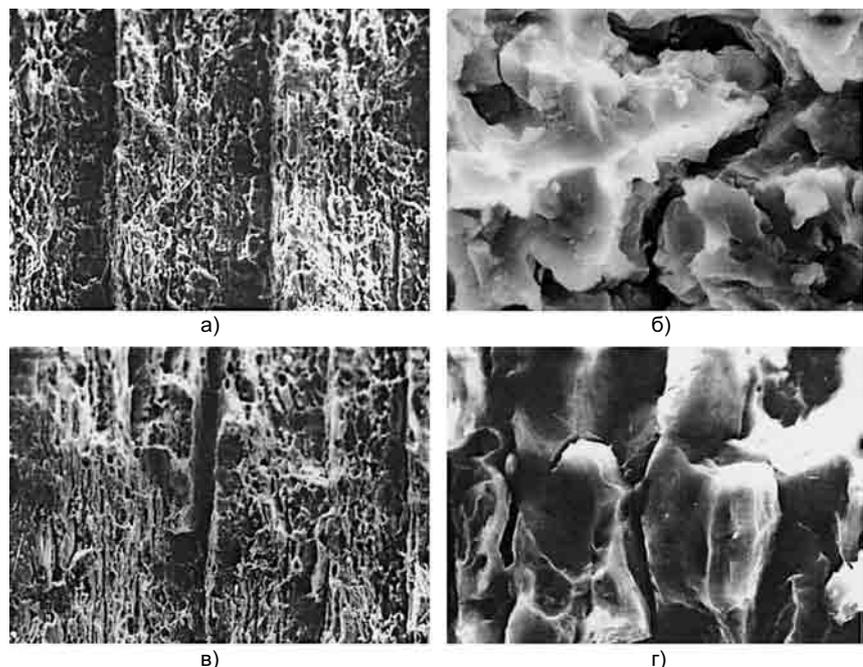


Рис. 1. Микроструктура изломов после ручной (а, б) и автоматической (в, г) аргодуговой сварки: а, в — общий вид излома ($\times 200$); б, г — границы зерен ($\times 2000$)

В табл. 2 приведены максимальные значения малоциклового усталости (осевое растяжение, $f = 3$ Гц, $\sigma_{max} = 180$ МПа) сварных соединений, выполненных автоматической аргодуговой сваркой в непрерывном режиме ($N_{cp} = 94\ 833$), минимальные — при ручной сварке ($N_{cp} = 32\ 350$). Для других процессов сварки они заняли промежуточное положение между этими двумя способами сварки.

Стабильные результаты получены при автоматической аргодуговой сварке неплавящимся электродом ($\Delta N = 3500$ циклов). Наличие дефектов (пор, оксидных плен и др.) в сварном соединении независимо от способа сварки значительно снижает малоцикловую усталость (до $N \approx 2300$ циклов).

Разрушение сварных образцов в основном носит смешанный характер: по металлу шва и зоне сплавления (за исключением ручной аргодуговой сварки, когда разрушение происходит по зоне сплавления). Существенное влияние на характер разрушения оказывают концентраторы напряжений в зоне перехода от обратного

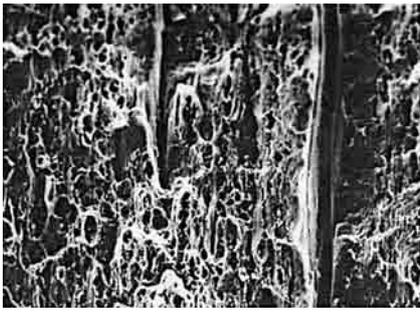


Рис. 2. Микроструктура излома после автоматической сварки сканирующей дугой ($\times 200$)

валика к основному металлу. Вероятно, удаление обратного валика может послужить положительным фактором с точки зрения повышения стабильности и долговечности сварного соединения при испытании на малоцикловую усталость.

Для определения локальной пластичности при разрушении исследовали изломы образцов, разрушившихся по зоне сплавления, на сканирующем микроскопе. В изломах образцов после ручной сварки около 50 % поверхности занимает разрушение по границам зерен (рис. 1, а). На границах зерен наблюдаются грубые выделения (рис. 1, б). Около 10 % поверхности занимают дефекты в виде рыхлот. При автоматической аргонодуговой сварке дефекты в виде рыхлот на поверхности излома не наблюдаются. Как и при ручной сварке около 50 % поверхности занято разрушением по границам зерен (рис. 1, в), при этом выделения по границам зерен менее грубые, чем после ручной сварки (рис. 1, г).

Автоматическая сварка сканирующей дугой приводит к значительному увеличению локальной пластичности при разрушении. Излом практически полностью внутризеренный, "пластичный" (рис. 2).

Полностью внутризеренный излом характерен и для автоматической сварки асимметричным током. Однако в этом случае наблюдается значительное расслоение (рис. 3, а). Вблизи "плоскостей

расслоения" металл менее пластичен, чем между ними (рис. 3, б), т. е. строение излома менее однородно, чем после сварки сканирующей дугой.

После автоматической сварки с наложением импульсов тока излом внутризеренный, степень расслоения несколько больше,

чем после сварки сканирующей дугой (рис. 3, в), но металл между "плоскостями расслоения" более пластичен (рис. 3, г).

В изломах сварных образцов, выполненных плазменной сваркой в непрерывном режиме, много макро- и микрорасслоений (рис. 4, а); в изломе вблизи "плос-

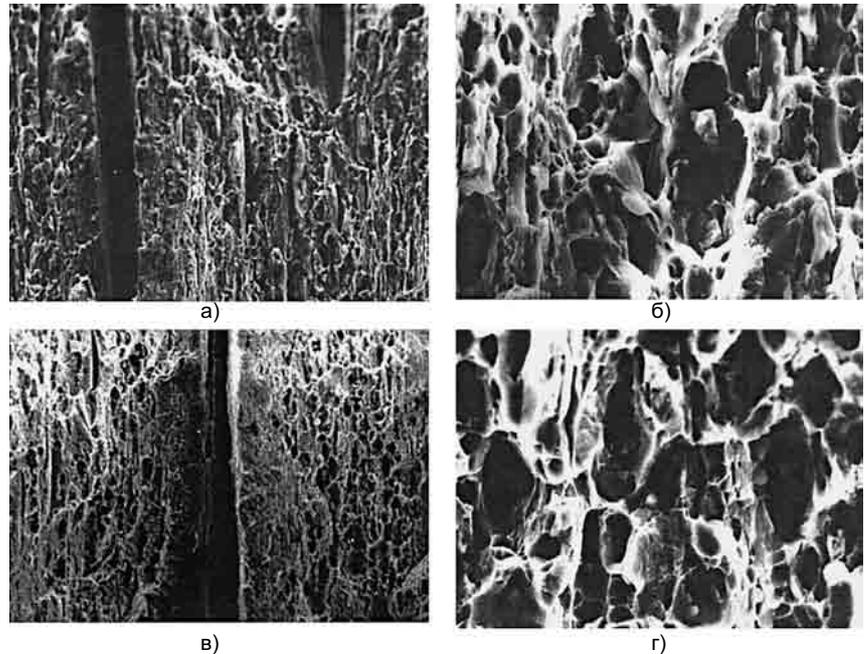


Рис. 3. Микроструктура изломов после автоматической сварки асимметричным током (а, б) и с наложением импульсов (в, г): а, в — общий вид излома ($\times 200$); б, г — металл между "плоскостями расслоения" ($\times 1000$)

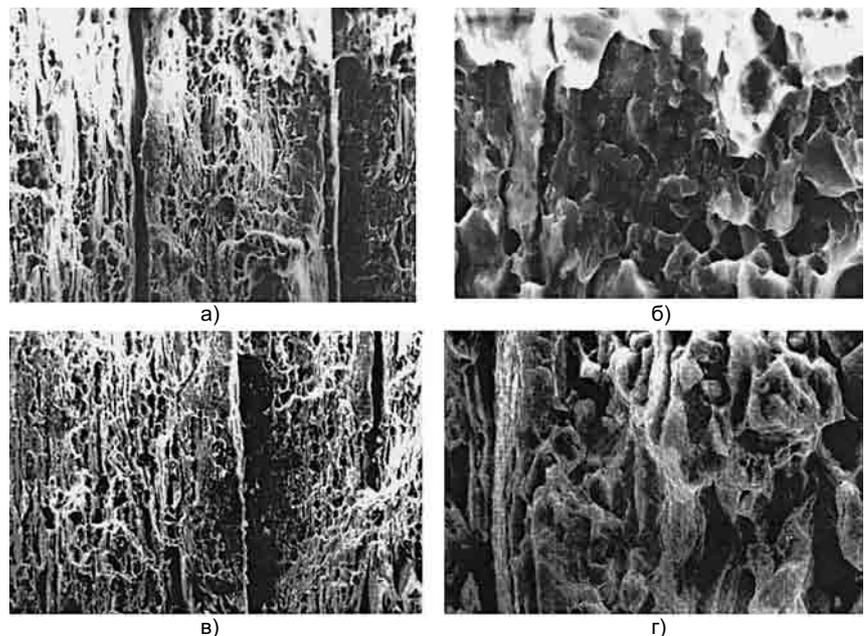


Рис. 4. Микроструктура изломов после плазменной сварки в непрерывном (а, б) и импульсном (в, г) режимах: а, в — общий вид изломов ($\times 200$); б, г — металл вблизи "плоскости расслоения" (б — $\times 1000$, г — $\times 2000$)

кости расслоения" много мало-пластичных участков с сотовым рельефом; между "плоскостями" металл пластичный, излом ямочный (рис. 4, б).

После плазменной сварки в импульсном режиме в изломе также наблюдается значительное расслоение (рис. 4, в). Излом внутризеренный, но менее "пластичный", чем после сварки сканирующей дугой. Вблизи "плоскостей расслоения" наблюдаются участки с большим количеством выделений (рис. 4, г).

ВЫВОДЫ

1. Полученные результаты, а также накопленный опыт по сварке алюминиево-литиевых сплавов свидетельствуют о необходимости автоматизации сварочного процесса при изготовлении сварных конструкций. При изготовлении ответственных узлов и исправлении дефектов (подварках) возможно применение ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом.

2. Выбор различных способов сварки зависит от условий изготовления конкретного сварного

изделия. Так, при сварке элементов сложной пространственной конфигурации следует отдавать предпочтение автоматической сварке сканирующей дугой.

3. Качество сварного соединения повышается при автоматической сварке с наложением импульсов тока и автоматической сварке асимметричным током. Применение плазменной сварки значительно уменьшает теплоложение при формировании сварного соединения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордеева Т. А., Жегина И. П. Анализ изломов при оценке надежности материалов. М.: Машиностроение, 1978. 200 с.
2. Фридляндер И. Н., Шахрай Л. Ф., Ширяева Н. В. Фазовый состав и механические свойства алюминия с магнием и литием // Изв. АН СССР. Металлы. 1965. № 2. С. 153—158.
3. Кайнова Г. Е., Малюкина Т. И. Свариваемость алюминиевого сплава 01420 // Металловедение и термическая обработка металлов. 1969. № 2. С. 22—24.
4. National Aeronautics and Space Shuttle. NaSA Facts // Super Lightweight External Tank. Marshall Space Flight Center Huntsville, Alabama 35812.
5. Братухин А. Г., Редчиц В. В., Лукин В. И. Перспективы использования алюминиево-литиевых сплавов для штампованных конструкций летательных аппаратов // Сварочное производство. 1996. № 7. С. 18—21.

6. Опыт проектирования и изготовления крупногабаритных конструкций из алюминиево-литиевых сплавов изделий ракетно-космической техники / Р. Е. Шаплин, И. С. Ефремов, Ю. Л. Яровинский, В. И. Лукин // Сварочное производство. 1996. № 11. С. 14—18.

7. Лукин В. И., Арбузов Ю. П. Особенности сварки алюминиево-литиевых сплавов // Сварочное производство. 1992. № 11. С. 3—6.

8. Лукин В. И. Некоторые проблемы сварки алюминиево-литиевых сплавов // Металлургия и технология современных процессов сварочного производства. М., 1994. С. 122—130.

9. Ищенко А. Я., Лабур Т. М. Технология сварки и свойства соединений алюминиево-литиевых сплавов (обзор) // Автоматическая сварка. 1998. № 7. С. 29—33.

10. Гринин В. В., Петров А. В., Овчинников В. В. Свойства сварных соединений сплава 1420, выполненных сканирующей дугой // Сварочное производство. 1986. № 6. С. 20—21.

11. Ищенко А. Я., Чаюн А. Г., Мищенко В. А. Аргонодуговая сварка алюминиевого сплава 01420 разнополярными прямоугольными импульсами тока // Автоматическая сварка. 1978. № 10. С. 48—50.

12. Славин Г. А., Трохинская Н. М., Рязанцев В. И. Оптимизация параметров режимов ручной и автоматической сварки тонколистовых алюминиевых сплавов с наложением на дугу кратковременных импульсов тока // Сварочное производство. 1986. № 1. С. 14—15.

13. Петров А. В., Гумеров Э. А. Регрессионная зависимость площади подреза шва от параметров режима плазменно-дуговой сварки // Сварочное производство. 1974. № 4. С. 11—13.

УДК 621.791.01

А. М. БОЛДЫРЕВ, д-р техн. наук, В. А. БИРЖЕВ, д-р техн. наук,

А. И. МАРТЫНЕНКО, аспирант

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Исследование влияния переменного аксиального магнитного поля на процесс плавления электродной проволоки

Известно [1, 2], что применение постоянного аксиального магнитного поля при наплавке позволяет повысить коэффициент расплавления стальной электродной проволоки при неизменной тепловой мощности дуги в 1,35 раза. Однако данный метод применим лишь при увеличении скорости

наплавки угловых швов. При наплавке же в нижнем положении происходит образование нежелательных односторонних подрезов [3]. Согласно работе [3], наиболее оптимальной частотой магнитного поля при наплавке является частота 50 Гц. По мнению авторов, для устранения указанных

недостатков рационально использовать переменное аксиальное магнитное поле.

В данной работе исследовали влияние переменного аксиального магнитного поля на процесс плавления электродной проволоки сплошного сечения при различных ее диаметрах и величинах

Диаметр электродной проволоки, мм	Сварочный ток, А
2	200—600
3	300—700
4	400—800
5	600—1000

нах сварочного тока. Диапазон сварочных токов [4] для разных диаметров проволоки сплошного сечения приведен в таблице.

В пределах указанных диапазонов значения тока изменяли с шагом 100 А.

При экспериментальных исследованиях проводили наплавку на пластины из стали 10ХСНД размером 700×100×10 мм на автомате АДФ-1002 проволокой Св-08А под флюсом АН-348-А током прямой и обратной полярности. Диапазон сварочных токов 200—1000 А, напряжение дуги 30—35 В. Скорость наплавки в соответствии с принятыми режимами [5] составляла 25 м/ч.

Генерирование внешнего продольного переменного магнитного поля в зоне горения дуги осуществляли с помощью электромагнита, закрепленного на сварочной головке соосно с электродной проволокой. Индукцию продольного магнитного поля изменяли в интервале от 0 до 160 мТл. Индукцию магнитного поля в зоне горения дуги перед началом сварки измеряли прибором ИМИ-3.

Методика эксперимента заключалась в следующем. На сварочном аппарате устанавливали табличные значения тока и напряжения, при которых выполнялось условие стабильного горения дуги, т. е. соблюдалось равенство между скоростями расплавления и подачи электродной проволоки $v_p = v_{пп}$ (рис. 1, точка A_1).

При включении магнитного поля в результате увеличения скорости расплавления электрода $v_p > v_{пп}$ и происходит увеличение напряжения дуги и уменьшение тока. Точка A_1 , соответствующая устойчивому горению дуги без магнитного поля, по внешней ВАХ источника питания (которая в процессе сварки не изменялась) смещается вверх до точки A_2 (см. рис. 1). Поэтому после включения магнитного поля увеличивали скорость подачи проволоки, доводя величину напряжения и тока до первоначальных значений.

Производительность процесса плавления электрода оценивали коэффициентом расплавления α_p [6]:

$$\alpha_p = \frac{\pi r_{\text{э}}^2 \rho v_{\text{пп}}}{I},$$

где ρ — плотность металла проволоки, равная $7 \cdot 10^3$ кг/м³; $v_{\text{пп}}$ — скорость подачи проволоки, м/с; I — ток дуги, А.

Результаты исследований приведены на рис. 2. Видно, что

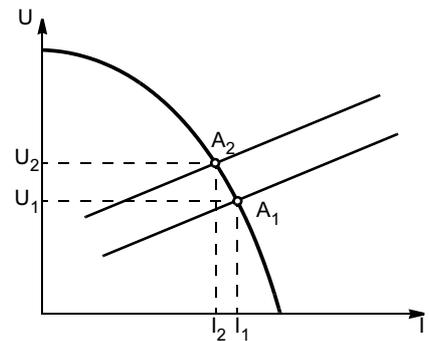


Рис. 1. К определению скорости расплавления электродной проволоки в магнитном поле

наложение продольного переменного магнитного поля промышленной частоты 50 Гц на дугу интенсифицирует процесс плавления электродной проволоки при практически неизменной тепловой мощности дуги.

Наибольшее влияние магнитное поле оказывает на скорость плавления проволоки при горе-

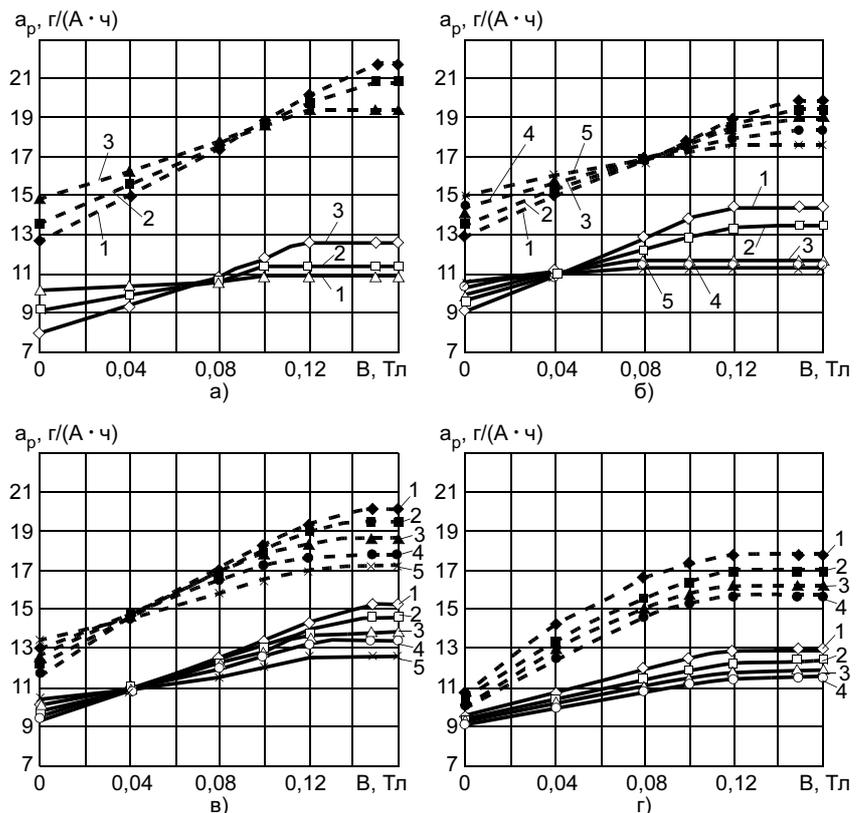


Рис. 2. Зависимость коэффициента расплавления электродной проволоки от индукции внешнего продольного магнитного поля (штриховая линия — прямая полярность, сплошная — обратная): а—г — диаметр проволоки равен 2, 3, 4 и 5 мм соответственно; а — 1—3 — ток равен 200, 300 и 400 А соответственно; б — 1—5 — 300, 400, 500, 600 и 700 А соответственно; в — 1—5 — 450, 500, 600, 700 и 800 А соответственно; г — 1—4 — 700, 800, 900 и 1000 А соответственно

нии дуги на прямой полярности (производительность процесса возрастает в 1,75 раза), наименьшее — на обратной полярности (возрастает в 1,55 раза).

Зависимость α_p металла от магнитной индукции носит характер насыщения: при увеличении индукции до 120—150 мТл наблюдается практически линейный рост, дальнейшее увеличение магнитной индукции не влияет на процесс плавления электрода (см. рис. 2). Это обусловлено тем, что переменное магнитное поле ускоряет процесс отрыва расплавленного элект-

родного металла за счет дополнительного воздействия электромагнитных сил.

ВЫВОД

Применение магнитного поля при наплавке позволяет существенно повысить скорость расплавления электродного металла и, соответственно, производительность наплавочных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пацкевич И. Р., Зернов А. В., Серафимов В. С. Влияние продольного магнитного поля на плавление и перенос элект-

родного металла // Сварочное производство. 1973. № 7. С. 8—10.

2. Болдырев А. М., Биржев В. А., Черных А. В. Особенности плавления электродного металла при сварке во внешнем продольном магнитном поле // Сварочное производство. 1991. № 5. С. 28—30.

3. Болдырев А. М., Толоконников Н. П., Дорофеев Н. Б. К вопросу о возможности получения устойчивого реверсируемого движения расплава в сварочной ванне при электромагнитном перемешивании // Сварочное производство. 1975. № 11. С. 3—5.

4. Фрумин И. И. Автоматическая электродуговая наплавка. Харьков: Металлургиздат, 1961. 422 с.

5. Сварочные и наплавочные работы при ремонте деталей строительных машин: Справочник. М.: Стройиздат, 1981. С. 91.

6. Ерохин А. А. Основы сварки плавлением. М.: Машиностроение, 1973. 448 с.

УДК 621.791.4:539.378.3

Б. А. ПОТЕХИН, д-р техн. наук, Д. К. ИЗМАЙЛОВ, инж.
Уральский государственный лесотехнический университет

Особенности диффузионной сварки в вакууме без приложения внешнего давления

Наиболее применяемыми способами изготовления подшипников скольжения на основе бронзы являются запрессовка бронзовых втулок в корпус подшипника, заливка и наплавка бронзы на внутреннюю поверхность стального корпуса [1, 2]; в ремонтных целях используется восстановление изношенных поверхностей путем плазменного напыления [3].

Данные технологии имеют ряд недостатков: низкую прочность сцепления сталь — бронза, дефектную структуру самой бронзы, ее пониженную усталостную прочность, повышенный коэффициент трения и др. Служебные свойства таких изделий невысоки. Например, по данным ВНИИЖТ, неоправданно большой процент аварийных ремонтов тепловозов на всех железных дорогах России обусловлен именно низкой работоспособностью подшипников скольжения [4].

В ряде машиностроительных изделий, например в корпусах гидрораспределителей, стальной нагнетательный поршень движется возвратно-поступательно в так называемом бронзированном канале стального корпуса (диаметр канала 20—30 мм, длина — 80—120 мм), образуя прием-

лемую пару трения сталь 18ХГТ — бронза Бр.О12 или латунь (рис. 1).

Выполнять бронзирование такого канала способами литья, наплавки или напыления не представляется возможным, а запрессовка в него соответствующей втулки из бронзы не обеспечивает диффузионного взаимодействия стали и бронзы и, как следствие, такое соединение имеет низкую прочность сцепления.

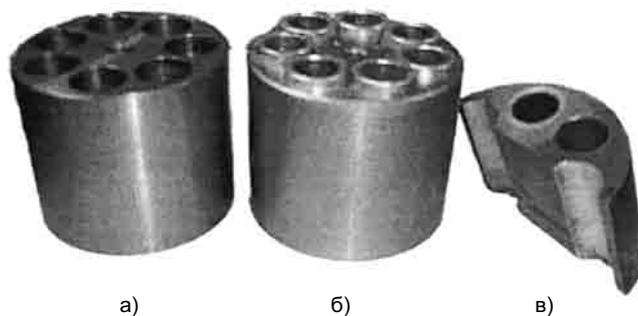


Рис. 1. Корпуса гидрораспределителей: а — из стали 18ХГТ; б — с установленными бронзовыми втулками; в — фрагмент бронзированного корпуса после дорнования и диффузионной сварки

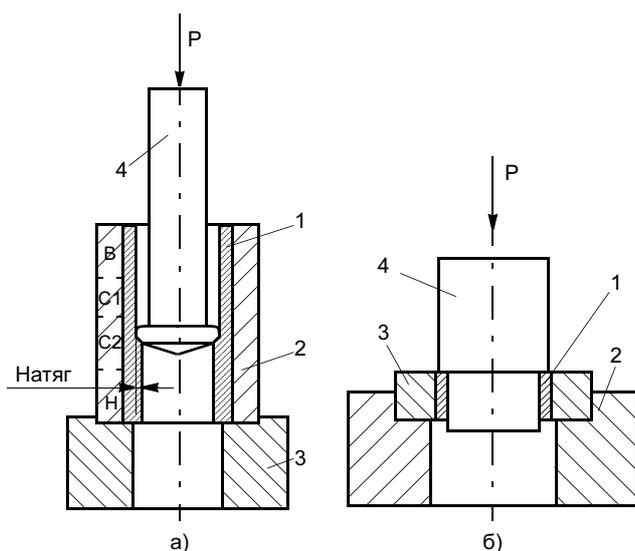


Рис. 2. Схема дорнования (а) и выпрессовки (б) бронзовой втулки

В этой ситуации температурные колебания всего гидрораспределителя (-20 — 80 °С) формируют зазор между стальным корпусом и запрессованной втулкой, что может нарушить работоспособность узла в целом.

В данной работе приведена технология бронзирования стальных корпусов, лишенная указанных недостатков, которая заключается в следующем: бронзовую втулку 1 соответствующих размеров по скользящей посадке устанавливают в корпус 2 на подставке 3 (рис. 2, а), затем на прессе Р-20 (максимальное усилие 200 кН в данном случае) специальной прошивкой (дорном) 4 осуществляют пластическую деформацию внутренней поверхности бронзовой втулки с разным натягом (дорнование). Далее заготовку корпуса гидрораспределителя подвергают вакуумному отжигу, который обеспечивает диффузионную сварку в соединении сталь — бронза.

Методика испытаний и исследований

При исследованиях из круга бронзы Бр.О12 диаметром 32 мм, полученного непрерывным литьем, изготовили партию бронзовых втулок высотой 50^{+1} мм, наружным диаметром $23,3^{-0,1}$ мм и внутренним диаметром $16^{-0,1}$ мм. Из стали 20 (корпусов подшипников) изготовили партию втулок высотой 45^{+1} мм, наружным диаметром $35^{-0,1}$ мм и внутренним диаметром $23,3^{+0,1}$ мм.

Затем бронзовые втулки после селективной подборки устанавливали в стальные корпуса так, чтобы зазор между бронзовой втулкой и корпусом обеспечивал скользящую посадку. Перед сборкой соответствующие поверхности промывали техническим спиртом. Далее изготавливали дорны с диа-

метром калибрующей поверхности 16,5, 17,0 и 17,5 мм, которые после дорнования бронзовой втулки (см. рис. 2, а) обеспечивали натяг — деформацию 0,25, 0,50 и 0,75 мм на сторону соответственно.

Кроме того, исследовали влияние резьбы, нанесенной на внутреннюю поверхность стальной втулки, на качество соединения корпус — втулка, для чего на внутреннюю поверхность стальных втулок наносили полную и неполную резьбу М24. Исследовали также влияние шага резьбы и шероховатости поверхности на прочность данного соединения.

После дорнования с заданным натягом проводили диффузионную сварку бронзовой втулки со стальным корпусом в вакуумной печи СШВЭ-1.2,5/25И2 при температуре 750 °С в течение 30 мин при вакууме не ниже 1,3 МПа.

Каждую втулку разрезали на четыре равные части и затем на трех (см. рис. 2, а) из них (В, С₁, Н) определяли прочность сцепления соединения сталь — бронза путем выпрессовки бронзовой втулки из корпуса пуансоном 4 (см. рис. 2, б). Показатель прочности сцепления — напряжение сдвига $\tau_{сдв}$ — определяли как частное от деления максимального усилия выпрессовки на площадь контакта втулка — бронза.

Микроструктуру бронзы после обработки выявляли методом химического травления. Для этого кольцо-свидетель С₂ (см. рис. 2) разрезали вдоль оси, полировали и травили реактивом следующего состава: 5 г FeCl₃ на 15 мл HCl и 100 мл дистиллированной воды. Структуру соединения сталь — бронза оценивали на оптическом микроскопе ПОЛАМ — Р312.

Также проводили сравнительные испытания трибологических свойств бронзы Бр.О12 после ее обработки. Испытания проводили на установке трения [5] по схеме диск — пальчиковые образцы в условиях граничной смазки. В качестве смазки использовали турбинное масло ТП-22. Материал диска — контртела — сталь ШХ-15 твердостью около 45 HRC. В каждом испытании использовали по три образца, имеющих форму брусков размером 6 × 6 × 11 мм, общая площадь контакта в зоне трения составляла в среднем 100 мм².

Испытания¹ проводили при скорости скольжения v , равной 1,30, 3,26 и 5,22 м/с. Удельное давление p в зоне трения на каждой скорости скольжения ступенчато повышали от 1 до 5 МПа с шагом 1 МПа. Продолжительность испытания в каждом случае составляла не менее 15 мин. Время приработки при этом колебалось от 40 до 150 мин. Максималь-

¹ Испытания коэффициента трения проведены инж. В. В. Илюшиным.

Состояние бронзовой втулки перед дорнованием	Натяг при дорновании, мм		
	0,25	0,50	0,75
	Прочность сцепления $\tau_{сдв}$, МПа		
Литье без термической обработки	28,1	12,6	208,1
Литье после отжига (500 °С, 30 мин)	234,9	185,4	221,3

Примечание. Погрешность определения $\tau_{сдв}$ не превышает 8 % измеряемой величины.

ные значения температуры в зоне трения при всех нагрузочно-скоростных режимах испытания не превышали 80 °С. Об окончании приработки судили по стабилизации момента трения и температуры.

Для каждого режима испытаний полученные значения силы трения F_T усредняли и по среднему их значению рассчитывали коэффициенты трения $f_{тр}$ по формуле $f_{тр} = F_{тр}/N$ (N — нагрузка на образцы). Погрешность сравнительных показателей $f_{тр}$ не превышала 4 % от полученных значений.

Результаты исследований и их анализ

Выполненные исследования показали, что процесс пластической деформации при дорновании существенно зависит от состояния бронзы перед дорнованием, т. е. от ее термической и механико-термической обработки. Структура литой бронзы Бр.О12 (рис. 3, а) двухфазная, светлый фон — α -твердый раствор олова в меди, включения — β -фаза, интерметаллид Cu_3Sn твердостью 40 HRC.

При пластической деформации такая бронза склонна к образованию трещин. Отжиг при 500 и 750 °С (рис. 3, б, в) переводит бронзу в однофазное состояние — количество β -фазы уменьшается, а наиболее гомогенное и пластичное состояние бронзы формируется после холодной деформации литой бронзы и последующего отжига при 750 °С, о чем свидетельствует высокая плотность двойников отжига в такой структуре (рис. 3, г). Именно такая структура и получается у бронзы Бр.О12 в зоне сопряжения ее со сталью после дорнования (холодная пластическая деформация) и вакуумного диффузионного отжига — диффузионной сварки.

Таким образом, при отработке технологии бронзирования

стальных втулок варьировали следующие параметры: исходное состояние бронзы, величину натяга при дорновании, наличие резьбы на стальной втулке (полная, неполная), шаг резьбы, шероховатость внутренней поверхности стальной втулки. Наиболее характерные результаты оценки прочности сцепления при диффузионной сварке гладких сопрягаемых поверхностей ($Ra \leq 2$ мкм) приведены в табл. 1.

Из табл. 1 следует, что с увеличением натяга $\tau_{сдв}$ в общем случае возрастает, при этом литая двухфазная бронза Бр.О12 (см. рис. 3, а) из-за пониженной пластичности не обеспечивает получение стабильных показателей $\tau_{сдв}$, в то время как в однофазном состоянии этой бронзы (рис. 3, в) стабильно высокие показатели обеспечиваются даже при малых натягах.

Анализ особенностей процесса адгезионного схватывания бронзы со сталью показал следующее. В классическом варианте [6] диффузионная сварка осуществляется при действии трех факторов одновременно: вакуума, температуры, давления. В рассматриваемом случае в зоне сопряжения возникают ориентированные внутренние напряжения (рис. 4).

Так, после дорнования в зоне сопряжения сталь — бронза сформировались остаточные ориентированные микронапряжения σ_1 , близкие к пределу упругости упрочненной деформацией бронзы. Их величина может превышать 100 МПа при

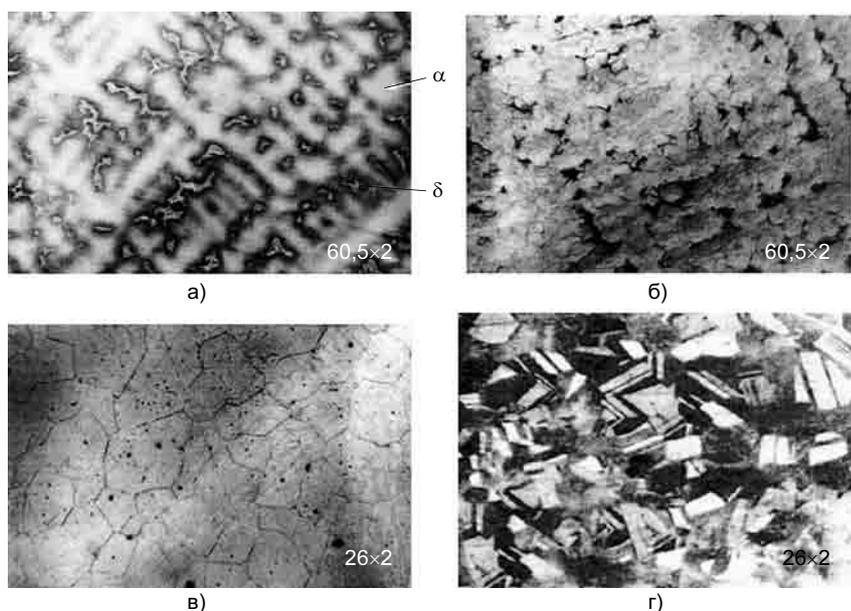


Рис. 3. Структура литой бронзы Бр.О12 в литом состоянии (а), после отжига при 500 °С в течение 30 мин (б) и при 750 °С в течение 30 мин (в), пластической деформации сжатием 29 % и последующего отжига при 750 °С в течение 30 мин (г)

Ra, мкм			Шаг резьбы, мм, при ее глубине 0,5 мм		
2,2	3,5	5,5	1	2	4
$\tau_{сдв}$, МПа					
12,1	26,1	30,6	88,5	51,7	29,3
Примечание. Дорнование осуществлялось с постоянным натягом 0,5 мм.					

20 °С, но с повышением температуры эти напряжения уменьшаются (см. рис. 4, б, кривую σ_1). Стальной корпус в результате дорнования испытывает деформацию растяжения пропорционально величине натяга.

При последующем нагреве упругость бронзы снижается и, соответственно, возникшие в результате дорнования напряжения σ_1 уменьшаются (см. рис. 4, б). Стальной корпус, растянутый дорнованием ($\varepsilon \approx 1,5\%$), сжимается (восстанавливается) и формирует благоприятные для сварки напряжения сжатия σ_2 ("возврат" корпуса в исходное до дорнования состояние). Из-за разности температурных коэффициентов линейного расширения бронзы и стали ($\alpha_{\text{Бр.О12}} > \alpha_{\text{стали}}$ на 20 %) в зоне сопряжения формируются напряжения сжатия σ_3 , и, наконец, при температуре выше A_1 (723 °С) стальная втулка умень-

шается в размерах за счет частичного превращения перлита в аустенит (П → А), формируя дополнительные напряжения сжатия зоны контакта σ_4 . Суммарные напряжения $\Sigma\sigma$, действующие в зоне сопряжения, — суперпозиция всех приведенных эффектов.

Таким образом, высокая прочность сцепления соединения Бр.О12 — сталь 20 (более 180 МПа) получена в результате вакуумной диффузионной сварки без приложения внешнего давления. По-существу, это давление

заменяют ориентированные напряжения в результате совместного действия четырех отмеченных факторов.

На рис. 5 приведены особенности зоны сопряжения сталь — бронза: для полученных соединений характерна волнистость, развивающаяся по мере увеличения натяга. Причиной ее формирования является структурное состояние стали 20, а именно: 80 % зерен феррита (≤ 100 НВ) и 20 % зерен перлита (≤ 200 НВ). Это приводит к тому, что в процессе дорнования деформируется не только бронза, но и сталь, и в первую очередь ее мягкая ферритная составляющая. Наблюдаемый рельеф зоны соединения, по-видимому, благоприятен для обеспечения достаточной прочности сцепления.

Если свариваемые поверхности "гладкие", то на прочность сцепления весьма существенно влияет шероховатость внутренней поверхности стальной втулки: чем она выше, тем выше прочность сцепления (табл. 2). Видимо, в данном случае могут иметь место элементы холодной сварки в соединении, и чем больше натяг при дорновании, тем вероятность холодной сварки выше.

В ряде случаев хорошее соединение сталь — бронза формируется после дорнования резьбовых соединений, однако это зависит от шага резьбы, ее глубины на внутренней поверхности стальной втулки. При этом, чем больше шаг резьбы, тем меньше прочность соединения (см. табл. 2).

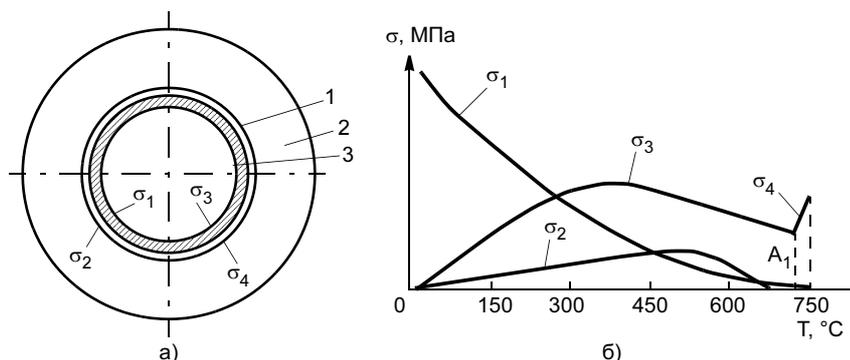


Рис. 4. Схема формирования напряжений в соединении сталь 20 — бронза Бр.О12: а — поперечное сечение образца; б — динамика изменения напряжений в процессе нагрева образцов

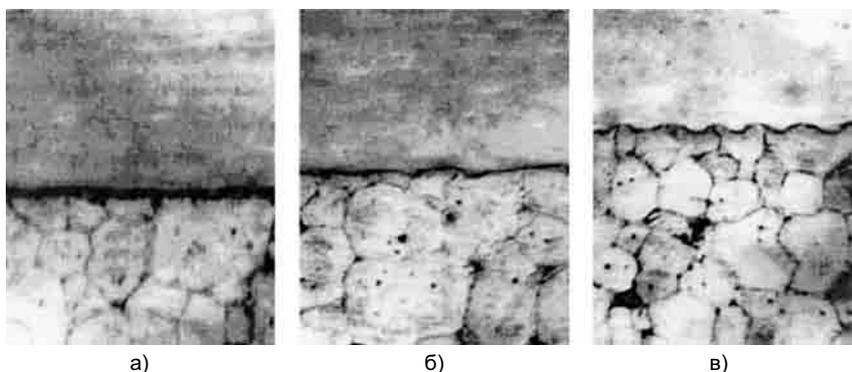


Рис. 5. Зависимость строения зоны контакта стали 20 (вверху) и бронзы Бр.О12 (внизу) после диффузионной сварки (750 °С, 30 мин) от величины натяга при дорновании гладких соединений: а—в — натяг равен 0,25, 0,50 и 0,75 мм соответственно

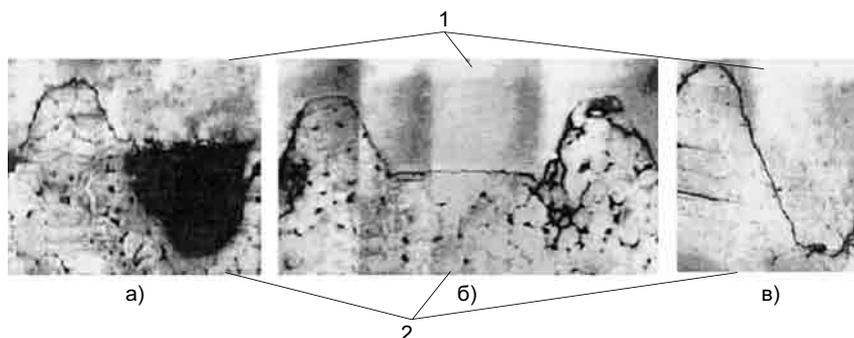


Рис. 6. Зависимость строения зоны контакта резьбовых соединений стали 20 (1) и бронзы Бр.О12 (2) после диффузионной сварки (750 °С, 30 мин) от величины натяга при дорновании соединений с неполной (а, б) и полной резьбой М24 : а—в — натяг равен 0,25, 0,75 и 0,50 мм

Наличие резьбы на сопрягаемых поверхностях, последующие дорнование и вакуумный отжиг таких резьбовых соединений не обеспечивают в общем случае повышение прочности сцепления по сравнению с гладкими поверхностями сопряжения сталь 20 — Бр.О12 (см. табл. 1, 3), что обусловлено, по мнению авторов, эффектом "срезания резьбы" на бронзовой втулке "стальной резьбой" при выпрессовке бронзовых втулок.

Характер структуры резьбовых соединений приведен на рис. 6. При дорновании резьбового соединения бронзы со сталью, когда резьба на стальной втулке неполная, величина натяга существенно влияет на площадь контакта сопрягаемых поверхностей после натяга. Малый натяг (см. рис. 6, а) не обеспечивает полного прилегания бронзы к внутренней резьбовой поверхности стальной втулки, вследствие чего прочность сцепления данного соединения существенно меньше, чем при натяге 0,75 мм (табл. 3), когда формируется плотное соединение бронзы со сталью (см. рис. 6, б). При полной же резьбе (см. рис. 6, в) натяг оказывает мень-

шее влияние на прочность резьбовых соединений (см. табл. 3, поз. 3, 4), но это влияние незначительно по сравнению с соединениями с неполной резьбой.

На заключительном этапе исследовали влияние режимов обработки бронзы на коэффициент трения $f_{тр}$ в зависимости от скорости скольжения и давления.

Значения коэффициентов трения (рис. 7) свидетельствуют о том, что фазовый состав и структура бронзы Бр.О12 (см. рис. 3, а, б) значительно влияют на коэффициент трения. Например, литая бронза при всех параметрах испытания имеет пониженный коэффициент трения — более высокий, чем подвергнутая другим способам обработки (см. рис. 7).

Таблица 3

Параметры резьбы на стальной втулке	Натяг при дорновании, мм		
	0,25	0,50	0,75
	$\tau_{сдв}$, МПа		
М24×1,5 $h_{выступов} = 0,5$ мм Неполная резьба	Литая бронзовая втулка без отжига		
	88,0	65,1	177,1
То же	Литая бронзовая втулка после отжига (500 °С, 30 мин)		
	92,2	142,1	156,0
М24×1,5 $h_{выступов} = 1,2$ мм	Литая бронзовая втулка без отжига		
	145,3	173,7	207,7
То же	Литая бронзовая втулка после отжига (500 °С, 30 мин)		
	166,0	188,4	188,3

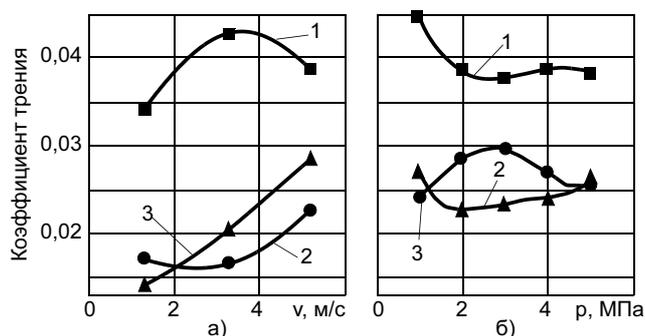


Рис. 7. Зависимость коэффициента трения от скорости скольжения при $p = 2,0$ МПа (а) и удельного давления при $v = 5,2$ м/с (б) для бронзы Бр.О12, подвергнутой различной обработке: 1 — отжиг (550 °С, 30 мин), последующая деформация на 19 % и отжиг (750 °С, 30 мин); 2 — деформация на 19 %, отжиг (750 °С, 30 мин) и последующая деформация на 13 %; 3 — литое состояние

Таким образом, подшипники скольжения (их макеты), изготовленные из литой бронзы Бр.О12 путем ее дорнования в стальном корпусе и последующей диффузионной сваркой в вакууме при 750 °С в течение 30 мин, обладают значительной прочностью сцепления соединения сталь — бронза и имеют удовлетворительный коэффициент трения в парах сталь — бронза.

Полученные результаты позволяют разработать рациональную технологию изготовления раз-

личных узлов трения с особо высокой адгезионной прочностью соединения сталь — бронза.

В настоящее время машиностроители настаивают на применении вакуумной обработки из-за ее сложности, однако в СССР такую обработку эффективно применяли на тысячах машиностроительных, металлургических предприятий. Предлагаемая технология и ее варианты могут и должны быть использованы там, где нет других альтернатив — литья, дуговой сварки, плазменного напыления, запрессовки и др.

ВЫВОДЫ

1. Предлагаемая технология бронзирования внутренних отверстий стальных корпусов гидрораспределителей и других подобных изделий обеспечивает высокую прочность сцепления стали и бронзы путем диффузионной сварки в вакууме без приложения внешнего давления.

2. Необходимое давление формируется за счет деформационных процессов, происходящих при дорновании и последующем нагреве изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ремизов Д. Производство биметаллических втулок. Одесса: Маяк, 1964. 48 с.
2. Волощенко Ю. И., Анбиндер А. Д. Изготовление биметаллических втулок. М. — Свердловск: Машгиз, 1961. 38 с.
3. Кочугов С. П., Потехин Б. А. Восстановление подшипников скольжения методами плазменного напыления // Наука — производство — технология — экология, г. Киров, 2002, с. 117.
4. Миронов А. Е., Никифоров В. А. О качестве бронзовых вкладышей подшипников скольжения моторно-осевых подшипников тепловозов // Вестник ВНИИЖТ. 2003. № 1.
5. Илюшин В. В., Потехин Б. А., Кочугов С. П. Стенд трения для исследования антифрикционных свойств плазменных покрытий // Сварка, наплавка и специализированное оборудование в ремонте и восстановлении деталей машин. Екатеринбург: УГТУ — УПИ, 2001. 58—59 с.
6. Диффузионная сварка материалов: Справочник / Под ред. Н. Ф. Казакова. М.: Машиностроение, 1981. 271 с.

УДК 621.791.763.1

Г. А. МЕНЬШИКОВ, д-р техн. наук, В. Г. АНТОНОВ, аспирант
"МАТИ" — РГТУ им. К. Э. Циолковского

Применение припоев при точечной контактной сварке соединений из алюминиево-магниевого сплава

Прочность соединений ответственного назначения, выполненных точечной контактной сваркой (ТКС), в большей степени определяется площадью взаимного расплавления свариваемых деталей — диаметром ядра точки [1]. Выявить размер точки, т. е. оценить качество соединения у алюминиево-магниевого сплава типа АМг6 без применения материала-свидетеля (МС), невозможно [2]. Проблемы неразрушающего контроля (НК) качества и повышения прочности соединений сплавов на основе алюминия освещены во многих работах [3—6]. Проблема НК для ТКС решена путем создания на границе ядра точки зоны химической неоднородности, выявляемой рентгенографией [1, 2]. Одним из направлений повышения прочности точечных соединений является применение сварнопаяных конструкций [3]. В качестве рентгеноконтрастного МС для алюминиево-магниевого сплава использовали ленту из сплавов СrА10 и 01415 (ОСТ 92-1123—83). В последнее время централизованное производство этих материалов прекращено, а возобновлять его вновь для единичных заказов нецелесообразно. Рациональным решением может быть применение серийных припоев, частично доработанных по составу и толщине. При этом одновременно могут

быть решены две задачи — контроля и повышения прочности соединения.

Применение оптимизированного по составу припоя в качестве МС-ленты позволит выявить непрочность при ТКС и повысить прочность соединения за счет образования паяного ободка на периферии точки.

При расчете температурных полей сплава АМг6 показано, что на периферии ядра точки в зоне уплотнительного пояса развиваются высокие температуры от 350 до 730 °С, достаточные для расплавления среднеплавких припоев [5, 6].

В данной работе исследовали возможность применения припоев систем Al—Ge—Si, Al—Y—Si и припоя ВПр 27 в качестве МС.

Таблица 1

Припой (МС-ленты)	Система	Размер МС-ленты, мм		Температура плавления $T_{пл}$, °С
		Толщина	Ширина	
Сплав 1	Al—Ge—Si	0,05	100	600
Сплав 2	Al—Y—Si	0,05	100	550
ВПр 27	Al—Ni—Cr—В	0,06	20	450

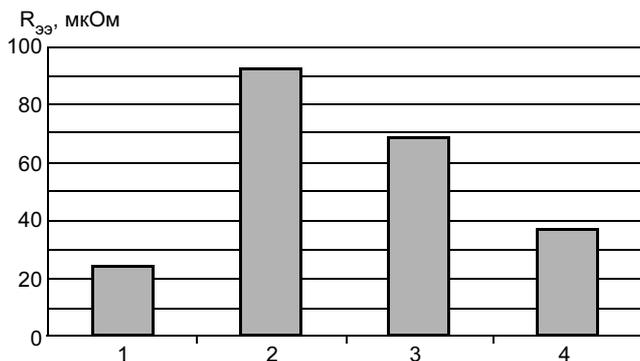


Рис. 1. Диаграмма значений электрических сопротивлений $R_{ээ}$ сварных точечных соединений АМг6 + МС-лента + АМг6: 1 — без МС; 2 — с МС-лентой из припоя ВПр 27; 3, 4 — с МС-лентой из сплавов систем Al—Ge—Si и Al—Y—Si соответственно

Технология изготовления припоев в виде лент, предназначенных для ТКС, заключается в следующем. Полосы из заготовок толщиной 5—6 мм и длиной 60—100 мм подвергают прокатке при температуре до 450 °С. За первый проход получают заготовки толщиной 3 мм и длиной 100—150 мм, затем в холодную на стане получают рулон ленты толщиной 1,2—1,5 мм. После отжига при 300—350 °С в течение 2 ч толщину ленты доводят до 0,5—0,8 мм и отжигают. На заключительном этапе методом пакетной прокатки получают ленту толщиной 0,04—0,06 мм. Характеристики полученных материалов приведены в табл. 1.

При проведении исследований после подготовки поверхности деталей под сварку измеряли электрическое сопротивление на участке электрод—электрод $R_{ээ}$ по стандартной методике [2]. Результаты измерений приведены на рис. 1. Видно, что электрическое сопротивление на участке электрод—электрод пластин (1,8 + 1,8) и (1,8 + 0,5) мм и МС-лент не превышает максимально допустимого значения 120 мкОм для сварки алюминиевых сплавов [1, 2].

Экспериментальные исследования по оценке контрастности на рентгеновских пленках с точечными сварными соединениями показали, что ядро точки выявляется отчетливо (рис. 2). Средние разрушающие нагрузки одноточечных сварных образцов при испытании на срез $P_{МС}$ и отрыв $N_{МС}$ с применением МС и без него приведены в табл. 2.

Из табл. 2 следует, что механические характеристики точечных соединений с применением МС в среднем увеличились на 7—15 % при высокой стабильности этих показателей.

Металлографическими исследованиями установлено, что соединения с МС-лентами характеризуется хорошим (порядка 60—70 %) проплавлением (рис. 3) и незначительным (на 1,5—2,0 % от диаметра ядра) внедрением материала МС в литую зону ядра точки.

Алюминиево-магниевого сплавы отличаются хорошей коррозионной стойкостью (общей, под напряжением и при других видах коррозионного разрушения) и удовлетворительной сопротивляемостью коррозионному разрушению в морской воде. К недостаткам сплавов типа АМг6 относится их чувствительность к межкристаллитной коррозии и коррозии под напряжением при неблагоприятных условиях термической обработки.

Одной из главных причин ухудшения коррозионной стойкости является выпадение β -фазы (Mg_5Al_8) по границам зерен, потенциал которой более электроотрицательный по сравнению с потенциалом α -твердого раствора.

Сплавы системы Al—Mg очень чувствительны к коррозии под напряжением, если в их структуре присутствуют тонкие (нитевидные) выделения β -фазы по границам зерен (рис. 4, а). Коррозионная стойкость у сплавов с бисерным расположением выделения по границам зерен (рис. 4, б, в) удовлетворительная.

Этот эффект подтверждают работы W. Patterson и других исследователей (P. Brenner, A. Roth, E. Ragunan), а также работы, выполненные С. М. Амбарцумян.

Достаточно четкое представление об ожидаемом поведении сварных соединений в заданных эксплуатационных условиях можно получить, используя электрохимические методы коррозии. Они сводятся к нахождению электродных потенциалов участков соединений. В связи с наличием неоднородностей (металла, поверхности, напряженного состояния), вызванных воздействием процесса сварки, соединения характеризуются повышенной

Таблица 2

Свариваемый материал + МС	Сочетание толщин, мм	$P_{МС}$, даН	v_p , %	v_n , %	$N_{МС}$, даН	Отношение исходной прочности (без МС) к прочности с МС			
						$P/P_{МС}$	%	$N/N_{МС}$	%
АМг6 + сплав 1	1,8 + 0,5	145	3,2	4,0	75	127/140	10,2	70/75	7,1
АМг6 + сплав 2	1,8 + 0,5	140	2,8	3,5	75	120/140	16,7	65/75	15,4
АМг6 + ВПр 27	1,8 + 0,5	115	2,1	3,3	67	105/115	9,5	60/67	11,7

Примечание. Сварку производили на машине постоянного тока МТВ-8002 ($I_{св} = 32 \div 39$ кА; $F_{св} = 800$ даН; $t_{св} = 0,10 \div 0,14$ с; радиус сферы электрода $R_{сф} = 100/20$ мм).
Обозначение. v_p, v_n — коэффициенты вариации разрушающих нагрузок на срез и отрыв из 10 испытаний соответственно.

Рис. 2. Рентгенограммы сварных образцов из сплава АМг6 при сочетании толщин (1,8 + 1,8) мм без МС-ленты (а) и с МС-лентой припоя ВПр 27 (б) и сплавов систем Al—Ge—Si (в) и Al—Ge—Y (г)

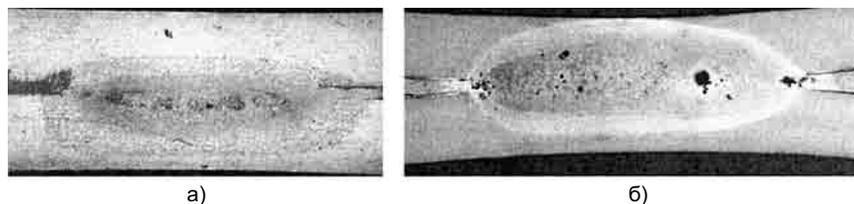
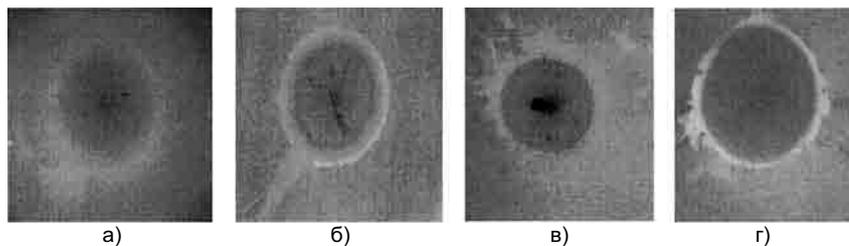
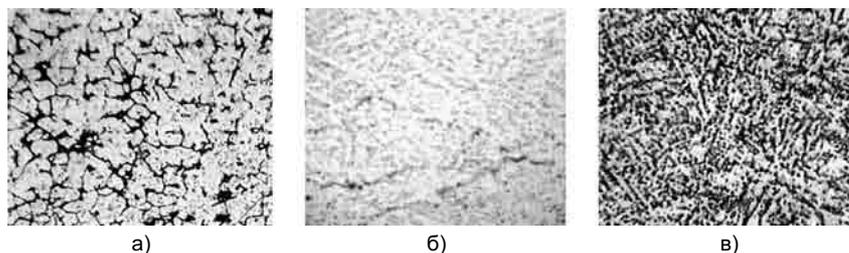


Рис. 3. Типовые макрошлифы сварных точек из сплава АМг6 при сочетании толщин (1,8 + 1,8) мм с применением МС-ленты из сплавов систем Al—Ge—Si (а) и Al—Ge—Y (б)

Рис. 4. Микроструктура (×300) сплава АМг6 с нитевидным выделением второй фазы (а) и бисерным расположением фаз, полученных при сварке с применением МС-лент из сплавов систем Al—Y—Si (б) и Al—Ge—Si (в)

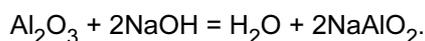


по сравнению с основным металлом электрохимической неоднородностью: при этом возможны различные соотношения между электродными потенциалами различных зон и, следовательно, различная стойкость против коррозионных разрушений.

Для определения величины местного электродного потенциала на неоднородной поверхности соединения применяли капельный метод. Этот метод позволяет выделить анодные участки и определить ожидаемые зоны разрушения.

При измерении электродных потенциалов в качестве электрохимического щупа использовали хлорсеребряный электрод, обладающий постоянным и хорошо воспроизводимым потенциалом.

Стандартный потенциал алюминия отрицательный (−0,571 В), т. е. алюминий в термодинамическом отношении весьма неустойчивый металл. В нейтральных растворах возможна его коррозия в результате не только кислородной, но и водородной деполяризации. Вместе с тем алюминий обладает высокой способностью к пассивированию с образованием защитной пленки Al_2O_3 , от свойств которой в значительной степени зависит его коррозионная стойкость. Алюминий неустойчив в кислых и щелочных средах. В щелочных средах происходит растворение защитной пленки с образованием растворимого алюмината:



На рис. 5 приведены электродные потенциалы сварных точек сплава АМг6 с сочетанием толщин в свариваемом пакете (1,8 + 1,8) мм и точечных соеди-

нений из того же сплава с применением МС-ленты с сочетанием толщин в пакете (1,80 + 0,04 + 1,80) мм, где толщина 0,04 мм соответствует рентгеноконтрастной ленте из припоев системы Al—Ge—Si или Al—Y—Si. Видно, что наиболее вероятной зоной коррозионных поражений являются периферийные участки сварной точки, которые несут основную нагрузку при механических нагружениях. Таким образом, добавки-модификаторы, регулирующие процесс кристаллизации и внесенные при

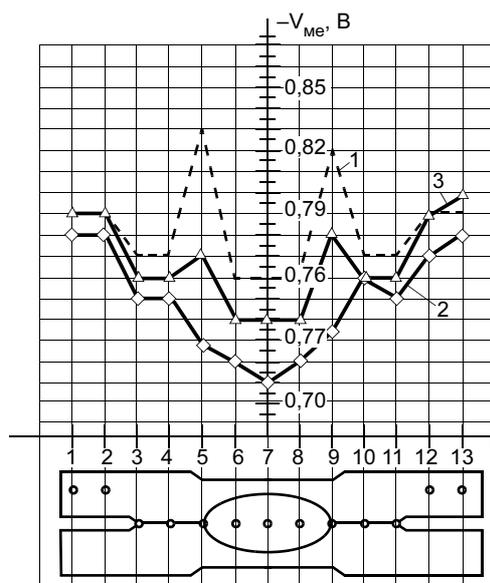


Рис. 5. Стандартные электродные потенциалы в точечных соединениях сплава АМг6, полученных без (1) и с применением МС-лент из сплавов систем Al—Y—Si (2) и Al—Ge—Si (3)



Рис. 6. Участок точечного соединения на периферии ядра точки сплава АМг6 толщиной (1,8 + 1,8) мм с рентгеноконтрастным МС из сплава системы Al—Y—Si. ×20

применении МС-ленты (припоя), вызывают заметное диспергирование зерен, повышают коррозионную стойкость металла. Примеси и добавки, не растворяющиеся в основном металле, концентрируются на поверхности раздела и образуют межкристаллитную прослойку (МКП).

Применение рентгеноконтрастных МС-лент способствует не только четкому проявлению диаметра точки на рентгенограмме, но и повышению коррозионной стойкости сплава против воздействия в агрессивных средах благодаря образованию сварнопаяного соединения. На рис. 6 приведено паяное соединение, которое получается за счет расплавления МС-ленты в контакте, смачивания берегов зазора — формирования галтели на периферии ядра точки. Пропаиванный поясик контакта надежно защищает сварное соединение от воздействия окружающей среды, добавки иттрия также повышают сопротивление сплавов к окислению и высокотемпературной коррозии, оказывая благоприятное действие на поведение сплавов в агрессивных средах.

ВЫВОДЫ

1. Установлена возможность применения припоев систем Al—Ge—Si и Al—Y—Si в качестве материалов-свидетелей для контроля качества точечных соединений.

2. При сварке исследуемых сплавов с применением припоев, принятых в качестве материалов-свидетелей — МС-лент, обеспечивается хорошее (60—70 %) симметричное проплавление пластин.

3. В соединениях с применением МС-лент в связи с близкими значениями температур плавления материала-свидетеля и свариваемого материала не наблюдается внедрения материала ленты в литую зону ядра точки.

4. Применение припоев при точечной контактной сварке конструкционных материалов на оптимальных режимах позволяет повысить прочностные характеристики сварных соединений на 7—15 % и их стабильность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Технология и оборудование контактной сварки* / Под общ. ред. Б. Д. Орлова. 2-е изд. М.: Машиностроение, 1986. 352 с.
2. *Контроль точечной и роликовой электросварки* / Б. Д. Орлов, П. Л. Чулошников, В. Б. Верденский и др. М.: Машиностроение, 1973. 304 с.
3. Дубовик А. С., Месяцев П. П., Сидорина Г. Н. Применение сварнопаяных соединений в приборостроении // *Сварочное производство*. 1975. № 12. С. 25—26.
4. Чакалев А. А., Царьков Г. П. Повышение эффективности контроля диаметра точки при контактной сварке с помощью материалов-свидетелей // *Сварочное производство*. 1970. № 5. С. 27—28.
5. Чакалев А. А., Серегин М. Д., Царьков Г. П. Оценка теплового состояния металла при точечной сварке с помощью ЭВМ // *Сварочное производство*. 1973. № 10. С. 9—12.
6. Чакалев А. А., Меньшиков Г. А. Точечная сварка деталей неравной толщины // *Новое в технологии контактной сварки*. М.: Машиностроение, 1981. 44 с.
7. Шаталов А. Я., Маршаков И. К. *Практикум по физической химии*. М.: Высшая школа, 1968. 214 с.

УДК 621.791:621.795.4

**С. И. ГОЛОВИН, аспирант, В. А. АВЕРЧЕНКО, аспирант,
Л. Г. ПОПОВИЧ, канд. экон. наук, А. Ф. ПУЗРЯКОВ, д-р техн. наук
МГТУ им. Н. Э. Баумана**

Математическая модель сверхзвукового воздушно-плазменного напыления

Проанализировав особенности и пути возможного применения методов газотермического напыления покрытий с учетом экономической целесообразности их использования в массовом производстве, можно сделать вывод, что наиболее перспективными являются сверхзвуковые методы напыления: газопламенный, детонационный и плазменный (см. таблицу).

Основным недостатком дозвуковых методов является низкая прочность сцепления покрытия с материалом основы и высокая пористость [1]. Среди сверхзвуковых методов газотермического нанесения покрытий наиболее универсальным и прогрессивным является плазменный. Сверхзвуковая слабонедорасширенная плазменная струя кроме высокой скорости на срезе сопла (1500—3000 м/с)

Напыление покрытий	Температура струи (дуги), К	Скорость струи, м/с	Скорость напыляемых частиц, м/с	Прочность сцепления, МПа	Стоимость энергозатрат на напыление толщиной 0,1 мм, руб/м ²
Газопламенное	2400—2800	30—160	30—50	10—25	12 000
Детонационное	2400—2800	2700—2950	700—850	75—100	40 000
Плазменное:					
Ar—N ₂	6000—20 000	800—1400	40—120	20—80	4900
воздух	3000—12 000	200—1500	40—250	15—100	1900
Сверхзвуковое газопламенное	2400—2800	1500—3000	500—750	>80	36 000
Сверхзвуковое воздушно-плазменное	2500—12 000	1500—3000	450—800	>80	5700

характеризуется значительной протяженностью (в 1,5—2,0 раза большей, чем дозвуковой струи) и малым углом раскрытия (5—7°) двухфазного потока [2].

Профиль скоростей частиц при сверхзвуковом напылении более полный и равномерный по сравнению с дозвуковым. Помимо удовлетворения эксплуатационных требований к покрытию технологический процесс должен быть экономически эффективным. Как следует из таблицы, воздушно-плазменное напыление является самым дешевым, находясь по своим свойствам на уровне других сверхзвуковых методов. Для повышения прочности сцепления покрытия с подложкой и уменьшения толщины оксидной пленки на поверхности напыленных частиц (рис. 1) следует стремиться к увеличению их кинетической энергии при степени разогрева 0,8—1,0 от температуры плавления частиц $T_{ч\text{пл}}$. При такой температуре вязкость частиц уже не препятствует их растеканию.

Для определения скорости и температуры плазмообразующего газа, параметров движения и нагрева частиц в нем разработана универсальная математическая модель. Она позволяет решать на ЭВМ задачи в области слабонедорасширенных струй со степенью нерасчетности давления плазмообразующего газа $1 < n < 2—3$ и числом Маха на выходе из сопла $1 < M_a < 3$. Хотя такие струи начали изучать доста-

точно давно и имеется большое число экспериментальных работ, обобщающее исследование пока отсутствует. Расчеты с помощью математической модели были произведены в вычислительной системе MathCad, расчетные величины приводятся в системе СИ, если не указано другое.

Согласно работе [3], следует различать струйное и "канальное" сверхзвуковое напыление. При подаче напыляемого материала в струю разброс скоростей частиц перед подложкой изменяется от нуля до максимального значения на оси струи. В отличие от струйного при "канальном" сверхзвуковом напылении плотность покрытия и прочность сцепления его с основой значительно выше. В таком случае порошок вводится в поток несколько выше среза сопла и частицы движутся в канале нагреваясь, а затем входят в струю.

По характеру изменения газодинамических параметров при

сверхзвуковом истечении струю условно делят на три участка: начальный (газодинамический), переходный и основной [4]. На начальном участке влияние вязкости и теплопроводности сказывается в основном только в пределах пограничного слоя [5], для которого характерно наличие волновой структуры. Снижение полного давления приводит к уменьшению диапазона изменения параметров в "бочках", пока не установятся их постоянные значения [2].

На основном участке статическое давление становится равным давлению окружающей среды, а профили параметров определяются закономерностями распространения дозвуковых струй. Для режима с недорасширением газа реализуется картина течения, приведенная на рис. 2. Очертания бочкообразных структур под действием вязкости, диффузии, теплопроводности и волновых потерь постепенно размываются. Количество таких структур зави-

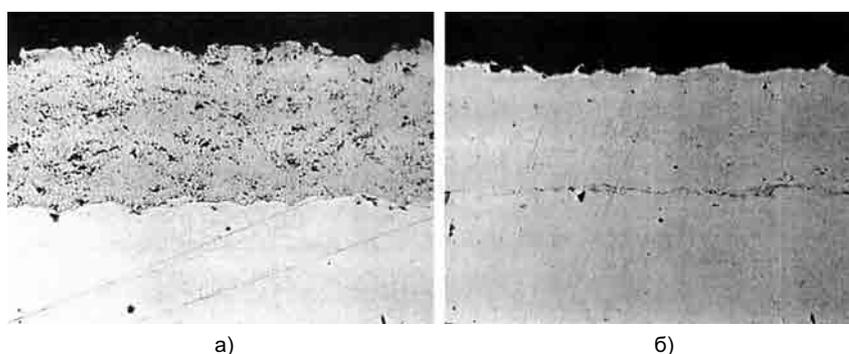


Рис. 1. Шлифы покрытий при дозвуковом (а) и сверхзвуковом (б) плазменном напылении высоколегированной стали FeCrNiBSi

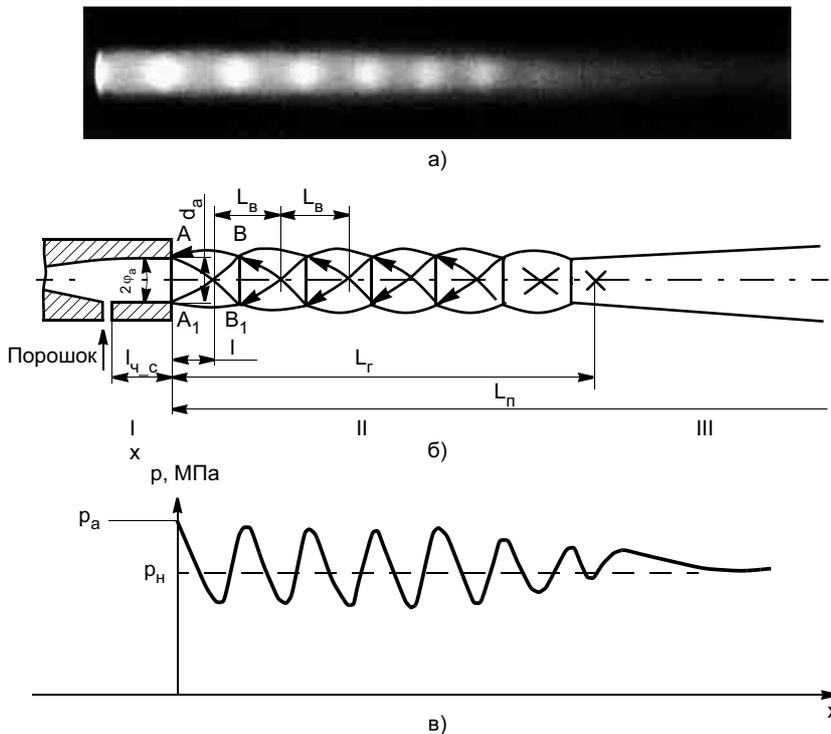


Рис. 2. Фотография (а) и схема (б) течения сверхзвуковой недорасширенной струи с регулярным отражением скачка уплотнения, схема распределения статических давлений вдоль оси (в)

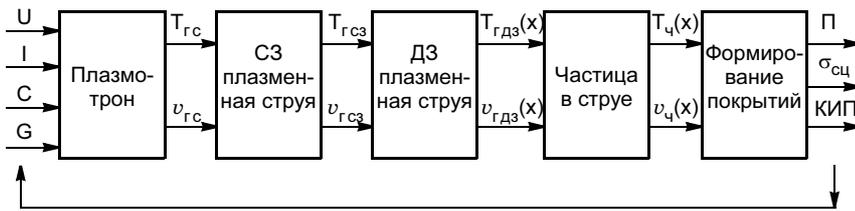


Рис. 3. Стадии расчета плазменного напыления при построении математической модели (П — пористость; КИП — коэффициент использования порошка)

сит от условий течения и оказывается тем больше, чем слабее проявляются диссипативные потери.

Условно принимают, что газодинамический участок ограничивается точкой минимума статического давления последнего волнового колебания. Положение этого сечения относительно среза сопла в диаметрах выходного сечения сопла определяется эмпирической формулой, адаптированной авторами для течений с малым недорасширением $n < 2$ и числом Маха $1 < M_a < 3$ [6]:

$$L_T = l + 6L_B,$$

где l — положение точки отражения падающего скачка уплотне-

ния; L_B — длина периодической структуры (волны).

При регулярном отражении падающего скачка уплотнения и $M_a > 1$ определяют расстояние от среза сопла до точки падающего скачка уплотнения в диаметрах выходного сечения сопла [6]

$$l = \left(\frac{n}{1,2 + 0,25n} \right) \sqrt{k_a(M_a^2 - 1)}.$$

Затем определяют длину волны колебаний параметров струи плазмообразующего газа в диаметрах выходного сечения сопла [6]

$$L_B = (1,05\sqrt{n} - 0,1) \sqrt{k_a(M_a^2 - 1)},$$

где k_a — показатель адиабаты плазмообразующего газа в сверхзвуковой цилиндрической части сопла.

Поток плазмообразующего газа с частицами делится на три расчетных участка (см. рис. 2, б): *I* — от ввода частиц до среза сопла; *II* — газодинамический сверхзвуковой участок струи от среза сопла до перехода в дозвуковое течение и *III* — участок дозвукового течения струи к подложке.

Переходными участками пренебрегаем ввиду их малости и для упрощения расчетов до степени, допустимой для решения инженерных задач.

Рассчитаем геометрические параметры сопла [7]:

— расходный комплекс

$$\beta = \frac{\sqrt{R_k T_k}}{A_{кр}},$$

где R_k — газовая постоянная плазмообразующего газа в камере плазмотрона; T_k — температура плазмообразующего газа в камере плазмотрона; $A_{кр}$ — констан-

та, равная $\sqrt{k_{кр}} \left(\frac{2}{k_{кр} + 1} \right)^{\frac{k_{кр} + 1}{2(k_{кр} - 1)}}$

($k_{кр}$ — показатель адиабаты плазмообразующего газа в критической части сопла).

Площадь сечения в критической части сопла

$$F_{кр} = \frac{G_T \beta}{\rho_k},$$

где G_T — массовый расход плазмообразующего газа; ρ_k — статическое давление плазмообразующего газа в камере плазмотрона.

Диаметр сечения в критической части сопла

$$d_{кр} = \sqrt{\frac{4F_{кр}}{\pi}}.$$

Диаметр сечения в сверхзвуковой части сопла

$$d_a = \sqrt{\frac{4F_{отн} F_{кр}}{\pi}},$$

где $F_{\text{отн}}$ — относительная площадь выходного сечения сопла.

Температуру и скорость напыляемых частиц рассчитывают в последовательности, приведенной на рис. 3.

Ускорение плазмы до сверхзвуковых скоростей происходит аналогично ускорению газа в результате преобразования тепловой энергии в кинетическую.

В данной работе для решения задачи о взаимодействии потока с напыляемыми частицами приняты следующие допущения:

- течение газа установившееся;
- газ является идеальным и химически нейтральным;
- свойства газа неизменны в каждой расчетной области и не зависят от температуры (учитывают их осредненные значения);
- параметры газовой фазы принимают осредненными между "замороженным" и равновесным составами на всех участках движения частиц;
- присутствие частиц конденсированной фазы в плазме не влияет на термодинамические и теплотехнические свойства газа;
- для температуры и скорости газа в сверхзвуковой части струи принимают их осредненные значения ввиду инерционности изменения температуры и скорости частицы;
- модель течения одномерная;
- частицы имеют сферическую форму;
- состав дисперсной фазы монофракционный;
- объем, занимаемый частицами, пренебрежимо мал;
- градиент температуры по радиусу частицы отсутствует;
- фазовые превращения отсутствуют (испарения частиц не наблюдается);
- частицы не взаимодействуют друг с другом и со стенкой сопла;
- радиационные тепловые потоки от газа к частице пренебрежимо малы.

Тепловые потери мощности в плазматроне

$$N_{\text{пот}} = (1 - \eta)N_{\text{эл}},$$

где η , $N_{\text{эл}}$ — кпд и электрическая мощность плазматрона. Удельная энтальпия плазмообразующего газа

$$H_{\text{уд}} = \frac{N_{\text{эл}} - N_{\text{пот}}}{G_{\text{г}}}.$$

Ввиду принятых допущений скорость $v_{\text{гс}}$ и температура $T_{\text{гс}}$ плазмообразующего газа на сверхзвуковом (СЗ) цилиндрическом участке сопла с координатами $x_{\text{гс}} = [-l_{\text{чс}}, 0]$ будут постоянными. Здесь $l_{\text{чс}}$ — расстояние заглубления точки ввода частиц от среза сопла. В сверхзвуковой цилиндрической

части сопла $v_{\text{гс}}$ и $T_{\text{гс}}$ учитывают для давления p_a плазмообразующего газа.

На газодинамическом сверхзвуковом участке струи с координатами $x_{\text{гсз}} = (0, l_{\text{г}}]$ скорость $v_{\text{гсз}}$ и температуру $T_{\text{гсз}}$ газа принимают постоянными ($l_{\text{г}} = L_{\text{г}}d_a$). Причем $v_{\text{гсз}}$ и $T_{\text{гсз}}$ принимают для давления плазмообразующего газа, равного статическому давлению p_n окружающей среды.

На дозвуковом (ДЗ) участке струи с координатами $x_{\text{гдз}} = [l_{\text{г}}, L_{\text{п}}]$ температура и скорость газа определяются следующими формулами ($L_{\text{п}}$ — расстояние от среза сопла до подложки):

$$T_{\text{гдз}} = \frac{T_{\text{гсз}}}{\left[\frac{0,55 C_0 (x - l_{\text{г}}) T_{\text{гсз}}}{\frac{d_a}{2} T_n} + 1 \right]^{\frac{2}{3}}};$$

$$v_{\text{гдз}} = \frac{a_{\text{гсз}}}{\left[\frac{0,55 C_0 (x - l_{\text{г}}) T_{\text{гсз}}}{\frac{d_a}{2} T_n} + 1 \right]^{\frac{2}{3}}},$$

где C_0 — экспериментальная константа, равная для азота, аргона и воздуха с добавкой углеводородного газа 0,001, 0,01 и 0,005 соответственно; T_n — температура окружающей среды; $a_{\text{гсз}}$ — скорость звука в начале дозвукового участка струи при температуре конца сверхзвукового участка $T_{\text{гсз}}$.

Необходимо обратить внимание на прерывистость графика скорости плазмообразующего газа (рис. 4). Разрывы обусловлены малостью и пренебрежением переходным участком. Точками показано реальное распределение падения скорости.

Экспериментальные исследования показали, что частицы в потоке плазмы ускоряются в основном за счет сил вязкости и динамического напора. Уравнения движения и теплообмена частиц имеют следующий вид:

$$m_{\text{ч}} \frac{d}{dt} v_{\text{ч}} = \frac{C_x \rho_{\text{г}} (v_{\text{г}} - v_{\text{ч}}) |v_{\text{г}} - v_{\text{ч}}|}{2} \frac{\pi d_{\text{ч}}^2}{4};$$

$$m_{\text{ч}} \frac{d}{dt} H_{\text{удч}} = \alpha (T_{\text{г}} - T_{\text{ч}}) \pi d_{\text{ч}}^2,$$

где $v_{\text{ч}}$, $d_{\text{ч}}$, $T_{\text{ч}}$, $H_{\text{удч}}$ — скорость, диаметр, температура и удельная энтальпия частицы массой $m_{\text{ч}}$ соответственно; C_x , α — коэффициенты сопротивления и теплоотдачи данной частицы; $v_{\text{г}}$, $\rho_{\text{г}}$, $T_{\text{г}}$ — скорость, плотность и температура плазмообразующего газа соответственно.

Переходя к производной по координате x и учитывая, что

$$m_{\text{ч}} = \frac{\pi d_{\text{ч}}^3 \rho_{\text{ч}}}{6}; \quad dH_{\text{удч}} = C_{\text{ч}} dT_{\text{ч}},$$

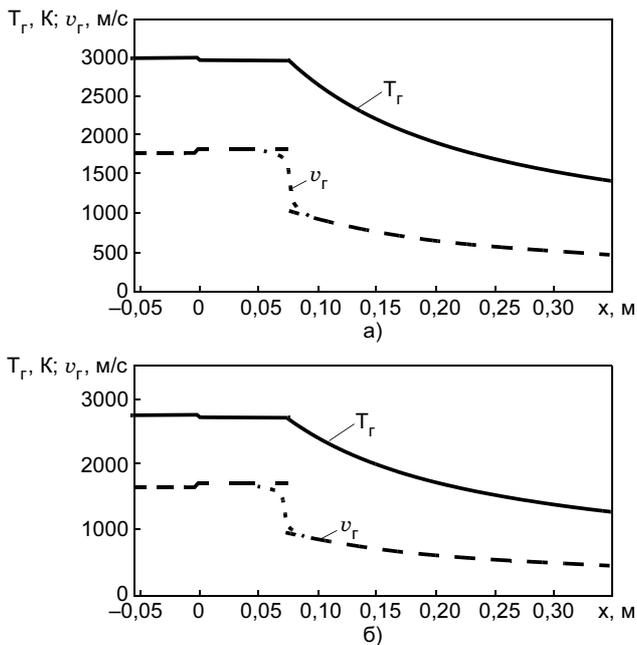


Рис. 4. Изменение скорости и температуры плазмообразующего газа (воздух с добавкой 6 % пропана) в сверхзвуковой части сопла и струе плазмоторона при мощности плазмоторона 60 (а) и 40 (б) кВт

($\rho_{\text{ч}}$, $C_{\text{ч}}$ — плотность и теплоемкость частиц), получим

$$\frac{d}{dx} v_{\text{ч}} = \frac{3C_{\text{ч}}\rho_{\text{г}}(v_{\text{г}} - v_{\text{ч}})|v_{\text{г}} - v_{\text{ч}}|}{4\rho_{\text{ч}}d_{\text{ч}}v_{\text{ч}}};$$

$$\frac{d}{dx} T_{\text{ч}} = \frac{6\alpha(T_{\text{г}} - T_{\text{ч}})}{v_{\text{ч}}C_{\text{ч}}\rho_{\text{ч}}d_{\text{ч}}}.$$

Система дифференциальных уравнений решается численно в вычислительной системе MathCad.

Коэффициенты сопротивления и теплоотдачи могут быть определены по зависимостям, учитывающим влияние инерционных сил. Коэффициент сопротивления

$$C_x = \frac{24}{Re} + \frac{4,4}{\sqrt{Re}} + 0,42,$$

где Re — число Рейнольдса. Коэффициент теплоотдачи

$$\alpha = \frac{Nu\lambda_{\text{г}}}{d_{\text{ч}}},$$

где Nu — число Нуссельта; $\lambda_{\text{г}}$ — коэффициент теплопроводности газа.

Величины C_x и Nu определяются с учетом сил вязкости и инерционных сил. Для расчета коэффициента конвективной теплоотдачи при вынужденной конвекции используют критерий Прандтля, равный $\frac{\eta_{\text{г}}C_{\text{рг}}}{\lambda_{\text{г}}}$, где $C_{\text{рг}}$ — удельная теплоемкость газа при постоянном давлении.

В процессе численного эксперимента моделировали варианты задачи со следующими вводными параметрами двухфазного потока, истекающего в затопленное пространство:

- общая мощность плазмоторона $N_{\text{эл}} = 20 \div 80$ кВт;
- плазмообразующий газ — воздух;
- КПД плазмоторона 0,6;
- расход плазмообразующего газа $G_{\text{г}} = 9 \div 18$ г/с;
- статическое давление плазмообразующего газа в камере, плазмообразующего газа в сверхзвуковой цилиндрической части сопла и окружающей среды равно соответственно 0,5, 0,11 и 0,1 МПа;
- расстояние заглубления точки ввода частиц от среза сопла $l_{\text{чс}} = 15 \div 55$ мм;
- расстояние от среза сопла до подложки $L_{\text{п}} = 150 \div 350$ мм;
- температура окружающей среды 291 К;
- диаметр частиц порошка $d_{\text{ч}} = 30 \div 70$ мкм.

В качестве базовых были приняты следующие варианты покрытий: корунд Al_2O_3 и нихром NiCr. Они сильно отличаются по теплопроводности и теплоемкости, недороги, широко применяются и могут служить своего рода примерами наиболее распространенных материалов для напыления с точки зрения нагрева и разгона их в плазменной струе.

Из результатов расчета следует, что крупные частицы Al_2O_3 (70 мкм) недостаточно разогреваются при мощности плазмоторона 60 кВт, а температура частиц диаметром 30 мкм даже при мощности плазмоторона 40 кВт достигает диапазона $(0,8-1)T_{\text{чпл}}$. Для более тяжелых частиц NiCr диаметром 30 мкм с меньшей теплоемкостью для их разгона и разогрева достаточно мощности 20 кВт. Однако с точки зрения экономии средств лучше использовать более дешевый порошок грануляцией 50—70 мкм, подняв мощность плазмоторона до 40 кВт. Увеличение расхода электроэнергии обходится дешевле, чем покупка более мелких фракций порошка.

Из анализа результатов численного эксперимента (рис. 5) следует, что основной рост температуры и скорости частиц происходит на дистанции до 100 мм. Далее изменения незначительны. Изменение расхода плазмообразующего газа незначительно влияет на параметры частиц, а при использовании в качестве плазмообразующего газа воздуха цена покрытия увеличивается незначительно.

Результаты численного эксперимента показывают, что увеличение расстояния заглубления точки ввода материала от среза сопла $l_{\text{чс}}$ оказывает небольшое влияние на параметры частиц. При увеличении заглубления от 15 до 55 мм температура частиц перед подложкой увеличивается в среднем на 6 %, а скорость — на 12 %. Однако конструктивные трудности обеспечения ввода частиц глубоко в сопло возрастают многократно. Это приводит к ус-

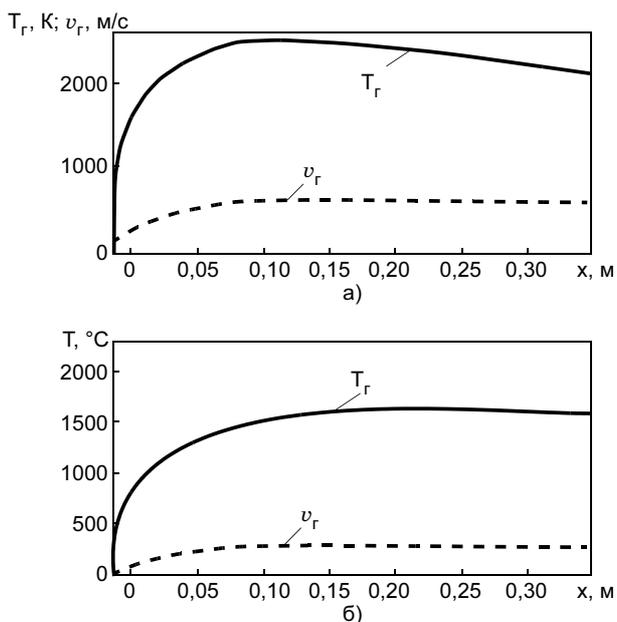


Рис. 5. Изменение скорости и температуры частиц порошка при расходе плазмообразующего газа 9 г/с и расстоянии заглупления точки ввода частиц от среза сопла 15 мм: а — частицы порошка Al_2O_3 диаметром 30 мкм, мощность плазматрона 60 кВт; б — частицы порошка NiCr диаметром 70 мкм, мощность плазматрона 40 кВт

ложнению системы охлаждения сопла и требует решения задачи предотвращения налипания частиц на его стенки. Гораздо проще при небольшом заглуплении ввода частиц добиться повышения их параметров, немного увеличив мощность плазматрона.

Для основного потока вдуваемая струя является препятствием, обтекание которого в случае $M_a > 1$ сопровождается возникновением скачка уплотнения и образованием области отрывного течения перед струей (рис. 6). При достижении в пограничном слое давления, равного давлению отрыва p_s , он отрывается от стенки и отклоняется на некоторый угол, а давление в нем становится равным критическому p_2 (рис. 7). Непосредственно перед струей давление резко возрастает, достигая максимального значения p_{max} .

Обтекание сверхзвуковым потоком боковой струи практически во всех случаях вызывает появление за струей, как за преградой, вихревой донной области Д, имеющей сравнительно малые размеры с наличием ярко выраженного минимума давления непосредственно за струей. Развернувшаяся в потоке струя охватывает донную область и "прилипает" своей внутренней частью к стенке сопла. В месте "прилипания" возникает слабый скачок уплотнения, вызывающий некоторое повышение давления в зоне С (см. рис. 6).

Длина области с повышенной турбулентностью за отверстием ввода транспортирующего газа в основной поток составляет около $2d_a$. По мере удаления от точки ввода вниз по потоку турбулентность

выравнивается, но общий высокий уровень сохраняется до длины $4d_a$. Расстояние заглупления ввода частиц в сопло следует брать от $2d_a$ для того, чтобы основное возмущение, внесенное боковым вдувом частиц, исчезло в канале сопла.

Из анализа рис. 5 следует, что температура частиц до достижения подложки становится максимальной и начинает падать, в то время как их скорость, за исключением более мелких и менее инерционных частиц, еще продолжает расти. Это подтверждает тот факт, что частицы, как правило, быстрее нагреваются, чем ускоряются. Следует об-

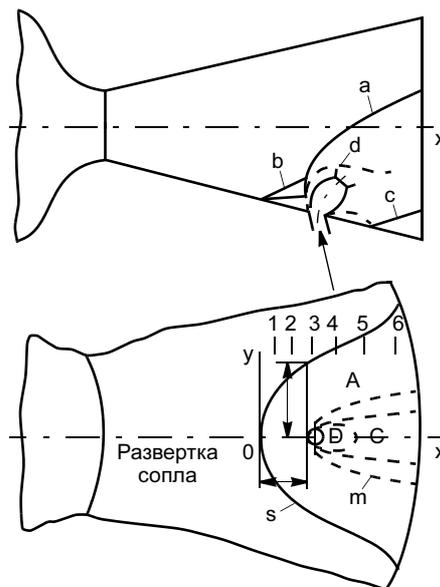


Рис. 6. Схема течения газа при боковом вдуве в сопло

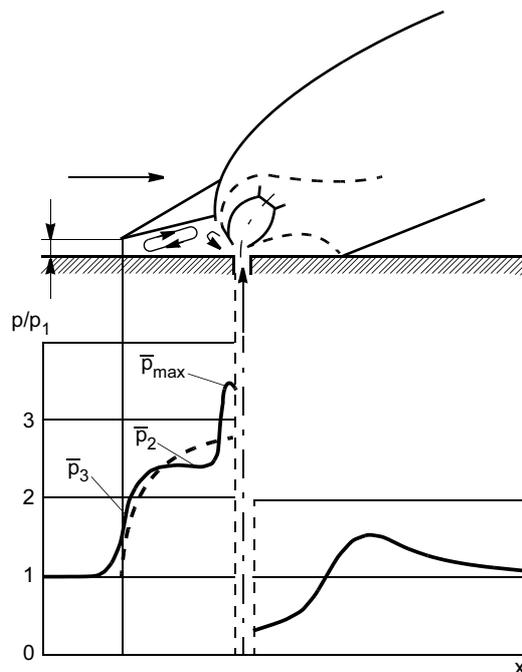


Рис. 7. Распределение давления в продольном сечении струи

рывать внимание на то, что интенсивность разгона частиц существенно зависит от их размера.

Длина сверхзвуковой части струи, выраженная в диаметрах выходного сечения сопла, зависит от нерасчетности истечения из сопла и параметров струи. Оставим эти параметры постоянными, но увеличим выходной диаметр сопла, для чего пропорционально (в 2 раза) повысим мощность и расход плазмообразующего газа, сохранив при этом удельную энтальпию и массовую загрузку порошка. Таким образом, удлинится сверхзвуковая часть струи, а значения скорости и температуры частиц повышаются до 10 %. Возможный максимум температуры частиц с ростом мощности смещается вниз по струе.

ВЫВОДЫ

1. Разработанная универсальная математическая модель течения газа и частиц в нем при сверхзвуковом воздушно-плазменном нанесении покрытий позволяет с минимальными затратами времени и средств определить оптимальную дистанцию напыления; требуемую мощность плазмотрона для разгона и разогрева частиц с заданными свойствами; размер частиц для заданной мощности; температуру и скорость частиц перед подложкой (по которым можно определить энергию частиц перед

ударом), температуру и скорость струи перед подложкой, что в свою очередь позволяет определить нагрев подложки от плазмотрона в целом.

2. По результатам математического моделирования выбирают расстояние заглубления радиального ввода порошка в сверхзвуковую часть сопла плазмотрона.

3. Проведение численного эксперимента позволяет с высокой степенью точности прогнозировать течение реального технологического процесса, обуславливает поиск и выбор оптимального сочетания различных параметров режимов напыления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пузряков А. Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления. М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. 360 с.
2. Петров С. В., Карп И. Я. Плазменное газозвуковое напыление. Киев: Наукова думка, 1993. 496 с.
3. Клубникин В. С. Пленки и покрытия — 2001. Санкт-Петербург: Издательство СПбГТУ, 2001. С. 15—22.
4. Сверхзвуковые газовые струи / Под ред. В. Г. Дулова. Новосибирск: Наука, 1983. 200 с.
5. Абрамович Г. Н., Гиршович С. Ю., Секундов А. Н. Теория турбулентных струй. М.: Наука, 1986. 716 с.
6. Анцупов А. В. // Журнал технической физики. 1974. Вып. 2. С. 372—379.
7. Васильев А. П., Кудрявцев В. М., Кузнецов В. А. Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей. М.: Высшая школа, 1993. 383 с.

Внимание! Информация

15-18 апреля 2008 г, Санкт-Петербург

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

При поддержке Северо-Западного федерального округа
Российской Федерации и Комитета экономического развития,
промышленной политики и торговли Санкт-Петербурга

10-я юбилейная Международная научно-практическая конференция «ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА, ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН, МЕХАНИЗМОВ, ОБОРУДОВАНИЯ, ИНСТРУМЕНТА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ»

Темы конференции:

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

В рамках конференции пройдут

- школа-семинар «ВСЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА, ШТАМПОВ, ПРЕСС-ФОРМ И ДРУГОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ», во время которого будет производиться упрочнение привезенного инструмента и деталей технологической оснастки.
- школа-семинар «НАПЛАВКА И НАПЫЛЕНИЕ – ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛОВ», на котором будет продемонстрировано современное оборудование, рассказано о технико-экономических показателях различных способов наплавки и напыления, об отечественных и зарубежных фирмах, изготавливающих оборудование и материалы для наплавки и напыления.

К началу конференции будет издан сборник материалов. Познакомиться с темами докладов предыдущих конференций вы можете на сайте www.plasmacentre.ru в разделе «Конференция»

Организаторы:

- Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
- НПФ «Плазмацентр»



Плазмацентр

Заявки на участие принимаются
по тел.: (812) 4452496, (901) 3043191
факс: (812) 4452496, (812) 5287484
e-mail: info@plasmacentre.ru



www.plasmacentre.ru/conf

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

УДК 621.791:62—462.2

А. С. МОСЯГИН, инж.
(ОАО "ОКБ Сухого"),
И. В. АЛЕКСЕЕВ, инж., И. Д. МИХНИН, инж.
(РКК "Энергия")

Технологический процесс изготовления сварных сотовых панелей

Сотовые панели широко применяют в авиационной промышленности при изготовлении радиаторов, теплообменников солнечных батарей и др. Применение сотовых конструкций обеспечивает комплекс следующих положительных конструктивно-технологических эффектов:

— уменьшение массы конструкции на 20—40 % по сравнению с аналогом механического способа изготовления;

— увеличение жесткости конструкции, особенно в условиях работы при крутящих моментах;

— увеличение акустической стойкости и вибропрочности;

— улучшение качества аэродинамической поверхности, тепло- и звукоизоляционных свойств;

— расширение возможности стандартизации панелей и нормализации типовых элементов и их соединений.

При одинаковой несущей способности в условиях рабочих температур стальные панели с сотовым наполнителем тяжелее титановых стрингерных и гофро-

вых панелей. Однако с повышением рабочей температуры весовая эффективность стальных сотовых панелей по сравнению с титановыми возрастает вследствие значительного снижения прочностных характеристик титана по сравнению со сталью. Сотовые панели представляют трехслойную конструкцию, состоящую из тонколистовых обшивок и расположенного между ними сотового наполнителя из фольги (рис. 1).

Цель данной работы — разработка технологического процесса резки, формовки, сварки сотового наполнителя — сотового блока.

Наиболее применяемыми являются сотовые блоки с ячейками в виде шестигранника со сторонами 3 и 6 мм или квадрата со сторонами 5 и 6 мм. Диапазон высот сотового блока от 5 до 120 мм. Зависимость объемной массы наполнителя от размеров ячейки и толщины фольги приведена на рис. 2.

Работу проводили в рамках договора на изготовление трех пар сотовых блоков из сталей ЭП654 (2Х18Н12СИТЮ) и 12Х18Н10Т размером 560 × 560 × 120 и 360 × 360 × 120 мм соответственно. Толщина исходного материала составляла 0,2 мм с размером стороны шестигранной ячейки 6 мм (рис. 3).

В процессе обработки технологического процесса изготовления сотовых блоков выявили следующие недостатки и технологические особенности.

При резке фольги в размер ширины сотового наполнителя 120 мм при помощи дисковых ножниц НА-400 важно отсутствие люфта

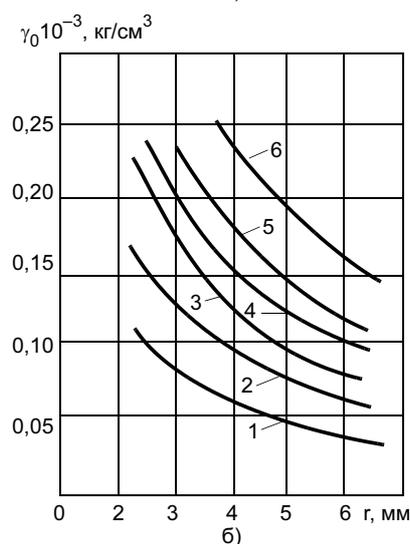
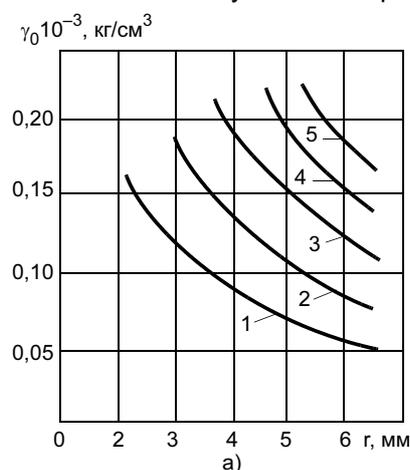


Рис. 2. Зависимость объемной массы наполнителя γ_0 от размеров ячейки r , ее толщины δ и формы: а, б — прямоугольная и шестигранная форма соответственно; 1—6 — δ равна 0,02, 0,03, 0,04, 0,05, 0,06 и 0,08 мм соответственно

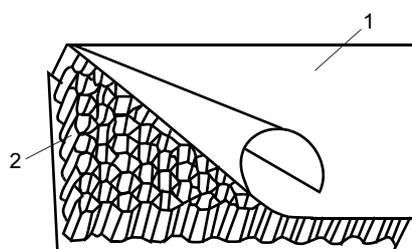


Рис. 1. Типовая конструкция сотовой панели: 1 — обшивка; 2 — сотовый наполнитель

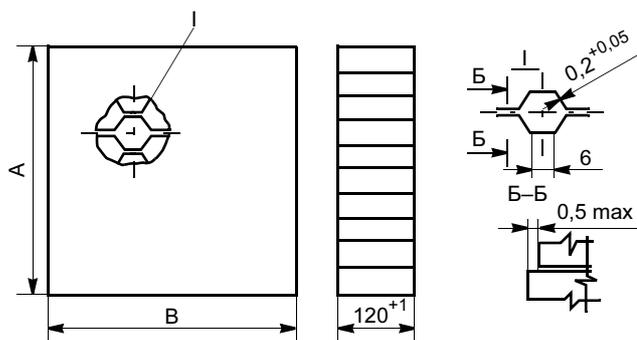


Рис. 3. Эскиз оптимального варианта конструкции сотоблока

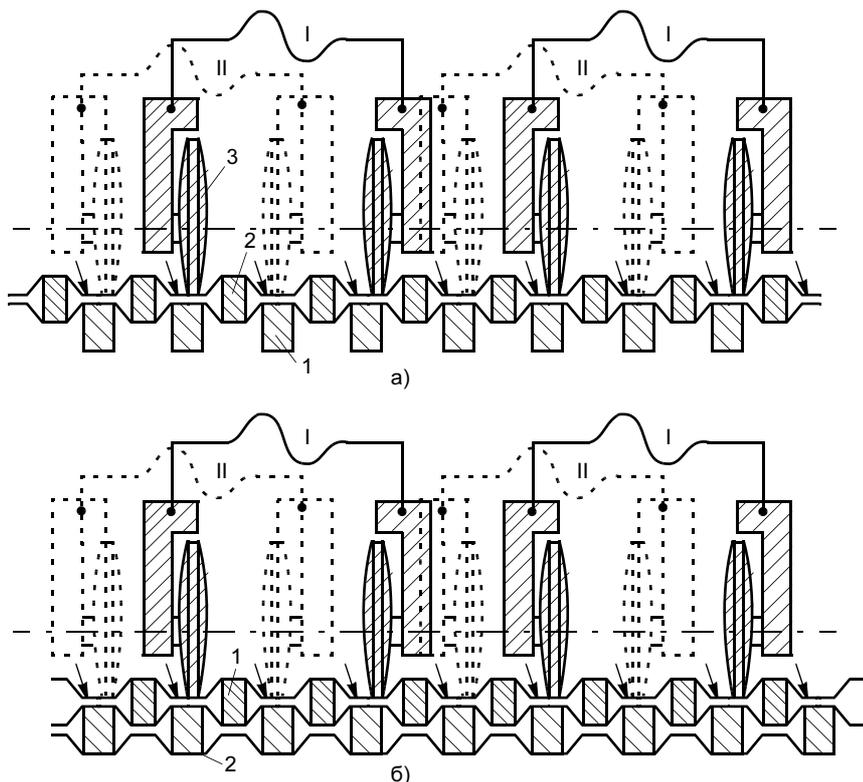


Рис. 4. Схема сварки сотовой панели: а, б — первая и вторая позиции сварочного ролика соответственно

между резательным диском и барабаном, образующегося в результате выработки валов, на которых установлены резательный диск и барабан. Важны также натяжение и направление ленты под дисковые ножи, которые обеспечивает направляющий стол.

При отработке технологии формообразования фольги гибкой прокаткой на станке СГФ-4 в зубчатых роликах решающее значение имеет регулировка шага между ячейками сотового заполнителя и высота его ячейки. Указанные параметры выбирали согласно высоте и шагу между шпильками

электродной гребенки машины МРСК-150. Резку формообразованной фольги в размер длины сотовой панели с припуском две-три волны проводили вручную обычными ножницами по металлу.

Технологию сварки сотовых панелей из фольги толщиной 0,2 мм отработывали заново с учетом особенностей установки для контактной роликовой сварки МРСК-150. Технологические режимы сварки (длительность импульса тока, длительность паузы, нагрев, скорость сварки, усилие электродов, положение ступени трансформатора) подбирали эксперименталь-

но на технологических образцах. Для определения режима сварки технологические образцы-свидетели подвергали разрушению в тисках (испытания на вырыв).

В результате отработан основной технологический цикл сварки сотовой панели.

Предварительно сформированную ленту, нарезанную по длине сотовой панели, с припуском две-три волны укладывают на шпильки электродной гребенки 1 (рис. 4). В это время электродная гребенка со шпильками 2 отведена в сторону. После укладки первой ленты подводится гребенка со шпильками, которые располагаются сверху первой ленты. Затем укладывается вторая сформированная лента. После этого опускаются сварочные ролики 3, сгруппированные парами и создающие сварочное давление. Сварку выполняют двумя швами с предварительной прихваткой, ширина рабочей поверхности роликов 1,0—1,5 мм, шаг—4,0—4,5 мм. В связи с малым шагом ячеек сотового заполнителя невозможно расположить рядом все ролики, поэтому их группировали парами с некоторым интервалом. После сварки одних швов блок сварочных роликов переводили для сварки других (см. рис. 4, а, положение II, штриховые линии).

После сварки всех ячеек гребенка 1, на которой производили сварку, отводится в сторону, затем поднимается вверх на некоторую величину и одновременно другая гребенка 2 на такую же величину опускается вниз. Как только вертикальное перемещение гребенок заканчивается, гребенка 1 замыкается с гребенкой 2. Затем укладывается третья лента, и сварка производится на гребенке со шпильками. Здесь вся система сварочных роликов смещается при помощи фиксирующейся каретки влево на полшага, так как шпильки гребенки 2 смещены относительно шпилек гребенки 1 на полшага сотовых ячеек. Далее процесс сборки и сварки повторяется, образуя сотоблок.

**А. Н. СЕМЕНОВ, инж., М. И. ПЛЫШЕВСКИЙ, канд. техн. наук,
Е. Ю. РИВКИН, канд. техн. наук, С. Н. НОВОЖИЛОВ, инж.,
Л. В. СУГЛОБОВА, инж., В. Н. ТЮРИН, инж.
ФГУП "НИКИЭТ" им. Н. А. Доллежала**

Сварка коррозионно-стойкой стали со сплавами титана

В конструкциях специальных отраслей машиностроения находят применение титановые сплавы, химический состав которых приведен в таблице.

Одним из первых методов получения трубчатых соединений титан — сталь (переходников) является капиллярная пайка в вакууме или защитном газе с использованием припоев на основе серебра.

При получении паяных переходников сталь — титан ряд факторов отрицательно влияет на технологичность и стоимость изготовления переходников, в частности использование серебра в качестве припоя, а также применение резьбы повышенного класса точности (2а, 2 и 1). Такие высокие требования к резьбовому соединению обусловлены необходимостью обеспечения требуемых зазоров в зоне соединения, чтобы обеспечить стабильность процесса пайки с учетом значительной разницы в температурных коэффициентах линейного расширения (ТКЛР) соединяемых металлов. Кроме того, такие паяные соединения в ряде сред недостаточно коррозионно-стойки.

С целью повышения технологичности соединений, исключения дорогостоящих припоев на основе серебра, а также расширения области применения разработана технология диффузионной сварки в вакууме титановых сплавов со сталями. Исследования проводили применительно к трубчатым конструкциям, работающим в воде и паре высоких параметров. Были разработаны различные конст-

рукции переходников с наружным диаметром от 10 до 150 мм.

Разработанные переходные диффузионные соединения по конструктивным особенностям и технологии изготовления условно можно разделить на две группы: переходники малого (от 10 до 30 мм) и среднего (от 30 до 150 мм) диаметров.

Конструкция переходника сталь 08Х18Н10Т — сплав титана для соединения труб наружным диаметром 12 мм приведена на рис. 1, а, для труб с наружным диаметром 88 мм — на рис. 1, б. На рис. 2 приведены конструкции переходников специального назначения (штуцер, магнит).

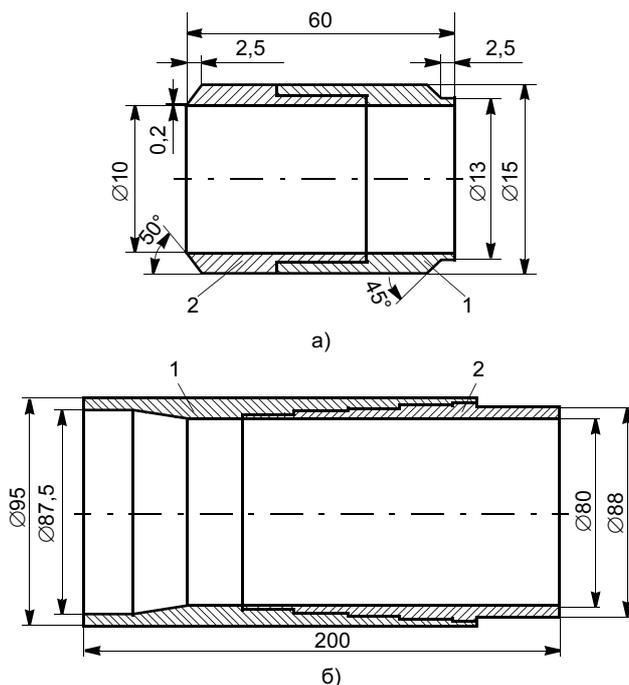


Рис. 1. Конструкции переходников малого (а) и среднего (б) диаметров: 1 — сталь; 2 — сплав титана

Диффузионную сварку переходников в зависимости от их конструктивных особенностей и размеров проводили по двум технологическим схемам.

Сборка для диффузионной сварки переходников малых диаметров приведена на рис. 3. Она состоит из наружной стальной втулки с внутренним сплошным стержнем из титанового сплава и специ-

Сплав	Содержание, %								
	Al	V	Zr	C	Fe	Si	O ₂	N ₂	H ₂
BT1-0	—	—	—	0,07	0,30	0,10	0,2	0,04	0,01
ПТ-3В	3,5— —5,0	1,2— —2,5	0,3	0,10	0,25	0,12	0,15	0,04	0
ПТ-3М	1,8— —2,5	—	—	0,10	0,25	0,12	0,15	—	—
ПТ-7М	4,4	—	2,0— —3,0	0,10	0,25	0,12	0,15	0,04	0
ПТ-3ВМ	—	2	0,01	0,02	0,10	0,03	0,15	0,10	0
РК-20	—	—	20	—	—	—	—	—	—
РК-30	—	—	30	—	—	—	—	—	—

Примечание. Ti — основа.

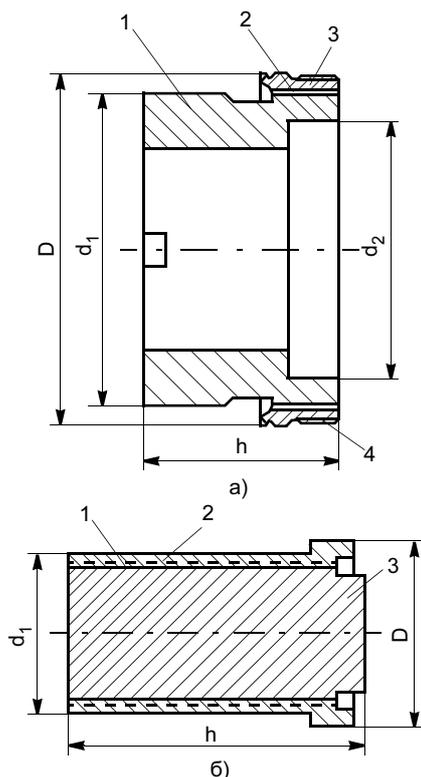


Рис. 2. Специальные переходники: а — штуцер; б — магнит; 1 — титан; 2 — сварное соединение; 3 — сталь; 4 — метрическая резьба

альных стальных гладких заглушек. Сварка осуществляется в камере специальной установки для диффузионной сварки. Сборку устанавливают в камере на подвижный нижний шток и при помощи механизма подъема вводят в многовитковый индуктор высокочастотного генератора, расположенный в центре камеры и предназначенный для нагрева сборки. При достижении необходимого вакуума производится нагрев заготовки до требуемой температуры и выдержка в течение 10—20 мин с целью равномерного прогрева всех составляющих сборки. После выдержки осуществляется деформация титанового стержня в радиальном направлении с помощью заглушек путем упора заготовки в верхний шток сварочной камеры. Величина деформации титановой детали определяется суммарной величиной осевого перемещения заглушек.

Сборка под диффузионную сварку переходников для труб среднего диаметра приведена на рис. 4. Она состоит из гладкой ступенчатой втулки (ниппеля) из титанового сплава 2, стальной (08X18H10T) наружной втулки — штуцера 1, специального распрессовочного конусного дорна из стали 12X18H10T 6 и промежуточной стальной или чугунной втулки 3.

Сборку устанавливают на нижний подвижной шток вакуумной установки и вводят в индуктор. Ва-

куумная камера герметизируется и в ней создается остаточное давление не более 0,01 Па. При достижении рабочего вакуума включается высокочастотный нагрев.

Температуру, при которой производят сварку переходников, выбирают с учетом марки титаново-

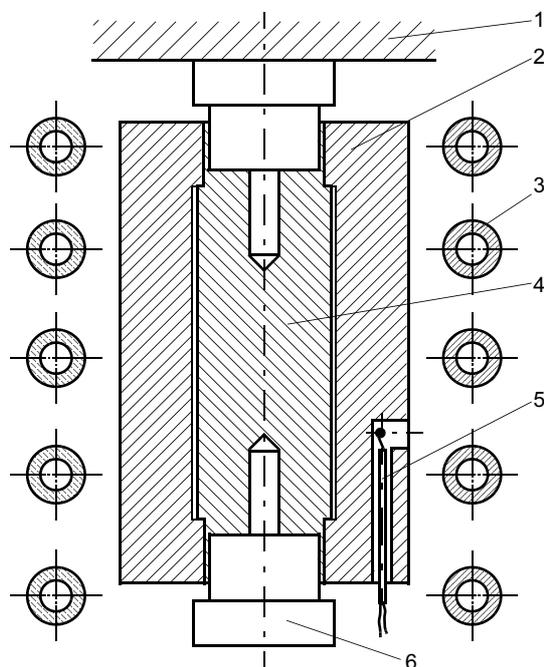


Рис. 3. Схема диффузионной сварки переходников труб малого диаметра: 1 — упор; 2 — стальной штуцер; 3 — индуктор высокочастотного генератора; 4 — ниппель из сплава титана; 5 — термопара; 6 — заглушка

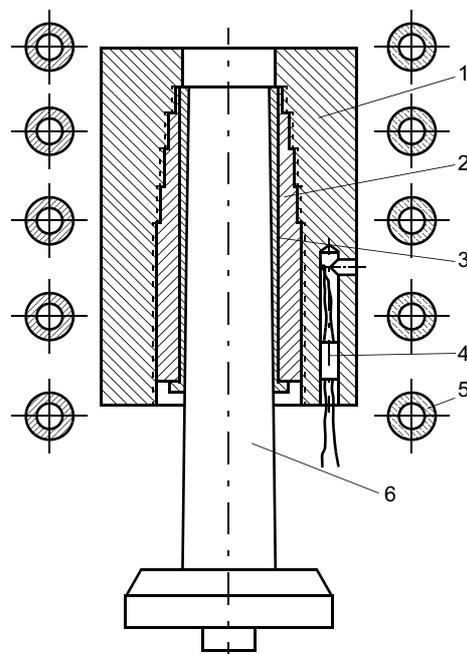


Рис. 4. Схема диффузионной сварки переходников труб диаметром до 150 мм: 4 — термопара; 5 — индуктор высокочастотного генератора



Рис. 5. Микроструктура ($\times 300$) соединения титан — сталь, полученного диффузионной сваркой

го сплава: для сплавов ВТ1-0, ПТ-3М, ПТ-3В, ПТ-7М соответственно 900, 980, 960 и 940 °С.

Важной особенностью технологий диффузионной сварки является обеспечение металлографии-

ческого и разрушающего контроля каждого соединения. Для этой цели от каждого сварного переходника отрезали специальное "контрольное" кольцо для металлографических исследований и механических испытаний. Микрошлиф такого соединения приведен на рис. 5.

По результатам исследований разработаны технология и отраслевые руководящие материалы по диффузионной сварке и контролю переходников титан — сталь.

ВЫВОД

Разработанная технология диффузионной сварки труб из коррозионно-стойкой стали с трубами из сплавов титана с наружным диаметром от 10 до 150 мм обеспечивает технологичность сварных соединений и снижение стоимости изделий, поскольку исключает применение дорогостоящих припоев на основе серебра, при этом расширяется область их применения.

УДК 621.791.927.535

И. И. РЯБЦЕВ, канд. техн. наук
ИЭС им. Е. О. Патона

Улучшение отделимости шлаковой корки при дуговой наплавке под флюсом

При дуговой наплавке под флюсом или самозащитными порошковыми проволоками на поверхности шва образуется слой шлака, состоящий в основном из оксидов. Если наплавка производится с предварительным подогревом или на больших площадях и в несколько слоев, температура наплавляемой детали может превышать 400 °С, что значительно усложняет удаление шлаковой корки и снижает качество и производительность наплавки [1]. Особо важную роль играет хорошая отделимость шлаковой корки при повышенных температурах при наплавке цилиндрических деталей относительно малого диаметра. Шлаковая корка должна отделяться за время одного оборота детали, в противном случае возможно не только образование зашлаковок, но и прерывание самого процесса наплавки.

Шлак прочно удерживается на поверхности шва в том случае, если на поверхности присутствуют оксиды, а в составе шлака образуются соединения (шпинели), которые могут прочно удерживаться на этой поверхности. В настоящее время накоплен об-

ширный экспериментальный материал, связывающий плохую отделимость шлаковой корки с образованием химической связи шлака с наплавленным металлом через промежуточный слой оксидов на его поверхности [2—4]. Однако наличие промежуточного слоя не всегда вызывает прочное сцепление металла со шлаком. Иногда промежуточный слой может стать слабым звеном в системе металл — шлак и разрыв связи происходит именно по этому слою. Отделимость шлаковой корки можно улучшить, изменяя окислительный потенциал шлака так, чтобы исключить образование промежуточного слоя оксидов или устранить эпитаксиальное срастание этого слоя с поверхностью шва [3]. Отделимость корки может также зависеть от температуры затвердевания шлака [5] и разности температурных коэффициентов линейного расширения (ТКЛР) шлака и наплавленного металла [6].

В данной работе исследовали отделимость шлаковой корки при наплавке порошковой проволокой ПП-Нп-20ХГС под флюсом АН-348А при повышенных температурах с целью улучшения этой

Таблица 1

Порошковая проволока	Содержание ZrO ₂ в шлаковой корке, %	Содержание элементов в наплавленном металле, %				
		C	Si	Mn	Cr	Zr
ПП-Оп-1	—	0,09	0,32	1,15	0,56	—
ПП-Оп-2	0,21	0,14	0,33	1,20	0,60	0,03
ПП-Оп-3	0,63	0,11	0,29	1,18	0,69	0,02
ПП-Оп-4	0,90	0,10	0,33	1,20	0,68	0,03
ПП-Оп-5	1,62	0,12	0,25	1,19	0,46	0,03
ПП-Оп-6	3,63	0,13	0,40	1,25	0,59	0,04

характеристики. Известно, что порошковые проволоки этого типа широко применяют для многослойной наплавки валов, осей, крановых колес и др. [7]. Для улучшения отделимости шлаковой корки в состав шихты порошковой проволоки ПП-Нп-20ХГС вводили диоксид циркония. Предполагалось, что в результате этого изменится окислительный потенциал шлака и, возможно, физические характеристики шлака: температурный коэффициент линейного расширения и интервал кристаллизации [8—11]. Все эти меры должны были повлиять на отделимость шлаковой корки.

Для исследований изготовили шесть опытных порошковых проволок типа ПП-Нп-20ХГС, которые обеспечивали различное содержание ZrO₂ в шлаке (табл. 1). Данными порошковыми проволоками диаметром 2 мм производили пятислойную наплавку одиночных валиков длиной 150—180 мм на пластины размером 20×50×200 мм. Режим наплавки всех слоев был постоянным: ток 230—250 А; напряжение 24—26 В; скорость наплавки 20 м/ч.

После наплавки каждого слоя комиссия из трех экспертов производила оценку отделимости шлаковой корки по пятибалльной шкале: баллом 5 оценивали самопроизвольное отделение шлаковой корки и отсутствие эффекта "березовой коры" на поверхности наплавленных валиков. Если для удаления шлаковой корки приходилось применять зубило и молоток, то отделимость оценивалась баллом 0. Промежуточными баллами оценивали отделимость при наличии того или иного количества частичек шлаковой корки ("березовой коры") на поверхности валика.

Контактной термомпарой замеряли температуру шлаковой корки и наплавленного валика. Контроль температуры позволял оценивать температуру образца, при которой удалялась шлаковая корка. Замеры показывают, что уже после наплавки третьего валика температура образца превышала 300 °С (табл. 2).

Как следует из данных, приведенных в табл. 2, лучшие результаты по отделимости получены при использовании порошковых проволок ПП-Оп-5 и

ПП-Оп-6. Шлаковая корка при этом легко удалялась с поверхности даже пятого слоя при температуре образца более 400 °С. Единичные шпинелеобразные частицы, которые оставались на поверхности валика после наплавки третьего и последующих слоев, не мешали процессу наплавки.

Для объяснения положительного влияния диоксида циркония на отделимость шлаковой корки при наплавке порошковой проволокой ПП-Нп-20ХГС под флюсом АН-348А оценивали активность кислорода в шлаке, т. е. окислительную способность шлака (рис. 1); вязкость шлаков с различным содержанием диоксида циркония (рис. 2); ТКЛР наплавленного металла 20ХГС и шлаковых корок (рис. 3).

Таблица 2

Порошковая проволока	Номер слоя	Температура, °С		Экспертная оценка отделимости шлаковой корки*, балл
		Шлаковая корка	Наплаваемый образец	
ПП-Оп-1	1	350	230	5
	2	460	320	4
	3	480	380	2
	4	510	420	2
	5	590	430	0 (единичные шпинели)
ПП-Оп-2	1	370	190	5
	2	400	270	5
	3	480	320	3
	4	570	340	1 (единичные шпинели)
	5	560	440	0 ("березовая кора")
ПП-Оп-3	1	350	210	3 (единичные шпинели)
	2	470	230	3 (—" —)
	3	420	310	2 ("березовая кора")
	4	480	340	2 (—" —)
	5	520	440	0 (—" —)
ПП-Оп-4	1	350	250	5
	2	430	350	5
	3	470	400	3 (единичные шпинели)
	4	590	430	2 (—" —)
	5	510	420	2 (—" —)
ПП-Оп-5	1	335	220	5
	2	430	310	5
	3	470	350	4
	4	510	400	3
	5	540	420	2 (единичные шпинели)
ПП-Оп-6	1	370	200	5
	2	460	310	4
	3	500	370	4
	4	510	410	4
	5	500	420	3 (единичные шпинели)

* При приведенной температуре наплаваемого образца.

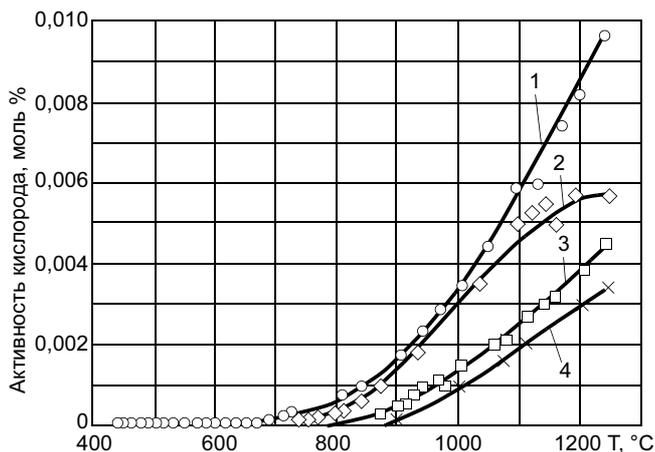


Рис. 1. Активность кислорода в шлаке АН-348А с различным содержанием ZrO_2 : 1 — 3,63 %; 2 — 1,62 %; 3 — 0,9 %; 4 — без ZrO_2

Активности кислорода в шлаках измеряли по методике работы [12], в основе которой лежит метод измерения эдс расплава шлака с помощью кислородного датчика с твердым электролитом из диоксида циркония, стабилизированного иттрием.

Вязкость шлаковых расплавов определяли с помощью ротационного вискозиметра², разработанного в ИЭС им. Е. О. Патона. Метод основан на зависимости между вязкостью жидкости и моментом закручивания подвешенного в ней рабочего тела при равномерном вращении тигля с жидкостью или самого тела.

ТКЛР шлаковой корки и наплавленного металла определяли³ с помощью термомеханического анализатора Du Pont 943.

Как следует из данных, приведенных на рис. 1, диоксид циркония увеличивает активность кислорода в шлаке и, соответственно, его окислительную способность. В наибольшей степени этот эффект проявляется при содержании более 1,6 % диоксида циркония — активность кислорода в шлаке увеличивается в 1,5—2,0 раза.

Увеличение окислительной способности шлака приводит к тому, что промежуточный слой оксидов между наплавляемым металлом и шлаком препятствует эпитаксиальному срастанию корки с металлом, что и способствует улучшению ее отделимости.

Измерение вязкости шлаков (см. рис. 2) показывает, что уже при содержании 0,9 % диоксида циркония вязкость шлака увеличивается, растет

температура затвердевания шлака. Показатели вязкости несколько возрастают при увеличении содержания диоксида циркония в шлаке до 3,63 %. Увеличение температуры затвердевания шлака положительно сказывается на отделимости шлаковой корки. Затвердевание шлаковой корки при более высокой температуре приводит к сокращению времени контакта металла с жидким шлаком, при этом снижается вероятность окисления наплавленного металла. К тому же, чем раньше затвердевает корка, тем быстрее ее можно удалить с наплавленного металла.

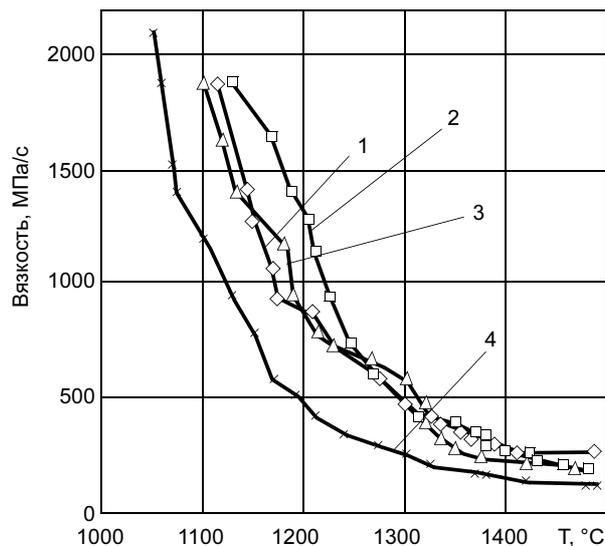


Рис. 2. Вязкость шлака АН-348А с различным содержанием ZrO_2 : 1 — 0,9 %; 2 — 1,62 %; 3 — 3,63 %; 4 — без ZrO_2

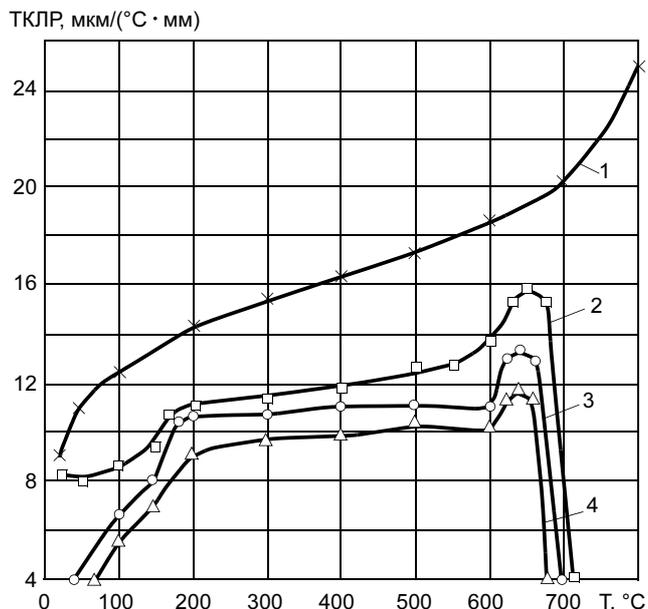


Рис. 3. ТКЛР наплавленного металла 20ХГС (1) и шлаковых корок флюса АН-348А с различным содержанием ZrO_2 : 2—4 — шлак АН-348А, АН-348А + 0,90 % ZrO_2 и АН-348А + 3,63 % ZrO_2 соответственно

¹ Измерения активности кислорода в шлаках и вязкости шлаковых расплавов выполнены канд. техн. наук Д. Д. Мищенко (ИЭС им. Е. О. Патона).

² А. с. 667867 (СССР).

³ Измерения ТКЛР шлаковой корки и наплавленного металла выполнены канд. техн. наук А. С. Котельчуком (ИЭС им. Е. О. Патона).

При исследовании ТКЛР наплавленного металла 20ХГС и шлаковых корок флюса АН-348А с различным содержанием диоксида циркония (см. рис. 3) установили, что с увеличением содержания ZrO_2 в шлаке разница ТКЛР наплавленного металла и шлаковых корок возрастает и практически сохраняется во всем диапазоне температур, вплоть до температуры размягчения шлака.

Как указывалось в работе [6], делимость шлака связана с зависимостью изменения ТКЛР шлака $\alpha_{\text{ш}}$ и металла $\alpha_{\text{м}}$ от температуры, которая определяется тангенсом угла наклона зависимости $\alpha = f(T)$. С ростом разности $\text{tg}\alpha_{\text{м}} - \text{tg}\alpha_{\text{ш}}$ увеличивается темп нарастания напряжений на границе металл—шлак и делимость шлаковой корки улучшается.

Как видно на рис. 3, с увеличением содержания ZrO_2 в шлаке эта разность увеличивается. Увеличение разности ТКЛР наплавленного металла и шлаковой корки флюса АН-348А с увеличением содержания в шихте порошковой проволоки диоксида циркония напрямую улучшает делимость шлаковой корки в диапазоне температур 200—600 °С.

ВЫВОДЫ

1. Введение в состав шихты диоксида циркония улучшает делимость шлаковой корки при повышенных температурах при дуговой наплавке под флюсом АН-348А порошковой проволокой ПП-Нп-20ХГС.

2. Улучшение делимости шлаковой корки при повышенных температурах при дуговой наплавке порошковой проволокой ПП-Нп-20ХГС под флюсом АН-348А обуславливает увеличение окислительной способности шлака, разности температурных

коэффициентов линейного расширения наплавленного металла и шлаковой корки, а также температуры затвердевания шлаковой корки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фрумин И. И. Автоматическая электродуговая наплавка. Харьков: Metallurgizdat, 1961. 422 с.
2. Механизм сцепления шлаковой корки с поверхностью шва / И. К. Походня, И. Р. Явдошин, В. И. Карманов и др. // Автоматическая сварка. 1974. № 5. С. 5—9.
3. Походня И. К., Карманов В. И., Войткевич В. Г. Исследование особенностей механизма сцепления шлаковой корки с металлом шва, легированного титаном и ванадием // Автоматическая сварка. 1976. № 6. С. 1—4.
4. Кинетика образования промежуточного слоя между металлом шва и шлаковой коркой / И. К. Походня, Л. И. Демченко, И. Р. Явдошин и др. // Автоматическая сварка. 1977. № 2. С. 1—4.
5. Подгаецкий В. В., Кузьменко В. Г. Сварочные шлаки. Киев: Наукова думка, 1988. 248 с.
6. К вопросу о влиянии температурного коэффициента линейного расширения на делимость шлаковой корки / О. С. Волобуев, Н. Н. Потапов, Ю. С. Волобуев и др. // Сварочное производство. 1989. № 8. С. 37—39.
7. Рязцев И. А., Кондратьев И. А. Механизированная электродуговая наплавка деталей металлургического оборудования. Киев: Экотехнология, 1999. 62 с.
8. Залевский А. В., Галинич В. И., Подгаецкий В. В. О совместном влиянии окислов титана и циркония в составе флюса на хладостойкость низколегированного металла шва: Информ. материалы. Киев: ИЭС им. Е. О. Патона, 1980. Вып. 2. С. 123—129.
9. Потапов Н. Н. Окисление металлов при сварке плавлением. М.: Машиностроение, 1985. 216 с.
10. Бобриков Ю. В., Потапов Н. Н., Старченко Е. Г. Особенности окисления металла двуокисью циркония при наплавке под флюсом // Сварочное производство. 1983. № 9. С. 6—7.
11. Жданов Л. А., Сливинский А. М., Котик В. Т. Бесфтористые плавильные флюсы для наплавки цилиндрических деталей // Современные проблемы развития сварочного производства и совершенствование подготовки кадров. Мариуполь: ПГТУ, 1996. С. 69.
12. Методика измерения активности и парциального давления кислорода во флюсах / Т. П. Бондаренко, С. Т. Римский, А. В. Залевский и др. // Сварочные материалы для механизированной дуговой сварки сталей. Киев: ИЭС им. Е. О. Патона, 1991. С. 57—61.

УДК 621.791.16

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

Ультразвуковая сварка синтетических тканей технического назначения

В настоящее время в промышленности и различных отраслях народного хозяйства широко используются синтетические ткани для изготовления белья и изделий бытового значения. Тяжелые морские канаты, рыболовные сети, клиновидные и ленточ-

ные ремни, спецодежда, пожарные шланги, ткани для нужд медицины — вот далеко не полный перечень применения синтетических материалов. Также следует выделить ткани технического назначения, применяемые в химической, горнодобывающей,

нефтеперерабатывающей промышленности и цветной металлургии.

Успешное применение синтетических тканей обусловлено комплексом свойств, таких как высокие физико-механические показатели, минимальное водо-

поглощение, стойкость против воздействия агрессивных сред и повышенных температур, износоустойчивость и др. Благодаря этим свойствам синтетические ткани успешно конкурируют с натуральными. Наиболее распространенные синтетические ткани делятся на следующие группы по химическому строению составляющих их волокон: полиамидные (капрон, анид, энант), полиэфирные (лавсан), полиакрилонитрильные (нитрон), полихлорвиниловые (хлорин) и полипропиленовые.

До недавнего времени синтетические ткани соединяли нитками на швейных машинах. Однако такой способ соединения обладает существенными недостатками [1, 2]. Так, при ниточном соединении тканей технического назначения, обладающих большой упругостью, неизбежно образование волнистости и гофров, что приводит к неудовлетворительному внешнему виду швов. При этом ткани морщатся и разрушаются, особенно если строчка идет по утку. При больших скоростях шитья, когда нить проходит через ушко иглы со скоростью 0,3 м/с, происходит разогрев нити и ткани, обусловленный теплотой, выделяющейся при трении. Разогрев может быть настолько значительным, что приводит к оплавлению нити и ее обрыву. Попытки уменьшить разогрев за счет охлаждения иглы струей холодного воздуха и применения различных смазок иглы приводит к усложнению конструкции швейных машин, загрязнению тканей или коррозионному повреждению игл. Зачастую из-за дефицитности синтетических нитей синтетические ткани сшивают хлопчатобумажными нитями, вследствие чего значительно снижается прочность и ухудшаются эксплуатационные свойства соединений тканей технического назначения. При соединении ряда тканей технического назначения, пропитан-

ных с целью придания им специальных свойств различными составами, а также при изготовлении изделий, где требуется герметичность соединения (например фильтров для жидких и газовых сред), метод сшивания нитями становится вообще неприемлемым [1, 2].

При пошиве одежды из синтетических материалов швейные нити должны иметь тот же химический состав, что и материал, в противном случае появляется морщинистость швов в процессе пошива или после стирки и чистки вследствие различной усадки нитей и тканей. Эти дефекты плохо устраняются последующей влажной и тепловой обработкой.

В связи с перечисленными недостатками ниточных соединений все большее распространение получают безниточные способы соединения тканей: термоконтактная, высокочастотная и ультразвуковая сварка. Наиболее перспективным из этих способов является ультразвуковая сварка [3—5], которая позволяет устранить большую часть перечисленных недостатков при обеспечении требуемой прочности швов. Кроме того, отказ от использования в процессе соединения тканей швейных нитей исключает такие проблемы, как подбор нитей по диаметру иглы, толщине, цвету и химическому составу; перезаправку нитей при их обрыве или окончании; обрезание нитей и фиксацию их концов; останов машины при заданном положении иглы и др. [2].

Одним из лучших способов ультразвуковой сварки, позволяющим изготавливать изделия из синтетических тканей технического назначения с прямолинейными и криволинейными швами большой протяженности, является ультразвуковая шовная сварка [5].

К этим способам относится сварка с "фиксированным зазором на протяг", ручная сварка скользящим инструментом и

сварка на вращающемся ролике. Данные виды сварки изучаются не только у нас, но и за рубежом. Однако работы зарубежных исследователей посвящены в основном разработкам технологии и оборудования для ультразвуковой шовной сварки и не содержат глубокого теоретического изучения этого процесса. В России основное внимание уделено использованию ультразвуковой сварки в практических целях, например при изготовлении изделий из технических тканей.

Согласно последней классификации способов ультразвуковой сварки, разработанной сотрудниками МГТУ им. Н. Э. Баумана, сварка разделяется на прессовую и непрерывную. Прессовая сварка выполняется за одно рабочее движение волновода-инструмента. Таким способом получают точечные, прямолинейные и замкнутые швы различного контура. Непрерывная сварка классифицируется по следующим основным признакам: степени механизации, способу перемещения свариваемого материала и способу дозирования вводимой энергии.

По степени механизации непрерывная сварка делится на ручную и механизированную. При ручной сварке сварные швы получают за счет перемещения сварочного узла вручную, а изделие закрепляется на опоре неподвижно. При механизированной сварке, как правило, осуществляется перемещение свариваемого изделия, а сварочный узел остается неподвижным. При этом перемещение изделия осуществляется специальным механизмом.

В зависимости от способа перемещения свариваемого материала непрерывная сварка делится на шовно-шаговую и шовную. Шовно-шаговая сварка совмещает в себе прессовую сварку с периодическим перемещением свариваемого материала на определенный шаг. В момент пере-

мещения статическое давление на материал снижается. Величина шага выбирается такой, чтобы обеспечивалось перекрытие швов. Шовная сварка осуществляется по схеме "на протяг", "с вращающимся инструментом" или "с вращающимся роликом-опорой". При использовании схемы "на протяг" изделие протягивается между опорой и рабочим торцом волновода, соединенным с механизмом перемещения. При сварке по схеме "с вращающимся роликом-опорой" свариваемый материал перемещается специальным роликом, служащим одновременно и опорой.

По способу дозирования вводимой энергии непрерывная сварка делится на два вида — с фиксированным зазором и с фиксированной осадкой. Схема с фиксированным зазором может применяться как для случая шовно-шаговой сварки, так и для шовной, а схема с фиксированной осадкой — только при шовно-шаговой.

Из всех приведенных способов наиболее часто для сварки тканей применяется шовная сварка с фиксированным зазором. Этот способ сварки относительно прост, также позволяет регулировать скорость сварки и по-

лучать сварные швы любой протяженности и конфигурации.

В данной работе исследовали свариваемость лавсановой, капроновой и полипропиленовой тканей технического назначения. Свойства этих тканей приведены в табл. 1.

Как следует из приведенных данных, плотность расположения нитей по основе выше плотности расположения нитей по утку. Это обуславливает различную прочность материала при растяжении его вдоль основы и утка, так как в первом случае нагрузка воспринимается большим числом нитей. Такая же закономерность наблюдается и для сварных швов. Это подтверждается значениями прочности швов при испытаниях на расслаивание в зависимости от угла между швом и направлением утка. В табл. 2 приведены значения разрывной нагрузки в зависимости от угла α между швом и направлением утка.

Во всех исследованных случаях прочность сварных соединений при испытаниях вдоль утка составляла 75—80 % прочности при испытаниях вдоль основы.

При исследованиях сварку образцов проводили по схеме контактной прессовой сварки на установке УПМ-21 и непрерыв-

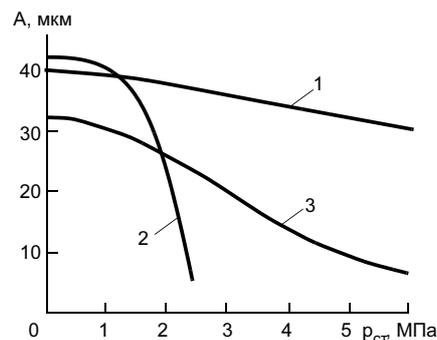


Рис. 1. Зависимость амплитуды смещения рабочего торца волновода от статического давления: 1 — точечные и ножевые волноводы (никелевый преобразователь); 2 — ножевой волновод (ферритовый); 3 — контурный волновод (пермендюртовый)

ной шовной сварки на вращающемся ролике на установке УПШ-12. В первой установке использовали стандартный магнитоstrictionный преобразователь ПМС 1-1, что позволило производить сварку с варьированием статического давления от 1 до 10 МПа. Во второй установке использовали ультразвуковую головку СГ-28 с ферритовым преобразователем [6], поэтому при статическом давлении свыше 1 МПа происходило заметное снижение амплитуды смещения, что влекло за собой снижение прочности сварных соединений.

Большинство исследователей [4, 5, 7] объясняют уменьшение прочности с увеличением давления выше оптимального значения уменьшением амплитуды смещения (колебаний) рабочего торца волновода вследствие заземления преобразователя и нарушения резонансного режима работы всей системы. Аналогичные данные получены в работе [6] для точечного и контурного волнопроводов, работающих от магнитоstrictionного преобразователя, и для ножевого волновода, работающего от ферритового преобразователя (рис. 1). На рис. 1 видно, что особенно сильно амплитуда падает при работе от ферритового преобразователя, что объясняется высокой доброт-

Таблица 1

Ткань (артикул)	Число нитей на 10 мм длины	Разрывная нагрузка (полоска размером 50×200 мм), Н	Удлинение, %	Прочность на раздир, Н	Толщина, мкм
Лавсановая (21710/3)	212/123	5392/1634	32,3/19,7	5950	600
Капроновая (22059)	270/190	4485/1900	40,9/24,2	1100	415
Полипропиленовая (24259/1)	306/121	4053/2045	37,0/26,3	—	735

Примечание. В числителе приведены характеристики материала по основе, в знаменателе — по утку.

Таблица 2

Ткань (артикул)	Разрывная нагрузка, кН/м, при α , °						
	0	15	30	45	60	75	90
Лавсановая (21710/3)	5,5	5,8	6,3	6,6	6,8	7,0	7,2
Капроновая (22059)	7,0	7,6	7,8	8,2	8,5	8,6	8,8
Полипропиленовая (24259/1)	4,8	5,0	5,4	5,6	5,8	5,9	6,0

Амплитуда смещения, мкм	Разрывная нагрузка, кН/м		
	Лавсан (600)	Капрон (415)	Полипропилен (730)
20	2,0	3,0	3,4
30	4,2	6,0	7,0
40	5,6	8,3	5,2

Примечание. В скобках указана толщина ткани, мкм.

ностью акустической системы, а также применением контурных волноводов, в которых используются изгибные колебания нижнего грибообразного торца волновода.

Возможность изменения статического давления при сварке на установке УПМ-21 позволяет в значительной степени регулировать производительность процесса (рис. 2). Время сварки уменьшается с увеличением давления практически линейно почти для всех исследованных материалов,

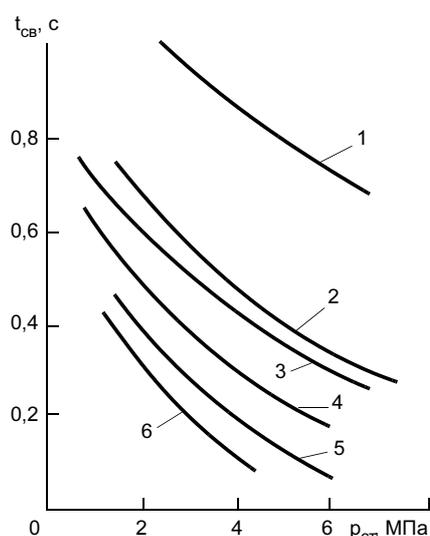


Рис. 2. Зависимость времени сварки синтетической ткани от статического давления: 1 — 67 % лавсанового волокна и 33 % хлопка, толщина 430 мкм; 2 — лавсан, 230 мкм; 3 — капрон "болонья", 130 мкм; 4 — лавсан, 600 мкм; 5 — капрон, 415 мкм; 6 — полипропилен, 715 мкм

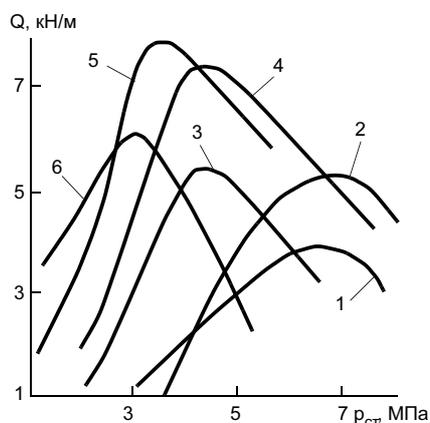


Рис. 3. Зависимость прочности сварного соединения синтетической ткани от статического давления: 1—6 — см. рис. 2

хотя прочность сварных соединений при испытаниях на расслаивание носит экстремальный характер и уменьшается с увеличением давления выше оптимального значения (рис. 3). Очевидно, что здесь, как и в рассмотренных ранее случаях сварки изделий из пластмасс, наблюдаются понижение температуры размягчения и ускорение процесса термопластичности полимера с увеличением давления, которые приводят к уменьшению времени сварки. Кроме того, увеличения температуры явно недостаточно для осуществления перемешивания макрообъемов и диффузии микрообъемов полимера, что приводит к снижению прочности.

Сравнение данных по производительности процесса сварки на установках УПМ-21 и УПШ-12 показало, что при использовании ферритового преобразователя время сварки увеличивается почти на порядок по сравнению со временем сварки от преобразователя ПМС 1-1, хотя прочность при расслаивании в обоих случаях практически одинакова. Этот эффект объясняется тем, что к свариваемому материалу в этих случаях подводилось одинаковое количество энергии. Объяснение этих явлений можно получить из анализа выражения энергии, выделяющейся в свариваемой ткани:

$$W = 2\pi^2 f^2 A^2 t_{св} r_{ак}$$

где f — частота колебаний; A — амплитуда колебаний; $t_{св}$ — продолжительность ультразвукового импульса (время сварки); $r_{ак}$ — сопротивление акустической нагрузке.

При одинаковых амплитудах смещения рабочего торца волновода и приблизительно одинаковых резонансных частотах рассматриваемых головок выделяющаяся энергия определяется произведением $r_{ак} t_{св}$. Так как при больших давлениях сопротивление акустической нагрузки $r_{ак}$ уве-

личивается, то $r_{ак1} > r_{ак2}$, где индексы "1" и "2" относятся к сварке при применении преобразователей ПМС 1-1 и СГ-28 соответственно. Для того чтобы энергия, выделяющаяся в свариваемой ткани, в обоих случаях была одинаковой, необходимо, чтобы выполнялось соотношение $r_{ак1} t_{св1} = r_{ак2} t_{св2}$, т. е. $t_{св1} < t_{св2}$, что и наблюдается экспериментально. О постоянстве выделяющейся энергии свидетельствует и тот факт, что при работе от данных преобразователей на одной и той же амплитуде при оптимальном сочетании статического давления и времени сварки прочность сварных соединений практически одинакова. В табл. 3 приведены усредненные для пяти образцов данные о влиянии амплитуды смещения на прочность сварных соединений.

Для лавсановой и капроновой тканей оптимальная амплитуда смещения составляет около 40 мкм, а при сварке полипропиленовой ткани, несмотря на большую ее толщину, она равна 30 мкм. Такое снижение амплитуды смещения объясняется более низкой температурой плавления полипропиленового волокна (430—440 К) по сравнению с температурой плавления лавсанового волокна (528—533 К). Исследования свариваемости 100 %-ного капронового трикотажа показали, что и в этом случае оптимальная амплитуда смещения составляет 40 мкм.

Различие в производительности сварки синтетических тканей при использовании металлического и ферритового магнитострикционных преобразователей, как отмечалось, связано с тем, что с увеличением статического давления возрастает сопротивление акустической нагрузки $r_{ак}$, которое ввиду малого сопротивления собственных потерь ферритовых преобразователей сказывается на режиме работы. При исследованиях определяли $r_{ак}$ при сварке капроновой и лавсановой тканей и сравнивали работу головок с ферритовыми и никелевыми преобразователями. Сравнимые головки имели приблизительно одинаковые габаритные размеры и резонансную частоту.

Установлено, что головка СГ-28 имеет гораздо более высокий КПД, чем головка с никелевым преобразователем. У головки СГ-28, имеющей высокую добротность, небольшое по абсолютной величине сопротивление нагрузки, в 2 раза превышает сопротивление механических потерь, что обуславливает относительно высокий КПД. Однако по этой же причине нагрузка сильно влияет на режим работы головки, вызывая уменьшение амплитуды колебаний. У головки с никелевым преобразователем сопротивление нагрузки составляет лишь часть от сопротивления потерь и поэтому значительно меньше сказывается на величине амплитуды [6, 8].

Таким образом, в условиях, когда требуется высокая производительность процесса, для сварки синтетических тканей нужно применять мощные источники питания (400 Вт и выше) и металлические магнитострикционные преобразователи. В других случаях целесообразно применять более экономичные сварочные головки с ферритовыми преобразователями.

Прочность сварных соединений синтетических тканей зависит также от материала, из которого изготовлены волновод и опора. Высота и форма опоры прак-

тически не влияют на прочность сварных соединений. При выборе материала волновода для сварки синтетических тканей так же, как и при сварке пластмасс, следует учитывать два момента. Во-первых, если волновод изготовлен из материала, для которого характерны большие гистерезисные потери, например из стали, то при длительной работе происходит его разогрев, и теплоотвод из зоны сварки ухудшается. Так как продолжительность воздействия ультразвуком на материал остается постоянной, то ухудшение теплоотвода приводит к чрезмерному плавлению и передавливанию зоны сварного шва, вследствие чего прочность сварного соединения уменьшается.

Во-вторых, при расчете геометрических размеров волновода из условия резонанса не учитываются потери энергии в материале волновода. Поэтому волноводы, имеющие одинаковые отношения $S_{вх}/S_{вых}$, но изготовленные из материалов с различными гистерезисными потерями, могут иметь неодинаковую амплитуду смещения рабочего торца. В этом случае влияние материала волновода на прочность сварного соединения аналогично влиянию амплитуды смещения.

Для исследования прочности сварного соединения из лавсановой ткани использовали экспоненциальные ножевые волноводы, изготовленные из стали 45 и алюминиевого сплава Д16Т. Оба волновода имели одинаковый коэффициент усиления, их длина соответствовала резонансу на одной и той же частоте, равной 22 кГц. Однако амплитуда смещения волновода из сплава Д16Т с меньшими гистерезисными по-

терями составляла 30 мкм, в то время как амплитуда смещения волновода из стали 45 — 25 мкм. Результаты испытания на раздир образцов, сваренных этими волноводами, приведены в табл. 4.

Из табл. 4 следует, что максимум прочности образцов при сварке стальным волноводом соответствует большему времени сварки, чем при сварке волноводом из сплава Д16Т. Так, максимальная прочность при сварке волноводом из сплава Д16Т, равная 7 кН/м, достигается за время 0,4 с, тогда как при сварке волноводом из стали 45 для получения максимальной прочности, равной 6,6 кН/м, требуется 0,7 с. Очевидно, это связано с меньшей амплитудой смещения рабочего торца стального волновода. Некоторое снижение прочности объясняется также разогревом стального волновода. При исследовании установлено, что прочность сварных соединений, выполненных на стальной и алюминиевой опорах, почти одинакова, в то время как при сварке на опорах из дерева и стекла прочность приблизительно на 40 % меньше для лавсановой и капроновой тканей и практически равна нулю для полипропиленовой ткани. При этом сварные швы сильно расплавились со стороны опоры (терялась эластичность и значительно увеличивалась жесткость). Очевидно, эти явления обусловлены низкой теплопроводностью дерева и стекла и, следовательно, слабым теплоотводом из зоны сварки.

В зависимости от назначения синтетических тканей применяют различные конструкции швов. Наиболее распространены стачные (рис. 4, а) и накладные (рис. 4, б) сварные швы.

Таблица 4

Материал	Прочность на раздир, кН/м, при продолжительности сварки, с									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Сплав Д16Т	1,8	3,5	5,5	7,0	6,0	4,0	2,6	1,5	—	—
Сталь 45	1,0	2,4	3,5	4,5	5,5	6,2	6,6	6,0	5,2	4,5

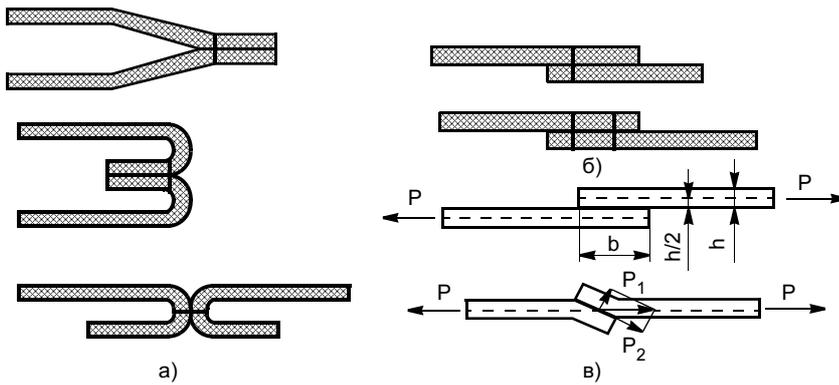


Рис. 4. Сварные швы синтетических тканей (а — стачные, б — накладные) и схема испытания накладных сварных швов (в)

Прочность накладных швов почти на 50 % выше прочности стачных (табл. 5). Это обусловлено различной работой этих швов при приложении к ним растягивающей нагрузки. Стачные швы при приложении растягивающей нагрузки к верхнему и нижнему слоям ткани в направлении, перпендикулярном шву (по такой схеме проводили испытания), работают на расслаивание. Накладные же швы при этом работают в основном на сдвиг. Составляющая P_1 (рис. 4, в), которая образуется вследствие того, что шов под действием реактивного момента занимает равновесное положение, составляет не более 17 % внешней нагрузки P , поэтому расслаиванием в данном случае можно пренебречь.

Иногда возникает необходимость многослойной сварки синтетических тканей. Исследовали свариваемость трикотажно-лавсановой ткани, применяемой для фильтрации стерильно чистых веществ. Установили, что время сварки с увеличением числа слоев возрастает, а прочность отдельных слоев определяется изменением характера тепловыделения и теплоотвода при увеличении числа слоев ткани. Так, при трехслойной сварке лавсановой ткани оптимальная прочность при расслаивании первого слоя, равная 7 кН/м, так же, как и при двухслойной сварке, достигается за время 0,4 с. При этом прочность второго слоя равна 5,2 кН/м,

а третьего — 3 кН/м. Возрастание времени сварки до 0,5 с приводит к понижению прочности первого слоя и повышению прочности второго слоя, так что их прочность достигает одного значения — 6,2 кН/м. При продолжительности сварки 0,6 с максимальную прочность, равную 6,2 кН/м, имеет второй слой, тогда как первый и третий слои имеют одинаковую прочность, равную 4,2 кН/м. Наконец, при времени сварки 0,7 с происходит почти полное передавливание первого слоя, так что его прочность падает до 3 кН/м, прочность третьего слоя достигает максимального значения, равного 4,8 кН/м, а прочность второго слоя уменьшается до 6 кН/м. Аналогичная картина наблюдается и при сварке четырех слоев этой ткани.

Из анализа приведенных данных следует, что режимы сварки капроновых, лавсановых и полипропиленовых тканей довольно близки при одинаковой толщине материалов, схеме сварки и сварочной головке.

К прочности изделий швейной промышленности обычно не предъявляют высоких требований. Отдельные участки и некото-

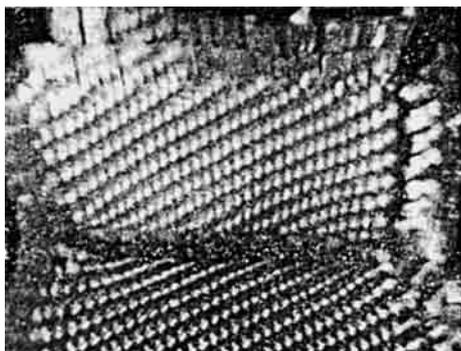
рые детали швейных изделий почти не испытывают нагрузок в швах в процессе эксплуатации (клапаны, воротники, передние швы рукавов, боковые швы изделий, петли). Именно в этих случаях применение ультразвуковой сварки наиболее эффективно. Так, при использовании ультразвуковой сварки для обметки петель на белье и мужских рубашках время изготовления петли составляет 4,8 с, а при обычном способе обметки петель — 24 с. При изготовлении круглых петель диаметром 13 мм одновременно пробивалось отверстие в ткани и металлической пленке с образованием ободка. Применение в этом случае ультразвуковой сварки позволило сократить время изготовления петли с 49 до 5 с, т. е. производительность повысилась в 10 раз. При этом использовали ткани толщиной от 20 до 200 мкм из полипропиленового и полиамидного волокон в сочетании с шерстью, хлопком и искусственным шелком при содержании синтетического волокна не менее 50 % (рис. 5).

Как показали исследования прессовой сварки трикотажа, хорошие результаты достигаются при сварке по фиксированной толщине сварного шва. Для плотных материалов, которые не изменяют своей толщины в диапазоне изменения статического усилия 40—80 Н, толщина шва равна толщине одного слоя материала независимо от числа слоев (2—4) и вида шва (стачной, накладной).

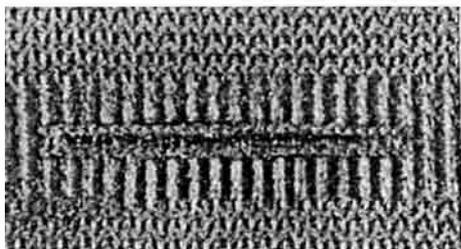
При сварке пунктирными швами капронового трикотажного полотна капроновой ткани с пленочным покрытием рекомендуется оптимальную амплитуду смещения принимать в пределах

Таблица 5

Ткань (артикул)	Прочность, кН/м	
	Накладной шов	Стачной шов
Лавсановая ткань (21710/3)	13,8	7,2
Капроновая ткань (22059)	16,0	8,8
Полипропиленовая ткань (24259/1)	12,3	6,0



а)



б)

Рис. 5. Сварные соединения синтетических тканей, выполненные с помощью ультразвука



в)

55—70 мкм, т. е. больше, чем при сварке тканей технического назначения. Оптимальное значение статического усилия для этих тканей — 40 Н. Сварку производили на установке УПМ-21.

Соединение тканей на основе нетермопластичных волокон может осуществляться при помощи промежуточной термопластичной пленки. Хотя прочность сварных соединений, получаемых при этом, невысока, такой способ может применяться для временного соединения отдельных кусков ткани в ленту, что позволяет осуществлять непрерывный процесс отделки тканей. Соединение нитками в этих случаях часто приводит к браку из-за того, что утолщенные швы мешают тканям проходить через отделочное оборудование.

Исследовали свариваемость тканей из чистых натуральных целлюлозных волокон: бязи, сатина, сорочечной ткани. Сварку проводили через промежуточную полиэтиленовую пленку, толщина которой изменялась от 60 до 350 мкм. Для сварки использовали магнитострикционный преобразователь ПМС-15А и экспоненциальный ножевой волновод с коэффициентом усиления

$K_y = 4$ и площадью рабочего торца $66 \times 4 \text{ мм}^2$.

При сварке данных тканей через промежуточные пленки толщиной от 130 до 350 мкм оптимальная амплитуда смещения во всех случаях составляла 40—50 мкм, а статическое усилие — 60 Н. Независимость оптимальных значений параметров режима сварки от свариваемого материала объясняется тем, что соединение образуется в результате размягчения полиэтиленовой пленки и проникновения пластичного полимерного материала в поры ткани под действием статического давления. Очевидно, что размягчение пленки должно достигаться при одном и том же режиме сварки независимо от природы соединяемой ткани. Прочность сварных соединений, однако, будет различной, так как она обусловлена адгезией размягченного полиэтилена к волокнам ткани.

ВЫВОДЫ

1. При сварке с помощью ультразвука лавсановой, капроновой и полипропиленовой тканей толщиной от 600 до 800 мкм оптимальная свариваемость обеспечивается при одинаковых толщине

материалов, схеме сварки, типе сварочной головки в следующем режиме: амплитуда колебаний торца волновода 40—60 мкм; время сварки 0,4—1,0 с; сварочное статическое усилие 40—80 Н.

2. При ультразвуковой сварке синтетических тканей применение никелевых преобразователей увеличивает производительность процесса.

3. Высота и форма опоры практически не влияют на прочность сварных соединений. Установлено, что прочность соединений, выполненных на стальной и алюминиевой опорах, почти одинакова, в то время как при сварке на опорах из дерева и стекла прочность меньше на 40 %. Прочность накладных швов почти на 50 % выше прочности стачных швов.

4. Применение ультразвука для обработки петель позволило сократить время изготовления петли по сравнению со швейным производством с 49 до 5 с при амплитуде колебаний не более 40 мкм и времени сварки 5 с. Производительность при этом повысилась в 10 раз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клеткин И. Д., Фрейверт Е. Е. Оборудование для соединения тканей и трикотажа, содержащих химические волокна, с помощью ультразвука. М.: ЦНИИТЭИлегпищемаш, 1969. 110 с.
2. Соколов А. П. Сварка материалов в швейном производстве. М.: Легкая индустрия, 1970. 72 с.
3. Волков С. С. Сварка и склеивание полимерных материалов: Учебное пособие для вузов. М.: Химия, 2001. 376 с.
4. Волков С. С., Орлов Ю. Н., Черняк Б. Я. Сварка пластмасс ультразвуком. М.: Химия, 1974. 267 с.
5. Волков С. С., Черняк Б. Я. Сварка пластмасс ультразвуком. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Химия, 1986. 254 с.
6. Ганева Л. И., Голямина И. П. Исследование излучателей из ферритов с подмагничиванием постоянными магнитами. М.: ГОСИНТИ, 1960. 16 с.
7. Зайцев К. И., Мацюк Л. Н., Богдасhevский А. В. Сварка полимерных материалов: Справочник. М.: Машиностроение, 1988. 312 с.
8. Волков С. С., Черняк Б. Я. Сварка пластических масс: Учебное пособие. М.: Химия, 1987. 168 с.
9. Гуль В. Е., Акутин М. С. Основы переработки пластмасс. М.: Химия, 1985. 399 с.
10. Каменев Е. И., Мясников Г. Д., Платонов М. П. Применение пластических масс: Справочник. Л.: Химия, 1985. 448 с.

**З. А. СИДЛИН, д-р техн. наук, П. И. ГОЛЬДИНБЕРГ, инж., Д. В. ВЕТРОВ, инж.
ООО "Спецсталь" (Москва)**

Автоматизация производства сварочных материалов — повышение стабильности качества

Отечественное производство сварочных материалов, в первую очередь покрытых электродов для ручной дуговой сварки, успешно развивается. Производителями решен ряд проблем. Главной задачей, решение которой необходимо в ближайший период, является повышение стабильности качества продукции. Именно нестабильность качества, присущая продукции многих заводов и связанная главным образом с их низким техническим уровнем, резко снижает конкурентоспособность отечественных электродов [1].

Среди показателей, определяющих технический уровень производства, весьма существенен фактор уровня квалификации рабочих основных специальностей и инженерно-технического персонала, особенно на электродных производствах, где обучение персонала ведется только непосредственно на производстве при отсутствии современных учебных пособий и методик. В любом случае в электродном производстве даже при высокой квалификации персонала свести влияние человеческого фактора к минимуму можно только за счет рациональной автоматизации управления технологическими операциями и технологическим процессом в целом.

При имеющемся уровне развития электродных заводов и их финансовом состоянии одноэтапная комплексная автоматизация всего электродного производства представляется нерациональной даже для крупных заводов. По мнению авторов, эффективнее процессный подход к автоматизации производства согласно одному из основополагающих принципов ИСО 9000. Напомним, что при этом процессом называют действие или совокупность действий, которыми "входы" (оборудование, сырье, исполнители и др.) преобразуют в "выходы" (продукцию, полуфабрикаты, отходы, услуги и др.). Принцип процессного подхода давно применяется в электродном производстве в виде взаимосвязанных технологических операций, каждая из которых имеет "вход" и "выход" [2].

Цикл производства электродов включает основные переделы: приготовление жидкого стекла, при-

готовление стержней, переработка материалов покрытий, приготовление обмазочной массы, нанесение покрытия на стержни, термическая обработка электродов, сортировка и упаковка электродов. Автоматизируя отдельные технологические переделы (или отдельные технологические операции, отдельные единицы оборудования), т. е. локальные процессы, кроме "плюсов", полученных от возможности контроля и управления ими в реальном времени, существенно повышаются стабильность параметров и качество продукции. Появляется возможность получения оперативной информации о протекании процессов, выработке, проблемах с оборудованием, движении сырья (приходе, расходе, остатках на участках и складах) и готовой продукции, а также другой информации в виде отчетов в бумажном и электронном виде. Эта информация может поступать на компьютер руководителя предприятия, главного инженера, начальника производства, других уполномоченных руководителей и сохраняться в архиве (на сервере).

Такой поэтапный подход, учитывающий задачи и текущие возможности (не в последнюю очередь экономические) конкретного предприятия и создающий условия в конечном итоге для автоматизации предприятия в целом, позволяет получать реальную выгоду от внедрения каждого этапа.

Наиболее зависимым от человеческого фактора и поэтому представляющим наибольший интерес для автоматизации является общий для всех производств сварочных материалов процесс приготовления сухой смеси шихтовых компонентов: от контроля наличия и соответствия компонентов на складе исходного сырья до контроля их расхода и дозирования в соответствии с рецептурой по технологическому регламенту. В этом случае роль оператора сводится к наблюдению на мониторе операторского (диспетчерского) пункта за работой оборудования (бункеров, транспортирующих элементов, дозаторов, весов и др.) и принятию решений при возникновении нестандартных ситуаций, также фиксируемых на мониторе. При определенном уровне автоматизации может быть

обеспечена высокая степень актуальной конфиденциальности: оператор работает только с цифровыми индексами (обозначениями заказов, рядов, компонентов и параметров), контролирует (на мониторе) их соответствие, но не имеет доступа к технологическим параметрам. Кроме того, полностью исключается возможность несанкционированного доступа неуполномоченным лицом к изменению параметров.

При автоматизации дозирочного комплекса (бункер — затвор — шнек — транспортер — дозатор — затвор — весы...) в зависимости от состояния оборудования (наличия приводов на исполнительных механизмах) и желания руководства предприятия можно практически исключить или свести к минимуму влияние человеческого фактора (рабочих или специалистов) на технологический процесс (ручное, механизированное или автоматическое управление операциями, процессами) [3, 4]. Важнейшим обстоятельством является также устранение человека из наиболее неблагоприятной по санитарно-гигиеническим показателям рабочей зоны.

В настоящее время существуют программные продукты и надежные промышленные исполнительные механизмы для принципиального решения этих задач. Практическая реализация с высокой степенью надежности требует существенного повышения качества исходного сырья или технологии его предварительной подготовки на заводе-изготовителе сварочных материалов (электродов, порошковой проволоки, флюсов).

Другой операцией, от которой зависит качество электродов, является их опрессовка на прессах высокого давления. В ООО "Спецсталь" (ранее НПП "Спецсталь") накоплен существенный опыт автоматизации управления данной операцией, реализованный с положительным эффектом даже при недостаточном уровне технических решений и исполнительных устройств (механизмов). Специалистами ООО "Спецсталь" разработана и на ряде предприятий (Череповецкий сталепрокатный завод, Лосиноостровский электродный завод, Судиславский завод сварочных материалов и др.) внедрена система, позволявшая вести часть операций

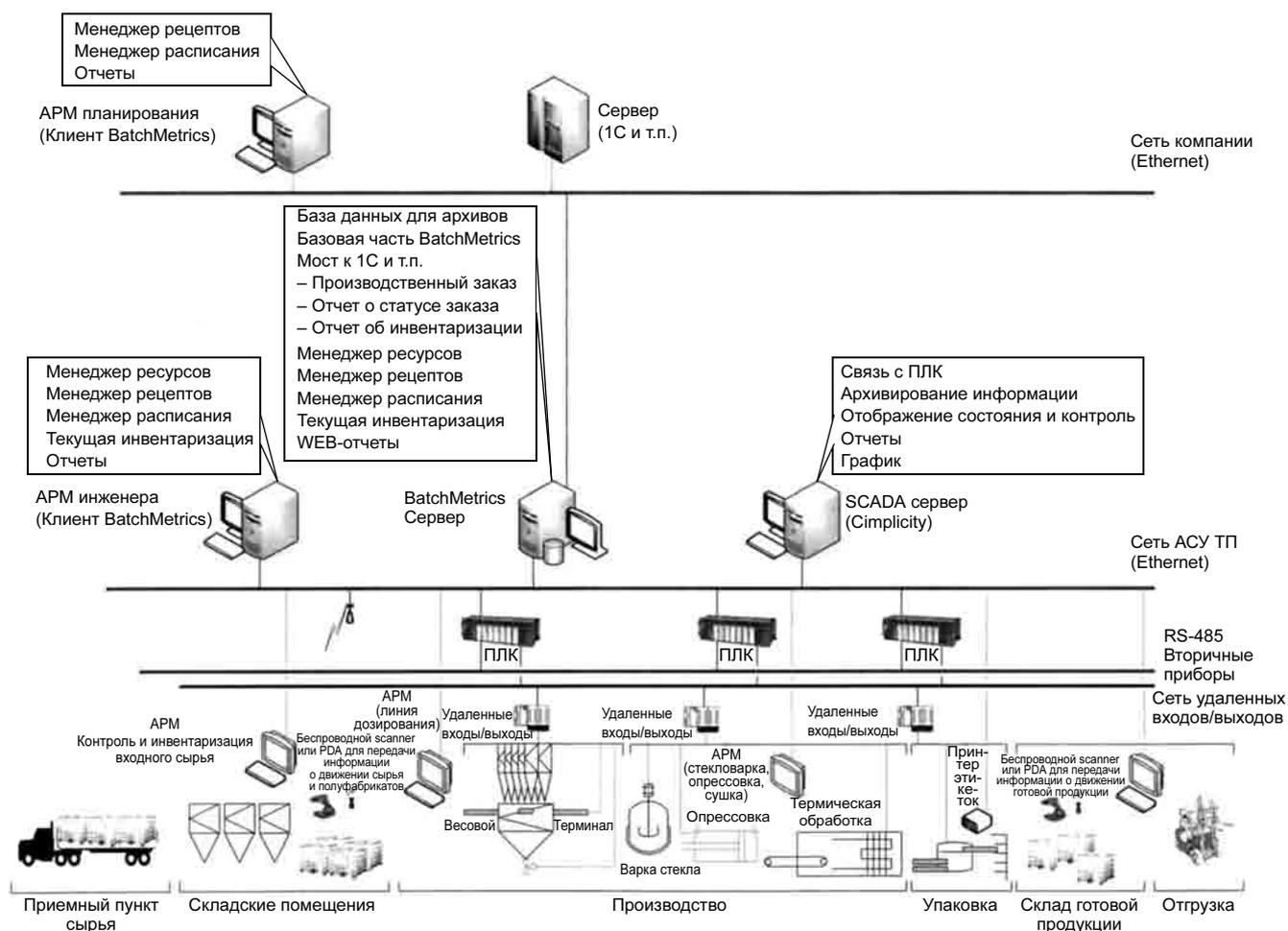


Схема АСУ ТП электродного производства

по изготовлению порошковых проволок и электродов в автоматическом режиме, т. е. переложить ряд функций управления технологическими операциями на контроллеры с заложенными в них соответствующими программами (логикой).

Отечественные электродообмазочные прессы в подавляющем большинстве оборудованы насосами переменной производительности, что требует ручной подрегулировки при изменении по ходу выпрессовки пластичности обмазочной массы или при необходимости изменения скорости подачи стержней, что обеспечивается серийными тиристорными преобразователями. Единожды синхронизировав скорости подачи стержней и обмазочной массы, можно затем уже в процессе опрессовки менять скорость опрессовки электродов (производительность), не нарушая синхронизацию. Это позволяет непосредственно в процессе опрессовки плавно увеличивать производительность до максимально возможной и оперативно реагировать на изменения технологических условий (пластичности обмазочной массы, качества стержней, равномерности их подачи и др.), одновременно снижая психологическую нагрузку на оператора и требования к его квалификации. Устройства электро- и гидроуправления были реализованы на базе унифицированной системы средств электрогидроавтоматики "Шексна М", разработанной в НПП "Спецсталь". Их достоинствами являются точное согласование скорости истечения обмазочной массы со скоростью подачи стержней, упрощение обслуживания гидросистемы, отсутствие гидроударов и течи масла, снижение энергозатрат.

Вариант такой модернизации пресса АОЭ-3 обеспечивает производительность от 100 до 800 электродов МР-3 диаметром 4 мм в 1 мин. Имеется вариант модернизации электроуправления с переводом электродообмазочного агрегата в полуавтоматический режим работы, когда после зарядки обмазочного цилиндра брикетами оператор включает режим "Цикл" и агрегат проводит ускоренный подвод штока, набор давления опрессовки, включение подачи прутков, выпрессовку всего объема загруженной в цилиндр обмазочной массы, остановку подачи прутков, отвод штока в исходное положение и остановку в режиме ожидания очередной зарядки.

В каждом конкретном случае заказчик ставит задачу, соответствующую принятому технологическому процессу. Уровень возможной автоматизации производственных процессов определяется доступными программным обеспечением и аппаратной частью, т. е. соответствует оптимальным техническим возможностям. В настоящее время на

рынке имеется широкий выбор современных информационных технологий, программ, контроллеров, датчиков, исполнительных механизмов и др., позволяющих решать вопросы автоматизации технологических процессов на высоком техническом уровне.

Предлагаемое комплексное решение задач автоматизации и управления технологическими операциями, процессами и производством в целом (см. рисунок), основанное на применении современных информационных технологий, инженерных решений, исполнительных механизмов и средств контроля параметров процесса, позволяет обеспечить стабильность качества сварочных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сидлин З. А. К вопросу о качестве современных отечественных электродов для ручной дуговой сварки // Сварочное производство. 2007. № 12. С. 32—34.
2. Марченко А. Е. Процессный подход в системах менеджмента качества электродного производства по ISO 9000:2000 // Сварочное производство. 2007. № 6. С. 40—46.
3. Шебанов А. М., Бессарабов И. Н. Автоматизация процесса составления шихты для производства сварочных электродов — решаемая техническая задача // Сварщик. 1999. № 4 (8). С. 12—13.
4. Шлепаков В. Н. Автоматизированное оборудование для производства порошковой проволоки // Дуговая сварка. Материалы и качество на рубеже XXI века. Орел, 2001. С. 64—67.

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".

УДК 621.791:33.338.4

А. Р. АЙРАПЕТЯН, аспирант
("МАТИ" — РГТУ им. К. Э. Циолковского),
А. В. БЕЛЯКОВ, студент
(Академия бюджета и казначейства Министерства финансов
Российской Федерации)

Оценка инновационного потенциала предприятия в современных условиях

В современных условиях достижения в области науки и техники в значительной степени определяют динамику экономического роста и уровень развития предприятий. В связи с этим появляется теоретическая и практическая потребность определения инновационных возможностей каждого из них.

Инновационный потенциал предприятия определяется его способностью разрабатывать и внедрять различные инновации (новые товары, новые технологические процессы, новое оборудование, новые материалы, новые организационные методы управления) и осуществлять это с наибольшей эффективностью и перспективностью.

Условия внешней экономической среды в значительной степени влияют на достигнутый уровень экономического развития предприятий, а следовательно, на их инновационный потенциал и должны найти отражение в экономических условиях, формирующих это понятие. В первом приближении эти условия можно разделить на три состояния внешней среды:

- нормальные экономические условия развития конкуренции;
- осложненные экономические условия;
- кризисные экономические условия.

Нормальные экономические условия, как правило, присущи экономически развитым странам с рыночной экономикой, устоявшейся нормативно-правовой системой бизнеса, сбалансированностью макроэкономических процессов, высоким уровнем развития основной массы отраслей и предприятий.

Осложненные экономические условия имеют в основном развивающиеся страны, построившие экономические приоритеты своего развития, целенаправленно формирующие нормативно-правовую базу развития реального сектора экономики, но сталкивающиеся в своей реальной деятельности с диспропорциями на макро- и микроуровнях, а также с несбалансированностью своих бюджетов, сопро-

вождающихся множеством негативных последствий в экономике.

Кризисные экономические условия определяются отсутствием четких экономических ориентиров развития экономики страны в целом, массовым падением производства в различных секторах экономики, глубокими диспропорциями на макроуровне, периодическим дефицитом государственного бюджета, всем комплексом социальных последствий и т. д.

При определении инновационного потенциала предприятия необходимо учитывать:

- реальные возможности предприятия (реализованные и нереализованные) в той или иной сфере экономической деятельности в соответствии с его специализацией;
- объем ресурсов и резервов предприятия как вовлеченных, так и не вовлеченных в производство;
- способности коллектива предприятия к эффективному использованию ресурсов и резервов с целью получения максимального дохода и прибыли;
- организационную структуру предприятия и эффективность выбранных форм управления в целом и на уровне отдельных направлений деятельности или подразделений;
- инновационные возможности предприятия, определяемые регулярным внедрением новых товаров, услуг, средств труда, материалов, технологических процессов, организационных форм управления и т. д.;
- инвестиционные возможности предприятия, характеризующиеся способностью наращивать капитал за счет собственных источников и эффективно использовать заемный и привлеченный капитал;
- финансовое положение предприятия, определяемое эффективностью управления финансовыми ресурсами: возможность поддерживать необходимый уровень ликвидности и платежеспособности, а также высокий уровень финансовой устойчивости и деловой активности и др.

Рассмотренные направления в реальной практике предприятия обеспечиваются:

— объемом и качеством располагаемых ресурсов (общей численностью промышленно-производственного персонала и рабочих, основным производственным и непроизводственным капиталом, оборотным капиталом и материальными запасами, финансовыми ресурсами, нематериальными активами (патентами, лицензиями, информацией, технологией));

— способностями сотрудников к разработке и созданию новой продукции, т. е. образовательным, квалификационным, психологическим и мотивационным потенциалом;

— возможностями управления с целью оптимального использования имеющихся у предприятия ресурсов (подготовкой, талантом и профессиональной адаптацией менеджеров, умением создавать и обновлять организационные структуры предприятия);

— инновационными способностями, т. е. способностями предприятия к обновлению производства, смене технологии и т. п.;

— информационными способностями, т. е. способностями получать необходимую информацию, обрабатывать ее и использовать при принятии управленческих решений;

— финансовыми способностями, позволяющими вести рациональную финансовую политику с минимальными издержками обращения.

Реально оценить инновационный потенциал предприятия можно на основе объективных показателей его деятельности. Система таких показателей должна характеризовать его способность к разработке и внедрению широкого класса инноваций: новых товаров, технологий, оборудования, материалов, организационных форм труда и т. д.

Таковыми показателями в первом приближении могут быть следующие.

1. Среднегодовое количество внедряемых новых товаров $n_{\text{нов}}^{\text{cp}}$. Поскольку разработка и внедрение новых товаров может осуществляться достаточно неритмично в зависимости от различных объективных и субъективных факторов, то для многономенклатурных предприятий целесообразно определить этот показатель за несколько предшествующих лет. Этот показатель будет рассчитываться следующим образом:

$$n_{\text{нов}}^{\text{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^t n_{\text{нов}i}}{t},$$

где $n_{\text{нов}i}$ — количество новых товаров (или их модификация), внедренных за i -й период (год) (шт/год); t — количество лет, за которые проводится обследование (годы).

Чем больше количество новых товаров и их модификаций в среднем ежегодно осваивает предприятие, тем выше его инновационный потенциал.

2. Среднегодовое количество внедренных технологических процессов $n_{\text{н.тех}}^{\text{cp}}$, которое характеризует технологическую инновационную политику предприятия. Ввиду неритмичности освоения новых технологий и различных ноу-хау в производстве их также целесообразно определять за несколько предшествующих лет по формуле

$$n_{\text{н.тех}}^{\text{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^t n_{\text{нов.тех}i}}{t},$$

где $n_{\text{нов.тех}i}$ — количество новых технологий, внедренных предприятием за i -й период (год) (шт/год).

Естественно, что различные новые технологии могут давать различный экономический эффект от внедрения, хотя их количество все же характеризует инновационный потенциал предприятия, который увеличивается с ростом этого показателя.

3. Среднегодовое количество внедренных новых организационных форм труда $n_{\text{о-т(ср)}}^{\text{H}}$ характеризует совершенствование организации производства и труда на предприятии. По аналогии с предыдущими показателями его можно рассчитать следующим образом:

$$n_{\text{о-т(ср)}}^{\text{H}} = \frac{\sum_{i=1}^t n_{\text{о-т}i}^{\text{H}}}{t},$$

где $n_{\text{о-т}i}^{\text{H}}$ — количество новых внедренных организационных форм труда за i -й период (год) (шт/год).

Увеличение этого показателя в динамике характеризует в целом повышение инновационного потенциала предприятия.

4. Удельный вес используемых новых конструктивных материалов на предприятии $Y_{\text{н.м}}$. Этот показатель можно рассчитать следующим образом:

$$Y_{\text{н.м}} = (Z_{\text{м}}^{\text{H}}/Z_{\text{м}})100 \%,$$

где $Z_{\text{м}}^{\text{H}}$, $Z_{\text{м}}$ — годовая сумма затрат предприятия соответственно на новые материалы и всего по смете за рассматриваемый период времени (руб.).

Чем выше этот показатель, тем выше инновационная активность предприятия и, соответственно, его потенциал.

5. Удельный вес нового оборудования, используемого в процессе производства, $Y_{\text{н.об}}$ характеризует степень обновления его технической базы и определяется по формуле

$$Y_{\text{н.об}} = (N_{\text{уст}}^{\text{H}}/N_{\text{уст}})100 \%,$$

где $N_{\text{уст}}^{\text{H}}$, $N_{\text{уст}}$ — общее количество установленного оборудования соответственно нового и всего в рас-

смаатриваемом периоде времени (на конец исследуемого года).

Чем выше этот показатель, тем выше уровень технического оснащения производства и выше инновационный потенциал.

6. Удельный вес новых компьютерных программ, используемых в управлении, $У_{КОМ}^H$. Современное производство в организационно-техническом плане нуждается в компьютеризации не только основных технологических процессов, но и всех планово-учетных работ. Информационная база компьютерных программ обновляется с повышенной скоростью, поэтому предприятие должно следить за их развитием и активно использовать в практической деятельности. Этот показатель в первом приближении можно определить следующим образом:

$$У_{КОМ}^H = (K_{КОМ}^H / K_{КОМ\Sigma}) 100 \%,$$

где $K_{КОМ}^H$ — количество новых компьютерных программ, внедренных в текущем периоде; $K_{КОМ\Sigma}$ — общее количество используемых предприятием компьютерных программ.

Чем выше этот показатель, тем выше качество информационной базы предприятия и управления и, соответственно, выше инновационный потенциал.

7. Количество новых используемых технологий в маркетинге предприятия $K_{МАР}^H$ определяет эффективность сбытовой деятельности предприятия. Эти технологии отражают уровень качества работы предприятия с клиентами. Сюда могут относиться новые виды рекламы на определенные товары, презентации и выставки, в которых участвует предприятие, новые формы реализации товаров или их сервисного обслуживания. Оценка эффективности проведения новых маркетинговых технологий в исследуемом периоде может быть не всегда адекватна затратам на них. Отдача может быть только в перспективе, но активность предприятия в этом направлении также характеризует его инновационный потенциал.

Перечень показателей для оценки инновационного потенциала предприятия в реальной практике может быть значительно шире с учетом специфики его деятельности. Все расчетные показатели, характеризующие инновационный потенциал предприятия, необходимо рассматривать в динамике с целью оценки его инновационной активности и инвестиционной привлекательности.

ОБРАЗОВАНИЕ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ

УДК 621.791:658.386

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

Основные цели и направления реформирования системы подготовки профессиональных кадров технологического профиля

Введение. Последнее десятилетие прошлого века вошло в историю России как период катастрофического падения экономики, развала отечественной промышленности и, как следствие, падения престижа и статуса профессии инженера. При этом очевидно, что именно инженерный корпус, а не ме-

неджмент является основой жизнедеятельности любого производства.

Сегодня ситуация с экономикой несколько улучшилась, обозначился процесс возрождения индустрии, формируются новые и реконструируются действующие промышленные предприятия,

организуется выпуск отечественной машиностроительной продукции.

И вот "вдруг" (как всегда в России) обнажилась новая проблема — острый дефицит квалифицированных инженерных кадров, особенно инженерной элиты — инженеров-технологов. К разрешению этой проблемы не в полной мере готова система вузовской подготовки инженерных кадров, также пережившая период застоя.

Сложившуюся ситуацию можно решить в кратчайшие сроки, используя новые подходы к системе подготовки компетентных, востребованных, конкурентоспособных кадров. Система подготовки профессиональных кадров технологического профиля, сложившаяся в период плановой экономики, не соответствует новым социально-экономическим реалиям и нуждается в комплексном реформировании. Основные направления ее реформирования стали темой дискуссий при проведении семинаров, круглых столов и различных опросов. В них в качестве экспертов выступают руководители и начальники управлений персоналом промышленных предприятий и организаций, представители профессиональных объединений (ассоциаций, союзов), вузовского сообщества и научно-педагогической общественности. Результаты дискуссий представляются в аналитических обзорах [1], находят отражение в учебно-методических пособиях [2, 3], статьях в отраслевых и научно-педагогических журналах [4—10] и трудах конференций [11].

Учитывая актуальность обсуждаемой темы, авторы данной работы сделали попытку систематизировать и обобщить различные мнения и предложения, а также накопленный вузами методический опыт и отработанные на его основе практические рекомендации с целью выработки общих взглядов на проблемы профессионального образования и определения основных подходов к реформированию системы подготовки профессиональных кадров технологического профиля.

Проблемы подготовки профессиональных кадров технологического профиля. Данные проблемы возникли в 90-х годах прошлого века в связи с переходом общества к новым социально-экономическим условиям. Эти изменения привели к спаду промышленного производства в стране и невостребованности молодых специалистов, отказу государства от распределения и регулирования на рынке труда и неограниченному росту предложений на рынке образовательных услуг, что в итоге негативно отразилось на престижности технологических знаний и уровне мотивации абитуриентов на получение инженерного образования.

Проблемы подготовки профессиональных кадров технологического профиля обозначили и недостатки высшей профессиональной школы. Ака-

демичность форм организации обучения и методов преподавания, замкнутость образовательного процесса и отсутствие внешней оценки качества подготовки выпускаемых специалистов, увеличение возрастной диспропорции профессорско-преподавательских кадров и непрестижность их карьеры у молодежи; старение материально-технической базы научной и образовательной деятельности и недостаток средств на приобретение современного технологического и исследовательского оборудования, низкий уровень инновационных планов развития, неэффективность существующей системы управления качеством образовательной деятельности и отсутствие организационно-экономических механизмов ее активизации вызвали несбалансированность системы высшего профессионального образования и обусловили несоответствие конечных результатов работы вузов требованиям работодателей и перспективам социально-экономического развития регионов и страны в целом.

Современный работодатель, характеризуя молодого специалиста как интеллектуальный продукт сферы профессионального образования, отмечает повышенный уровень теоретических знаний и их оторванность от практики, расплывчатое представление перспективы и незаинтересованность в дальнейшей профессиональной деятельности, ограниченность навыков общения в профессиональной среде и неумение преподнести себя и результаты своего труда, отсутствие креатива и излишнюю амбициозность. В целях доведения уровня компетенций молодого специалиста до стандарта предприятия вынуждены организовывать "внутрифирменные" образовательные центры и курсы, тратить существенные средства на переподготовку и повышение квалификации выпускников вуза.

В последние годы проблемы воспроизводства интеллектуального потенциала и сохранения преемственности кадров технологического профиля усугубились неблагоприятной демографической ситуацией. Кадровую проблему наиболее остро ощутили высокотехнологичные и наукоемкие отрасли производства страны. Появление госзаказа и приток инвестиций в эти сферы экономики обусловили необходимость инновационно-технологической модернизации высшей школы и комплексного реформирования всей системы профессионального образования, обозначили актуальность подготовки профессиональных кадров новой формации, обладающих совокупностью определенных качеств, необходимых для эффективной профессиональной деятельности в новых социально-экономических условиях.

Реформа системы высшего технического образования предполагает пересмотр основополагающих принципов организации системы подго-

товки профессиональных кадров технологического профиля.

Основы организации современной системы подготовки профессиональных кадров технологического профиля. Современную систему организации подготовки профессиональных кадров технологического профиля можно представить моделью, в которой "ядром" является обучаемый с его способностями и желаниями, интересами и потребностями, а "оболочку" формируют вуз, организующий учебный процесс в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта и развивающегося рынка труда, и работодатель, взаимодействующий с вузом в практической подготовке молодого специалиста.

Такую модель образовательной системы можно рассматривать как методологическую основу для системного анализа ее основных элементов и направлений их развития. К ним относятся реализация компетентного подхода в обучении и аттестации, разработка гибких образовательных программ и планов, внедрение современных образовательных технологий и методов контроля уровня знаний студентов на каждом этапе обучения, внедрение новых подходов, функциональных и структурных решений в организацию профориентационной работы и создание института социального партнерства вуза, работодателя и профессиональных объединений.

Индивидуально-ориентированная организация образовательного процесса с обеспечением возможности построения индивидуальных образовательных маршрутов предполагает активное вовлечение в образовательный процесс самого обучаемого. Поступая на ту или иную образовательную программу, обучаемый имеет одни знания, умения, навыки и способности, отражающие его индивидуальные особенности, и предшествующий уровень образования, а заканчивает с другой базой знаний, умений и навыков.

По мнению специалистов и экспертов, в современных условиях выпускник вуза должен быть компетентным деятелем с интегрированным мышлением и разносторонними навыками, необходимыми для успешной профессиональной деятельности.

Высокие темпы развития науки, техники и технологии ставят задачи подготовки молодого специалиста, способного самостоятельно обновлять и приобретать новые знания и творчески их применять при выполнении различных задач. Их востребованность и конкурентоспособность на рынке труда повышается при наличии не только профессиональных компетенций, сформированных не ниже уровня, указанного в государственных образовательных стандартах, но и знаний, умений и навыков в области экономико-управленческой деятельно-

сти, менеджмента и охраны интеллектуальной собственности.

Выпускник современного технологического вуза должен обладать и комплексом коммуникативных способностей. Его характеризует психологическая подготовленность к практической работе, быстрая адаптация к постоянно изменяющимся внешним условиям, деятельность на сохранение и приумножение корпоративных ценностей.

Работодатель считает, что молодому специалисту необходимо иметь четкое представление о своем месте в профессиональной нише на рынке труда, а уровень его мотивации должен быть направлен на достижение определенных целей в служебной активности, обеспечивающий карьерный рост.

Организуя учебный процесс и представляя образовательные услуги, вуз должен постоянно взаимодействовать с работодателем. Их социальное партнерство основано на том, что работодатель, являясь не только конечным потребителем интеллектуального продукта сферы профессионального образования, но и ее заказчиком, становится активным участником образовательного процесса. Совместной задачей вуза и работодателя является обеспечение обучаемого всеми необходимыми ресурсами и забота о мотивации труда исполнителей.

Эффективность их взаимодействия будет зависеть от координации действий со стороны общественно-профессиональных объединений, организационной основой которых должны стать существующие профессиональные сообщества. Их состав следует расширить за счет включения представителей органов законодательной и исполнительной власти, образовательных учреждений и учебно-методических объединений, научно-педагогической общественности и профсоюзов. Являясь связующим звеном между активными участниками образовательного процесса, общественно-профессиональные объединения должны способствовать формированию параметров подготовки молодого специалиста, разрабатывать механизмы и создавать условия успешного взаимодействия вуза и работодателя при поддержке этих усилий со стороны государства. Работая совместно на рынках образовательных услуг и труда, каждый из участников образовательной системы должен нести консолидированную ответственность за качество подготовки молодого специалиста.

Основные направления деятельности вузов по повышению качества подготовки профессиональных кадров. Не обсуждая вопросы организационных изменений системы высшего профессионального образования в связи с переходом от традиционной (пятилетней) к двухступенчатой (бакалавриат — магистратура) моделям обучения и соответствующие им изменения в структуре управле-

ния вуза, выделим основные направления деятельности вузов по повышению качества подготовки профессиональных кадров.

Разработка гибких образовательных программ и планов. В разработке образовательных программ должна обязательно присутствовать инновационная компонента, предусматривающая адекватное и опережающее отражение в их содержательной части последних достижений в соответствующих областях науки и техники, а также требований сегодняшнего дня. Специалисты и эксперты говорят о необходимости их периодического пересмотра и обновления в среднем на 10—15 %. Это повышает гибкость образовательного процесса, что особенно необходимо при преподавании дисциплин информационно-компьютерного блока. Гибкие образовательные программы способствуют не только реализации межпредметных связей и преемственности различных учебных дисциплин, но и обеспечивают получение студентами системно-комплексных знаний, необходимых для эффективного управления информационными ресурсами.

Учитывая недостаточную практику молодых специалистов, необходимо сбалансировать теоретическую и практическую составляющие образовательных программ и обеспечить реальность тематики курсового и дипломного проектирования. Современные образовательные программы должны стать образовательно-производственными, а учебные планы предусматривать проведение части лабораторного практикума на производственных площадях и лабораториях ведущих промышленных предприятий и научных организаций, организацию обучения рабочей профессии, стажировку (индивидуальную практику) и трудоустройство студентов по специальности на условиях временной занятости, что принято в мировой практике. Такой подход к организации образовательного процесса обеспечит реальное погружение обучаемого в процесс непрерывного профессионального становления и его включение в систему производственной деятельности. Заключая трудовой договор (контракт) выпускник вуза к окончанию обучения будет иметь практический опыт и трудовой стаж, обеспечивающий сокращение периода адаптации и повышение его ценности на рынке труда. В этих условиях система профессионального образования трансформируется в систему профессионального развития обучаемого.

Внедрение современных образовательных технологий и методов контроля уровня знаний студентов. В образовательной практике ведущих вузов, наряду с традиционными формами организации аудиторных занятий, такими как поточно-групповая, групповая и лекционно-семинарская, присутствуют элементы дистанционной формы обучения.

Разработка интерактивных электронных учебно-методических комплексов, создание медиатек по изучаемым дисциплинам, внедрение оборудования видеоконференцсвязи и расширение технической возможности доступа студентов к современным информационным и телекоммуникационным ресурсам должны стать показателями качества образовательной системы вуза.

Существенным моментом в организации учебного процесса является изменение соотношения аудиторной нагрузки и самостоятельной работы в сторону увеличения последней и обучение студентов современным технологиям самообразования. Знание основ интеллектуальной деятельности и организации самостоятельной работы, развитие умений творческого владения стратегическими методами и тактическими приемами научного познания, приобретение навыков планирования работы и самооценки результатов своей деятельности позволяют подготовить креативного специалиста, способного к саморазвитию и построению планов своей трудовой карьеры. Повышенный уровень мотивации и профессиональных устремлений, система ценностей и установок позволяют выпускнику вуза успешно самореализоваться на рынке труда и социализироваться в соответствующих сферах профессиональной деятельности.

Среди оценочных средств контроля учебного процесса специалисты выделяют балльно-рейтинговую систему оценки знаний. Она, с одной стороны, активизирует самостоятельную работу студентов, а с другой стороны, обеспечивает оперативную обратную связь и предоставляет возможность преподавателю определять трудно усвояемые темы лекций и типы задач и соответственно корректировать содержательную часть учебных дисциплин.

Внедрение новых подходов, функциональных и структурных решений в организацию профориентационной работы. Определяя стратегические цели и формируя политику в области качества образовательного процесса, создавая системы менеджмента и маркетинга и совершенствуя организационно-управленческую структуру, внедряя вузовские стандарты и оптимизируя внутрисистемную документацию, вузы повышают свой инновационный потенциал и конкурентоспособность своей образовательной системы.

Эксперты и специалисты считают необходимым сосредоточить все доступные вузу ресурсы на внедрении новых подходов, функциональных и структурных решений в практику профориентации. Учитывая переход современной экономики на инновационный путь развития и возрастающий спрос на компетентных специалистов, ведущие вузы в настоящее время создают на базе отделов практик и трудоустройства центры развития карьеры.

В отличие от кадровых агентств, как правило, работающих на запросы работодателей, вузовские центры развития карьеры направляют свою деятельность на студента, учитывая его профессиональные особенности и индивидуальные психологические качества, интересы и желания. К основным задачам таких центров можно отнести мониторинг рынка труда и образовательных услуг, создание информационной базы данных о кадровых потребностях предприятий и организаций и информирование студентов об этих вакансиях, обучение их современным технологиям поиска работы, составления резюме и договоров (контрактов), проведение консультаций по правилам общения и особенностям собеседования с работодателем при трудоустройстве на работу и условиям временной занятости в период обучения.

В связи с тем, что работодатель высказывает мнение о необходимости периодической переориентации специалистов на новые направления техники и смежные технологии (по некоторым оценкам этот период составляет 5—7 лет), следует расширить практику получения студентами вузов параллельно с основным дополнительного или второго высшего образования. Выпускники вузов, имеющие два диплома о высшем образовании (техническое и экономико-управленческое), характеризуются повышенной академической мобильностью, готовностью быстро адаптироваться в любой ситуации и перенимать передовой опыт. Приобретение комплексных знаний, умений и навыков повышает востребованность и конкурентоспособность таких специалистов.

К стратегическим направлениям деятельности вузов относится их взаимодействие с работодателем.

Форматы сотрудничества и партнерства вуза и работодателя и связующая роль общественно-профессиональных объединений в подготовке профессиональных кадров. Развитие института социального партнерства вуза и работодателя предполагает различные форматы их взаимодействия. В интересах ведущих предприятий, обеспеченных госзаказом и устанавливающих повышенные требования к молодым специалистам по сравнению с государственными образовательными стандартами, реализуется контрактно-целевой формат их взаимодействия. В рамках комплексного договора предприятие профориентирует и направляет на целевое обучение абитуриентов (целевой набор), а вуз разрабатывает дополнительные образовательно-производственные программы, учитывающие специфику предприятия и дополнительные требования к молодым специалистам. Предприятие в этом случае выступает заказчиком и потребителем интеллектуального продукта сферы профессионального образования.

Для малых и средних промышленных предприятий и научных организаций вузы реализуют формат взаимодействия, предусматривающий оказание вузом услуг работодателю по подбору персонала. Вуз осуществляет подготовку молодого специалиста по государственному образовательному стандарту, а работодатель принимает студента на стажировку и преддипломную практику и после завершения обучения в вузе зачисляет в штат без испытательного срока. Деятельность вуза по подбору персонала наиболее выгодна работодателю, учитывая длительность обучения по основным образовательным программам и возможные изменения ситуации на рынке труда.

Важным аспектом взаимовыгодного сотрудничества и партнерства вуза и работодателя является проведение в вузе дней карьеры и ярмарок вакансий, участие студентов в презентациях и "промоушн-акциях" работодателей. В планах совместной деятельности вуза и работодателя должны находиться вопросы разработки индивидуальных программ адаптации молодых специалистов, дополнительных образовательных программ повышения квалификации и переподготовки кадров специалистов предприятия и преподавателей вуза, создания "корпоративных" образовательных центров и курсов, организации тренингов и мастер-классов.

Связующим звеном между вузом и работодателем должно являться общественно-профессиональное объединение. Обобщая мнение и предложения различных специалистов и экспертов, авторы сформировали правовое поле деятельности общественно-профессиональных объединений, предусматривающее их участие в процедурах государственного лицензирования, аккредитации и аудита вузов, экспертизе и аттестации основных и дополнительных образовательных программ; обновлении перечня специальностей и формировании набора компетенций выпускников вузов при разработке новых поколений государственных образовательных стандартов; работе попечительских и наблюдательных советов вузов; создании единого информационного пространства, объединяющего рынок образовательных услуг и труда, их мониторинге, оценке тенденций и прогнозировании потребностей; формировании заказа на индивидуальную целевую подготовку специалистов, сборе, обобщении и анализе отзывов работодателей о качестве подготовки молодых специалистов и определении рейтингов специальностей и вузов; выделении грантов вузам на разработку инновационных образовательных проектов, назначении именных стипендий и выделении обучаемым образовательных кредитных линий из средств предприятий и организаций.

Заслуживает внимания мнение некоторых специалистов и экспертов о необходимости укрепления системы непрерывного многоуровневого профессионального образования и организации взаимодействия между образовательными учреждениями различных уровней профессионального образования. Эта цель может быть реализована при разработке интегрированного государственного образовательного стандарта по конкретным специальностям с сопряжением уровней и дифференциацией требований к компетенциям выпускников образовательных учреждений начального, среднего и высшего профессионального образования.

Форматы сотрудничества и партнерства вуза и работодателя должны быть направлены не только на достижение текущих результатов, но и на перспективу. Для решения проблем воспроизводства кадров различного уровня профессионального образования эксперты предлагают создать на базе ведущих вузов образовательные комплексы различной конфигурации с определенной степенью централизации и автономии входящих в него образовательных учреждений. Перспективы расширения форматов рынка образовательных услуг связывают также с созданием региональных корпоративных образовательных центров развития кадрового потенциала. Активное и эффективное использование всех ресурсов при решении наиболее значимых для развития регионов задач позволит образовательным комплексам и региональным корпоративным образовательным центрам получить дополнительное финансирование из отраслевых и региональных бюджетов.

Заключение. Подготовка компетентных, востребованных и конкурентоспособных профессиональных кадров технологического профиля становится все более сложным процессом, требующим внимания, дополнительных усилий и финансовых затрат. Интеграция всех участников образовательного процесса и дифференциация направлений их деятельности обеспечат целостность реформирования системы подготовки профессиональных кадров. Но эффективность реформ в этой сфере будет зависеть от разработки нормативно-правовой базы, регулирующей на долгосрочной основе отношения сотрудничества и партнерства образовательных учреждений, работодателей и общественно-профессиональных объединений.

Несмотря на некоторую коммерциализацию образовательного процесса за счет введения дополнительных платных образовательных услуг система профессионального образования нуждается в притоке инвестиций. Инвестор готов вкладывать средства на условиях престижности и выгоды их вложения. Заслуживает внимания мнение работодателей о необходимости создания организаци-

онно-экономических механизмов активизации процесса инвестирования в образовательную сферу, обеспечения финансовой прозрачности деятельности образовательных учреждений и целесообразности разработки критериев оценки эффективности вложения инвестиций в человеческий ресурс.

Таким образом, профессиональное образование, являющееся важнейшей отраслью социального сектора и одним из основных факторов экономического развития страны, должно стать важным инструментом политики государства. Политика поддержки высокого статуса, профессионального уровня и престижности преподавательского труда, признание необходимости привлечения средств работодателя для совместного с государством финансирования профессионального образования и формирование открытых взаимовыгодных отношений вуза и работодателя будут способствовать притоку в эту сферу молодых кадров, способных обеспечить в ней позитивные изменения. В этом заключается успешность реализации реформы профессионального образования в России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Круглый стол "Взаимодействие крупных компаний с вузами: на пути к эффективному партнерству"*. М.: Ассоциация менеджеров, 2006. 88 с.
2. *Мануйлов В. Ф., Федотова А. В., Шестернина Е. Ю.* Целевая контрактная подготовка по интегрированным образовательно-производственным программам: Методическое пособие. М.: ЛАТМЭС, 2002. 128 с.
3. *Научно-методические основы и практика организации учебного процесса в вузе: Учебное пособие / И. А. Новаков, Ю. В. Попов, В. Н. Подлеснов и др.* Волгоград, 2003. 316 с.
4. *Фролов В. А., Родионов В. Б., Федоров С. А.* Новый этап подготовки инженерных кадров // *Авиационная промышленность*. 2002. № 2. С. 71—74.
5. *Фролов В. А., Федоров С. А.* Опыт разработки и внедрения образовательных программ подготовки инженерных кадров для предприятий машиностроительного комплекса // *Технология машиностроения*. 2006. № 5. С. 88—89.
6. *Кутин А. А., Коршунов Е. Д.* Подготовка специалистов-инноваторов — ключевая задача в обеспечении предприятий машиностроения конкурентоспособными кадрами // *Технология машиностроения*. 2005. № 11. С. 75—78.
7. *Фролов В. А., Федоров С. А., Голубева Т. В.* Опыт интеграции образовательной и производственной сфер в системе многоуровневого непрерывного профессионального образования // *Технология машиностроения*. 2003. № 5. С. 72—75.
8. *Сухов С. В.* Конкурентоспособность образовательной системы вуза // *Технология машиностроения*. 2007. № 9. С. 97—100.
9. *Тягунов Ф. Ф., Федоров С. А.* Возможно ли непрерывное профессиональное образование? // *Народное образование*. 2002. № 5. С. 110—114.
10. *Манушин З., Добряков А.* Модель подготовки элитного специалиста // *Высшее образование в России*. 2007. № 8. С. 3—16.
11. *Социальное партнерство и проблемы подготовки молодых специалистов* // *Труды конференции технических вузов, колледжей и промышленных предприятий машиностроительного комплекса Москвы*. М.: Изд-во "МАТИ"—РГТУ им. К. Э. Циолковского, 2005. 178 с.

УДК 621.791:061.2/4

5-я Международная специализированная выставка "Робототехника—2007"

17—20 октября 2007 г. в Москве на ВВЦ состоялась юбилейная 5-я Международная специализированная выставка "Робототехника—2007", организованная Русской выставочной компанией "Эксподизайн" при поддержке Министерства образования и науки РФ, МЧС России, Федерального агентства по науке и инновациям, Департамента науки и промышленной политики Москвы.

Официальные партнеры выставки — Институт проблем механики РАН и ЗАО "Андроидные роботы".

В экспозиции выставки были представлены новые разработки и оборудование более 50 ведущих профильных компаний, фирм и научных организаций по следующим основным направлениям:

— робототехника и мехатроника (промышленные роботы, в том числе специального назначения, интеллектуальные роботы и др.);

— встраиваемые и специализированные вычислительные системы (программное обеспечение, системы управления и контроля, системы технического зрения и др.);

— нанотехника и нанотехнологии применительно к наносистемам различного назначения;

— интеллектуальные "потребительские" робототехнические устройства (роботы-игрушки, роботы-футболисты, андроидные роботы и др.).

Далее приведены фирмы-экспоненты и их разработки, представленные на выставке.

ООО "Робопром" (Екатеринбург):

— робот-мусороборщик для поиска и сбора мелкого мусора (пустых бутылок и др.). Оборудован автоматическим манипулято-

ром с двумя степенями свободы, тремя колесами, два из которых ведущие. Техническое зрение реализовано двумя видеокамерами, обработка данных и управление осуществляются бортовым ПК;

— автоматическая рука менеджера — роботизированный комплекс для автоматической раздачи визиток и других мелких предметов, состоящий из руки с пятью степенями свободы, видеокамеры, компьютера со специальным программным обеспечением. Раздает предметы, когда лицо того или иного посетителя попадает в поле зрения камеры;

— гусеничный робот с самонаводящимся оружием для автоматического ведения огня, наведения оружия на цель с использованием внутренних и внешних критериев целеуказания. Грузоподъемность устройства 20 кг, время непрерывной работы не менее 5 ч. Оборудован GPS-приемником, видеокамерой с сервоприводом, управляется по защищенному каналу, использующему шумоподобные радиосигналы (рис. 1).

Фирма также разрабатывает роботы по заказу, осуществляет ремонт, гарантийное и постгарантийное обслуживание бытовых и промышленных роботов, поставку запасных частей и комплектующих.

МГТУ "Станкин" (Москва):

— учебный стенд "Модель промышленного робота" КР-150, оснащенная сервоприводами и системой управления. Модель может быть применена в учебном процес-



а)



б)



в)

Рис. 1. Экспериментальная серия роботов: а — робот-мусороборщик; б — автоматическая рука менеджера; в — гусеничный робот с самонаводящимся оружием

се технических вузов для проведения лабораторных работ по робототехнике и мехатронике.

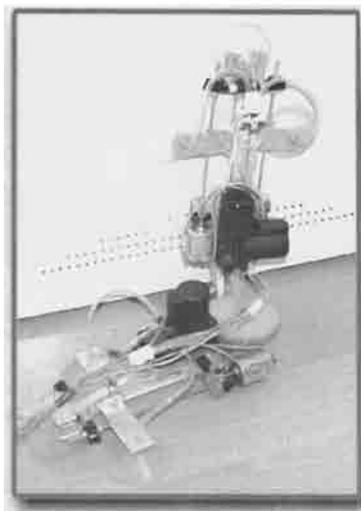
Курский ГТУ:

— мобильный робот "Explorer" с блоком управления "Cyber-Box" для передвижения по плоским поверхностям с любым углом наклона к горизонту, может быть использован в труднодоступных местах или агрессивных средах, а также для обучения студентов;

— мобильный двухсекционный робот для передвижения и выполнения технологических операций на вертикальных поверхностях с углом наклона к горизонту от 0 до 90°. Робот преодолевает препятствия, недоступные или труднодоступные для человека, в том числе в агрессивных средах. Модульная двухсекционная конст-



а)



б)

Рис. 2. Мобильные робот "Explorer" с блоком управления "Cyber-Box" (а) и двухсекционный робот (б)

рукция мобильного робота позволяет повысить надежность закрепления тела робота на наклонных поверхностях, преодолевать сложные рельефы и установить на корпусе робота диагностическое оборудование и исполнительные механизмы (рис. 2).

Федеральное агентство по образованию, Ижевский ГТУ:

— высокоманевренный транспортный робот (макет) для применения в лабораторном практикуме по специальностям робототехники и мехатроники. Робот перемещается по горизонтальной поверхности. Высокую маневренность роботу придает движитель, выполненный с использованием 16 сферических колес, объединенных в группы по приводу. Система управления позволяет обрабатывать различные по сложности движения и траектории (вперед, назад, вправо, влево, движение под углом, вращение вокруг "средней" точки и др.). Технические характеристики: максимальная скорость перемещения 0,5 м/с, грузоподъемность 20 кг, габаритные размеры 270 × 270 × 100 мм, управление — автоматическое (дистанционное) по заданной программе. Возможно использование в транспортной робототехнике для перемещения различных объектов, в том числе в стесненных условиях.

Институт океанологии им. П. П. Ширшова:

— разработка, производство и эксплуатация малогабаритных телеуправляемых подводных аппаратов серии "Гном" ("Гном— стандарт", "Гном-микро", "Супер-Гном") для проведения подводных поисково-смотровых работ (рис. 3) (максимальная рабочая глубина 50 м, полная масса системы 11 кг, габаритные размеры подводного модуля 210 × 185 × 150 мм, потребляемая мощность 80 Вт, масса подводного модуля 1,5 кг).

Институт проблем механики РАН:

— разработка систем адаптации, искусственного интеллекта манипуляционных и мобильных роботов, планирование траекторий, ав-



Рис. 3. Малогабаритный телеуправляемый подводный аппарат серии "Гном-микро" для осмотра подводной части судов, трубопроводов, подводных коммуникаций

томатического принятия решений, быстрых алгоритмов. Компьютерные модели движения роботов в экстремальных условиях и ситуациях (пожаротушение, разминирование, ядерная энергетика и др.);

— разработка и исследование моделей миниатюрных роботов (рис. 4) на основе микро- и нанотехнологий для применения в меди-



Рис. 4. Модели миниатюрных роботов

цине, энергетике, в специальных условиях;

— механика интегрированных нано- и микросистем.

Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша:

— мобильный гусеничный робот "Сенсорика" для химической разведки, "гуманитарного" разминирования (имеет малое давление на грунт), мобильного патрулирования, оснащен сенсорами (приборами, срабатывающими при касании пальцем специальной чувствительной (сенсорной) площадки). Технические характеристики: габаритные размеры 1100×550×300 мм, масса 32 кг, супервизорное управление — микро-PC с автономностью до 7 ч, масса робота 18 кг. Осуществляется экспертная поддержка принятия решения для следования вдоль стен по ультразвуковым датчикам, выхода из тупика, обработки изображений (рис. 5).

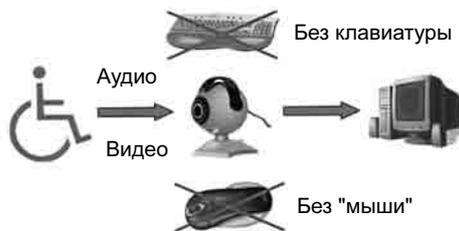
Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН:



Рис. 5. Мобильный гусеничный робот "Сенсорика" со средствами дистанционного экологического мониторинга



Рис. 6. Интеллектуальный многомодальный интерфейс для бесконтактной работы с компьютером "iCANDO"



— исследование и разработка естественных форм человеко-машинного взаимодействия — интеллектуальный многомодальный интерфейс для бесконтактной работы с компьютером "I CANDO". Вместо клавиатуры и "мыши" используются естественные голосовые команды и движения головы. Многомодальная архитектура объединяет систему дистанционного распознавания русской речи и систему компьютерного зрения, отслеживающую траекторию перемещения кончика носа пользователя для управления курсором "мыши". Используется web-камера со встроенным микрофоном, подключенная к компьютеру.

Области применения: системы для бесконтактного управления оборудованием (бытовой техникой, "умным" домом, роботом и др.), компьютерные интерфейсы для работы с графическими и текстовыми редакторами, игровыми приложениями, для дистанционного взаимодействия с экранами больших размеров посредством речевого ввода и жестов головы, рук, тела пользователя. Кроме того, компьютер "I CANDO" является частью комплексной интеллектуальной системы помощи и реабилитации инвалидов по зрению, слуху, речеобразованию, с проблемами двигательных функций рук и др. (рис. 6).

Интерфейс компьютера "I CANDO" получил Гран-при 2-го Европейского конкурса многомодальных интерфейсов в 2006 г. в Брюсселе.

ООО "Нейроботикс" (Москва—Зеленоград):

— разработка технологий, основанных на анализе сигналов головного мозга и сердца, речи и зрения: нейрокомпьютерный интерфейс между человеком и компьютером получает команды напрямую от мозга без совершения какого-либо физического движения. Принцип действия интерфейса основан на том, что любое движение, восприятие или внутренняя мыслительная деятельность связаны с определенной активацией нейронов, которые взаимодействуют друг с другом посредством электрических импульсов. Эти токи создают электромагнитное поле, которое можно зарегистрировать с помощью методов электроэнцефалографии и магнитоэнцефалографии. Сигналы ЭЭГ можно использовать для управления внешними устройствами (приборы серии "Неокортекс", "Биосенс" и др.);

— системы трекинга глаз — технология отслеживания — возможность с высокой точностью измерять и анализировать движения глаз.

Большой популярностью у посетителей пользовалась система



Рис. 7. Нейрокомпьютерный интерфейс — система "HED" — система тренинга глаз

"HED", которая монтируется на голове. Обеспечивает свободу перемещения, простоту настройки и применения. Используется при вождении автомашины и других автотранспортных средств: испытуемый надевает шлем "HED", который подключается к компьютеру с помощью одного кабеля. Видеоглаза анализируются в режиме реального времени, а положение взгляда и вспомогательная информация накладываются на картинку, которую видит перед собой испытуемый. Вся информация записывается в ПК или на внешний магнитофон (рис. 7).

Компания RealRobot.Ru (Москва):

— производство малогабаритных робототехнических платформ для изучения основ робототехники, разработки алгоритмов навигации и управления, в основном для школьников и студентов. Габаритные размеры 85×85 мм, время работы до 6 ч, возможна связь с компьютером, стандартная комплектация — микроконтроллеры, аккумуляторные батарейки, датчики препятствий, серводвигатели.

ЗАО "Андроидные роботы":

— первый российский серийный робот серии А-100, базовая модель, предназначенная для

средних учебных заведений, вузов и НИИ, развивает мышление и культуру пользования информационными системами нового поколения;

— полноразмерный многоцелевой андроидный робот — научно-исследовательская робототехническая платформа для разработки и отладки программного обеспечения андроидных роботов различных научно-исследовательских и промышленных сфер деятельности i-Van-1;

— "Шоу роботов" на базе разработанного компанией аппаратно-программного комплекса "Андромеда" — готовая универсальная платформа для групповых шоу, мини-спектаклей, оригинальных танцев андроидных роботов (рис. 8).

Помимо промышленных и обучающих роботов следует отметить интеллектуальные потребительские робототехнические устройства (роботизированный домашний кинотеатр, робот-аниматроник, музыкальный робот, ползающий робот, в том числе по стенам, трехмерные видеоочки и др.).

Институт проблем лазерных и информационных технологий РАН (Шатура Московской обл.):

— типоряд технологических CO₂-лазеров для обработки материалов (модели 10215, 10220, 10430). Предназначены для широкого применения в термических лазерных технологиях в составе автоматизированных лазерных технологических комплексов;

— лазерная стереолитография — лазерно-информационная технология оперативного изготовления трехмерных объектов сложной топологии в автомобильной, авиакосмической, энергетической отраслях, криминалистике и др.

Для этих целей разработаны три модели лазерного стереолитографа (ЛС-120, ЛС-250, ЛС-350), которые отличаются максимальными габаритными размерами изготавливаемой модели. Технические характеристики: точность изготовления 0,1 мм, потребляемая мощность 2 кВт.

Институт физики твердого тела РАН (Черноголовка Московской обл.):

— выращивание кристаллов, всесторонняя аттестация материалов, измерения в экстремальных условиях, разработка новых материалов с использованием нанопорошковой технологии (изго-



Рис. 8. "Шоу роботов" на базе аппаратно-программного комплекса "Андромеда"

товление сверхплотной керамики из бинарных и тройных П-VI соединений для элементов инфракрасной оптики) и др.

Концерн "Наноиндустрия" (Москва):

— нанотехнологические системы на базе сканирующего туннельного микроскопа "Умка": "Умка-02" (низковольтная модель) для исследования плохопроводящих полимерных пленок и биологических объектов; "Умка-02" (газонапускная) для исследования объектов в атмосфере инертных или неагрессивных газов с контролируемыми параметрами; "Умка-02-Е" (учебная) для обучения при проведении лабораторных и демонстрационных работ по физике, химии, биологии и др. (рис. 9);

— эффективные технологии восстановления изношенных деталей узлов трения машин и механизмов с помощью нанодисперсных

противоизносных составов "Стрибойл" отечественной разработки.

Технология на основе составов "Стрибойл" позволяет повысить ресурс работы, например двигателей внутреннего сгорания, как минимум в 2—3 раза без капитального ремонта.

Нижегородский региональный Центр наноиндустрии:

— проекты промышленных производств (наноструктурированные радиационно-стойкие конструкционные материалы, объемные наноструктурированные материалы с уникальными свойствами, высокотемпературные керамические материалы на основе наноструктурированных соединений бора) (организация промышленного производства, не имеющего аналогов в России); химически связанная фосфатная керамика — новый материал, синтезированный за счет кислотно-основной реакции между фосфатами (калия, алюминия) и оксидами металлов (магния, железа, кальция, цинка) по способу получения обычного бетона;

— наноматериалы (углеродистые наноструктуры) нанотрубки, нановолокна (для модификации свойств полимеров); технический углеродный материал с нанопорами для фильтрующих материалов, экологически чистых мембран; пористый наноструктурный никель (фильтрующие материалы, насадки нейтрализаторов выхлопных газов); нанокристаллические сверхпластичные алюминиевые сплавы для микроэлектроники;

— нанокompозитные покрытия для машиностроения, энергетики, металлообработки, автомобилестроения.

В рамках выставки прошел международный симпозиум по микро- и нанотехнологиям и системам, организованный Комитетом международной программы IPMMAN (усовершенствование систем на основе интеграции макро-, микро- и нанотехнологий) и объединением MINAM при участии ИПМ РАН. В работе симпозиума приняли участие уче-

ные и ведущие специалисты НИИ, вузов, промышленных объединений из России, Австрии, Германии, Англии, Франции, Венгрии, Италии, Латвии, Белоруссии и других стран.

С концептуальными докладами на пленарном заседании симпозиума выступили представители России Ф. Л. Черноусько ("Механика и современные микро-, нанотехнологии"), М. А. Ананян ("Нанотехнологии — стратегия технологического прорыва"), П. Мальцев ("Современное состояние и перспективы развития нанотехнологий"), а также А. Алманза — Мартин из Австрии ("Интеграция макро-, микро- и нанотехнологий в современных системах") и Г. Ремп из Германии ("Развитие микро- и нанотехнологий в рамках европейских проектов"). Кроме того, в рамках симпозиума состоялись пять секционных заседаний, на которых были представлены более 30 сообщений по следующим направлениям: наноматериалы, наноповерхности, наночастицы и нанослои, наноструктуры и покрытия и др.

Состоялся круглый стол, на котором подвели итоги развития основных направлений интеграции макро-, микро- и нанотехнологий.

В работе выставки "Робототехника—2007" принимали участие студенты 5-го курса факультета журналистики МГГУ им. М. А. Шолохова.

В заключение хотелось бы обратить внимание на тот факт, что практически одновременное проведение двух специализированных выставок "Мехатроника и робототехника" (С.-Петербург, ВК "ЛенЭкспо", 02.10—05.10 2007 г.) и "Робототехника—2007" (Москва, ВВЦ, 17.10—20.10 2007 г.) в определенной мере отрицательно сказывается на престиже самих выставок, производителей, и потребителей высокотехнологичной продукции, а также на привлечении инвестиций.

Ан. А. Суслов,
канд. техн. наук

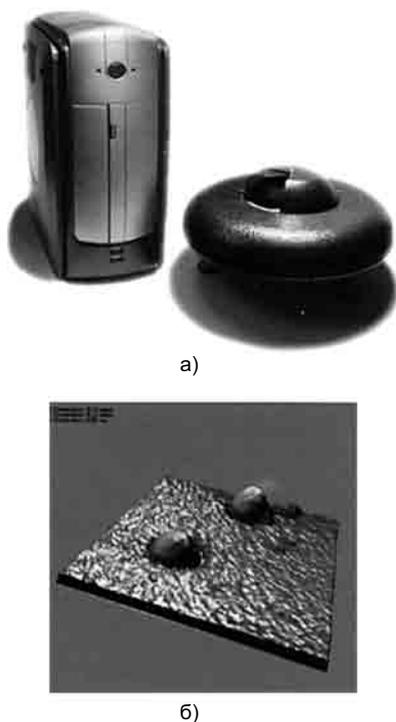


Рис. 9. Нанотехнологическая система на базе сканирующего туннельного микроскопа "Умка-02-Е" (а) и изображение нанообъекта (б) — островковой пленки графита на поверхности золота размером $5,12 \times 5,12$ мкм

7-я Международная специализированная выставка "Передовые технологии автоматизации—2007"

С 26 по 28 сентября 2007 г. в Москве в ЦВК "Экспоцентр" прошла 7-я Международная специализированная выставка "Передовые технологии автоматизации—2007", организованная Торгово-промышленной палатой РФ, российским представительством Общества приборостроения и систем автоматизации ISA, профильными министерствами и ведомствами. В выставке приняли участие многие российские и зарубежные предприятия.

Экспозиция выставки включала разделы "Автоматизация промышленных предприятий", "Автоматизация технологических процессов", "Бортовые и встраиваемые системы" и др.

Ниже приведено описание некоторых экспонатов, демонстрировавшихся на выставке, и предложения предприятий-разработчиков, вызвавшие наибольший интерес у специалистов.

ВНИИ автоматики им. Н. Л. Духова (Москва) демонстрировал:

— *аппаратуру ТПТС* для автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) энергетических и промышленных объектов. Программно-технические средства АСУ ТП реализуют принцип распределенного управления, когда каждый модуль связи с объектом содержит собственный микропроцессор и способен самостоятельно выполнять функции управления независимо от состояния всей системы. Система оснащена самодиагностикой оборудования и линий связи в реальном масштабе времени. Надежность аппаратуры и коэффициент готовности на два-три порядка превосходят аналогичные показатели известных отечественных систем.

Возможна перестройка и развитие АСУ ТП в процессе эксплуатации;

— *датчики серии ТЖИУ 406* (рис. 1) для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности. Чувствительный элемент датчика давления представляет мембрану из монокристаллического кремния, на которой за счет диффузии сформированы тензорезисторы. Идеальная упругость кремниевого кристалла и однородность конструкции чувствительного элемента обеспечивают его высокие технические характеристики: повышенную точность и долговременную стабильность. В датчике предусмотрена защита от давления перегрузки. Микропроцессорная схема обработки сигнала датчика давления исключает пульсации давления, обеспечивает перестройку диапазонов измерения и высокую точность измерения (до 0,1 %). Измеряемые среды: газ, жидкость, пар; температура окружающей среды —60—80 °С; диапазон измеряемых давлений 0,06 кПа—25 МПа; ос-



Рис. 1. Датчик серии ТЖИУ406

новная погрешность измерения $\pm 0,15$, $\pm 0,25$, $\pm 0,5$ %; питающее напряжение 9—48 В от источника постоянного тока; средняя наработка на отказ 250 000 ч.

ЗАО "НВТ-Автоматика" (Москва) — один из ведущих поставщиков программно-технологических комплексов, демонстрировало на выставке:

— *контроллер АРМ КОИТ-300* для применения в системах автоматизации технологических процессов любой вычислительной мощности, предназначен для управления функциональными узлами, оснащенными 6—12 исполнительными устройствами и несколькими датчиками, сбора информации с распределительных устройств и интеллектуальных датчиков. Время программного цикла около 10 мс, дискретный выход 70 мс. Ввод — до 512 удаленных аналоговых входных сигналов по RS-485 с периодичностью менее 1 с. Контроллер эксплуатируется при температуре окружающей среды 5—60 °С при атмосферном давлении 84—106,7 кПа и вибрации 9—150 Гц с ускорением 10 м/с^2 . Он имеет прочный металлический корпус, встроенные часы и контрольный таймер (Watch-Dog). Питание контроллера от внешнего источника постоянного тока напряжением 24 В, мощность 10 Вт;

— *многофункциональный контроллер КРОСС-500* большой информационной и вычислительной мощности. Основу контроллера составляет 32-разрядный PC-совместимый процессорный модуль с частотой 166 МГц, оснащенный большим объемом оперативной и Flash-памяти, двумя каналами Fast Ethernet и четырьмя высокоскоростными последовательными каналами RS-485 со скоростью 1 Мбит/с.

К каждому последовательному каналу может быть подключено до 32 модулей, устанавливаемых на DIN-рейку, что при 8—16 каналах ввода-вывода на модуле позволяет обрабатывать свыше 1024 сигналов в контроллере. Компактные размеры позволяют устанавливать контроллер в шкафы автоматики, что обеспечивает экономию кабеля, дорогостоящих конструкционных материалов и монтажных работ;

— систему технологического программирования *Tk Aprog* на основе передовых технологий системного программирования. Объектный подход, используемый в программно-технологическом комплексе на всех уровнях, позволяет описать управление технологическим процессом любого уровня сложности в виде набора простых алгоритмов, технологически связанных между собой. Устройство "САРГОН", установленное на всех вычислительных узлах АСУ ТП, обеспечивает независимость технологических программ от распределения по контроллерам.

НПО "Техника-сервис" (Москва) совместно с **ООО "ТС-СКН"** специализируется на производстве мобильных и стационарных вычислительных средств для тяжелых условий эксплуатации (удары, вибрации, влага, пыль, агрессивные среды, соляной туман и др.); корпоративных рабочих станций, серверов и ПК повышенной надежности для офисных и полупромышленных условий эксплуатации; заказных вычислительных систем со специальными требованиями. Приведем краткое описание оригинальных разработок, продемонстрированных на выставке:

— промышленный защищенный ноутбук *TS Strong Master 7020T (EC-1866) серии Pentium M* (рис. 2) для сбора, обработки и отображения информации в полевых условиях при повышенной влажности воздуха (дождь), сильной запыленности, температуре -50 — 55 °С и уровне акустического шума до 150 дБ. Может применяться как универсальный компьютер в транспорт-



Рис. 2. Промышленный защищенный ноутбук *TS Strong Master 7020T (EC 1866)* серии Pentium

ных средствах, условиях синусоидальной и случайной вибрации до 6 G и одиночных (до 120 G) и многократных (до 15 G) ударах, качки и других внешних воздействий. Жесткий диск ноутбука установлен в герметизированный объемный модуль с применением специальных амортизаторов. Вместо жесткого диска возможна установка электронного диска, более устойчивого к внешним воздействиям. Для эксплуатации в транспортных средствах ноутбук может комплектоваться виброизолирующей платформой с кронштейном, фиксирующим положение его ЖК-дисплея. Виброизолирующая платформа с ноутбуком может устанавливаться на рабочий стол (горизонтальная установка) и монтироваться на стену транспортного средства (вертикальная установка). Промышленный ноутбук оснащен универсальным отсеком, позволяющим дополнять его накопителем на компакт-дисках CD-ROM, CD-RW, DWD-ROM, DVD-ROM Combo, DVD-RW или гибких магнитных дисках FDD. Можно также установить вторую питающую батарею. Установка любого из этих устройств не требует специальных знаний и занимает не более 1 мин;

— промышленный защищенный планшетный компьютер *M840* для эксплуатации в качестве переносного (массой 1,9—2,2 кг в зависимости от емкости штатной батареи) индивидуального средства сбора, обработки и отображения информации. Работает при темпера-

туре -20 — 50 °С, габаритные размеры $273 \times 188 \times 50$ мм. Компьютер работает под управлением стандартных операционных систем Windows XP, в отличие от ограниченной в своих возможностях системы Windows CE, под управлением которой обычно работают изделия такого размера. Корпус компьютера выполнен из алюминий-магниевого сплава.

НПП "Элемер" (Москва) предложило потребителям свои разработки:

— измерительные преобразователи температуры и влажности ИПТВ-056 и ИПТВ-206, обрабатывающие аналоговые сигналы. Диапазоны измерений: температуры -25 — 25 , 0 — 100 , -40 — 110 °С при относительной влажности 5—98 и 0—100 %. Погрешность измерения температуры $\pm 0,2$ и $\pm 0,4$ °С при относительной влажности ± 2 и ± 4 %. Выходной сигнал для ИПТВ-056 составляет 0—5 мА, для ИПТВ-206 — 4—20 мА. Степень защиты IP54. Давление измеряемой среды до 2,5 МПа;

— измеритель-регулятор температуры и влажности ИРТВ-5215, работающий совместно с ИПТВ-056. Погрешность измерений температуры $\pm 0,25$ %, относительной влажности $\pm 0,25$ %. Питающее напряжение 220 В. Регулирование по температуре и влажности двух- и трехпозиционное. Степень защиты лицевой панели IP54, корпуса — IP20;

— поверочный комплекс давления и стандартных сигналов "Элемер" ПҚДС-210 (рис. 3) для проверки преобразователей давления: абсолютного — 0—120 кПа, 0—600 кПа, 0—2,5 МПа; избыточного — 0—100 кПа, 0—600 кПа, 0—2,5 МПа, 0—16 МПа; избыточного разрежения в диапазоне 10—600 МПа. При этом максимальная основная приведенная погрешность $\pm 0,05$ — $0,20$ %. Комплекс также может применяться для проверки термометров сопротивления, термомпар и преобразователей с унифицированным сигналом в диапазоне температур -50 — 200 °С с погрешностью $\pm 0,05$ °С. Комплекс ра-



Рис. 3. Поверочный комплекс давления и стандартных сигналов "Элемер" ПКДС-210

ботаает при температуре -20 — 60 °С. Степень защиты комплекса от пыли и влаги IP54.

Компания PLC systems (Москва) предложила потребителям оригинальную разработку — многофункциональные цветные и монохромные графические сенсорные панели C-more (рис. 4) для любых контроллеров с экраном по диагонали 152—381 мм. Панели оснащены обновленными сенсорными экранами и доработанным программным обеспечением, отличающимся простотой настройки и программирования. Для хранения данных используется одна или две карты Compact Flash, возможно также подключение USB-накопителя емкостью до 1 Гб. Панели имеют 16 оттенков серого и 65 536 различных

цветных оттенков. Для различных проектов имеется память объемом до 40 Мб.

ЗАО "Элтикон" (Москва) продемонстрировало на выставке технические средства "Композит", приведем краткое описание только одного экспоната:

— *модуль СА324* ввода сигнала с тензометрического датчика или системы тензометрических датчиков силы (массы). Модуль применяется в весовых терминалах статического и динамического взвешивания, распределительных системах сбора данных, автоматизированных системах управления технологическими процессами в промышленности. Модуль эксплуатируется при температуре окружающей среды -50 — 85 °С. Его питающее напряжение 14—32 В постоянного тока, выходное напряжение восьми тензодатчиков 5 В. Диапазон аналого-цифрового преобразования входного сигнала 0—20 мА. Частота передачи результатов преобразования по запросам master-устройства 1—1000 1/с. Подключение к общему каналу передачи данных осуществляется через преобразователь интерфейса CA714 или преобразователь RS-232, а также RS-485. Скорость передачи данных 115,2 кбит/с.

ООО "ТАУ-Автоматика" (Москва) среди прочих устройств продемонстрировало *многофункциональный анализатор качества энергоснабжения СРМ-52/51*, осуществляющий высокоточное измерение, индикацию и передачу по ин-

формационной сети Modbus RTU всех электрических и мощностных параметров, а также производящий вычисление характеристик качества электроэнергии. Анализатор осуществляет измерение амплитудных значений основных и высших гармоник тока и напряжения (до 31 гармоники), производит расчет суммарного коэффициента гармоник, может работать в силовых сетях со значительными гармоническими искажениями напряжения и тока без снижения точности измерений. Анализатор оснащен дискретными входами, выходами и последовательным интерфейсом, позволяющими осуществлять широкий спектр функций: дистанционное управление, сигнализацию, формирование аварийных сигналов, сбор статистических данных и запись информации.

Компания «Модульные системы "Торнадо"» (Новосибирск) предложила потребителям *систему автоматизации котельной на базе промышленно-технологического комплекса "Торнадо-1"*, выполняющую основные функции контроля и управления и обеспечивающую персонал достоверной и своевременной информацией о состоянии технологического оборудования, протекании и параметрах технологического процесса. Система позволяет автоматизировать работу котельных с любым отечественным или зарубежным технологическим оборудованием и топливом любого вида. При этом обеспечивается современный уровень управления оборудованием, экономичное сжигание топлива за счет повышения качества регулирования и в результате увеличение срока службы агрегатов котельной, улучшение ее экологических показателей. Объем аппаратных и программных средств можно наращивать поэтапно в соответствии с текущими потребностями производства. Общая производительность системы может достигать более 1000 сигналов ввода-вывода.

Компания Omron (Нидерланды) продемонстрировала датчики (кон-



Рис. 4. Многофункциональные цветные и монохромные графические сенсорные панели C-more



Рис. 5. Цифровой контроллер ZS-HLDC

троллеры) серии ZS, выполняющие точные измерения толщины материала, гладкости и искривления поверхности. Приведем краткое описание компактного цифрового контроллера ZS-HLDC (рис. 5), оснащенного передовыми цифровыми технологиями. Результаты измерений и другая информация отображаются на светодиодном индикаторе с двумя рядами элементов по восемь сегментов каждый. Крупный размер цифр индикатора упрощает считывание показаний. С помощью клавиш на индикатор можно вывести информацию о проводимых измерениях, включая текущие и пороговые значения. Для ЖК-дисплея контроллера предусмотрена возможность индивидуальной настройки отображаемой на нем информации. По желанию при эксплуатации контроллеров можно изменять язык, на котором выводится информация. Размеры прибора 90 × 60 мм.

Фирма ALFRA (Германия) предложила потребителям свои новые разработки — сегментированные листовые штампы и компактный ручной гидравлический инструмент:

— *перфорационную систему Tristar*, оснащенную специальным пуансоном. Применяется для обработки специальных сталей и углеродистой стали 37. Система приво-

дится в действие гидравлическим прессом "Компакт", ручным, ножным или электрогидравлическим насосом. Можно обрабатывать специальные стали толщиной 2,0—2,5 мм, осуществляя сверление диаметром до 20 мм;

— *специальный штамп ASN-20* для обработки отверстий. Уже готовые круглые отверстия с помощью такого штампа можно делать квадратными или прямоугольными. Во избежание скашивания окончательный размер отверстия предварительно следует накернить. Обрабатывается сталь толщиной до 2 мм. Таким штампом, оснащенным ручным прессом "Компакт", можно выполнять отверстия диаметром до 28,5 мм;

— *гидравлический ручной инструмент "Компакт-Комби"* для работы в ограниченном пространстве, оснащенный специальной головкой, расположенной под углом 90° с вращением на 360°. Таким инструментом можно обрабатывать (пробивать отверстия) в углеродистой стали диаметром до 85 мм, квадратные или прямоугольные отверстия 68 × 68 и 36 × 112 мм соответственно. При обработке специальной стали толщиной 2,5 мм можно изготовлять круглые отверстия диаметром 64 мм. Усилие резания 75 кН, масса инструмента 1,9 кг.

ООО "АБЕ Индустрия строительной техники" (Великобритания) продемонстрировало различное низковольтное оборудование:

— *электрохимическое реле времени ATS-1RM* для размыкания и замыкания цепи по заданной программе, оснащенное встроенным аккумулятором, заряжающимся от электросети. Реле обеспечивает сохранность программы при длительном (до 150 ч) отключении электропитания. Питающее напряжение реле 220—240 В, потребляемая мощность 1 кВт, температурный диапазон рабочего режима -25—55 °С;

— *цифровые реле времени DTS* — одно- и многоканальные реле с суточным или недельным цик-

лом программирования. Они реализуют сложные функции управления несколькими нагрузками или независимыми группами нагрузок, требующими различных уставок времени и разного времени начала отсчета. В серии DTS используется память ЭСППЭУ, устраняющая риск стирания заданной программы независимо от продолжительности перебоев электропитания. Мощность реле 5 кВт. Для облегчения щитового монтажа реле с годовым циклом (шириной 6 DIN-модулей) оснащены съемной панелью управления;

— *выключатели OS20...400 и OESA630...800 PowerLine* с предохранителями OS и OESA, сочетающие возможность защиты плавкими предохранителями от токов короткого замыкания (КЗ) и выключение нагрузки в обе стороны от предохранителя. Плавкие вставки представляют стационарные детали, гарантирующие долговечность работы сетей переменного и посто-

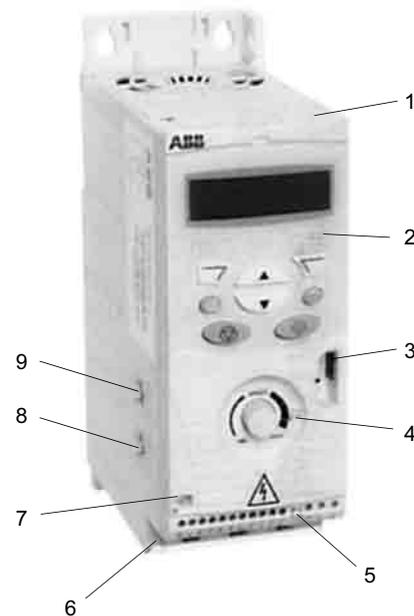


Рис. 6. Компонентный привод ACS150: 1 — съемный зажим для крепления маркировки; 2 — встроенная панель управления; 3 — подключение устройства Flash Drop; 4 — встроенный потенциометр; 5 — подключение входов (выходов) управления; 6 — подключение питания тормозного резистора и электродвигателя; 7 — переключатель типа сигнала аналогового входа; 8 — винт заземления вариатора; 9 — винт заземления фильтра

янного тока с минимальной потребностью дополнительного пространства на панелях управления. Предохранители предотвращают короткое замыкание (КЗ) до 100 кА при повреждении, что сокращает число вариантов и проблем при выборе деталей. С помощью дополнительно поставляемых комплектов преобразования системы можно в любой комбинации установить шести- и восьмиполюсные, реверсивные, байпасные переключатели и переключатели с механической блокировкой. Выключатели с предохранителями PowerLine прошли испытания в соответствии с требованиями МЭК 947-3. В результате изоляция даже после КЗ сохраняла свою надежность на протяжении всего срока службы рубильника;

— *компонентный привод (преобразователь частоты) ACS150* (рис. 6) для управления низковольтными асинхронными электродвигателями переменного тока при работе с нагрузками различных типов, когда не требуется точно поддерживать момент, скорость или какую-либо внешнюю технологическую переменную. Встроенная панель управления с ЖК-дисплеем, кнопками управления и потенциометром делает процесс настройки и эксплуатации привода очень простым. Интерфейс привода ACS150 унифицирован с интерфейсом и другими моделями приводов (ACS350 и ACS550), что позволяет уменьшить время для настройки привода и освоения технологического оборудования, в котором он применяется. Привод

оснащен тормозным прерывателем (необходимым для обеспечения динамического торможения электродвигателя) и ЭМС-фильтром, позволяющим снизить уровень электромагнитных помех, генерируемых приводом. Привод также имеет монтажную плату с зажимами для крепления кабелей и увеличения срока службы, покрытую защитным слоем лака.

Основным событием деловой программы выставки стала Всероссийская конференция по АСУ ТП и встраиваемым системам, на которой разработчики поделились опытом, а специалисты по системной интеграции рассказали о предлагаемых услугах в области автоматизации технологических процессов.

А. Н. ИВАНОВ, инж.

Семинар "Пайка—2007"

20—21 ноября 2007 г. в Центральном Российском Доме знаний (ЦРДЗ) общества "Знание" состоялся семинар "ПАЙКА — 2007. Вопросы высоко- и низкотемпературной пайки и подготовки специалистов для паяльного производства", организованный секцией пайки ЦРДЗ совместно с НП "Союз профессиональных паяльщиков им. С. Н. Лоцманова". Руководители семинара — д-р техн. наук Е. И. Сторчай и канд. техн. наук Ю. И. Березников.

В семинаре приняли участие около 60 специалистов из Волгодонска, Калуги, Лихославля, Пензы, Обнинска, Тольятти, Ульяновска, г. Химки (Московская обл.), а также представитель ИЭС им. Е. О. Патона чл.-кор. НАН Украины д-р техн. наук В. Ф. Хорунов.

В ходе работы семинара были заслушаны 26 докладов и сообщений, сопровождавшиеся обменом мнениями и ответами на многочисленные вопросы.

Наибольшее внимание вызвали следующие доклады:

— "Методика исследования и основные физико-химические закономерности жидкометаллического охрупчивания конструкционных материалов при пайке" (д-р хим. наук В. С. Новосадов, МГУ пищевых производств, д-р техн. наук И. Н. Пашков, ЗАО "АЛАРМ");

— "Особенности формирования углового паяного соединения" (канд. техн. наук А. Я. Куфайкин, Объединенный институт высоких температур РАН);

— "Особенности паяного инструмента, оснащенного элементами из быстрорежущей стали" (канд. техн. наук И. Н. Иванов, инж. Г. П. Кузнецова, ОАО "ВНИИИНСТРУМЕНТ");

— "Припои, применяемые для пайки монокристаллических сплавов" (канд. техн. наук В. С. Рыльников, ВИАМ);

— "Пайка узла из тугоплавких материалов с рабочей температурой до 1800 °С" (канд. техн. наук Л. Д. Лысенко, инж. Е. В. Шабалина, ФГУП НПП "Торий");

— "Бесфлюсовая пайка алюминиевых сплавов припоями системы Al—Ge—Si" (д-р техн. наук Е. И. Сторчай, канд. техн. наук Л. С. Лантушенко, инж. М. К. Скольцова, инж. В. В. Станотина, ОАО "Криогенмаш", Балашиха Московской обл.);

— "О роли интеграции научных школ в решении крупных научно-технических проблем" (д-р техн. наук В. П. Фролов, МГТУ ГА, канд. техн. наук В. П. Плаунов, Академия наук авиации и воздухоплавания).

Большое внимание участники семинара уделили вопросам подготовки специалистов в области пайки на базе Тольяттинского государственного университета, "МАТИ" — РГТУ им. К. Э. Циолковского и МИСиС.

По решению оргкомитета следующие семинар и конференция по пайке пройдут в ЦРДЗ (15.04.2008 г.) и Тольяттинском государственном университете (сентябрь 2008 г.).

В. П. Плаунов, 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 (№ 2, 2007, Румыния)

Cioclov D. D. Прочность и усталость наноматериалов. Ч. 1. Деформация и статическая прочность. S. 3—14.

Radu B. et al. Текучесть и пластическая деформация в процессе сварки трением с перемешиванием. S. 15—25.

Ilie M., Mattei S. Исследование свариваемости полимеров с помощью эквивалентного материала. S. 27—33.

Sandu L. et al. Использование лазера для частичного снятия зубных протезов с целью ремонта. S. 35—39.

BIULETYN INSTYTUTU SPAWALNICTWA W GLIWICACH (Roc. 51, N 5, 2007, Польша)

Matusiak J. et al. Современные процессы MIG/MAG-сварки маломощной дугой в аспекте ограничения выделения вредных аэрозолей. P. 49—55.

Lehrich W. et al. Термитная сварка кабельных соединений катодной защиты трубопроводов. P. 56—62.

Winiowski A. Присадочные материалы для высокотемпературной пайки инструмента с режущими пластинками из быстрорежущей стали. P. 63—69.

JOURNAL OF THE JAPAN WELDING SOCIETY (Vol. 76, N 4, 2007, Япония)

Fukaya Y. Получение сварочного образования в частных университетах. S. 6—7.

Suzuki M. Материалы для сварки стали, содержащей 9 % Ni. S. 8—9.

Специальный выпуск. Современные методы оценки усталостной долговечности сварных конструкций

Tagami M. Неразрушающий контроль сварных соединений стальных конструкций. S. 10—14.

Fujimoto Y., Shintaku E. Измерение напряжений с помощью пьезоэлектрической пленки. S. 15—20.

Kobayashi T., Nihei K. Сенсор усталости для оценки усталостной долговечности сварных конструкций. S. 21—25.

KimYou-Chul, Oku K. Мониторинг усталостных трещин и оценка эксплуатационной надежности с помощью сигнатурного анализа электрического поля. S. 26—29.

Saida K., Nishimoto K. Применение анализа кристаллизации в ремонтной сварке монокристаллических сплавов. S. 30—42.

Uezono T., Tong H. МИГ-сварка с применением источника питания с цифровой фильтрацией. S. 43—46.

Matsuda Sh. Анализ сварочных явлений методом электромагнитного управления жидкой ванной. S. 47—51.

RIVISTA ITALIANA DELLA SALDATURA (An. LIX., № 2, 2007, Италия)

Costa G., Morra S. Аттестация/сертификация персонала в Италии, обслуживающего оборудование, работающее под давлением. S. 169—173.

Lanza M., Pagano S. Методы оценки работоспособности морских сварных конструкций, эксплуатирующихся при низких температурах. S. 179—191.

Scialpi A. et al. Микросварка трением с перемешиванием сплавов алюминия 2024-6082. S. 193—200.

Camassa A., Piazza U. Токовихревая система на основе фазовой решетки с многокомпонентным датчиком для поверхностного контроля алюминиевых сплавов, полученных плазменной сваркой. S. 203—208.

Scasso M. Основные принципы управления рисками — применение для контроля производственными процессами. S. 211—220.

Parodi G. C. Вид заболевания легких, вызванного парами и дымом, выделяющимися при сварке. S. 223—228.

Brencich A., Gambarotta L. Процедура оценки состояния итальянского железнодорожного моста, построенного 90 лет назад в Кампассо. S. 231—238.

Galtier A., Duchet M. Усталостные характеристики соединений из тонколистовых высокопрочных сталей. S. 241—247.

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).

SCHWEISSEN UND SCHNEIDEN
(№ 6, 2007, Германия)

Новый способ окисления алюминия. S. 297—298.

Новый механический способ контроля для размотки и производства. S. 298—299.

Staubach M. и а. Получение соединений сталь — алюминий сваркой в защитных газах с малым энергопотреблением и использованием присадочного материала на основе алюминия и цинка. S. 302—313.

Thurner S., Kusch M. Применение плазменной MIG-технологии при соединении оцинкованных стальных материалов. S. 314—323.

Risse A., Klatt A. Исследование факторов, влияющих на качество изготовленных на фрезерном станке сваркой трением с перемешиванием прессованных профилей из сплава AlMg0,7Si. S. 324—332.

Ji J. и а. Технологические поры при гибридной сварке Nd:YAG-лазером + плавящимся электродом в защитных газах алюминиевых сплавов. Ч. 1. Сварочные параметры. S. 334—337.

О работе службы информации. Обзор литературы. S. 338—344.

SUDURA
(An. XVII, N 3, 2007, Румыния)

Himmelbauer K. Процесс СМТ (перенос холодного металла) — революция в сварочной технологии. P. 4—11.

Mitelea I. et al. Явление диффузии водорода в "черно-белых" сварных соединениях (10TiNiCr180—14MoCr10). P. 13—18.

Pârvu M. Влияние факторов окружающей среды на качество сварных соединений, выполненных под водой. P. 20—30.

Killing R. Как это работает? МАГ-сварка с "очень короткой дугой со струйным переносом". P. 31—33.

Tatter U. Газопламенная резка или разделка кромок — выбор правильного сочетания сопел! P. 35—37.

Eisenbeis Ch. Высокотемпературная пайка с нагревом электрической дугой — толчок к новой методике. P. 38—40.

TWI CONNECT
(Issue 148, May/June, 2007, Англия)

Медицинское применение анализа усталостной долговечности. P. 2.

Расходуемые материалы для дуговой сварки под флюсом. Ч. 2. Спецификации. P. 4—6.

Уникальный источник для высокоточного контроля. P. 6.

(Issue 149, July/August, 2007, Англия)

Интеллектуальная собственность — используйте ваши идеи с помощью Британского института сварки. P. 3.

Расходуемые материалы для дуговой сварки под флюсом. Ч. 2. Спецификации Американского сварочного общества. P. 4—5.

Сварка, обеспечивающая высокое качество швов магниевых плит большого сечения, — без проблем! P. 6.

WELDING AND CUTTING
(№ 3, 2007, Германия)

Chauhan A. Сварка на европейских судостроительных заводах. P. 120—121.

Lutz W. "Холодная" роботизированная сварка деталей установок горячей вытяжки. P. 126—128.

Новое поколение пламенных сварочных горелок. P. 130—131.

Новый процесс МАГ-сварки высокопрочных сталей. P. 132.

Tran Tien T. Первое промышленное применение самоадаптивной МАГ-сварки с системой лазерного слежения за стыком. P. 150—156.

McMillan G., Spiegel-Ciobanu V. E. Накопление марганца, болезнь Паркинсона и вдыхание марганца сварщиками. Ч. 1. Источники выделения марганца и их влияние на здоровье человека и профессиональные заболевания. P. 161—165.

Stelling K. et al. Характеристики затвердевания и свариваемость аустенитных сталей при использовании лазерного и гибридного способов. P. 171—175.

Karakas Ö. et al. Использование концепции микроносителя информации для оценки усталостной прочности сварных соединений магниевого деформируемого сплава AZ31. P. 176—181.

WELDING JOURNAL
(Vol. 86, N 3, 2007, США)

Noruk J. Интеллектуальное видение повышает окупаемость роботов. S. 32—35.

Cullison A. et al. Обзор выставки "AWS—2006". S. 37—44.

Прочные экзаменационные столы для роботизированной сварки. S. 46—48.

Harris D. Достижения в области порошковых припоев и припоев с флюсовым покрытием. S. 53.

Allen K., Feldbauer S. L. Вопрос специалистов по пайке — какой вид припоя использовать: пасту или рамку из припоя. S. 55—57.

Baskin P. Проблемы в области разработки бессвинцовых припоев. S. 58—61.

Morscher G. N. et al. Сравнение высоко- и низкотемпературных припоев для соединения титана с композиционными материалами. S. 62—66.

Wielage B. et al. Композиционные материалы на основе алюминия для низкотемпературной пайки. S. 67—81.

Farren J. D. et al. Изготовление переходного соединения углеродистой стали с коррозионно-стойкой сталью с помощью прямой лазерной наплавки. S. 55-s—61-s.

Rashid M. et al. Влияние смазки на срок службы электрода при контактной точечной сварке алюминиевых сплавов. S. 62-s—70-s.

Kim D. et al. Оценка качества сварных швов при высокочастотной сварке с обработкой изображений. S. 71-s—79-s.

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

Способ удаления дефектов в паяных соединениях включает нагрев дефектного паяного соединения до температуры расплавления припоя, отличается тем, что на дефектное паяное соединение дополнительно подают ультразвуковые колебания частотой 20—30 кГц в течение 15—30 с. 2284883 (С2). А. Г. Астафьев (RU). ОАО Корпорация "ИРКУТ" (RU). [28].

Источник питания для дуговой сварки содержит трансформатор с трехстержневым магнитопроводом, двумя первичными обмотками, размещенными на крайних стержнях, одна из которых подключена непосредственно к питающей сети, а вторая, зашунтированная резистором, — к питающей сети через двухполупериодный ключ на тиристорах, размещенной на всех стержнях вторичной обмоткой, соединенной с нагрузкой, и блок управления. Отличается тем, что в него введены конденсаторы, импульсный трансформатор и встречно-параллельно соединенные тиристоры с отсекающими диодами, подключенные к питающей сети, причем конденсаторы включены между общими точками соединения тиристоров с диодами и первичной обмоткой импульсного трансформатора, соединенной с выводом второй первичной обмотки, вторичные обмотки трансформаторов соединены параллельно, а управляющие входы тиристоров подключены к блоку управления. 2284884 (С2). Г. А. Шадрин (RU), Ю. А. Кондратьев (RU). Якутский ГУ им. М. К. Аммосова (RU). [28].

Система и способ, обеспечивающие распределенную архитектуру сварки. 1. Система включает один сварочный аппарат, оперативно соединенный с сетевыми сервером, интерфейсом и сетью для обмена данными с одной удаленной системой, при этом данная система включает один удаленный интерфейс для обмена данными с сетевой архитектурой. Удаленная система выполнена с возможностью обращения к одному сокету HTTP для установления связи со сварочным аппаратом через сеть, загрузки одного приложения из сварочного аппарата и обращения к одному сокету приложения сварки через одно приложение для обмена информацией между сварочным аппаратом и удаленной системой, при

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

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

этом одно приложение включает одну из компонент: конфигурирования и мониторинга сварки и управления сваркой. 2. Способ обеспечения распределенной архитектуры сварки включает этапы, на которых соединяют сварочный аппарат с сетевым интерфейсом, используют для установления сетевого соединения через сетевой интерфейс с удаленной системой один сокет: HTTP или приложения сварки, где сокет HTTP применяют для связи через Web, а сокет приложения сварки — для обмена информацией между сварочным аппаратом и удаленной системой и обеспечивают протокол сварки для обмена данными с удаленными системами для предоставления возможности распределенного координирования сварки. 2284885 (С2). Д. Д. Блэнкеншип (US), К. Хсу (US), Э. Д. Хиллен (US). "ДЗЕ ЛИНКОЛЬН ЭЛЕКТРИК КОМПАНИ" (US). [28].

Способ сварки титана и его сплавов включает выполнение углового или таврового соединения с защитой обратной стороны сварного шва. Отличается тем, что упомянутую защиту осуществляют путем подачи защитного газа через выполненные в одном из свариваемых элементов отверстия в канал на внутренней поверхности того же элемента с возможностью подачи защитного газа по всему периметру свариваемого шва. 2284886 (С2). И. В. Боровушкин (RU). [28].

Способ формирования рельефа на поверхности изделий включает облучение поверхности изделия лазерным излучением и нагрев до расплавления материала изделия. Отличается тем, что со стороны формируемого рельефа устанавливают подложку на расстоянии $L \leq 10h$ от поверхности изделия (h — толщина обрабатываемого изделия), облучение осуществляют со стороны, противоположной той, на которой формируют рельеф, а в процессе нагрева обрабатываемого изделия проплавляют его на всю толщину и перемещают расплавленный материал в сторону подложки. 2284887 (С1). В. Н. Смирнов (RU), И. В. Смирнов (RU). [28].

Способ определения износа ролика-электрода при электроконтактной наплавке, при котором выполняют отпечатки рабочей поверхности неизношенного и изношенного электродов, определяют их размеры и сравнивают между собой. Отличается тем, что отпечатки рабочей поверхности роликов-электродов выполняют путем наплавки присадочной проволоки на образец, измеряют удлинения и относительные осевые деформации присадочной проволоки, последние сравнивают и определяют износ ролика-электрода. 2284888 (С1). М. З. Нафиков (RU), И. И. Загиров (RU). Башкирский государственный аграрный университет (RU). [28].

Способ диффузионной сварки, при котором осуществляют деформацию микровыступов на свариваемых поверхностях соединяемых деталей, расположенных между прижимными элементами. Отличается тем, что для повышения качества сварного соединения на кон-

тактирующих поверхностях свариваемых деталей и прижимных элементов предварительно выполняют микровыступы, соответствующие микровыступам свариваемых поверхностей деталей. 1660310 (A1). В. Г. Ломоносов, А. И. Исаев. НПО "Наука". [28].

Установка для ультразвуковой сварки деталей содержит станину с размещенным на ней электрогенератором, электрически связанным с преобразователем, жестко соединенным с волноводом, пневмоприводом для сжатия свариваемых деталей, кинематически связанным с волноводом. Отличается тем, что для обеспечения предварительной развальцовки деталей и повышения качества их сварки преобразователь выполнен пьезокерамическим, волновод снабжен сменным сварочным наконечником, установленным на рабочем торце волновода с помощью резьбового соединения, стопорным устройством для фиксации наконечника в волноводе, установленным на рабочем торце волновода с помощью резьбового соединения с направлением резьбы, противоположным направлению резьбы наконечника, опорными площадками, расположенными на волноводе в области узла крутильных колебаний волновода, колонками и траверсой, связывающими опорные площадки с пневмоприводом, при этом пневмопривод снабжен узлом предварительного и окончательного сжатия свариваемых деталей, выполненным в виде гидрорессивера, связанного с полостью, расположенной между стенками и поршнем пневмопривода, а сменный наконечник выполнен в виде конуса, плавно переходящего в цилиндр. 1591331 (A1). И. Н. Плетнер, В. П. Тулиев, В. С. Гавлин, М. Н. Дубровин. [28].

Устройство для защиты сварных швов различной кривизны содержит выполненную из упругого материала камеру П-образного сечения, установленный на камере механизм ее изгиба и систему газоподачи. Отличается тем, что для упрощения конструкции и повышения производительности боковые стенки камеры выполнены в виде набора пластинчатых элементов, один край каждого из которых отогнут и установлен с перекрытием последующего элемента, а крайние элементы выполнены заодно с боковыми торцами камеры, при этом механизм изгиба выполнен в виде плоской пластины, установленной на стенке камеры, противоположной ее открытому торцу. 1577187 (A1). Ф. С. Дубовский, Л. В. Григорьева, В. Н. Морозов и др. [20].

Многостовой сварочный выпрямитель содержит единый силовой трансформатор, n тиристорных выпрямительных блоков с n соответствующими блоками управления. Отличается тем, что силовой трансформатор является многофазным агрегатированным трансформатором с вращающимся магнитным полем (МАТВП) с n трехфазными первичными и n m -фазными вторичными обмотками, причем каждая из вторичных обмоток подключена к силовому входу соответствующего тиристорного выпрямительного блока, выполненного по m -фазной мостовой схеме, а выход каждого тиристорного выпрямительного блока подключен к его управляющему входу через соответствующий блок управления и является силовым выходом сварочного выпрямителя, предназначенным для подключения соответствующего сварочного поста. 57175 (U1). Н. А. Сингаевский (RU), А. Е. Церковный

(RU), А. С. Зубрилин (RU) и др. (RU). Дочернее ОАО "Электрогаз" ОАО "ГАЗПРОМ" (RU), ООО "Электроспектр" (RU). [28].

Способ пайки алюминия и его сплавов включает приготовление многокомпонентного порошкообразного припоя-пасты на основе порошка чистого алюминия, порошка припоя на основе алюминия и связующего высокомолекулярного вещества, размещение припоя-пасты между паяемыми изделиями и последующий их многоступенчатый нагрев. Отличается тем, что порошкообразный припой-пасту получают смешиванием порошков чистого алюминия в виде пигментной алюминиевой пудры с частицами чешуйчато-лепестковой формы размером 2—45 мкм, силуминового эвтектического припоя с размером частиц 100—200 мкм и раствора сополимера изобутилметакрилата с метакриловой кислотой в изоамилацетате в качестве связующего высокомолекулярного вещества. При этом порошок пигментной алюминиевой пудры берут к порошку силуминового эвтектического припоя в соотношении (1—7):(2—5) соответственно, многоступенчатый нагрев паяемых изделий осуществляют в воздушной атмосфере по следующему режиму: при 130—150 °С в течение 10—15 мин со скоростью подъема температуры 3—4 °С/мин, при 350—380 °С в течение 15—20 мин со скоростью 4—5 °С/мин, при температуре 520—540 °С в течение 5—10 мин со скоростью 6—8 °С/мин, а пайку осуществляют погружением в расплавленные соли. 2285593 (C1). Н. П. Литвиненко (RU), В. Ф. Шиханов (RU). ФГУП НПП "Исток" (RU). [29].

Устройство для термоимпульсной зачистки отверстий от заусенцев содержит основание, рабочую камеру с герметизирующей крышкой и размещенный в камере теплоотводящий стакан с дном, установленным с возможностью осевого перемещения относительно стакана, и имеет между дном стакана и донной частью корпуса камеры полость, сообщающуюся с межрубашечным пространством, заполненным жидкостью и расположенным между наружной стенкой стакана и внутренней стенкой корпуса камеры. Отличается тем, что на внутренней стенке стакана непосредственно над подвижным его дном выполнен кольцевой выступ, а в срединной части на наружной поверхности стакана — кольцевой фланец, разделяющий межрубашечное пространство на верхнюю и нижнюю полости, при этом для прохода жидкости из нижней полости в верхнюю в тело фланца вмонтированы клапаны одностороннего действия, а на наружной стенке корпуса установлен перепускной клапан для обратного перетока жидкости, кроме того, в каждой из полостей межрубашечного пространства расположено по плавающему кольцу. 2285594 (C1). И. А. Чечета (RU), А. В. Гончаров (RU), В. Л. Зенин (RU), В. И. Биркин (RU). Воронежский ГТУ (RU). [29].

Способ образования стыковых сварных швов на трубах при производстве трубных шпилек включает подготовительные операции на трубах к сварке, их сборку и последующую аргодуговую сварку сопрягаемых концов труб неплавящимся электродом с использованием присадочного материала. Отличается тем, что в качестве присадочного материала используют промежуточный элемент в виде ступенчатого кольца, который устанавливают между сопрягаемыми торцами труб при сборке, при

этом перед сборкой сопрягаемые концы труб раздают из цилиндра в цилиндр, собирают трубы с промежуточным элементом на оправке, прикладывают осевое усилие к сопрягаемым торцовым поверхностям калиброванных раздачей труб, обеспечивая контакт между ними и торцовыми поверхностями ступенчатого кольца, осуществляют сварку, расплавляя ступени ступенчатого кольца с обеих его сторон с образованием двух стыковых сварных швов, осуществляют дополнительный подогрев стыка труб с последующим горячим радиальным обжимом, достигая внешнего диаметра стыка, равного исходному внешнему диаметру свариваемых труб, и концентрируя деформации в поверхностных слоях по местоположению кольцевых ступеней, сварных швов и ОШЗ. 2285595 (С1). С. И. Козий (RU), Г. А. Батраев (RU), С. С. Козий (RU). Самарский государственный аэрокосмический университет им. акад. С. П. Королева (RU), ООО "Ремонтно-механический завод" (RU). [29].

Способ сварки рельсов давлением с подогревом, при котором производят механическую обработку их торцев, соединяют их встык, центрируют, прикладывают сжимающее усилие и нагревают стык. Отличается тем, что стык нагревают до температуры сварки, равной 0,8—0,9 температуры плавления, с применением индуктора, форма которого обеспечивает образование различного зазора по контуру рельса, а после отключения нагрева производят дополнительный нагрев импульсами до температуры сварки. 2285596 (С2). А. В. Губарев (RU), С. В. Лужин (RU). [29].

Способ получения заготовки из металлов и сплавов со слоистой плакировкой включает сборку пакета из металлической основы и слоистой плакировки, выполненной из алюминия с легкоплавким металлическим покрытием толщиной 0,1—0,2 толщины плакировки, и прокатку пакета. Отличается тем, что слоистую плакировку собирают на металлической основе с расположением слоев по схеме основа — алюминий — легкоплавкое покрытие с получением трехслойного или симметричного шестислойного пакета, при этом прокатку пакета толщиной до 8 мм проводят без нагрева с общим обжатием 60—90 %, а прокатку пакета толщиной более 8 мм — с общим обжатием 40—60 % при температуре нагрева пакета или его составляющих перед сборкой и прокаткой, равной 0,40—0,75 температуры плавления легкоплавкого металлического покрытия. 2285597 (С2). Н. Д. Лукашкин (RU), А. Н. Лукашкин (RU). ГОУВПО "Московский ГВМИ" (RU). [29].

Способ определения параметров воздействия лазерным импульсом на объект обработки включает воздействие лазерного луча на поверхность модели объекта обработки, измерение геометрии и размеров образовавшейся каверны и определение ее формы. Отличается тем, что модель объекта обработки изготавливают в виде спрессованных листов, которые вырезают из материала, идентичного материалу объекта обработки, обезжиривают их, накладывают друг на друга и выдерживают под прессом, затем полученную модель устанавливают с возможностью вращения вокруг ее оси и поворота на угол между поверхностью модели и осью лазерного луча, фокусируют лазерный луч на поверхности модели, осуществляют воздействие на модель лазерными импульсами

с заданными длительностью и мощностью при одновременном ее вращении с заданной скоростью под разными углами наклона относительно лазерного луча и смещении модели в радиальном направлении относительно фокуса лазерного луча, измеряют длину, ширину и глубину образовавшейся каверны и по ним определяют ее форму и их зависимость от скорости перемещения поверхности модели относительно фокуса лазерного луча. 2285598 (С2). В. П. Бурдаков (RU), В. В. Ягодин (RU). ОАО "Ракетно-космическая корпорация "Энергия" им. С. П. Королева" (RU). [29].

Способ электронно-лучевой сварки труб включает разделку кромок труб под сварку, установку их встык и совместное плавление с использованием присадочного материала. Отличается тем, что на боковой поверхности на конце одной из труб выполняют кольцевой выступ с поперечным сечением в виде равнобедренного треугольника, вершина одного из углов основания которого расположена на наружной кромке трубы, а торец на этом конце трубы срезают под углом внутрь трубы до внутренней кромки торца, которую при механической обработке выполняют сдвинутой по оси внутрь трубы от торца на величину половины основания выступа, а торец другой трубы срезают под углом наружу трубы с получением внутренней кромки, сдвинутой на ту же величину, и после стыковки труб направляют электронный луч на вершину присадочного выступа, после чего одновременно расплавляют электронным лучом присадочный выступ, стенку трубы и торцы труб. 2285599 (С1). В. Н. Тюрин (RU), А. Н. Семенов (RU), В. П. Гордо (RU) и др. ФГУП "Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники им. Н. А. Доллежала" (RU). [29].

Флюс для низкотемпературной пайки меди или ее сплавов содержит хлорид цинка, хлорид аммония, карбамид и воду. Отличается тем, что дополнительно содержит хлорид натрия при следующем соотношении компонентов (%): 4—30 хлорида цинка; 1—10 карбамида; 0,5—3,0 хлорида аммония; 0,5—2,0 хлорида натрия; остальное — вода. 2285600 (С1). А. М. Никитинский (RU), С. В. Егорычев (RU), Н. А. Курников (RU). [29].

Способ изготовления устройства для контактно-стыковой сварки трубы с заглушкой включает сборку в пакет токоподвода, упора-холодильника из набора металлических пластин, обладающих повышенным электрическим сопротивлением, и обоймы из диэлектрического материала, механическую обработку собранного в пакет устройства и электрическое шунтирование упора-холодильника пластинчатыми шунтами, которые располагают в отверстиях, выполненных в устройстве по его периметру. Отличается тем, что после механической обработки собранного в пакет устройства выполняют его тренировку путем сварки образцов, а шунтирующие упор-холодильник пластинчатые шунты сворачивают в цилиндр и фиксируют в отверстиях устройства путем разжатия деформируемых эластичных пробок, которые устанавливают в указанные отверстия. 2286235 (С1). А. А. Кислицкий (RU). ОАО "Новосибирский завод химконцентратов" (RU). [30].

Н. Посметная

Рефераты опубликованных статей

УДК 621.791:669.2/8.018—672

Влияние методов сварки на прочностные характеристики и характер разрушения сварных соединений сплава системы Al—Mg—Li. Лукин В. И., Жегина И. П., Лавренчук В. П. и др. — Сварочное производство. 2008. № 2. С. 3—6.

Исследована возможность повышения стабильности свойств сварных соединений алюминиево-литиевых сплавов и работоспособности сварных элементов с применением различных методов сварки. Сделан вывод о необходимости автоматизации сварочных процессов при изготовлении конструкций. Выбор способа сварки зависит от условий изготовления конкретного сварного изделия. Приведены результаты исследований. Табл. 2. Ил. 4. Библиогр. 13.

УДК 621.791.01

Исследование влияния переменного аксиального магнитного поля на процесс плавления электродной проволоки. Болдырев А. М., Биржев В. А., Мартыненко А. И. — Сварочное производство. 2008. № 2. С. 6—8.

Исследовано влияние переменного аксиального магнитного поля на процесс плавления электродной проволоки сплошного сечения при различных ее диаметрах и величинах сварочного тока. Приведены результаты исследований. Табл. 1. Ил. 2. Библиогр. 6.

УДК 621.791.4:539.378.3

Особенности диффузионной сварки в вакууме без приложения внешнего давления. Потехин Б. А., Измайл Д. К. — Сварочное производство. 2008. № 2. С. 8—13.

Разработана технология бронзирования внутренних отверстий стальных корпусов гидрораспределителей и других подобных изделий, обеспечивающая высокую прочность сцепления стали и бронзы путем диффузионной сварки в вакууме без приложения внешнего давления. Создать необходимое давление в подобных конструкциях не представляется возможным. В данной технологии оно формируется за счет естественных деформационных процессов, происходящих при дорновании и последующем нагреве изделий. Табл. 3. Ил. 7. Библиогр. 6.

УДК 621.791.763.1

Применение припоев при точечной контактной сварке соединений из алюминиево-магниевого сплава. Меньшиков Г. А., Антонов В. Г. — Сварочное производство. 2008. № 2. С. 13—16.

Исследована возможность применения припоев систем Al—Ge—Si, Al—Y—Si и припоя ВПр 27 в качестве материалов-свидетелей при сварке алюминиево-магниевого сплава АМг6. Показано, что оптимизация состава и толщины припоя позволяет обеспечить неразрушающий контроль качества и повысить работоспособность точечных соединений. Табл. 2. Ил. 6. Библиогр. 9.

УДК 621.791:621.795.4

Математическая модель сверхзвукового воздушно-плазменного напыления. Головин С. И., Аверченко В. А., Попович Л. Г., Пузряков А. Ф. — Сварочное производство. 2008. № 2. С. 16—22.

Разработана универсальная математическая модель для определения параметров течения газа и частиц в нем, позволяющая решать задачи расчета сверхзвукового воз-

душно-плазменного нанесения покрытий при минимальных затратах времени и средств. Табл. 1. Ил. 7. Библиогр. 7.

УДК 621.791:669.15.018.8

Сварка коррозионно-стойкой стали со сплавами титана. Семенов А. Н., Плышевский М. И., Ривкин Е. Ю. и др. — Сварочное производство. 2008. № 2. С. 25—27.

Разработана технология диффузионной сварки труб из коррозионно-стойкой стали с трубами из сплавов титана с наружным диаметром от 10 до 150 мм. На основании результатов проведенных исследований разработаны отраслевые руководящие материалы по диффузионной сварке данных материалов. Данная технология обеспечивает снижение себестоимости изделий, при этом расширяется область их применения. Табл. 1. Ил. 5.

УДК 621.791.927.535

Улучшение делимости шлаковой корки при дуговой наплавке под флюсом. Рябцев И. И. — Сварочное производство. 2008. № 2. С. 27—30.

Исследована делимость шлаковой корки при повышенных температурах при наплавке порошковой проволокой ПП-Нп-20ХГС под флюсом АН-348А при введении в состав шихты порошковой проволоки диоксида циркония. Показано, что при содержании в шлаковой корке 1,62—3,63 % ZrO₂ ее делимость значительно улучшается за счет увеличения окислительной способности шлака, разности температурных коэффициентов линейного расширения наплавленного металла и шлаковой корки, а также температуры затвердевания шлаковой корки. Табл. 2. Ил. 3. Библиогр. 13.

УДК 621.791.16

Ультразвуковая сварка синтетических тканей технического назначения. Волков С. С. — Сварочное производство. 2008. № 2. С. 30—36.

Исследована свариваемость лавсановой, капроновой и полипропиленовой тканей технического назначения, влияние материала волновода и опоры, сварочного давления и направления сварки на образование сварного соединения. Приведены назначение и применение данных тканей, сравнительные данные ферритовых и никелевых преобразователей высокочастотных колебательных систем. Установлено, что применение мощных никелевых преобразователей увеличивает производительность процесса сварки синтетических тканей. Определены оптимальные режимы сварки. Рассмотрены различные конструкции швов при однослойной и многослойной ультразвуковой сварке. Табл. 5. Ил. 5. Библиогр. 10.

УДК 621.791.75.037.002.5

Автоматизация производства сварочных материалов — повышение стабильности качества. Сидлин З. А., Гольдинберг П. И., Ветров Д. В. — Сварочное производство. 2008. № 2. С. 37—39.

В ООО "Спецсталь" разработана система автоматизации и управления технологическими операциями, процессами и производством, основанная на применении современных информационных технологий, инженерных решений, исполнительных механизмов и средств контроля параметров процесса. Ил. 1. Библиогр. 4.

Abstracts of the articles published in "Svarochnoe proizvodstvo", 2008, № 2

The welding methods effects on the strength properties and fracture pattern of the welded joints of the Al—Mg—Li system alloys. Lukin V. I., Zheguina I. P., Lavrenchuk V. P., Bazeskin A. V., Kotelnikova L. V. P. 3—6.

A possibility to increase the aluminium-lithium welded joints properties stability and working capacity of the welded elements is investigated applying different welding methods. It is concluded that welding process needs automation at structure fabrication. Choice of the welding manner depends on the production conditions of the specified welded article. Research results are given.

Study of the variable axial magnetic field influence on the welding wire burning-off process. Boldyrev A. M., Birzhev V. A., Martynenko A. I. P. 6—8.

Influence of the variable axial magnetic field on the burning-off process of solid cross-section welding wire at its various diameters and welding current values. Research results are given.

Specific features of the vacuum diffusion welding without external pressure application. Potekhin B. A., Izmaylov D. K. P. 8—13.

Bronzing technique for the hydrodistributor steel jacket internal hatchways and other similar articles is engineered. It enables steel and bronze high bond resistance by vacuum diffusion welding without external pressure application. It is impossible to supply necessary pressure in the constructions of the above type. In the described technology pressure is formed due to the natural deformation processes, which occur at burnishing and after-heating of the products.

Solder alloy usage at the spot contact welding of the aluminium-magnesium alloy joints. Menshikov G. A., Antonov V. G. P. 13—16.

Usability of the Al—Ge—Si and Al—Y—Si systems solder alloys and of ВПр 27 solder alloy as a voucher-material at welding AMr6 aluminium-magnesium alloy is studied. It is shown that the compound and solder thickness optimization enables quality non-destructive testing and the spot weld working capacity increase.

Mathematical model of the supersonic pneumatic-plasma spraying of coatings. Golovin S. I., Averchenko V. A., Popovich L. G., Puzryakov A. F. P. 16—22.

An universal mathematical model is developed to determine characteristics of gas flow and particles in it. The model

allows for task solving of calculating supersonic pneumatic-plasma spraying of coatings at minimal time and cost expenditure.

Welding of rust-resisting steel and titanium alloys. Semionov A. N., Plyshevsky M. I., Rivkin Ye. Yu., Novozhilov S. N., Suglobova L. V., Tyurin V. N. P. 25—27.

A diffusion welding technique is developed to join rust-resisting steel and titanium tubes of outer diameter 10—150 mm. On the base of the carried out research work branch standards on diffusion welding of the above materials are elaborated. This technology enables product cost reduction. At the same time range of its application becomes wider.

High temperature slag coverage separability refinement at flux arc-building-up. Ryabtsev I. I. P. 27—30.

Slag coverage separability at high temperature is investigated at building-up ПП-Нn-20ХГC flux-cored electrode using AH-348A flux, introducing into the charge mixture zirconium oxide flux-cored electrode. It is shown that in cases when slag coverage comprises 1.62—3.63 % ZrO₂ its separability is significantly improves thanks to increasing slag oxidation power, and to the solidification point of the slag coverage.

Ultrasonic weld of the synthetic fabric for technical purposes. Volkov S. S. P. 30—36.

Weldability of lavsan, capron and polypropylene fibres for technical purposes is studied, as well as influence of the wave conductor material and of anvil material, of welding pressure and weld lead on the welding joint formation. Functions and application of the above fibres are covered; comparative data on ferritic and nickel converters of highly durable oscillating systems are given. It is established that usage of powerful nickel converters improves synthetic fibre welding production rate. Optimum performance of welding is determined. Different seals are considered at single-layer and multi-layer ultrasonic welding.

Welding materials production automation as their quality stability increase. Sidlin Z. A., Goldinberg P. I., Vetrov D. V. P. 37—39.

"Spetsstal" Ltd. has developed a production operations and processes automation and control system, based on application of modern information technologies, engineering P solutions, executive mechanisms, and means of control of the process data.

Ордена Трудового Красного Знамени ОАО "Издательство "Машиностроение"

107076, Москва, Стромьинский пер., 4

Сдано в набор 14.12.2007. Подписано в печать 18.01.2008. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 8,14. Уч.-изд. л. 10,42. Заказ 3/08.

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".