



Сварочное производство

7 (872)
Июль
2007

УЧРЕДИТЕЛЬ:

Издательский центр "Технология машиностроения"

Издается с января 1930 года

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

Редакционная коллегия:

Гл. редактор **В. А. Казаков**
Зам. гл. редактора **Н. В. Посметная**

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

Редакция:

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

Электронная верстка: *И. С. Павлова*
Дизайн обложки: *Е. С. Благовидов*
Редактор-переводчик *Е. О. Егорова*
Редактор-обозреватель *Ан. А. Сулов*
Корректор *М. Г. Джавадян*

Адрес редакции:

129626, Москва, проспект Мира, 106.
Для корреспонденции:
129626, Москва, а/я 78,
ОАО "Издательство "Машиностроение"
(для журнала "Сварочное производство").
Телефоны: гл. редактор — (495) 687 6316;
редакция — (495) 682 3856.
Факс: (495) 687 6316.
E-mail: svarka@mashin.ru
Http://www.mashin.ru

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

Перепечатка материалов из журнала "Сварочное производство" возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал "Сварочное производство" обязательна. В случае обнаружения полиграфического брака редакция журнала просит обращаться в типографию. Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № 77-7778. Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней. За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель. Цена свободная.

СОДЕРЖАНИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

- Соколов Г. Н., Зорин И. В., Цурихин С. Н., Лысак В. И.** — Кинетика процесса электрошлаковой наплавки и структура наплавленного металла на основе алюминиды никеля _____ 3
- Панин В. Н.** — Расчетные методы анализа параметров термического цикла электрошлаковой сварки _____ 8
- Чигарев В. В., Грановский Н. А., Кондрашов К. А., Макаренко Н. А.** — Мощный возбудитель-стабилизатор сварочной дуги _____ 14
- Анахов С. В., Сингер К., Пыкин Ю. А., Шакуров С. А., Матушкин А. В.** — Исследование поверхности реза при термической разделительной резке стали 09Г2С _____ 17
- Алпеева Т. В., Котельников А. А.** — Программирование перемещений при роботизированной сварке трубчатых элементов _____ 21

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

- Сидоров В. П., Ковтунов А. И., Чермашенцева Т. В., Бородин М. Н.** — Особенности процесса автоматической аргодуговой сварки сталей с алюминиевым покрытием _____ 26
- Кучук-Яценко С. И., Швец Ю. В., Дидковский А. В., Чвертко П. Н., Швец В. И., Микитин Я.И.** — Технология и оборудование для контактной стыковой сварки железнодорожных крестовин с рельсовыми окончаниями через аустенитную вставку _____ 29
- Мчедлов С. Г.** — Поршневые кольца с плазменным покрытием _____ 33
- Аверченко В. А., Головин С. И., Попович Л. Г., Пузряков А. А., Пузряков А. Ф.** — Напыление сверхвысокомолекулярного полиэтилена для защиты нефтегазового и химического оборудования от воздействия агрессивных сред _____ 36
- Хромченко Ф. А.** — Техническая диагностика сварных соединений трубопроводов. Ч. 2. Сварные соединения трубопроводов II—IV категорий _____ 40

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Чернявских В. А., Казанцев К. А.** — Бюджетирование позаказного производства в машиностроении на примере ОАО "УралНИТИ" _____ 46

ИНФОРМАЦИЯ

- Сулов Ан. А.** — 4-я Международная специализированная выставка и конференция "Покртия и обработка поверхности—2007" _____ 50

- Перечень сокращений и условных обозначений в области сварки и родственных технологий** _____ 57

БИБЛИОГРАФИЯ

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



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. Lukin	N. V. Smirnov
V. P. Lyalyakin	V. A. Sudnik
G. A. Menshikov	V. A. Frolov
O. E. Ostrovsky	V. A. Khavanov
V. N. Panin	F. A. Khromchenko
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: I. S. Pavlova
Cover design: E. S. Blagovidov
Editor-translator E. O. Egorova
Editor-reviewer An. A. Suslov
Proof-reader M. G. Javadyan

Address of the editorial office:

Prospekt Mira, 106, Moscow.

For correspondence:

"Mashinostroenie" Publishers,
P.O.B. 78, Moscow, 129626, Russia
(for "Svarochnoe Proizvodstvo").
Phones: (495) 687 6316 — Editor-in-Chief;
682 3856 — Editorial office.

Fax: (495) 687 6316.

E-mail: svarka@mashin.ru

Http://www.mashin.ru

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

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

Reference to "Svarochnoe Proizvodstvo" at reprint is obligatory.

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

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

Registration certificate ПИ N 77-7778.

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

CONTENTS

SCIENTIFIC-TECHNICAL SECTION

- Sokolov G. N., Zorin I. V., Tsurikhin S. N., Lysak V. I. — Kinetics of the electroslag hard-facing and structure of the nickel-aluminide-based built-up metal _____ 3
- Panin V. N. — Calculation methods of the electroslag welding thermal cycle indexes analysis _____ 8
- Chigarev V. V., Granovsky N. A., Kondrashov K. A., Makarenko N. A. — Welding arc power driver-stabilizer _____ 14
- Anakhov S. V., Singer K., Pykin Yu. A., Shakurov S. A., Matushkin A. V. — Cut surface study at steel 09Г2С thermal separating cutting _____ 17
- Alpeyeva T. V., Kotelnikov A. A. — Motion sequencing at tubular robotized welding _____ 21

PRODUCTION SECTION

- Sidorov V. P., Kovtunov A. I., Chermashentseva T. V., Borodin M. N. — Special features of the aluminized steels unmanned argon-arc welding _____ 26
- Kuchook-Yatsenko S. I., Shvets Yu. V., Didkovsky A. V., Chvertko P. N., Shvets V. I., Mikitin Ya. I. — Contact welding practice and equipment for the railway frogs and rail end with austenite insert _____ 29
- Mchedlov S. G. — Plasma coated piston rings _____ 33
- Averchenko V. A., Golovin S. I., Popovich L. G., Puzryakov A. A., Puzryakov A. F. — Superhighmolecular polythene sputtering to protect oil-and-gas and chemical equipment from corrosive medium factors _____ 36
- Khromchenko F. A. — Pipeline welded joints technical diagnostics. Part 2: Welded joints of the 2nd—4th class pipelines _____ 40

ECONOMICS AND PRODUCTION ORGANIZATION

- Chernyavskikh V. A., Kazantsev K. A. — Order production budgeting in the machine-building industry illustrated by an example of the "UralNITI", JSC _____ 46

INFORMATION

- Suslov An. A. — The 4th International specialized exhibition "Coatings and surface treatment" _____ 50

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 _____ 59
- Abstracts of the published articles _____ 63

Г. Н. СОКОЛОВ, канд. техн. наук, **И. В. ЗОРИН**, аспирант,
С. Н. ЦУРИХИН, аспирант, **В. И. ЛЫСАК**, д-р техн. наук
Волгоградский государственный технический университет

Кинетика процесса электрошлаковой наплавки и структура наплавленного металла на основе алюминида никеля¹

В настоящее время растет спрос на наплавочные материалы, обладающие более высокой жаропрочностью, чем никелевые и кобальтовые суперсплавы [1]. Перспектива получения новых, более эффективных и менее дорогостоящих типов наплавленного металла связана с решением проблемы стабилизации их структуры и уменьшением разупрочнения, возникающего в результате термосилового нагружения при температурах свыше 1000 °С. Одним из возможных механизмов формирования механических свойств наплавочных сплавов, работающих при таких температурах, является упрочнение при образовании композиционной, гетерогенной структуры металла, характерной для современных жаропрочных литейных сплавов на основе алюминидов никеля, получаемых методами высокоградиентной направленной кристаллизации [2].

Для наплавки износостойких и жаропрочных до 1100—1150 °С сплавов на основе легированного алюминида γ' -Ni₃Al, отличающихся значительной химической неоднородностью наплавленного металла и склонностью его к образованию горячих трещин под действием жесткого термомеханического цикла сварки, предпочтительны технологии электрошлаковой наплавки (ЭШН) [3]. Одним из эффективных вариантов получения качественного направленно кристаллизованного металла является разработанная авторами технология ЭШН композиционной проволокой в секционном токоподводящем кристаллизаторе (СК) с полым электродом по двухконтурной схеме питания шлаковой ванны постоянным током [4, 5]².

Цель данной работы — исследование особенностей термо- и массопереноса в шлаке при ЭШН композиционной проволокой, а также изучение фазового состава, морфологии и структуры жаропрочного сплава на основе γ' -Ni₃Al.

Исследования выполняли как на основе прямых экспериментов, так и путем моделирования электрофизических процессов в шлаке, процесса расплавления и физико-химического взаимодействия в нем разнородных ингредиентов композиционной проволоки. Структуру, микроморфологию и элементный состав шлака и наплавленного металла изучали с помощью оптической (цифровой микроскопа OLIMPUS BX61) и электронной микроскопии (растровым масс-спектрометром с автоэмиссионным катодом JEOL JSM6700F). Содержание и распределение легирующих элементов в структурных составляющих определяли при сканировании шлифов в локальном (1—3 нм³) поверхностном объеме металла на глубине до 2 нм в режиме использования сигналов вторичных электронов. Фазовый состав металла определяли рентгеноструктурным анализом в медном излучении на дифрактометре ДРОН-3М. Сопротивление наплавленного металла деформации оценивали по его высокотемпературной твердости на приборе ТШ-2 твердосплавным шариком диаметром 5 мм при нагрузке 7,35 кН и выдержке в течение 10 с.

Для изготовления двухслойной оболочки композиционной проволоки использовали никелевую (НП-2, ГОСТ 2170) и алюминиевую (А97, ГОСТ 7871) ленты, а в качестве наполнителя — проволоки из технически чистых тантала, вольфрама, молибдена и нихрома Нп-Х20Н80, а также шихту из смеси металлических порошков алюминия, никеля, циркония и графита ГСП.

Наплавку экспериментальных образцов и исследование процесса ЭШН проводили в малогабаритном СК с полым неплавящимся графитовым

¹ Исследования выполнены при финансовой поддержке Федерального агентства по образованию РФ в рамках ведомственной научной программы "Развитие научного потенциала высшей школы".

² Патент 2232669, 2254219, 2271267, 2274536 (РФ).

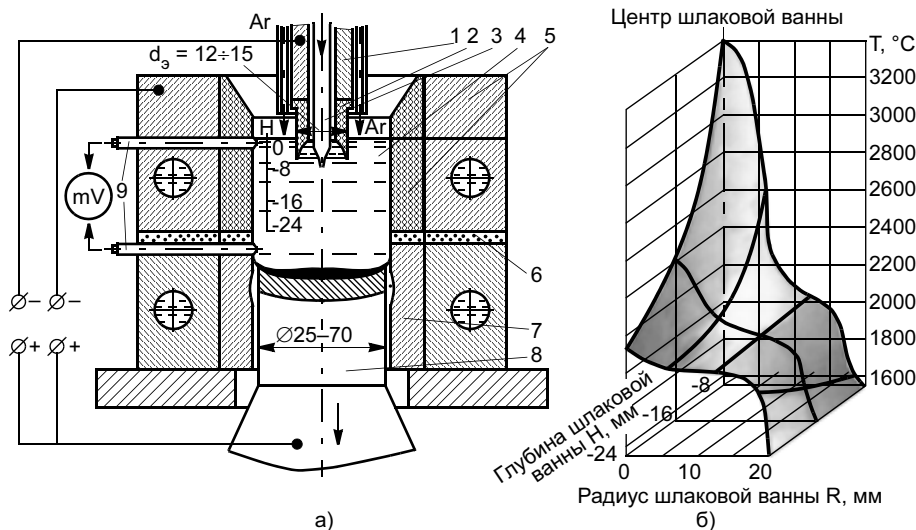


Рис. 1. Схема электрошлаковой наплавки в СК (а) и тепловое поле в шлаковой ванне (б): 1 — токоподвод к полюсу электроду; 2; 3 — композиционная проволока; 4 — шлаковая ванна; 5 — разъемные графитовая и медная токоподводящие секции; 6 — изолятор; 7 — сменная формующая секция; 8 — наплавляемое изделие; 9 — датчики для контроля уровней шлаковой и металлической ванн

электродом, имеющим на торце полусферическую полость (рис. 1, а). При электродуговом расплавлении флюса АНФ-6 в кристаллизаторе поверхность шлака обдували аргоном. Проволоку диаметром 4 мм подавали в шлак через полый электрод со скоростью 0,5 см/с. Высота металла, наплавленного на экспериментальные образцы из стали 40Х, составляла 10 мм. Данный способ ЭШН позволяет наплавлять на торцы изделий слой металла высотой 2—3 мм и неограниченной высоты при перемещении изделия (или заготовки) вниз относительно кристаллизатора (см. рис. 1, а) со скоростью наплавки. Содержание легирующих элементов в наплавленном металле (%): 0,5—0,8 С; 2,5—3,0 W; 2,5—3,0 Mo; 1,0—1,5 Zr; 3,5—4,5 Cr; 1,0—1,5 Ta; 4,0—6,0 Fe; 0,035—0,04 В; 0,15—0,20 Ti; 10,5—11,0 Al; Ni — остальное.

Экспериментально установили, что устойчивый электрошлаковый процесс, равномерное и качественное формирование наплавленного металла обеспечиваются при отношении величин токов с полого электрода и секции кристаллизатора, равном 0,8—1,2. Это позволяет получить в шлаке под полым электродом ограниченную изотерму 3000 °С (рис. 1, б) высокотемпературную область с плотностью тока 550—650 А/мм³. Наличие в шлаке концентрированного источника теплоты с максимальной температурой до 3500 °С в сферической полости электрода позволяет быстро и качественно расплавлять композиционную проволоку и другие наплавочные материалы, содержащие разнородные по физико-химическим свойствам металлические компоненты. При взаимодействии электромагнитных и тепловых полей от двух источников теп-

лоты в шлаковой ванне образуется торообразный быстро движущийся высокотемпературный поток. Его влияние на гидродинамические течения в шлаке способствует увеличению по сравнению с обычным процессом ЭШН времени пребывания капель легированного металлического расплава в нем и повышает вероятность приближения системы шлак — металл к равновесному состоянию, при котором металлургические реакции протекают до конца.

Расплав сварочной ванны под действием сил поверхностного натяжения между шлаком и металлом также движется, что позволяет перераспределить капли по ее объему и получить при последовательном их растворении наплавленный металл с улучшенными сварочно-технологическими свойствами.

Временную интерпретацию процесса наплавки иллюстрирует циклограмма (рис. 2, а). В результа-

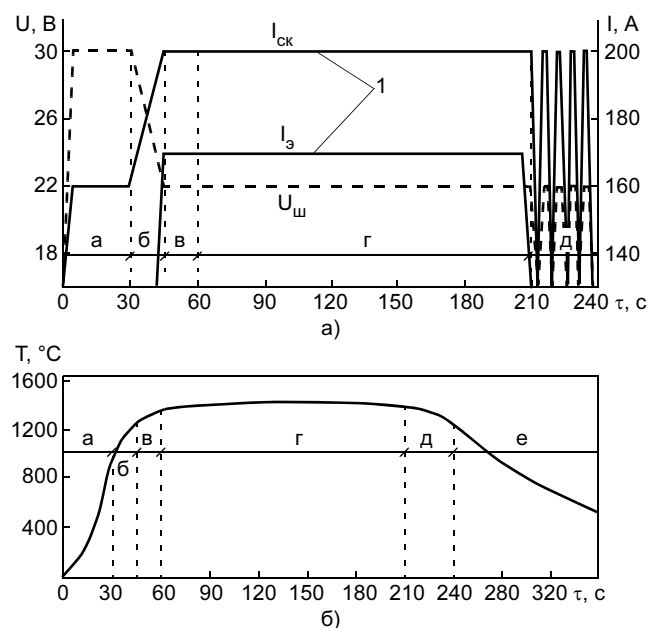


Рис. 2. Циклограмма процесса ЭШН цилиндрического торца диаметром 30 мм (а) и термический цикл наплавки вблизи условной линии сплавления (б) ($U_{ш}$ — напряжение на шлаковой ванне, а — дуговой процесс, б — нестабильный электрошлаковый процесс, в — начало вращения шлаковой ванны, г — подача проволоки в шлак, д — формирование наплавленного металла, е — охлаждение металла после наплавки); 1 — изменение тока с токоведущей секции кристаллизатора $I_{ск}$ и полого электрода $I_э$

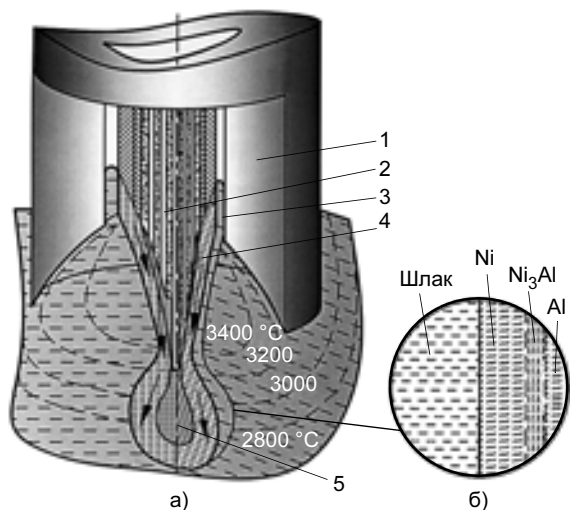


Рис. 3. Схема расплавления торца композиционной проволоки (а) и взаимодействия слоев ее оболочки (б): 1 — полый графитовый электрод; 2 — композиционная проволока; 3 — перегретый шлак в зазоре между электродом и проволокой; 4 — расплав γ' -Ni₃Al; 5 — капля расплава наполнителя проволоки, покрытая алюминидом никеля

те предварительной обработки наплавляемой поверхности перегретым вращающимся шлаком в торцевом объеме изделия образуется направленный тепловой поток (рис. 2, б), не только способствующий равномерному растеканию металлического расплава, но и ускоряющий образование сварочной ванны, что обуславливает бездефектное формирование зоны сплавления. Высокое качество наплавленного металла, не содержащего сварочных дефектов в виде пор, неметаллических включений, горячих и холодных трещин, достигается за счет эффективной металлургической обработки его перегретым основным шлаком, а также под влиянием направленной кристаллизации. Формирование поверхности наплавленного металла обеспечивается дозированным вводом теплоты в сварочную ванну на конечной стадии ЭШН при пульсации тока с секции кристаллизатора.

Анализ диаграмм состояния Ni—Al и процесса расплавления присадочного материала показал, что на стадии погружения композиционной проволоки в перегретый шлак при взаимодействии алюминидового и никелевого слоев ее оболочки термодинамически более вероятно образование расплава алюминида γ' -Ni₃Al. При нагреве оболочки проволоки ее алюминидовый слой плавится быстрее, что приводит к развитию процессов адсорбции никеля в жидкий алюминид и инициированию между ними химической реакции. Диффузионный характер образования интерметаллического соединения в этом случае маловероятен ввиду кратковременного (до 0,1 с) нахождения контактирующих фаз в высоко-

температурной области шлаковой ванны (рис. 3). На следующей стадии процесса плавления в условиях сопоставимости величин поверхностного натяжения жидкого алюминида и на межфазной границе между ним и шлаком происходит смачивание расплава наполнителя проволоки и растворение его в алюминиде.

При исследовании структуры и состава закристаллизовавшегося после наплавки шлака установлено, что содержащиеся во флюсе АНФ-6 химические элементы распределены по высоте шлако-

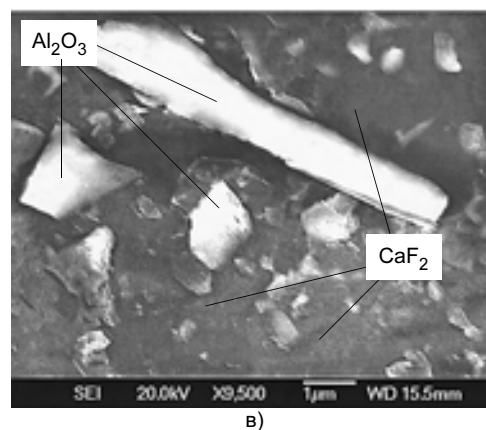
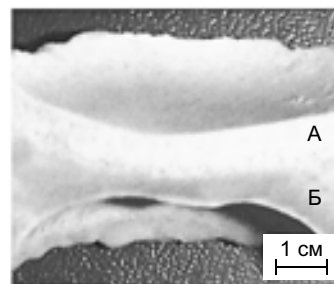
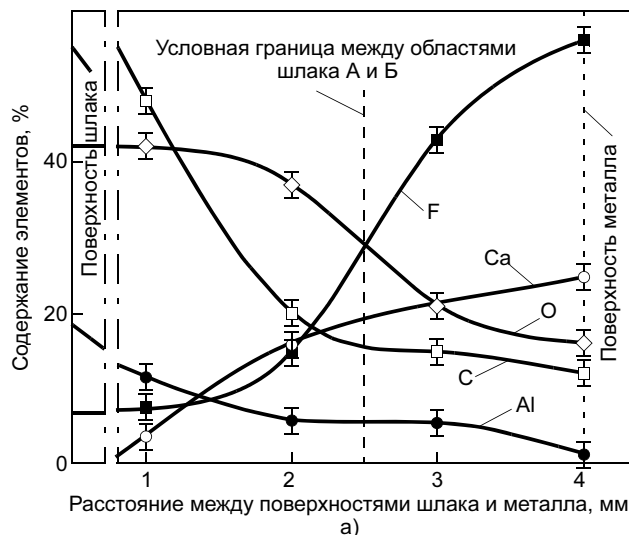


Рис. 4. Распределение легирующих элементов по высоте шлаковой ванны (а), макросечение закристаллизовавшейся шлаковой ванны (б) и микроструктура шлака (в. $\times 9500$)

вой ванны неравномерно (рис. 4). На химическую неоднородность шлака влияет распределение температуры по его объему после окончания ЭШН. Из-за повышенной температуры шлака в поверхностном объеме ванны содержание имеющего низшую температуру кипения в системе $Al_2O_3-CaF_2$ фторида кальция снижается, что подтверждается данными работы [6], при этом соотношение кислорода и алюминия, соответственно, увеличивается. Увеличение содержания углерода в шлаке объясняется эрозией графитового покрытия токоподводящей секции СК и полого электрода. Следует отметить, что в прилегающих к межфазной границе объемах в соответствии с законом гетерогенного равновесия содержание углерода и алюминия в шлаке и металле одинаково (рис. 4, б и 5, а).

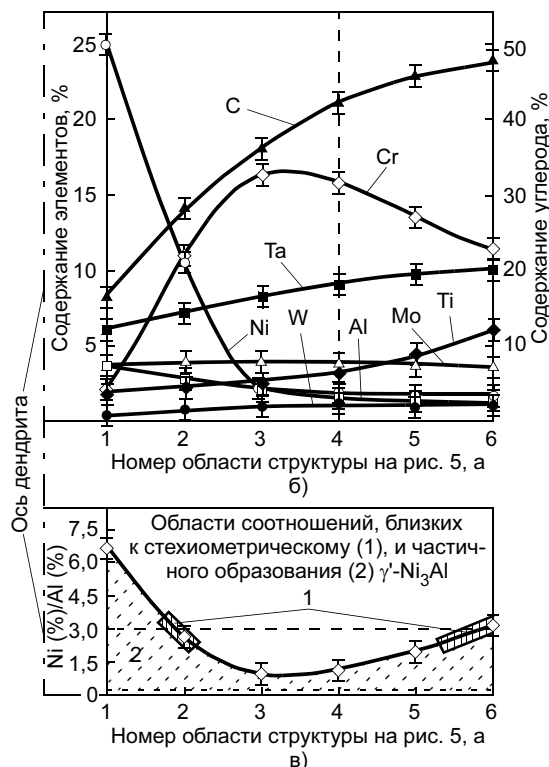
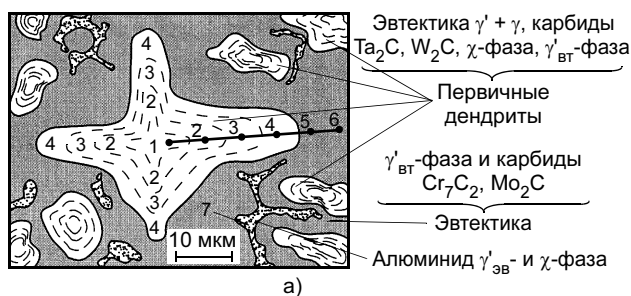


Рис. 5. Распределение фаз в структуре наплавленного металла (места анализа химического состава металла в локальных микрообъемах обозначены точками) (а), содержание элементов по сечению первичного дендрита $\gamma'-Ni_3Al$ (б) и никеля и алюминия по сечению дендрита $\gamma'-Ni_3Al$ (в)

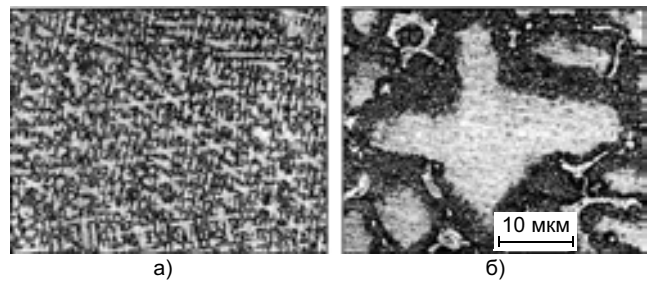


Рис. 6. Микроструктура наплавленного металла: а — общий характер ($\times 100$); б — дендрит $\gamma'-Ni_3Al$ и окружающие его фазы ($\times 1000$)

Другие легирующие элементы в шлаке не обнаружены, что свидетельствует о достаточно полном их растворении в металле сварочной ванны. Одной из вероятных причин такого малоактивного массового обмена между образовавшейся при плавлении проволоки каплей жидкого металла и шлаком является экранирующее действие жидкого алюминиды $\gamma'-Ni_3Al$, в оболочке из которого в течение некоторого времени находится легированный легкоокисляющимися танталом, цирконием, титаном и алюминием расплав наполнителя проволоки.

При металлографических исследованиях установлено, что направленно кристаллизованный в результате электрошлаковой наплавки металл имеет сложное гетерофазное строение. Его структура (рис. 6) состоит преимущественно из относительно крупных (линейный размер 10—40 мкм, объемное содержание 65—70 %) первичных дендритов легированного алюминиды $\gamma'-Ni_3Al$. В них содержатся неупорядоченный, также легированный хромом, вольфрамом, молибденом, танталом, титаном и железом γ -твердый раствор на основе никеля; дисперсные (0,2—0,5 мкм) вторичные $\gamma'_{вт}$ -фазы; интерметаллиды $CrNiMo-TiZr$ (χ -фаза); тугоплавкие карбиды Ta_2C , WC , Mo_2C и небольшое количество неравновесных включений $\beta-NiAl$ -фазы, не прореагировавшей в результате перитектической реакции $L + \beta-NiAl \leftrightarrow \gamma'-Ni_3Al$. В междендритных пространствах (см. рис. 5, а) расположены имеющие неправильную форму алюминиды $\gamma'_{эв}$ эвтектического происхождения, в которых имеются выделения χ -фазы (см. рис. 5, а, область 7). Состоящая из карбидов Cr_7C_3 и Mo_2C карбидная эвтектика и $\gamma'_{вт}$ -фаза (область б) равномерно распределены между первичными кристаллитами γ' . Суммарное содержание фаз $\gamma'-Ni_3Al$ различного происхождения в наплавленном металле составляет 85—90 %.

При электронном зондировании поверхности сплавов экспериментальных образцов в локальных (3 мкм на рис. 5, б и 30 мкм на рис. 7) участках се-

чений дендритов установлено, что их состав характеризуется довольно большой химической микро-неоднородностью. Это влияет на соотношение содержания никеля и алюминия, обуславливающее образование алюминида γ' . Данное соотношение наиболее близко к стехиометрическому (рис. 5, в) в областях первичных кристаллитов, близко расположенных к пересыщенным никелем осевым объемам, а также в пространствах между ними, где сосредоточены выделения γ'_{BT} -фазы. Установлено, что особенно активно в сплаве ликвируют никель, хром и углерод. Это свидетельствует о преимущественном выделении прослоек γ -твердого раствора в осевых объемах дендритов и более активном карбидообразовании в удаленных от них областях структуры наплавленного металла. Имеющие размер от 4 до 8 мкм труднорастворимые при высоких температурах интерметаллические соединения χ -фазы, содержание которых в сплаве составляет до 15—18 %, с высокой плотностью (расстояние между частицами 10—15 мкм) равномерно распределены как в первичных кристаллитах, так и в γ' -фазе эвтектического типа.

Очевидно, что повышенная жаропрочность исследованного наплавленного металла может быть объяснена совокупным действием структурного упрочнения двух типов, что обуславливает образование так называемого естественного композита.

Первый тип упрочнения определяется наличием длительно сохраняемой и стабильной композиционной структуры, состоящей из прочного каркаса γ'_{BT} -фазы и карбидной эвтектики в сочетании с пластичной матрицей в виде легированного тугоплавкими элементами дендритообразного твердого

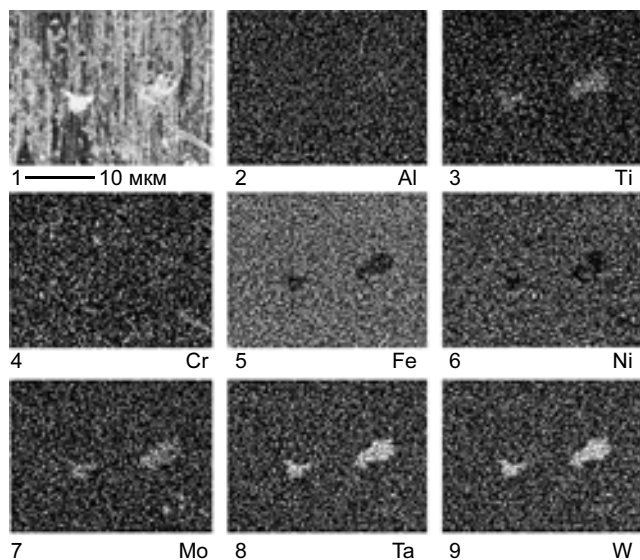


Рис. 7. Микроструктура локального участка первичного дендрита γ' -Ni₃Al (1) и распределение легирующих элементов в нем (2—9)

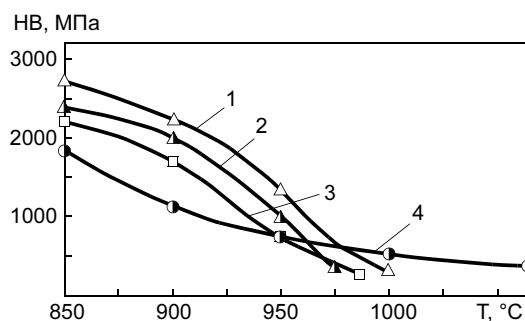


Рис. 8. Зависимость твердости наплавленного металла при высокой температуре от температуры испытаний: 1 — стеллит 160X28K60B8H; 2 — Хастеллой-С; 3 — 250X22H66M452Ц; 4 — наплавленный металл на основе легированного γ' -Ni₃Al

раствора, представляющего эвтектику на основе $\gamma' + \gamma$. Второй — характеризуется наличием в сплаве достаточно большой объемной доли термодинамически устойчивых микрочастиц χ -фазы, имеющих стабильный размер, морфологию и распределение.

Сравнительный анализ результатов испытаний жаропрочного наплавленного металла различных структурных классов (рис. 8) показал, что полученный ЭШН сплав на основе γ' -Ni₃Al обладает повышенным сопротивлением пластической деформации в диапазоне температур 950—1100 °С.

Применение нового материала в промышленности позволит повысить эффективность наплавленных тяжело нагруженных деталей машин и инструмента, длительно испытывающих термическое и силовое воздействие при температурах до 1100 °С.

ВЫВОДЫ

1. При электрошлаковой наплавке с флюсом АНФ-6 по двухконтурной схеме питания шлаковой ванны постоянным током при сопоставимости величин токов с неплавящихся электродов в шлаке создаются термокинетические условия для равномерного расплавления разнородных ингредиентов композиционной проволоки и достаточно полного перехода легирующих элементов, в том числе и легкоокисляющихся алюминия, тантала, титана и циркония, из проволоки в сварочную ванну, что позволяет получить качественный наплавленный металл на основе γ' -Ni₃Al.

2. Повышенные в сравнении с наплавочными сплавами на основе никеля и кобальта высокотемпературные свойства наплавленного электрошлаковой наплавкой металла на основе γ' -Ni₃Al достигаются за счет построения гетерофазной композиционной структуры, обусловленной перераспределением легирующих элементов в объемах дендритов γ' -Ni₃Al и образованием в них областей concentra-

ционной неоднородности при выделении микро-частиц интерметаллидов $\gamma'_{\text{ВТ}}$ и χ -фаз, а также монокарбидов тугоплавких металлов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скачков О. А. Перспективные жаростойкие и жаропрочные сплавы на основе интерметаллидов NiAl и Ni₃Al // *Сталь*. 2002. № 2. С. 74—77.
2. Сравнительный анализ принципов создания жаропрочных никелевых суперсплавов и сплавов на основе интерметаллида Ni₃Al (γ' -фаза) / К. Б. Поварова, В. П. Бунтушкин, Н. К. Казанская, А. А. Дроздов // *Перспективные материалы*. 2005. № 2. С. 10—18.

3. *Электрошлаковая* наплавка термостойкого сплава на основе Ni₃Al на сталь с целью упрочнения инструмента для горячего деформирования сталей / Г. Н. Соколов, И. В. Зорин, С. Н. Цурихин и др. // *Вопросы материаловедения*. 2004. № 2. С. 87—98.

4. Особенности процесса ЭШН композиционным стержнем в малогабаритном секционном кристаллизаторе / Г. Н. Соколов, И. В. Зорин, С. Н. Цурихин, В. И. Лысак // *Автоматическая сварка*. 2004. № 10. С. 26—30.

5. Порошковая проволока для наплавки сплава на основе алюминид никеля / С. Н. Цурихин, Г. Н. Соколов, В. И. Лысаки др. // *Сварочное производство*. 2006. № 1. С. 17—22.

6. *Мойсов Л. П., Бурылев Б. П., Кретов А. И.* Термодинамическая активность компонентов во флюсе АНФ-6 // *Сварочное производство*. 1983. № 3. С. 10—11.

УДК 621.791.793

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

Расчетные методы анализа параметров термического цикла электрошлаковой сварки

Термический цикл сварки (ТЦС) наряду с реакцией металла на него являются основными факторами, формирующими свойства сварного соединения. В связи с чем расчетное прогнозирование ТЦС и его отдельных параметров является, в сущности, и прогнозированием свойств сварных соединений. Это особенно актуально, если прогноз максимально приближен к реальному циклу. Применительно к традиционной электрошлаковой сварке до настоящего времени не существует единого подхода к методике расчета температурных полей вследствие большой сложности учета многообразия источников теплоты, сложно распределенных по объему и высоте шлаковой и металлической ванн.

Среди численных методов расчета наиболее достоверную картину с определенным приближением дает метод конечных разностей [1]. Более простой метод расчета, отображающий также приближенную картину распределения температурных полей в свариваемом металле, основан на использовании формул Н. Н. Рыкалина [2]. Применительно к электрошлаковой сварке уравнение предельного состояния процесса распространения теплоты при нагреве пластины подвижным линейным источником теплоты постоянной мощности q , перемещающимся с постоянной скоростью v относительно связанной с источником подвижной системы координат $X—Y$, имеет следующий вид [2]:

$$T(r, x) = \frac{q}{2\pi\lambda\delta} e\left(\frac{vx}{2a}\right) K_0\left(r\sqrt{\frac{v^2}{4\alpha^2} + \frac{b}{a}}\right). \quad (1)$$

При расчете с помощью этого уравнения используются несколькими схемами. Наиболее часто встречающаяся схема [3] предполагает использование одного источника теплоты, эквивалентного действующему и расположенного на линии максимального провара. В другой схеме [4] используются три линейных источника теплоты, суммарно эквивалентные действующему, распределенные по высоте шлаковой ванны и приложенные к первоначальным кромкам свариваемых пластин как полубесконечного источника теплоты. ТЦС, рассчитанные по первой и второй схемам, существенно отличаются максимальной температурой, однако в области более низких температур (больше 800 °С) имеют вполне удовлетворительное совпадение. Что касается совпадения с экспериментальным циклом, то эту задачу в рамках данных расчетных схем решают в каждом конкретном случае путем варьирования теплофизических констант.

Ни первая, ни вторая схемы расчета не отображают реального тепловложения в свариваемый металл. Вместе с тем распределение источников теплоты по высоте шлаковой ванны, их количество, единичная мощность (при постоянной суммарной мощности) даже на примере одного из трех фикси-

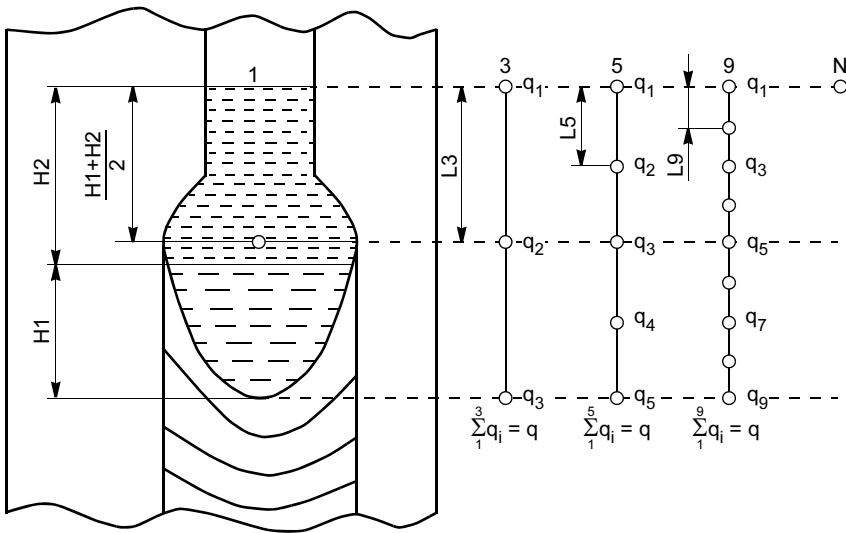


Рис. 1. Схема распределения источников теплоты по высоте шлакометаллической ванны ($q_1—q_n$ — источники теплоты; 1, 3, 5, 9, ..., N — число источников теплоты; L_3, L_5, \dots, L_n — расстояние между источниками теплоты; H_1, H_2 — глубина соответственно металлической и шлаковой ванн)

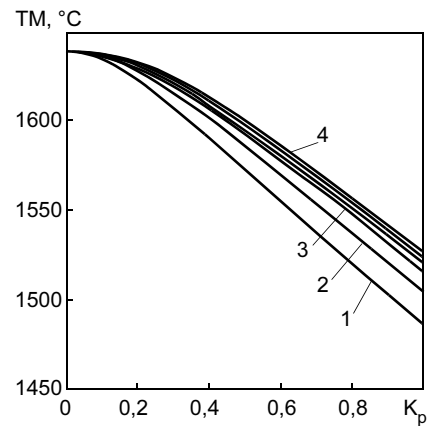


Рис. 2. Зависимость максимальной температуры T_M ОШЗ от числа источников N и коэффициента K_p : 1—4 — N равно 3, 5, 7 и 15 соответственно

рованных источников существенно влияют на параметры ТЦС [3, 4].

Изучению этого вопроса посвящена данная работа. На первом этапе осуществляли расчетный анализ влияния количества источников теплоты и их распределения по высоте шлакометаллической ванны (рис. 1) на основные параметры ТЦС.

Расстояние между источниками теплоты L рассчитывали по следующей формуле:

$$L = \left[\frac{H_1 + H_2}{N - 1} \right] K_p, \quad (2)$$

где H_1, H_2 — глубина металлической и шлаковой ванн соответственно; N — число источников теплоты; K_p — коэффициент распределения источников теплоты в диапазоне от 0 до 1,0.

Блок программы определения температуры в точке Y в момент времени t с использованием формул (1) и (2) имеет следующий вид:

$$GPM(t, Y) := \begin{cases} \text{for } i \in 1 \dots N \\ \left| \begin{array}{l} X_i \leftarrow -tv + \frac{H_1 + H_2}{2} - L \left(\frac{N+1}{2} - i \right) \\ NR_i \leftarrow \left(\sqrt{\frac{v^2}{4a^2} + \frac{B}{a}} \right) \sqrt{(X_i)^2 + Y^2} \\ KT_i \leftarrow KO(NR_i) \\ CM \leftarrow \sum_i \frac{N}{N} \frac{\eta}{2\pi\lambda\delta} e^{-v \frac{X_i}{2a}} KT_i. \end{array} \right. \end{cases} \quad (3)$$

Результаты расчета приведены на рис. 2—4. На рис. 2 видно, что при увеличении числа источников N при заданном коэффициенте их распределения K_p максимальная температура T_M возрастает, при этом темп возрастания падает с увеличением N . Максимум этот параметр достигает при $K_p = 0$, т. е. когда вся мощность источников сосредоточена в одной точке. Время пребывания заданной точки сварного соединения выше

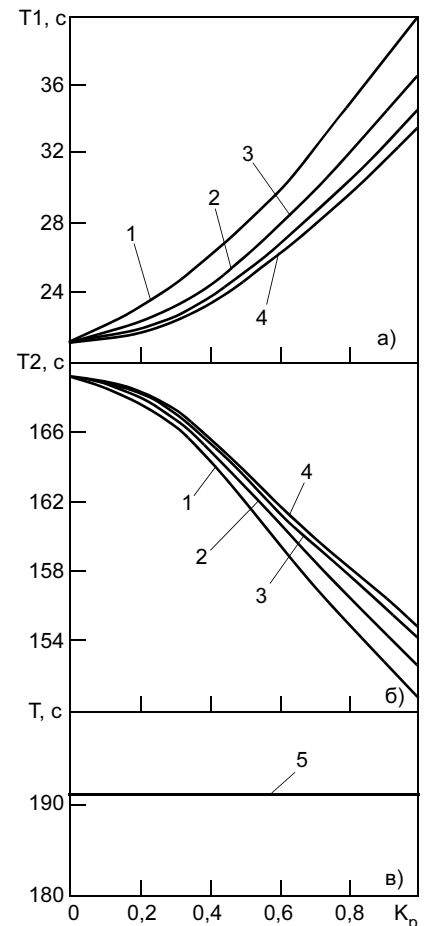


Рис. 3. Зависимость времени пребывания ОШЗ выше температуры A_{c3} от числа источников N и коэффициента K_p на стадиях нагрева (а), охлаждения (б) и нагрева и охлаждения (в): 1—3 — см. рис. 2; 4, 5 — N равно соответственно 9—15 и 3—15

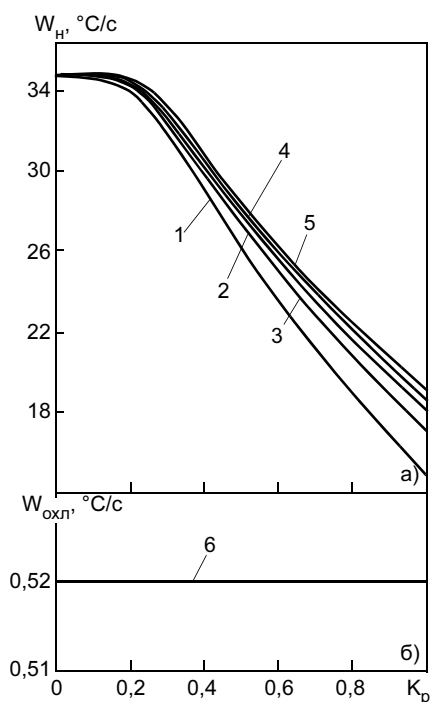


Рис. 4. Зависимость скорости нагрева (а) и охлаждения (б) от числа источников N и коэффициента K_p : 1—3 — см. рис. 2; 4—6 — N равно соответственно 9, 11, 3—15

точки A_{c3} диаграммы состояния на ветвях нагрева $T1$ и охлаждения $T2$ носит прямо противоположный характер (см. рис. 3), и в итоге суммарное время практически не изменяется. Число источников и характер их распределения по высоте шлакометаллической ванны существенно влияют

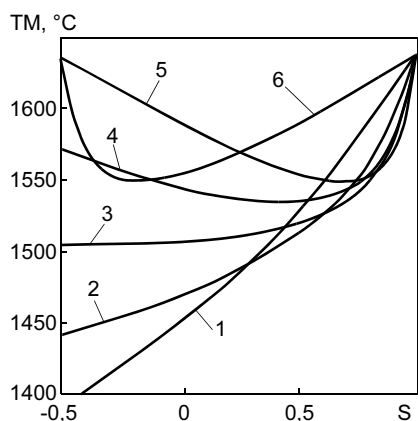


Рис. 5. Зависимость максимальной температуры T_M от распределения мощности между источниками: 1—6 — K_c равен 0,8, 0,6, 0,4, 0,2, 0 и 1,0 соответственно

на скорость нагрева W_n и практически не влияют на скорость охлаждения (см. рис. 4).

Расчетный анализ влияния распределения мощности выполняли для трех источников теплоты, равномерно распределенных по высоте шлакометаллической ванны. При этом с целью наиболее эффективного использования программного продукта и представления результатов расчета мощность источников задавали в виде функций следующего вида:

$$\begin{cases} q_2 = \frac{1+2S}{3} \\ q_1 = (1-q_2)K_c \\ q_3 = 1-q_1-q_2 \end{cases} \quad (4)$$

Коэффициент распределения мощностей S изменялся в пределах от $-0,5$ до $1,0$, что соответствовало изменению мощности источника q_2 от 0 до q . Коэффициент K_c изменялся в пределах от 0 до $1,0$, что соответствовало изменению мощности источников q_1 и q_2 от 0 до $(1-q_2)q$. Результаты расчетов приведены на рис. 5—7. Как видно на рис. 5, при $K_c = 0$ ($q_1 = 0$) значение максимальной температуры при увеличении S от $-0,5$ до $0,63$ снижается, а при дальнейшем увеличении S — возрастает. При $S = -0,5$ вся мощность сосредоточена в источнике $q_3 = q$ (так как $q_1 = q_2 = 0$) — отсюда максимальное значение температуры. Далее эта мощность перераспределяется между q_3 и q_2 и при $S = 0,63$ (что соответствует значениям $q_2 = 0,75q$ и $q_3 = 0,25q$) обеспечивает снижение максимальной температуры до минимального значения. Затем происходит увеличение значения q_2 и снижение, соответственно, q_3 и при $S = 1$ вся мощность сосредоточена в источнике $q_2 = q$ и снова — максимальное значение температуры.

Следует отметить, что минимальное значение максимальной температуры зафиксировано не

при соотношении $q_2 = q_3 = q/2$, как следовало бы предположить в первом приближении, а при $q_2 = 0,75q$ и $q_3 = 0,25q$. Это, вероятно, может быть связано с распределением конкретных мощностей источников на рассматриваемой высоте шлаковой ванны.

Для выяснения этого вопроса проанализируем влияние распре-

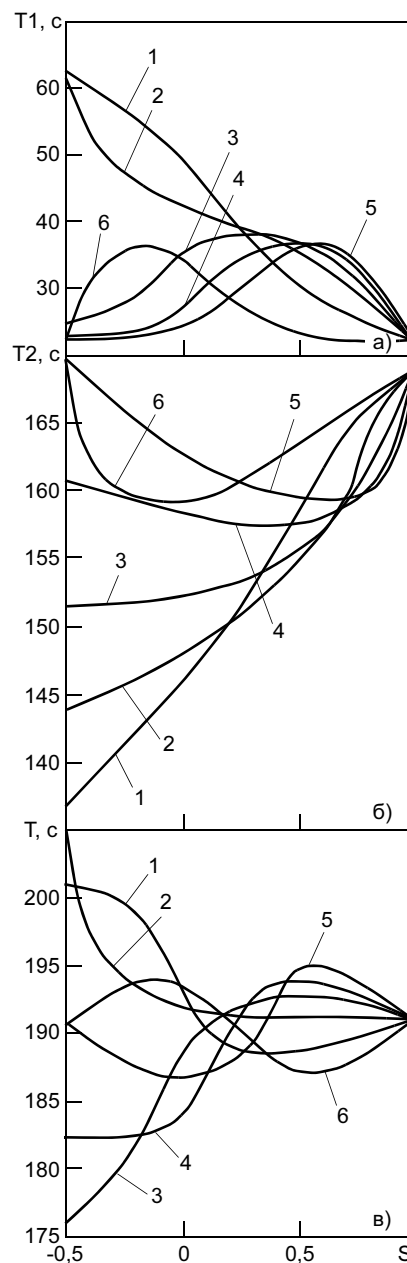


Рис. 6. Зависимость времени пребывания ОШЗ выше температуры A_{c3} от распределения мощности между источниками на стадиях нагрева $T1$ (а), охлаждения $T2$ (б) и нагрева и охлаждения $T = T1 + T2$ (в): 1—6 — см. рис. 5

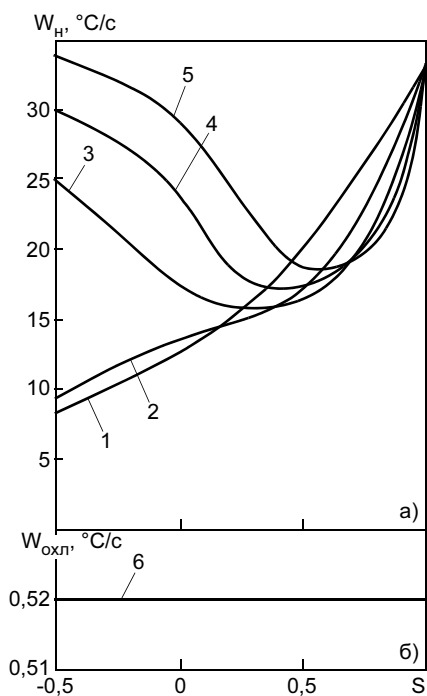


Рис. 7. Зависимость скоростей нагрева W_n (а) и охлаждения W_{ohl} (б) от распределения мощности между источниками: 1—5 — см. рис. 5; 6 — $K_c = 0 \div 1$

деления мощностей между двумя источниками и изменения расстояния между ними. На рис. 8 представлены результаты данного анализа. При перераспределении мощностей в пределах рассматриваемого диапазона и фиксированного расстояния между ними максимальная температура TM изменяется от максимума до минимума и снова до максимума (см. рис. 8, схема а). При изменении расстояния L между источниками и равенстве их мощности максимальная температура монотонно уменьшается по мере увеличения расстояния L и наоборот (см. рис. 8, схема б). В итоге зависимость максимальных температур от распределения мощностей источников и расстояния между ними имеет криволинейную форму (см. рис. 8, основной график и схема в). Максимальные и минимальные экстремумы зафиксированы при соотношении $q_2 \approx q_3 \approx q/2$ и расстоянии между ними $L = L_{min} < 1$ мм и $L = L_{max} > 350$ мм. Для $L = 35$ мм экстре-

мум снижения максимальной температуры сдвинут к первому источнику при соотношении $q_1 = 0,75q$, $q_2 = 0,25q$. Это обусловлено тем, что верхнюю область можно рассматривать как область работы единого суммарного источника (в силу малого расстояния между ними), нижнюю область — как область работы двух независимых, мало влияющих друг на друга источников (в силу значительных расстояний между ними). Средняя зона — переходная или зона взаимного влияния источников — будет определяться как мощностью источников, так и расстоянием между ними.

Проанализируем распределение мощностей между тремя источниками на рис. 5—7. При $K_c = 1$ ($q_3 = 0$) распределение мощности происходит вновь между двумя источниками q_1 и q_2 , причем как и для $K_c = 0$ минимальное значение TM зафиксировано при $q_1 = 0,75q$ и $q_2 = 0,25q$. При $0 < K_c < 1$

вся мощность распределяется между тремя источниками. В этом диапазоне изменения K_c минимальное значение максимальной температуры снижается с увеличением K_c для любого фиксированного значения q_2 . Это объясняется тем, что K_c регулирует перераспределение мощностей источников q_1 и q_3 при $q_2 = const$. Причем с увеличением K_c увеличивается q_3 , т. е. происходит до определенного предела рассредоточение суммарной мощности на большие расстояния. Зависимость времени пребывания $T1$ высокотемпературной области ОШЗ выше температуры A_{c3} имеет более сложный вид (см. рис. 6) и характеризуется наличием экстремумов как для случая двух источников (K_c равно 0 и 1), так и для трех источников ($0 < K_c < 1$). Минимальные значения показателя $T1$ соответствуют следующему распределению мощностей источников: $q_3 = q$; $q_2 = 0$ и $q_1 = 0$; $q_2 = q$ (для $K_c = 0$) и $q_1 = q$; $q_2 = 0$

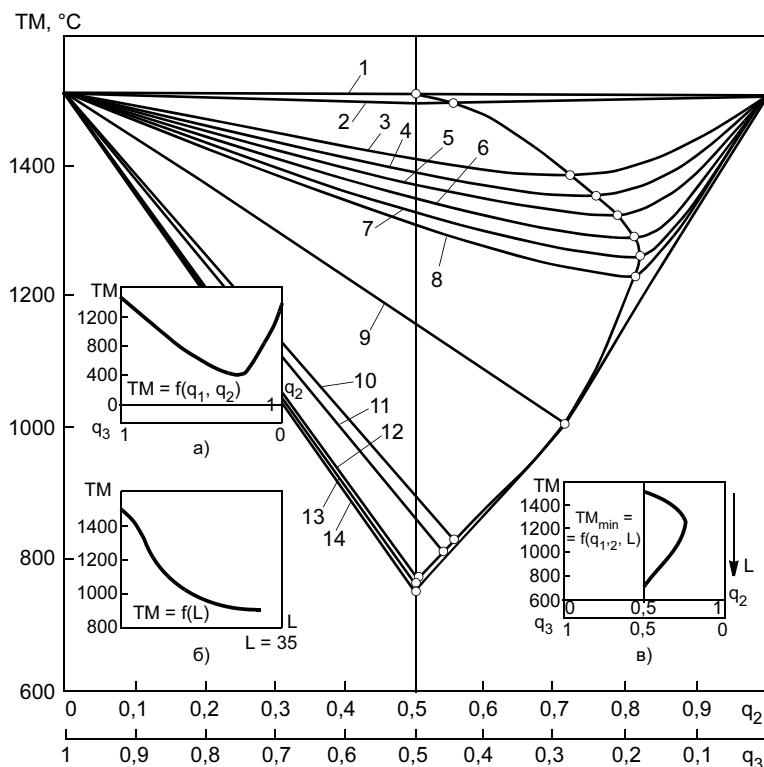


Рис. 8. Зависимость максимальной температуры TM ОШЗ от изменения расстояния между двумя источниками и распределения мощностей между ними: 1—14 — L равно 0, 10, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 100, 400, 500, 1000, 1400 и 2500 мм соответственно

и $q_1 = 0$; $q_2 = q$ (для $K_c = 1$). Следует отметить, что для этого случая показатель TM имеет максимальные значения (см. рис. 5). Максимальные значения $T1$ зафиксированы при следующем распределении мощностей: $q_3 = 0,25q$; $q_2 = 0,75q$ (для $K_c = 0$) и $q_1 = 0,75q$; $q_2 = 0,25q$ (для $K_c = 1$). На эти же значения распределения мощностей приходится минимальное значение показателя TM . Таким образом, при рассредоточении источников вначале идет увеличение показателя T , затем его уменьшение, т. е. на пике значения $T1$ ТЦС — низкотемпературный и наиболее мягкий (пологий). Такая зависимость показателя $T1$ в исследуемом диапазоне распределения мощностей между двумя источниками определяется изменением скоростей нагрева (см. рис. 7).

При включении в работу третьего источника нагрева ($0 < K_c < 1$) показатель $T1$ возрастает и наоборот, что также объясняется степенью рассредоточения источников и, как следствие, изменением скорости нагрева, которая и определяет характер изменения рассматриваемого показателя. Показатель $T2$, существенно превышающий $T1$ по абсолютной величине, имеет зависимость, практически аналогичную изменению TM в рассматриваемом диапазоне распределения мощностей как для двух источников, так и для трех. В силу того, что скорость охлаждения $W_{охл}$ для рассматриваемых случаев не изменяется (см. рис. 7, б), характер изменения $T2$ целиком определяет максимальная температура. Суммарное время пребывания высокотемпературной области выше температуры $A_{с3}$ имеет более сложную зависимость в рассматриваемом диапазоне изменения мощностей и характеризуется двумя точками перегиба для двух источников и для определенного диапазона мощностей трех источников (см. рис. 6, в). Поскольку $T = T1 + T2$, то этот эффект объясняется разными темпами изменения $T1$ и $T2$. Так, для $K_c = 0$ в интервале изменения $S = -0,5 \div 0,25$ темп снижения $T2$ больше темпа повышения $T1$ (т. е. $-\Delta T2 > \Delta T1$), отсюда снижение T , далее темп увеличения $T1$ ($\Delta T1$) опережает темп снижения $T2$ ($-\Delta T2$), отсюда увеличение T и в точке $S = -0,63$ $T = T_{max}$. Далее $T1$ уменьшается и $T2$ увеличивается, но темпы изменения этих показателей различны и, как следствие, T уменьшается. При включении в работу третьего источника ($0 < K_c < 1$) механизм взаимодействия рассматриваемых показателей усложняется, но по сути остается прежним и определяется степенью рассредоточения источников, которую и определяет коэффициент K_c .

Приведенные расчеты основных параметров основаны на дискретном распределении источников теплоты, хотя шлакометаллическая ванна как источник теплоты имеет непрерывный характер распределения тепловой мощности по высоте. По-

этому целесообразно источники теплоты при расчетах задавать не дискретно, а какой-либо непрерывной функцией. В табл. 1 приведены варианты распределения тепловой мощности по высоте шлакометаллической ванны. Заданная конфигурация распределения имеет следующий вид:

$$\sum_{i=1}^n \int_{i}^k f(x) dx, \quad (5)$$

где n — количество секторов; i, k — протяженность соответствующих секторов по высоте шлакометаллической ванны H (см. табл. 1).

Таблица 1

Номер варианта	Распределение тепловой мощности по высоте шлакометаллической ванны ($H = H1 + H2 = 70$ мм)	Значение		
		n	i	k
1		1	-7	0
2		1	-7	0
3		1	-7	0
4		3	-3 -4 -7	0 -3 -4
5		3	-3 -4 -7	0 -3 -4
6		3	-3 -4 -7	0 -3 -4

Номер варианта	Максимальная температура T_M , °C	Время пребывания выше температуры A_{c_3} , с		Суммарное время пребывания выше температуры $A_{c_3} T$, с	Скорость охлаждения, °C/с, в интервале температур, °C		Скорость нагрева W_H , °C/с, в интервале температур $A_{c_3} T_M$
		в стадии нагрева T_1	в стадии охлаждения T_2		800—500	600—500	
1	1537	33	158	191	0,521	0,761	19,313
2	1577	28	163				24,177
3	1555	31	160				21,141
4	1629	23	168				31,684
5	1616	24	167				29,843
6	1622	23	168				31,405

Для варианта 6 табл. 1 формула (5) имеет следующее решение:

$$\int_{-3}^0 \frac{0,05}{7,069} \sqrt{9 - (X1 + 3)^2} dX1 +$$

$$+ \int_{-4}^{-3} 0,879 \sin[(X1 - 0,25)2\pi] + 0,9 dX1 +$$

$$+ \int_{-7}^{-4} \frac{0,05}{7,069} \sqrt{9 - (X1 + 4)^2} dX1.$$

В этом случае блок программы расчета температуры в точке Y в момент времени t имеет следующий вид:

$$GPM(t, Y) := \begin{cases} x \leftarrow -tv \\ P \leftarrow UI \\ FB \leftarrow K0 \left[\sqrt{\frac{v^2}{4a^2} + \frac{B}{a}} \sqrt{(x - X1)^2 + Y^2} \right] \\ Q1(X1) \leftarrow \frac{0,05}{7,069} \sqrt{9 - (X1 + 3)^2} \\ Q2(X2) \leftarrow [0,879 \sin[(X1 - 0,25)2\pi] + 0,9] \\ Q3(X1) \leftarrow \left[\frac{0,05}{7,069} \sqrt{9 - (X1 + 4)^2} \right] \\ cm1 \leftarrow \int_{-3}^0 PQ1(X1) \frac{\eta}{2\pi\lambda\delta} e^{-v \frac{x-X1}{2a}} FB dX1 \\ cm2 \leftarrow \int_{-4}^{-3} PQ2(X2) \frac{\eta}{2\pi\lambda\delta} e^{-v \frac{x-X1}{2a}} FB dX1 \\ cm3 \leftarrow \int_{-7}^{-4} PQ3(X1) \frac{\eta}{2\pi\lambda\delta} e^{-v \frac{x-X1}{2a}} FB dX1 \\ cm \leftarrow cm1 + cm2 + cm3. \end{cases}$$

Результаты расчетов основных параметров ТЦС по выбранным вариантам источников теплоты приведены в табл. 2. Анализ этих данных показывает существенное влияние конфигурации источников теплоты на основные параметры ТЦС. Так,

максимальная температура T_M для исследованных вариантов изменяется в пределах от 1537 до 1629 °C, причем с увеличением концентрации тепловой мощности T_M возрастает и наоборот, что подтверждается и предыдущими исследованиями (см. выше). Время пребывания высокотемпературной области выше температуры A_{c_3} на ветвях нагрева T_1 и охлаждения T_2 изменяются соответственно в интервалах 23—33 и 158—168 с, при этом с увеличением концентрации мощности показатель T_1 уменьшается, а T_2 — увеличивается. Суммарное время T остается без изменений, что объясняется кинетикой показателей T_1 и T_2 и жесткостью цикла. Скорость нагрева W_H в исследованном диапазоне конфигураций источников теплоты изменяется в пределах 19,31—31,68 °C/с и возрастает с увеличением концентрации мощности. Скорость охлаждения $W_{охл}$ для всего исследованного диапазона остается постоянной. Эти данные хорошо согласуются с полученными ранее данными о влиянии мощности тепловложения дискретно распределенных по высоте шлакометаллической ванны источников теплоты на основные параметры ТЦС.

ВЫВОДЫ

1. Разработаны программы расчета, выполнен расчетный анализ и установлено влияние распределения источников теплоты по высоте шлакометаллической ванны на основные параметры термического цикла сварки.

2. Для случая работы двух источников теплоты существенным является как расстояние между ними, так и единичная мощность каждого из них. Так, для исследованной эквивалентной мощности при расстоянии между источниками $L < 10$ мм перераспределение мощностей между ними не оказывает существенного влияния на параметры термического цикла сварки. Зона при $10 \leq L \leq 350$ мм является переходной или зоной взаимного влияния двух источников. При фиксированном значении L основные параметры термического цикла сварки в этой зоне всецело определяются соотношением единичных мощностей двух источников.

3. Для случая работы трех источников теплоты зависимость основных параметров термического цикла сварки от распределения единичных мощностей источников теплоты носит более сложный характер. Так, по мере увеличения единичной мощности третьего источника минимальное значение максимальной температуры увеличивается, максимальное значение периода нагрева также увеличивается, охлаждения — уменьшается. Суммарное время изменяется по более сложному закону, что объясняется концентрацией источников теплоты, значением максимальной температуры заданной области, скоростями нагрева и охлаждения.

4. Различные конфигурации тепловых мощностей источников теплоты существенно влияют на основные показатели термического цикла сварки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Электрошлаковая сварка и наплавка* / Под ред. Б. Е. Патона. М.: Машиностроение, 1989. 511 с.
2. *Рыкалин Н. Н.* Расчет тепловых процессов при сварке. М.: Машгиз, 1951. 498 с.
3. *Сущук-Слюсаренко И. И.* Оптимальные режимы ЭШС, обеспечивающие точность размеров изделия // Автоматическая сварка. 1965. № 11. С. 25—27.
4. *Пугин А. И., Перцовский Г. А.* Расчеты термического цикла околошовной зоны при ЭШС стали большой толщины // Автоматическая сварка. 1963. № 6. С. 14—23.

УДК 621.791.755.03

**В. В. ЧИГАРЕВ, д-р техн. наук, Н. А. ГРАНОВСКИЙ, инж.,
К. А. КОНДРАШОВ, канд. техн. наук, Н. А. МАКАРЕНКО, канд. техн. наук
Приазовский государственный технический университет
(Мариуполь, Украина)**

Мощный возбудитель-стабилизатор сварочной дуги

Возбудители-стабилизаторы сварочной дуги широко применяют в промышленности при плазменной обработке металлов, а также при сварке в инертных газах неплавящимся электродом. Известно [1], что для надежного возбуждения дуги в аргоне при сварке вольфрамовым электродом необходима энергия поджигающего импульса 0,2 Дж. Однако в ряде случаев такой энергии поджигающего импульса оказывается недостаточно, в частности, при фазовом тиристорном регулировании сварочного тока, когда имеются большие перерывы в горении дуги. В этом случае дуга поджигается нестабильно, кроме того, наблюдается быстрое разрушение неплавящегося (вольфрамового) электрода, а в металле шва имеются включения вольфрама [2].

Сварка в гелии, азоте неплавящимся электродом также требует большей энергии поджигающего импульса [3, 4]. Следует отметить, что ряд выпускаемых в настоящее время возбудителей-стабилизаторов дуги не обеспечивает постоянства энергии поджигающего импульса в зависимости от фазы его подачи. Так, в широко применяемом устройстве поджига дуги УПД-1 максимальная энергия поджигающего импульса развивается при фазе его подачи в 90 эл. град. (при меньших углах подачи импульса мощность его снижается). В связи с этим актуальной является задача разработки мощного возбудителя-стабилизатора сварочной дуги с по-

стоянной (не зависящей от угла подачи) энергией импульса.

На кафедре "Металлургия и технология сварочного производства" Приазовского государственного технического университета разработан возбудитель-стабилизатор сварочной дуги, обеспечивающий энергию импульса 1,2 Дж (независимо от угла подачи импульса), работающий следующим образом. Питающее переменное напряжение через диоды $VD1$ и $VD2$ заряжает конденсаторы $C1$ и $C2$ до амплитудного значения напряжения, при этом заряд конденсатора $C1$ в один полупериод питающего напряжения, а $C2$ — во второй (рис. 1).

Разряд конденсаторов осуществляется через тиристоры $VS1$ и $VS2$. Причем во время заряда конденсатора $C1$ происходит разряд конденсатора $C2$, а во время заряда конденсатора $C2$ разряжается конденсатор $C1$. Разряд конденсаторов происходит на перезаряжающийся конденсатор $C3$, включенный последовательно с первичной обмоткой импульсного трансформатора $T1$. В этот момент на вторичной обмотке трансформатора $T1$ появляется импульсное высоковольтное напряжение, поджигающее сварочную дугу. Дроссель $L1$ снижает скорость нарастания тока в цепи тиристоров (dI/dt), что необходимо для надежной работы тиристоров. Конденсатор $C4$ улучшает форму выходного импульса, а конденсатор $C5$ служит для защи-

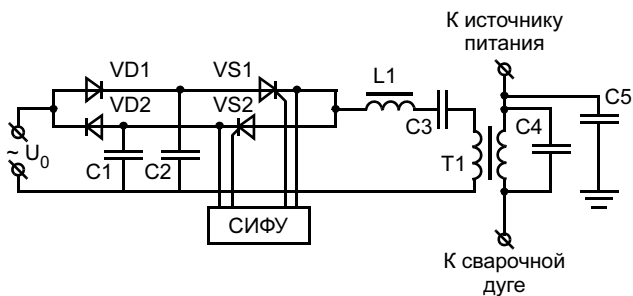


Рис. 1. Принципиальная схема возбуждителя-стабилизатора дуги (*VD1, VD2* — диоды ДЛ80-14кл; *VS1, VS2* — тиристоры ТБ, ТБИ 160А-22кл; *C1, C2* — конденсаторы МБГЧ (8,0 мкФ, 600 В); *C3* — конденсатор КБГТ (4,0 мкФ, 600 В); *C4* — конденсатор КВИ (1000 пФ, 35 кВ); *C5* — конденсатор МБГ (4,0 мкФ, 400 В); *L1* — дроссель; *T1* — импульсный трансформатор; СИФУ — система импульсно-фазового управления)

ты источника питания от пробоя импульсом высокого напряжения.

При включении тиристора *VS1* конденсатор *C3* заряжается до напряжения, близкого напряжению заряда конденсатора *C1*. После заряда конденсатора *C3* ток через тиристор *VS1* снижается до нулевого значения и тиристор запирается. В следующий полупериод питающего напряжения открывается тиристор *VS2*, при этом к конденсатору *C3* оказывается подключенным конденсатор *C2* с током противоположной полярности, что эквивалентно удвоению напряжения на конденсаторе *C3* и увеличивает бросок тока через первичную обмотку трансформатора *T1*. Происходит перезаряд конденсатора *C3* до значений, близких к напряжению заряда конденсатора *C2*. Далее циклы повторяются. Управление тиристорами осуществляется схемой импульсно-фазового управления СИФУ.

Экспериментально установлено, что емкости конденсаторов *C1, C2* и *C3* должны находиться в следующем соотношении:

$$C1 = C2 = 2C3. \quad (1)$$

Проверка возбуждителя-стабилизатора показала, что он обеспечивает надежное возбуждение и горение дуги в аргоне, гелии и их смесях, а также возбуждение дуги постоянного тока в азоте при сварке меди вольфрамовым электродом.

Представляет интерес применение возбуждителя-стабилизатора дуги для установок аргонодуговой сварки легких металлов с применением тиристорного регулирования сварочного тока. Простота схемы тиристорного регулятора, а также его малые габаритные размеры позволяют устанавливать такой регулятор в выносном блоке, который может быть перемещен от места установки источника питания на значительное расстояние, что важно в условиях ремонта и монтажа. Кроме того, упрощается конструкция силового сварочного трансформатора.

Недостатком такой системы регулирования сварочного тока является интенсивное разрушение вольфрамового электрода и загрязнение металла шва вольфрамовыми включениями [2] при больших углах включения тиристоров. Это явление связано со значительными перерывами в горении дуги и деионизацией дугового промежутка, вследствие чего (при повторных поджиге дуги) ее горение начинается с места пробоя импульсным током на поверхности электрода, т. е. происходит сжатие дуги у поверхности электрода, что вызывает его местный перегрев и, как следствие, эрозию. Применение мощного поджигающего импульса при повторных поджиге дуги позволяет создать у поверхности электрода проводящий канал большего диаметра и устранить эрозию. Схема такой установки приведена на рис. 2. Видно, что в этом случае СИФУ управляет также и силовыми тиристорами *VS3* и *VS4*, которые открываются синхронно с тиристорами возбуждителя-стабилизатора *VS1* и *VS2* соответственно. Для формирования крутопадающих ВАХ используется обратная связь по току с помощью датчика тока *ДТ*. СИФУ также осуществляет регулировку величины постоянной составляющей сварочного тока (за счет разбаланса фаз открытия тиристоров *VS3* и *VS4*).

Экспериментальная установка, построенная по такому принципу, включает также автономную систему охлаждения, установленную в выносном блоке с питанием от вспомогательного трехфазного трансформатора 36 В, расположенного в одном корпусе с силовым сварочным трансформатором. От этого же трансформатора питаются и все остальные узлы выносного блока, который соединяется с трансформаторами кабелями длиной 50 м.

Напряжение холостого хода трансформатора *ТС* составляло 86 В. Пределы регулирования сварочного тока 25—315 А. При указанных значениях емкости конденсаторов (см. рис. 1) и напряжении $U_0 = 320$ В в металле сварного шва отсутствуют включения вольфрама, а рабочий конец электрода

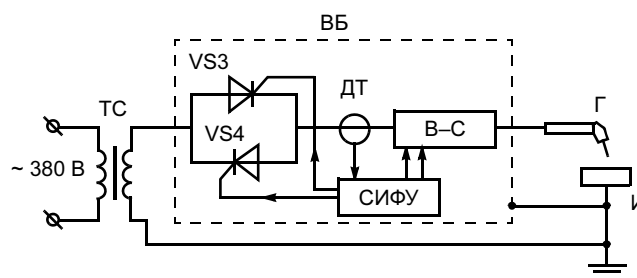


Рис. 2. Схема установки для аргонодуговой сварки металлов переменным током с тиристорным регулятором тока сварки (*ТС* — силовой трансформатор; *ВБ* — выносной блок; *В-С* — возбуждительно-стабилизатор сварочной дуги; *ДТ* — датчик тока; *VS3, VS4* — тиристоры; *Г* — горелка; *И* — изделие)

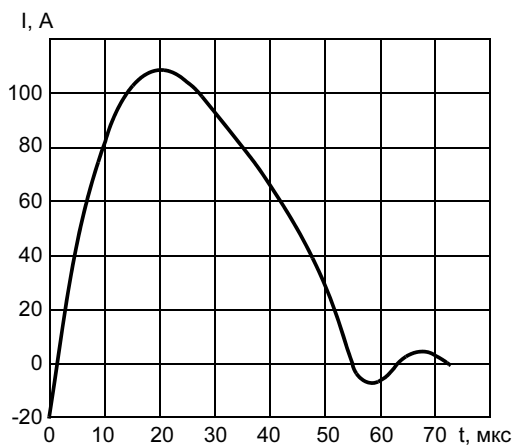


Рис. 3. Осциллограмма тока стабилизирующего импульса

представляет гладкий блестящий шарик. Уменьшение U_0 до 300 В приводит к появлению на нем зазубрины в центральной части, одновременно появляются включения вольфрама в металле шва — два-четыре на 1200 мм шва при токе сварки 180 А.

С помощью электронно-лучевого осциллографа исследовали форму стабилизирующего импульса (рис. 3). В конце импульса наблюдается незначительный выброс обратного тока, обусловленный затухающими колебаниями в LC контуре, образо-

ванном конденсатором $C4$ и вторичной катушкой импульсного трансформатора.

ВЫВОДЫ

1. Разработан импульсный возбудитель-стабилизатор дуги с энергией импульса до 1,2 Дж при независимости энергии импульса от фазы его подачи, обеспечивающий надежный поджиг дуги при сварке неплавящимся вольфрамовым электродом в аргоне, гелии, азоте.

2. Возбудитель-стабилизатор позволяет применять тиристорную систему управления сварочным током, обеспечивая высокую стойкость вольфрамового электрода и отсутствие включений вольфрама в металле шва.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белинский С. М., Каганский Б. А., Темкин Б. Я. Оборудование для сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов. Л.: Энергия, 1975. 100 с.
2. Зас М. И., Каганский Б. А., Печенин А. А. Трансформаторы для электродуговой сварки. Л.: Энергоатомиздат, 1988. 131 с.
3. Определение динамических вольт-амперных характеристик при плазма-ТИГ-сварке / В. В. Чигарев, А. Н. Корниенко, Н. А. Макаренко, К. А. Кондрашов // Вісник ПДТУ. 2005. № 15. С. 121—124.
4. Макаренко Н. А., Гвоздецкий В. С. Плазменная сварка // Автоматическая сварка. 2000. № 12. С. 26—30.

реклама

СВАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ ИНВЕРТОРНОГО ТИПА

ФОРСАЖ

INVERTER

НА ТОК

125 А
160 А
250 А
315 А
500 А

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

производим поставку оборудования, аттестованного НАКС

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
РЯЗАНСКИЙ
ПРИБОРНЫЙ ЗАВОД

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

ТЕХНОЛОГИЯ XXI
сварки века

Публикуется на правах рекламы

С. В. АНАХОВ, канд. физ.-мат. наук

(РГПШУ, Екатеринбург),

К. СИНГЕР

(DESY — Deutsche Elektronen Synchrotron, Гамбург, Германия),

Ю. А. ПЫКИН, д-р техн. наук

(НПП "Полигон", Екатеринбург),

С. А. ШАКУРОВ, инж., **А. В. МАТУШКИН**, инж.

(УГТУ-УПИ, Екатеринбург)

Исследование поверхности реза при термической разделительной резке стали 09Г2С

В работе представлены сравнительные результаты исследований качественных показателей поверхности реза при термических способах разделительной резки стали 09Г2С, применяемой для сварных конструкций в строительстве и на магистральных трубопроводах в условиях низких температур. Основная задача исследований предполагает выбор рациональных способов, режимов и оборудования при разработке технологии разделительной резки низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей.

Объектом исследований являются широко применяемые на производстве способы термической обработки низкоуглеродистых сталей — воздушно-плазменная и газокислородная резка. Газокислородную резку выполняли универсальным резаком РЗР-62 с внутренним мундштуком № 2 и наружным — № 1; в качестве горючего газа применяли пропан. Воздушно-плазменную резку выполняли на оборудовании, разработанном в НПП "Полигон", для механизированной (плазматрон ПМВР-М) и ручной (плазматрон ПВР-М) резки листового и трубного проката. Типы воздушно-плазменных резаков (плазматронов), различных по своим техническим характеристикам, приведены в табл. 1. В качестве источника питания плазменной дуги применяли установку для плазменной резки "Поли-

гон-250", в состав которой входят силовой специализированный выпрямитель, системы охлаждения плазматрона и подготовки плазмообразующего газа. Весь комплекс оборудования размещен в контейнере. Для обеспечения высокого качества поверхности реза для перемещения резаков при различных скоростях резки применяли шарнирно-консольную машину ШКМ-1-1,5-1 "Огонек". Основные параметры режимов резки приведены в табл. 1, исследуемые образцы — на рис. 1. Во всех вариантах толщина разрезаемого металла 10 мм.

Поверхность реза металла исследовали на содержание кислорода, азота и водорода (рис. 2). Проводили также металлографические исследования поверхности реза. Содержание газов измеряли на оборудовании фирмы LECO. Анализ по водороду проводили на анализаторе RH-404 по методу измерения коэффициента теплопроводности, зави-

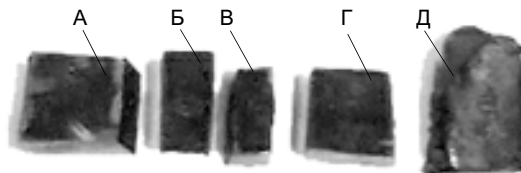


Рис. 1. Исследуемые образцы

Таблица 1

Образец	А	Б	В	Г	Д
Способ резки	Плазматрон ПВР-М		Плазматрон ПВР	Плазматрон ПМВР-М	Резак РЗР-62
Режим резки	$p_B = 0,1$ МПа, $U_D = 140$ В, $I_D = 260$ А, $v_p = 1,4$ м/мин	$p_B = 0,2$ МПа, $U_D = 190$ В, $I_D = 220$ А, $v_p = 1,4$ м/мин	$p_B = 0,2$ МПа, $U_D = 180$ В, $I_D = 250$ А, $v_p = 1,4$ м/мин	$p_B = 0,2$ МПа, $U_D = 180$ В, $I_D = 250$ А, $v_p = 1,4$ м/мин	$Q_K = 6$ м ³ /ч, $Q_P = 0,4$ м ³ /ч
Обозначения: p_B — давление сжатого воздуха; U_D — напряжение дуги; I_D — ток дуги; v_p — скорость резки; Q_K — расход кислорода; Q_P — расход пропана.					

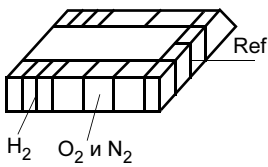


Рис. 2. Схема исследования на содержание остаточных газов (Ref — исходная матрица металла)

сящего от содержания газа, выделившегося в процессе плавления образца. Содержание азота определяли подобным методом на анализаторе ТС-600 с параллельным исследованием содержания кислорода с помощью датчика инфракрасного излучения. Массы образцов (0,5—1,0 г для водорода и 0,1—0,2 г для азота и кислорода) выбирали в процессе проведения калибровочных процедур с целью уменьшения влияния поверхностных эффектов, возникающих при малом соотношении объем/поверхность. Измерения проводили на сериях образцов с предварительной механической очисткой поверхности для удаления хрупкой окалины и посторонних загрязнений и химической обработкой в спиртосодержащем растворе. Относительная погрешность измерительных методик, определенная по калибровочным образцам, составила 8—10 % (0,1—0,3 ppm) по водороду и 15—25 % (0,5—2,0 ppm) по кислороду и азоту. Исходное содержание газов в образцах составило 21 ± 3 ppm (N_2), 63 ± 12 ppm (O_2), $1,5 \pm 0,2$ ppm (H_2).

Способ воздушно-плазменной резки металлов характеризуется активным взаимодействием поверхности реза с потоками низкотемпературной слабоионизированной плазмы, а также с окружающей средой при последующем охлаждении ЗТВ теплового источника. При этом следует ожидать насыщения компонентами ПОГ (в первую очередь кислородом и азотом) шовной поверхности и приповерхностных слоев с образованием оксидов и

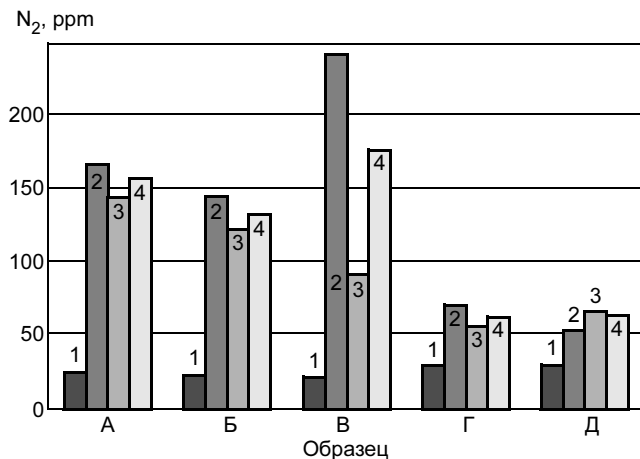


Рис. 3. Распределение содержания остаточного азота: 1 — исходное; 2—4 — среднее содержание на вертикальной, косой и на обеих поверхностях соответственно

нитридов металла. Распределение содержания азота в исследуемых образцах приведено на рис. 3.

Очевидно, что все исследуемые режимы резки характеризуются резким увеличением содержания азота в поверхностном слое реза. При резке ручным плазматроном ПРВ-М в ЗТВ наблюдается увеличение его содержания в десятки раз (до 200—400 ppm) по сравнению с исходным (30 ppm), сопровождаемое большим разбросом значений (до 100—150 ppm) в разных областях исследуемой поверхности. Резка ручным плазматроном ПРВ характеризуется также стабильным превышением (на 100—150 ppm) содержания азота по вертикальной поверхности реза.

Содержание азота при резке механизированным плазматроном ПМВР-М и газокислородной резке существенно ниже (60—70 ppm) и характеризуется равномерным распределением по поверхности реза.

Содержание кислорода вблизи поверхности реза (рис. 4) также превышает исходные значения по всем исследуемым образцам. При этом наименьшее его содержание (на 15—20 ppm больше исходного) при равномерном распределении по поверхности зафиксировано при резке плазматроном ПРВ-М, а максимальное (до 450 ppm в средних и до 700—800 ppm в абсолютных величинах) с большим разбросом значений — при газокислородной резке. Содержание кислорода в остальных образцах в 3—5 раз превышает исходное (от 150 до 250 ppm) при меньшем разбросе по поверхности при резке плазматроном ПМВР-М.

На рис. 5 приведены относительные значения насыщения кислородом и азотом (отношение среднего содержания O_2/N_2). Характерно, что для плазматронов ПРВ и ВПР-М это отношение составляет 0,8—1,6, что значительно меньше равновесных

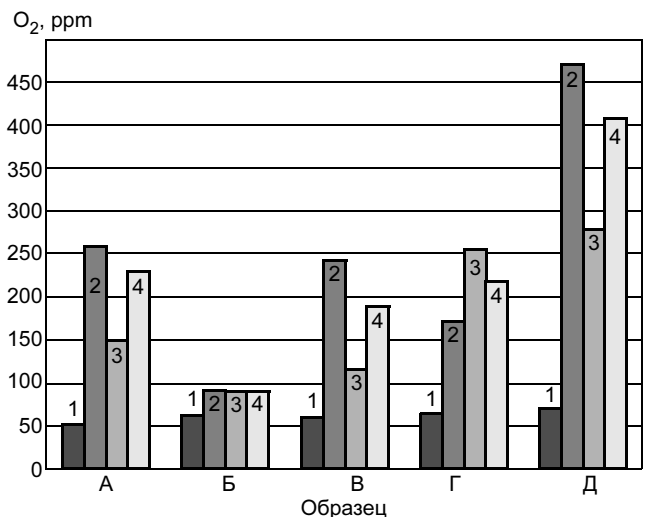


Рис. 4. Распределение содержания остаточного кислорода: 1—4 — см. рис. 3

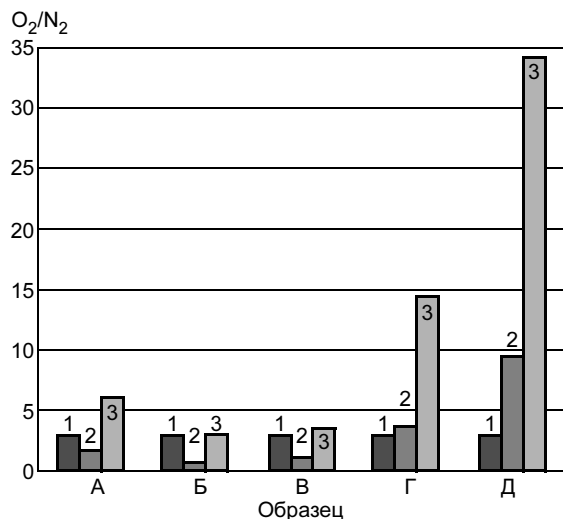


Рис. 5. Относительное содержание остаточных газов (кислород/азот): 1, 2 — исходное и среднее содержание соответственно; 3 — удельные массовые значения

значений в исходном материале (3,0—3,2). При газокислородной резке этот показатель составляет от 9 до 10. При резке плазматроном ПМВР-М отношение среднего содержания O_2/N_2 остается на уровне, характерном для исходного металла.

Интерпретируя приведенные на рис. 3—5 данные, следует учитывать особенности метода "горячей экстракции" газов, определяющего среднее содержание в металле образца, тогда как процессы сорбции и диффузии газов затрагивают при резке лишь приповерхностные слои шва на глубине порядка 100 мкм. Следовательно, содержание в самом диффузионном слое может превышать измеренные значения. Так как резка металлов осуществляется в естественных условиях в воздушной среде, то процессы сорбции газов закономерно преобладают над процессами дегазации. Сам процесс растворения газов носит сложный характер, проходя через стадии сорбции в расплаве, высокотемпературной поверхностной хемосорбции и неизотермической диффузии в ЗТВ. Конструктивные особенности аппаратов для резки металла влияют на форму, температуру, скорость истечения и степень ионизации газоплазменной дуги, а режим резки — на характер взаимодействия газоплазменного потока с поверхностью и распределение температуры в зоне резки. Несмотря на сложности количественного моделирования перечисленных явлений, полученные экспериментальные данные позволяют сделать качественный сравнительный анализ представленных технологий.

Все рассмотренные процессы сопровождаются образованием газонасыщенного поверхностного слоя реза, что в свою очередь сказывается на его коррозионных и механических свойствах. При плазменной резке возможны также эффекты прямого

ионного внедрения газоплазменных компонентов в приповерхностный слой, а также защитного действия нитридсодержащей пленки на поверхности реза по отношению к кислородопроницаемости в процессе остывания поверхности. В технологии газокислородной резки существенную роль играют процессы окисления поверхности в моменты ее остывания после удаления источника нагрева из зоны резки; при этом более низкая температура и скорость охлаждения в ЗТВ влияют на кинетику как поверхностных, так и диффузионных процессов кислород-азотного насыщения. Воздушно-плазменная резка также может сопровождаться изменением химического состава газовой атмосферы, влияющего на характер протекания рассматриваемых явлений.

В ходе эксперимента была проанализирована растворимость водорода в стали в процессе ее резки, так как повышенное водородосодержание негативно влияет как на механические свойства (эффект охрупчивания), так и тепловые и электрические характеристики стали. Несмотря на высокую водородопроницаемость стали даже при обычных температурах, низкое содержание водорода в окружающей атмосфере сказывается на малых значениях содержания водорода в стали (1—2 ppm) (рис. 6). Существенного наводороживания поверхностного слоя в процессах плазменной резки стали не наблюдается (максимальное содержание в пределах 3,5—4,0 ppm). Анализ образцов после газокислородной резки показывает увеличение содержания водорода в 2—3 раза по сравнению с его исходным содержанием вследствие наличия углеводородных компонентов в газокислородной струе.

Технологические особенности резки влияют на структуру и механические свойства поверхности металла в полости реза. Визуальный контроль качества разделочного шва свидетельствует о неоспоримых достоинствах плазменного метода по сравнению с газовым, где наблюдается грубая, не-

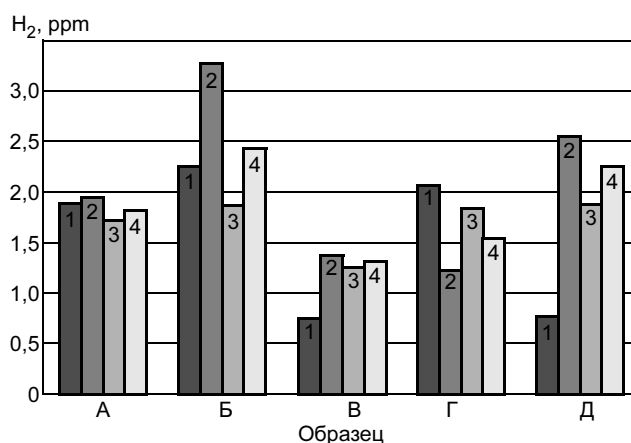


Рис. 6. Распределение содержания остаточного водорода: 1—4 — см. рис. 3

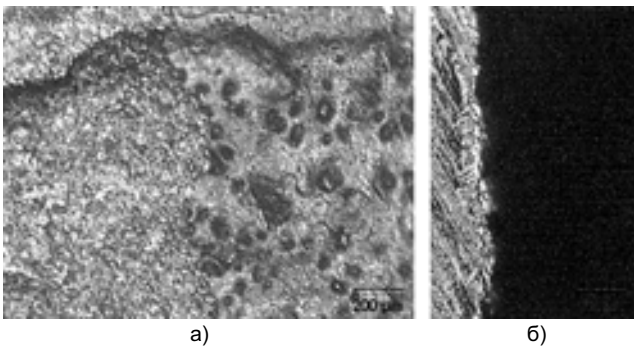


Рис. 7. Микроструктура поверхности реза при резке плазмотроном ПМВР-М (образец Г): а — $\times 100$; б — $\times 1250$

ровная поверхность (см. рис. 1). Металлографический анализ поверхностей образцов после воздушно-плазменной резки, выполненный на микроскопе OLYMPUS MY40 (визуальный анализ нетравленной поверхности в поляризованном свете), выявил образовавшиеся области хрупкой окалины, а также большое количество газовых пор (диаметром до 50—70 мкм) (рис. 7, а) со средней шероховатостью $Ra = 2,0 \div 2,5$ мкм (рис. 7, б) и ярко выраженной волнистостью поверхности (100 мкм с шагом 500 мкм), что соответствует классу точности 1—2 по нормам шероховатости (ГОСТ 14792—80).

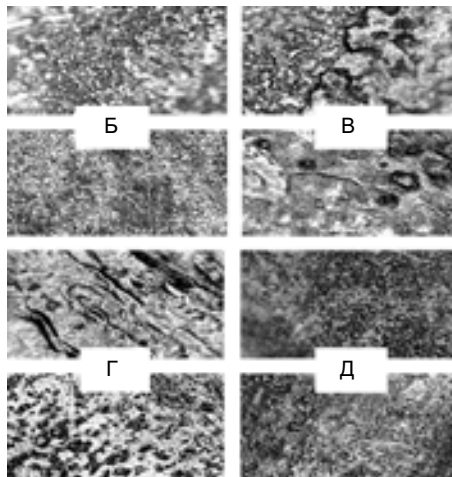


Рис. 8. Микроструктура ($\times 100$) поверхности реза при плазменной (образцы Б—Г) и газовой (образец Д) резке без травления

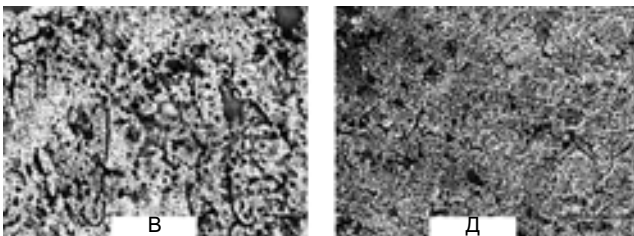


Рис. 9. Микроструктура поверхности реза при плазменной (образец В. $\times 500$) и газовой (образец Д. $\times 200$) резке с травлением

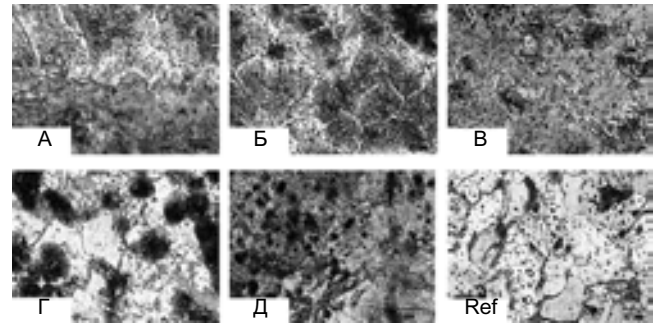


Рис. 10. Микроструктура металла ЗТВ при плазменной (образцы А—Г. $\times 800$), газовой (образец Д. $\times 1500$) резке и исходной матрицы металла (Ref. $\times 800$)

Структуре поверхности остальных образцов (рис. 8) также свойственна неоднородность с образованием областей с высокой пористостью, волнистостью и наличием высокодисперсных зон, возникающих в процессе термодиффузионной релаксации. Микроструктурный анализ приповерхностных слоев (травление в растворе бисульфита калия) свидетельствует также об отсутствии механизма накопления деформаций по глубине (см. рис. 8, образец В) при плазменной резке, а также о формировании полигональной многофазной субструктуры с большим количеством разориентированных границ при газовой резке (см. рис. 8, образец Д). По сравнению с исходной матрицей (рис. 9), имеющей мелкозернистую (балл 7—8 со средним размером зерна 20—30 мкм) перлитно-ферритную структуру и большое количество интерметаллидных включений, структура металла в ЗТВ имеет существенные отличия.

Газокислородная резка сопровождается формированием мелкодисперсного многофазного приповерхностного слоя с высокой степенью пористости не только на поверхности, но и по глубине (см. рис. 9, образец Д). В процессе воздушно-плазменной резки (рис. 10, образцы А—Г) ЗТВ сохраняет зернистую структуру (рост зерна не наблюдается), претерпевая мартенситные превращения с растворением интерметаллических фаз (рис. 10, образцы А, Б при резке плазмотроном ПМВР-М) либо их выделением (наряду с карбидами и трооститом) по границам зерен и в областях межзеренных (в сопоставимых с размером зерна размерах) включений (см. рис. 10, образцы В, Г).

Все исследованные образцы имеют повышенную (по сравнению с матрицей исходного металла) микротвердость приповерхностных слоев реза (табл. 2), обусловленную закалкой. При этом наименьшие значения (119 НВ) достигнуты при резке базовым ручным плазмотроном ПРВ в обработанном слое, характеризующем высокой степенью разупорядоченности зерен и большим количеством объемных и точечных дефектов. Наиболее упорядоченная структура слоя наблюдается при резке

Слой поверхности реза	Микротвердость образца, HV (максимальное значение)				
	А	Б	В	Г	Д
Обработанный	153	163	119	146	140
Необработанный	105	95	95	110	110

модернизированным ручным плазматроном ПРВ-М при максимальных значениях поверхностной микротвердости (163 HV). Средние параметры микротвердости (110—140 HV) при резке этим плазматроном соответствуют средним параметрам образцов, полученных газокислородной резкой и резкой плазматроном ПМВР-М.

ВЫВОДЫ

1. Технологией газовой и плазменной резки низкоуглеродистых сталей присуще повышенное газосодержание в околошовной зоне. Выявлено преобладание нитридсодержащих компонентов при ручной плазменной резке, не приводящее к существенному увеличению микротвердости поверхности. При газовой резке преобладают оксидсодержащие компоненты, влияющие на хрупкость окалины.

2. Структура поверхности и ЗТВ характеризуется меньшей степенью пористости и большей равномерностью поверхности реза при плазменной резке в сравнении с газокислородной при соответствии качества резки первому и второму классам точности по ГОСТ 14792—80.

УДК 621.795.75-52

Т. В. АЛПЕЕВА, студентка, А. А. КОТЕЛЬНИКОВ, канд. техн. наук
Курский государственный технический университет

Программирование перемещений при роботизированной сварке трубчатых элементов

При сооружении радиомачт, радиобашен, буровых вышек и ряда других конструкций широко используют трубчатые элементы, хорошо работающие на сжатие и кручение. Это позволяет во многих случаях снизить массу конструкции на 25—50 %, однако соединение труб в узле как непосредственно, так и с помощью фасонки оказывается весьма трудоемким. Решетчатые конструкции обычно изготавливают с применением ручного труда и простейших приспособлений.

Радикальное повышение качества решетчатых конструкций, существенное увеличение производительности труда и других экономических показателей производства достигается автоматизацией и механизацией технологических процессов за счет применения автоматических сборочно-сварочных линий с использованием роботов.

Однако процесс подготовки управляющих программ для таких линий достаточно длителен и связан с необходимостью исключения роботизированных технологических комплексов (РТК) из производственного процесса во время обучения. Для устранения этих непроизводительных затрат все шире используют системы автоматизированной подготовки и отладки управляющих программ (так называемые системы off-line-программирования) [1],

оснащенные средствами математического и графического моделирования оборудования РТК и обрабатываемых изделий.

Цель данной работы — программирование перемещений по расчетным траекториям при роботизированной сварке стоек и раскосов с поясами трубчатых элементов.

На первом этапе определяли линию пересечения соединяемых поверхностей (цилиндров), продольные оси которых расположены под углом β . С каждой поверхностью можно связать свою систему координат $Oxyz$ и $Oxy'z'$. Радиусы-векторы поверхностей [2]

$$r'(u, v) = \rho_1 \cos(u)\bar{i}_x' + \rho_1 \sin(u)\bar{i}_y' + v\bar{i}_z';$$

$$s(a, b) = \rho_2 \cos(a)\bar{i}_x + \rho_2 \sin(a)\bar{i}_z + b\bar{i}_y$$

при переходе от системы координат $Oxy'z'$ к $Oxyz$ примет вид

$$r(u, v) = X(u)\bar{i}_x + Y(u, v)\bar{i}_y + Z(u, v)\bar{i}_z;$$

$$s(a, b) = \rho_2 \cos(a)\bar{i}_x + \rho_2 \sin(a)\bar{i}_z + b\bar{i}_y,$$

где $X(u)$, $Y(u, v)$, $Z(u, v)$ — координаты в системе координат $Oxyz$, выраженные через соответствующие координаты x' , y' , z' и параметры u , v :

$$\begin{aligned}
 X(u) &= \rho_1 \cos(u); \\
 Y(u) &= \frac{\rho_2}{\operatorname{tg}(\beta)} + \frac{\rho_1 \sin(u)}{\sin(\beta)}; \\
 Z(v) &= v.
 \end{aligned}$$

Тогда радиусы-векторы поверхностей примут вид

$$r(u, v) = \rho_1 \cos(u) \bar{i}_x + \left(\frac{\rho_2}{\operatorname{tg}(\beta)} + \frac{\rho_1 \sin(u)}{\sin(\beta)} \right) \bar{i}_y + v \bar{i}_z;$$

$$s(a, b) = \rho_2 \cos(a) \bar{i}_x + \rho_2 \sin(a) \bar{i}_z + b \bar{i}_y.$$

Каждая точка линии пересечения поверхностей должна удовлетворять векторному уравнению

$$r(u, v) - s(a, b) = 0. \quad (1)$$

Это векторное уравнение содержит три скалярных уравнения для компонентов радиусов-векторов поверхностей:

$$\begin{cases}
 r_1(u, v) - s_1(a, b) = 0; \\
 r_2(u, v) - s_2(a, b) = 0; \\
 r_3(u, v) - s_3(a, b) = 0;
 \end{cases}
 \begin{cases}
 \rho_1 \cos(u) - \rho_2 \cos(a) = 0; \\
 \frac{\rho_2}{\operatorname{tg}(\beta)} + \frac{\rho_1 \sin(u)}{\sin(\beta)} - b = 0; \\
 v - \rho_2 \sin(a) = 0.
 \end{cases} \quad (2)$$

Выразим параметры v , a , b через параметр u :

$$\begin{aligned}
 \cos(a) &= \frac{\rho_1}{\rho_2} \cos(u); \\
 b &= \frac{\rho_2}{\operatorname{tg}(\beta)} + \frac{\rho_1 \sin(u)}{\sin(\beta)}; \\
 v &= \rho_2 \sin(a) = \sqrt{\rho_2^2 - \rho_1^2 \cos^2(u)}
 \end{aligned} \quad (3)$$

или

$$\begin{cases}
 x = \rho_1 \cos(u) = \rho_2 \cos(a); \\
 y = \frac{\rho_2}{\operatorname{tg}(\beta)} + \frac{\rho_1 \sin(u)}{\sin(\beta)}; \\
 z = \sqrt{\rho_2^2 - \rho_1^2 \cos^2(u)}.
 \end{cases} \quad (4)$$

Геометрический смысл параметра u следует из

рис. 1, где ANA' — окружность радиуса $x' = \frac{\rho_1}{\cos(\beta)}$ и N — точка, взятая на одной вертикали с точкой 1 эллипса по ту же сторону от оси AA' . Имеем $u = \angle A'ON$.

Для поверхностей цилиндров, расположенных под прямым углом (соединение стоек с поясами трубчатых элементов), параметры и координаты линии пересечения имеют вид

$$\begin{cases}
 \cos(a) = \frac{\rho_1}{\rho_2} \cos(u); \\
 b = \rho_1 \sin(u); \\
 v = \sqrt{\rho_2^2 - \rho_1^2 \cos^2(u)}
 \end{cases}
 \text{ или }
 \begin{cases}
 x = \rho_1 \cos(u) = \rho_2 \cos(a); \\
 y = \rho_1 \sin(u); \\
 z = \sqrt{\rho_2^2 - \rho_1^2 \cos^2(u)}.
 \end{cases}$$

Сварные швы в сопряжениях цилиндрических поверхностей формируются очень сложно и могут быть рассмотрены как угловые или стыковые на различных участках линии сопряжения. Это во многом зависит от соотношения диаметров примыкающих стержней, угла их наклона α и способа подготовки кромок на торцах стержней под сварку (рис. 2).

Если соединение выполнено без разделки кромок под сварку, должны выполняться следующие требования:

— при отношении диаметра стержня решетки d к диаметру поясной трубы D меньше 0,67 и $\alpha = 60^\circ\text{--}90^\circ$ шов является угловым на всем периметре сопря-

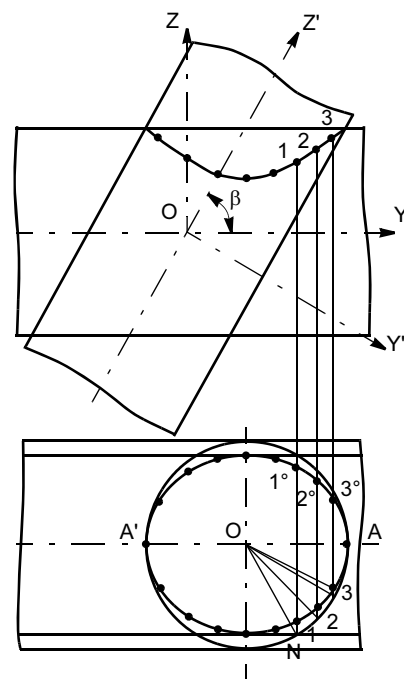


Рис. 1. Построение линии пересечения поверхностей (цилиндров), продольные оси которых не перпендикулярны

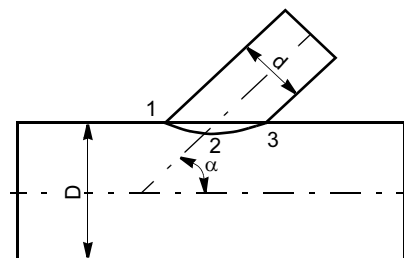


Рис. 2. Формирование сварного шва в узлах конструкций из труб

жения, а для углов $\alpha < 60^\circ$ шов — комбинированный (на длине $0,4l$ — стыковой, $0,6l$ — угловой);

— для отношения $d/D > 0,67$ и $\alpha = 40^\circ\text{--}90^\circ$ сварной шов является комбинированным ($0,6l$ — стыковой, $0,4l$ — угловой).

Если соединение выполнено с разделкой кромок под сварку, формирование шва не зависит от отношения d/D , определяющим в этом случае является угол наклона раскоса ($\alpha = 75^\circ\text{--}90^\circ$, шов может быть принят стыковым на всей длине линии сопряжения; $\alpha = 40^\circ\text{--}75^\circ$, шов комбинированный: на длине $0,6l$ — стыковой, на длине $0,4l$ — угловой).

Таким образом, для большинства применяемых в фермах соотношений диаметров стержней и наиболее часто встречающихся углов наклона раскосов к поясной трубе сварные швы по длине примыкания являются комбинированными: в зоне точек 1 и 3 (см. рис. 2) шов может быть принят угловым (математическая модель — поверхность фаски) с переходом в зоне точки 2 на стыковой (математическая модель — поверхность скругления).

На следующем этапе разрабатывали математические модели сварных швов.

Поверхность скругления

Рассмотрим построение поверхности скругления переменного радиуса. Для этого потребуется кривая пересечения поверхностей, расположенных под углом β . Радиус скругления r зависит от параметров u , v , a , b и параметра q — высоты сварного шва, который задается заранее. Эту зависимость можно определить, рассмотрев пересечение цилиндра радиуса ρ_2 плоскостью, параллельной оси Z и проходящей через начало координат, задаваемой параметром u . Сечение при $u = 0$ и $u = \pi$ имеет форму окружности радиуса ρ_2 , при других значениях u , кроме $u = \pm\pi/2$, — форму эллипса с полуосями

$x' = \frac{\rho_2}{\cos(u')}$ и $y' = \rho_2$. Построение линий пересечения,

поверхностей скругления и фаски для трубчатых элементов, соединяемых под углом, отличным от прямого, приведено в таблице. Геометрический смысл параметра u' следует из рис. 1, T (см. таблицу), где ANA' — окружность радиуса $OA = \frac{\rho_1}{\sin(\beta)}$, а

$$u' = \arcsin\left(\frac{\sin(u)}{\sqrt{\sin^2(\beta)\cos^2(u) + \sin^2(u)}}\right).$$

Координаты любой точки эллипса определяют по формулам

$$\begin{cases} x'' = A \cos(t); \\ y'' = B \sin(t), \end{cases}$$

где $A = x' = \frac{\rho_2}{\cos(u')}$, $B = y' = \rho_2$, тогда

$$\begin{cases} x'' = \frac{\rho_2}{\cos(u')} \cos(t); \\ y'' = \rho_2 \sin(t). \end{cases}$$

Геометрический смысл параметра t иллюстрирует рис. 1, T (см. таблицу), где ANA' — окружность

Рисунок	Построение элемента	Графическое изображение
1, T	Линии пересечения $u = 30^\circ$	
2, T	Поверхности скругления $u = 30^\circ$	
3, T	То же, $u = 90^\circ$	
4, T	То же, $u = 0$	
5, T	Поверхности фаски $u = 30^\circ$	

радиуса $x' = \frac{\rho_2}{\cos(u')}$ и N — точка, взятая на одной вертикали с точкой M эллипса по ту же сторону от оси AA' . Имеем $t = \angle A'ON$. Радиус, проведенный из центра координат в точку эллипса,

$$\rho = \sqrt{(x'')^2 + (y'')^2} = \rho_2 \sqrt{\frac{\cos(t)^2}{\cos(u')^2} + \sin(t)^2}.$$

Для любой точки пересечения параметр t определяется в зависимости от u :

$$\cos(t) = \frac{\rho_1}{\rho_2} \cos(u'),$$

а угол $\angle AOM = t_n = \frac{\rho_1}{\rho_2 \sqrt{1 + \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} \sin(u')\right)^2}}$ (см. табл. 1,

рис. 2, T — угол t_1).

Угол $t_2 = \angle AOP$ можно определить из рис. 2, T (см. таблицу), на котором отрезки QM и MP задаются параметром q , длина дуги MP приблизительно равна отрезку MP .

Длина дуги плоской линии (в прямоугольных координатах)

$$S = \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{[x'(t)]^2 + [y'(t)]^2} dt,$$

где t — какой-либо параметр, через который выражены текущие координаты, или

$$S = \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{1 + y'^2} dx,$$

если линия задана явно, в виде $y = y(x)$.

В данном случае требуется выразить длину дуги MP , которую можно определить по формуле

$$\begin{aligned} S &= \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{[x'(t)]^2 + [y'(t)]^2} dt = \\ &= \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{[-A \sin(t)]^2 + [B \cos(t)]^2} dt, \end{aligned}$$

где $A = x' = \frac{\rho_2}{\cos(u')}$, $B = y' = \rho_2$ — полуоси эллипса.

С другой стороны, эллипс может задаваться каноническим уравнением

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1,$$

тогда $y = \pm \frac{B}{A} \sqrt{A^2 - x^2}$ и длина дуги определяется по формуле

$$S = \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{1 + \left[-\frac{2Bx}{2A\sqrt{A^2 - x^2}} \right]^2} dx,$$

где $x_1 = \frac{\rho_2}{\cos(u')} \cos(t_1)$ и $x_2 = \frac{\rho_2}{\cos(u')} \cos(t_2)$. Это

выражение можно представить в виде $S = F(x_2) - F(x_1)$. Поскольку длина дуги MP задается величиной параметра q , то из этого равенства можно

определить x_2 . Тогда $\cos(\angle PMM') = \frac{x_2 - x_1}{q}$,

$$\angle PMM' = \arccos\left(\frac{x_2 - x_1}{q}\right).$$

Рассмотрим пересечение цилиндра радиуса ρ_1 плоскостью, параллельной оси Z и проходящей через начало координат (точку O), задаваемой параметром u' . Сечение при $u = 0$ имеет форму эллипса (так как цилиндр расположен не строго вертикаль-

но, а под углом β) с полуосью $z' = \frac{2\rho_1}{\cos(\beta)}$, проходя-

щего через точку пересечения; при $u' = \pm\pi/2$ — форму прямоугольника, расположенного под углом $\gamma =$

$= \arctg\left(\frac{\sin(u')}{\tg(\beta)}\right)$ к оси Z (угол γ зависит от парамет-

ра u и угла наклона поверхностей); при других значениях u' — форму эллипса с полуосью $z' =$

$= \frac{2\rho_1}{\cos(\beta)} \cos(\gamma)$, проходящего через соответствующую

точку пересечения. При больших углах наклона цилиндров дугу MQ можно приблизительно считать прямым отрезком. Тогда $\angle MO'Q = 360^\circ - 90^\circ - 90^\circ - \angle PMQ = 180^\circ - \angle PMQ$.

Радиус скругления

$$r = \frac{q}{\tg(\angle MO'Q)}.$$

Поверхность скругления задается параметрическим уравнением

$$x^2 + y^2 + z^2 = r^2,$$

в данном случае

$$(x - x_r)^2 + (y - y_r)^2 + (z - z_r)^2 = r^2,$$

где x_r, y_r, z_r — координаты центра, равные

$$x_r = (x'' + r \cos(t)) \cos(u') = (x' \cos(t) + r \cos(t)) \cos(u') =$$

$$= \left(\frac{\rho_2}{\cos(u')} + r\right) \cos(t) \cos(u');$$

$$y_r = (x'' + r \cos(t)) \sin(u') = \left(\frac{\rho_2}{\cos(u')} + r\right) \cos(t) \sin(u');$$

$$z_r = y'' + r \sin(t) = (\rho_2 + r) \sin(t).$$

Построение линий пересечения, поверхностей скругления и фаски для трубчатых элементов, соединяемых под углом 0, 30 и 90°, приведено на рис. 2, $T-4$, T (см. таблицу):

— на рис. 2, T сечение имеет форму эллипса, при $\rho_1 = 60$ и $\rho_2 = 70$, $r = 25,5$, $u = 30^\circ$, $x = 7/\cos 30^\circ$, $z = \rho_2 = 70$, 1 — точка пересечения поверхностей, 2, 3 — точки касания поверхности скругления;

— на рис. 3, T радиус скругления — наименьший, при $\rho_1 = 60$ и $\rho_2 = 70$, $r = 5,77$, $u = 90^\circ$, $a = 90^\circ$, $x = 0$, $y = 60$, $z = 70$ ($q = 10$);

— на рис. 4, T сечение имеет форму окружности радиуса ρ_2 , радиус скругления — наибольший, $u = 0$, $r = 42$, 1 — точка пересечения цилиндров, 2, 3 — точки касания.

Поверхность фаски

Поверхность фаски можно связать с линией пересечения поверхностей $c(s)$, представить в виде множества прямых, совпадающих с отрезками QP (рис. 5, T , см. таблицу) для каждого значения параметра u . Прямую, проходящую через точки $Q(x_q, y_q, z_q)$ и $P(x_p, y_p, z_p)$, можно представить уравнениями

$$\frac{x - x_q}{x_p - x_q} = \frac{y - y_q}{y_p - y_q} = \frac{z - z_q}{z_p - z_q}.$$

Координаты $x_q, y_q, z_q, x_p, y_p, z_p$ зависят от параметров u, t и q :

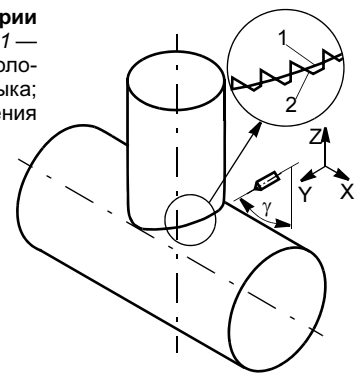
$$\begin{cases} x_q = (\rho_1 + q \sin(\gamma)) \cos(u); \\ y_q = (\rho_1 + q \sin(\gamma)) \sin(u); \\ z_q = \rho_2 \sin(t_2) + q \cos(\gamma); \end{cases} \begin{cases} x_p = OP' \cos(u) = x_2 \cos(u); \\ y_p = OP' \sin(u) = x_2 \sin(u); \\ z_p = OP' \operatorname{tg}(t_2) = x_2 \operatorname{tg}(t_2). \end{cases}$$

Аналогично получают соответствующие уравнения для случая, когда поверхности расположены под прямым углом.

При составлении управляющей программы для роботизированной сварки криволинейных швов теоретическая ("идеальная") траектория сварочного инструмента определяется совокупностью прямолинейных отрезков, количество и размер которых зависят от требуемой точности выполнения соединения. В программу вводятся последовательные повторяющиеся перемещения по трем осям и углы поворота φ и γ . При этом траекторию целесообразно разбивать на отрезки, задавая определенное приращение одной из координат. Например, для сварки трубчатых элементов угол наклона γ сварочного инструмента можно оставлять постоянным и, задавая приращение угла поворота φ , определять координаты x, y, z по формулам линии пересечения поверхностей (угол φ в данном случае сходен с параметром u) (рис. 3).

Для построения управляющей программы для сварки труб диаметром 50 мм при допустимом отклонении для данного размера 0,5 мм составим уравнения приращения координат перемещения сварочного инструмента и определим максимальное приращение угла поворота φ , при котором обеспечивается заданная точность, в общем виде:

Рис. 3. Элементы траектории сварочного инструмента: 1 — участок теоретического положения свариваемого стыка; 2 — траектория перемещения сварочного инструмента



$$\begin{cases} \Delta x = \rho(1 - \cos(\Delta\varphi_x)); \\ \Delta y = \rho \sin(\Delta\varphi_y); \\ \Delta z = \sqrt{\rho_2^2 - \rho_1^2 \cos(\Delta\varphi_z)^2}. \end{cases}$$

Для рассматриваемого случая

$$\begin{cases} \Delta x = \rho(1 - \cos(\Delta\varphi_x)); \\ \Delta y = \rho \sin(\Delta\varphi_y); \\ \Delta z = \rho \sqrt{1 - \cos(\Delta\varphi_z)^2} = \rho \sqrt{\sin(\Delta\varphi_z)^2} = \rho \sin(\Delta\varphi_z). \end{cases}$$

Подставим в уравнения значения $\Delta x = 0,5$, $\Delta y = 0,5$, $\Delta z = 0,5$ и найдем значения $\Delta\varphi_x, \Delta\varphi_y$, выберем наименьшее $\Delta\varphi$ для задания перемещений в программе:

$$\begin{cases} 0,5 = 25(1 - \cos(\Delta\varphi_x)); \\ 0,5 = 25 \sin(\Delta\varphi_y); \end{cases} \begin{cases} \Delta\varphi_x = 11,478^\circ; \\ \Delta\varphi_y = 1,146^\circ. \end{cases}$$

При угле поворота $\Delta\varphi = 1,146^\circ$ обеспечивается необходимая точность перемещений по всем трем осям. Разобьем $\varphi = 360^\circ$ на целое количество $\Delta\varphi$:

$$n = \frac{360^\circ}{1,146^\circ} = 314,136, \text{ принимаем } n = 315, \text{ тогда}$$

$$\Delta\varphi = \frac{360^\circ}{315} = 1,143^\circ.$$

При составлении программы задаем значение $\Delta\varphi = 1,143^\circ$ и вычисленные перемещения $\Delta x = 0,005$, $\Delta y = 0,5$, $\Delta z = 0,5$.

Перемещение по координатной оси $\Delta = d_i i$ (d_i — дискретность счетного датчика, зависящая от типа робота, i — число импульсов датчика, равное Δ/d_i).

Затем составляем управляющую программу для РТК.

ВЫВОД

Разработаны математические модели сварных швов и программа перемещений сварочного инструмента по расчетным траекториям при роботизированной сварке стыков на пересечении трубчатых элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тертышный В. Т. Программирование перемещений при роботизированной сварке криволинейных швов // Автоматическая сварка. 1993. № 3. С. 48–52.
2. Голованов Н. Н. Геометрическое моделирование. М.: Издательство физико-математической литературы, 2002. 472 с.

УДК 621.791.754'29

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

Особенности процесса автоматической аргодуговой сварки сталей с алюминиевым покрытием

При сварке алюминированных сталей основной проблемой является насыщение металла шва алюминием, который, взаимодействуя с железом, образует ряд интерметаллидов типа Al_3Fe , Al_3Fe_2 , $FeAl_3$, Fe_2Al_5 , $FeAl_2$, $FeAl$ [1]. Наличие этих соединений значительно ухудшает пластические и прочностные свойства шва. Следствием этого является увеличение склонности металла шва к образованию трещин. Кроме того, алюминий обладает значительной окклюзией к водороду, которая с повышением температуры увеличивается до резкого скачка при температуре плавления, что приводит к повышенной пористости металла шва [2].

Улучшить качество сварного шва можно, если в процессе сварки проводить рафинирование металла сварочной ванны. Для этого предлагается связать алюминий в устойчивое химическое соединение, которое при сварке будет удаляться в шлак или атмосферу. Этому требованию оптимально соответствуют следующие соединения алюминия: оксид алюминия, обладающий низкой плотностью ($3,90 \text{ г/см}^3$), хлорид алюминия, имеющий низкую температуру возгонки ($183 \text{ }^\circ\text{C}$), и фторид алюминия плотностью $2,88 \text{ г/см}^3$ и температурой кипения $t_{\text{кип}} = 1270 \text{ }^\circ\text{C}$. Таким образом, в процессе сварки целесообразно вводить в сварочную ванну ки-

слород, хлор или фтор либо в чистом виде, либо в виде соединений с металлами. Это возможно, если сварку вести с применением флюсов или газовых сред, содержащих в качестве активных составляющих перечисленные элементы или их соединения.

Помимо улучшения механических свойств металла шва важным аспектом является и повышение качества его формирования. Для обеспечения меньшей выпуклости шва, чешуйчатой поверхности, уменьшения потерь на разбрызгивание, а также повышения технологических свойств дуги процесс сварки целесообразно вести в аргоне [3].

Исследование процесса аргодуговой сварки алюминированной стали проводили на пластинах из стали Ст3 (ГОСТ 380—89) размером $350 \times 150 \times 1,5 \text{ мм}$ и на пластинах таких же размеров из

стали 08кп-У 9 (ГОСТ 1050—74), покрытой с двух сторон слоем алюминия толщиной 40 мкм , изготовленного по ТУ 1881-033-07528141—2002. В качестве защитного газа применяли аргон высшего сорта (ГОСТ 10157—79), в качестве флюсов — растворы оксида железа и хлорида железа в жидком стекле.

Автоматическую аргодуговую сварку постоянным током прямой полярности выполняли без присадочной проволоки на следующем режиме: ток $I = 65 \text{ А}$, скорость сварки $v_{\text{св}} = 1,8 \text{ м/мин}$, расход защитного газа 14 л/мин , диаметр электрода $d = 3 \text{ мм}$, длина дуги 4 мм . Источник питания ВСВУ-400.

Параметры процесса сварки (время, ток, напряжение) фиксировали с помощью регистратора МРС-02М фирмы "ТЭЛМА", погрешность измерения напряжения

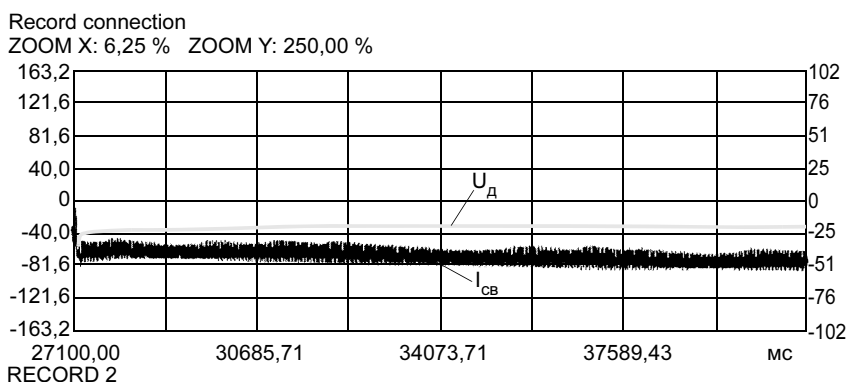


Рис. 1. Типичная регистрограмма при аргодуговой сварке пластины из алюминированной стали ($I_{\text{св}} = 65 \text{ А}$, $U_{\text{д}} = 10 \text{ В}$)

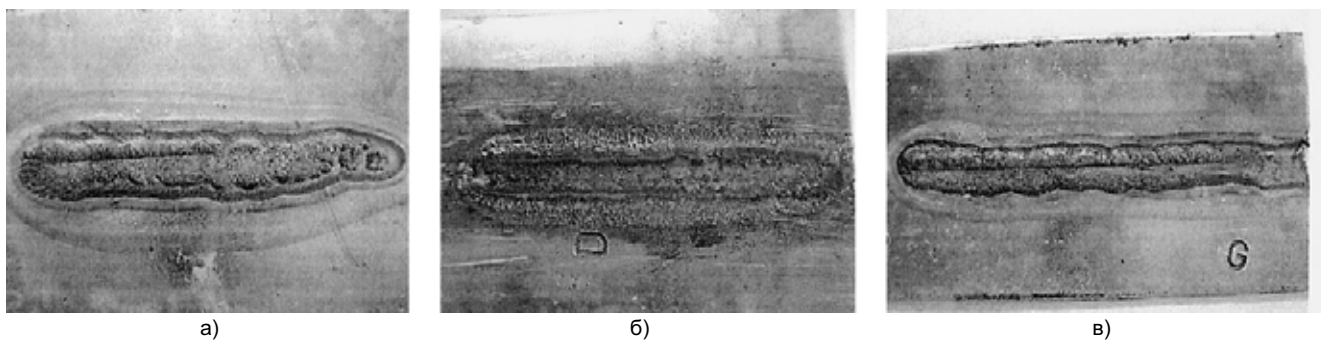


Рис. 2. Внешний вид сварного шва при аргонодуговой сварке алюминированной стали: а — без применения флюса; б, в — по слою флюса, содержащего соответственно FeCl_3 и Fe_2O_3

не более 2 % (рис. 1). Микротвердость измеряли микротвердометром ПМТ-3 через 1 мм при нагрузке 0,05 Н. Микроструктуру полученных сварных швов исследовали металлографическим микроскопом МЕТАМ РВ-21. Рентгеноспектральный и химический анализ проводили на сканирующем электронном микроскопе LEO 1455 VP (ZEISS, Германия) с блоками рентгеновского энергетического спектрометра INCA Energy-300 и рентгеновского волнового спектрометра INCA Wave-500.

Влияние флюса на свойства дуги оценивали по ее напряжению. При сварке алюминированной стали напряжение возрастает с приращением 0,2 В, что может быть связано с испарением алюминия в процессе сварки, пары которого снижают электропроводимость дуги, вызывая рост напряжения [4].

Применение флюса, содержащего хлорид железа, при сварке алюминированной стали приводит к снижению напряжения на 0,3 В, которое могло быть вызвано воздействием как хлорида железа, так и образовавшегося в результате химической реакции хлорида алюминия. Однако при сварке образцов из стали Ст3 по слою флюса, содержащего хлорид железа, наблюдалось увеличение напряжения дуги на 1,7 В, которое могло произойти только за счет воздействия паров хлорида железа. Отсюда следует, что при сварке алюминированной стали по слою флюса, содержащего хлорид железа, хлорид алю-

миния вызывает уменьшение напряжения дуги.

Флюс, содержащий оксид железа (III), вызвал увеличение напряжения на 2,2 В при сварке алюминированной стали, что объясняется способностью оксида алюминия снижать электропроводимость дуги [4].

Влияние флюсов на качество формирования сварного шва при аргонодуговой сварке алюминированной стали оценивали по результатам визуально-измерительного контроля (рис. 2). При сварке образца из алюминированной стали ширина верхней части шва составила 8 мм, корня шва — 6 мм. Применение флюса, содержащего хлорид железа, при сварке такого же образца привело к уменьшению ширины верхней части шва на 3 мм, корня — на 1 мм. Это обусловлено влиянием образовавшегося в процессе сварки хлорида алюминия, который, как известно, увеличивает коэффициент сосредоточенности дуги,

что и приводит к уменьшению ширины шва [4].

При применении оксида железа ширина верхней части шва увеличилась на 3 мм, корня — на 1 мм, что явилось следствием увеличения напряжения дуги, вызванного воздействием образовавшегося оксида алюминия.

Эффективность рафинирования металла шва оценивали по результатам измерения микротвердости образцов. Известно, что интерметаллиды хрупкие и обладают высокой твердостью, значит, чем ближе значение микротвердости металла шва к микротвердости основного металла, тем меньшее количество включений находится в шве и тем выше рафинирующая способность флюса.

Результаты исследований показали, что наибольшее значение микротвердости достигается в области корня шва, причем при сварке по слою флюса, содержащего хлорид железа, микротвердость составляет 412 HV, а при

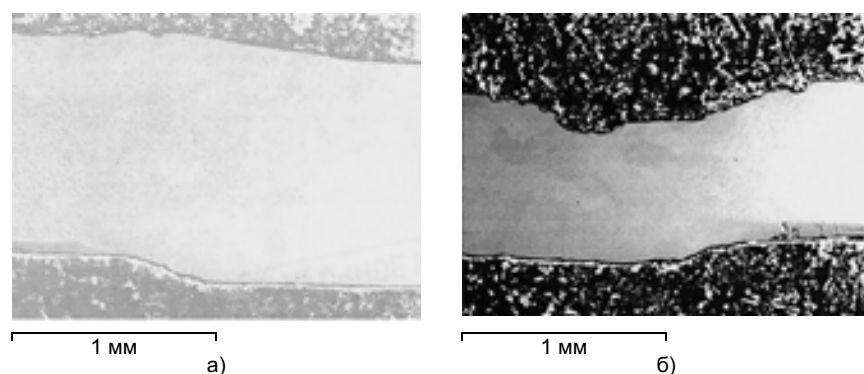


Рис. 3. Распределение алюминия в металле шва, полученного при автоматической аргонодуговой сварке алюминированной стали: а, б — по слою флюса, содержащего соответственно оксид железа и хлорид железа

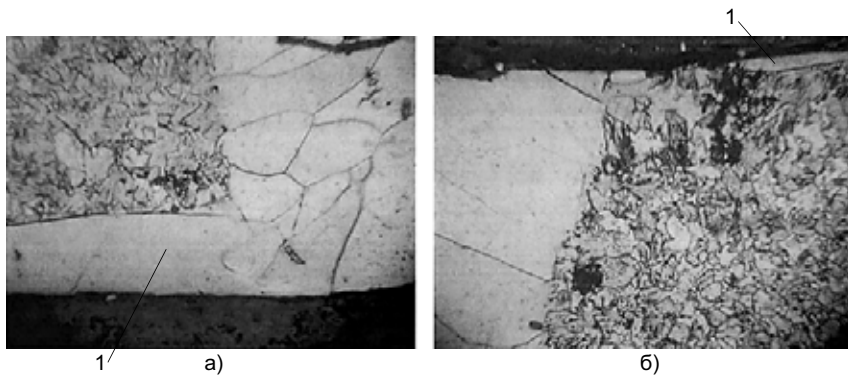


Рис. 4. Микроструктура ($\times 80$) металла сварного шва, полученного при сварке алюминированной стали по слою флюса, содержащего хлорид железа: а — корень шва; б — верхняя часть шва (1 — слой интерметаллов)

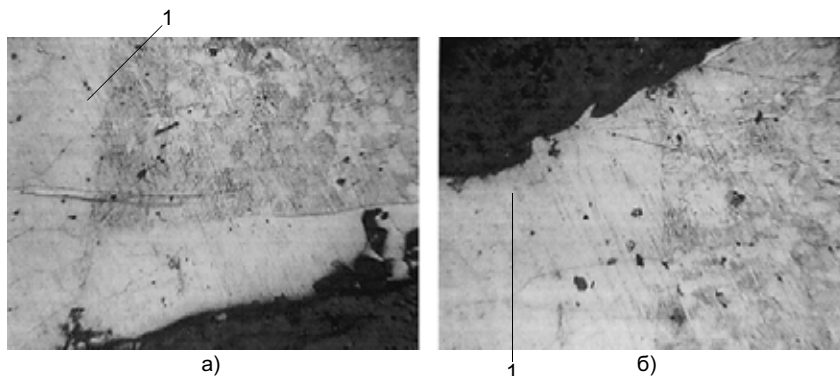


Рис. 5. Микроструктура ($\times 80$) металла сварного шва, полученного при сварке алюминированной стали по слою флюса, содержащего оксид железа (обозначения — см. рис. 4)

сварке по слою флюса, содержащего оксид железа, — 488 HV. В верхней части шва микротвердость практически равна микротвердости, замеренной в зоне основного металла, и составляет для первого образца 169 HV, для второго — 173 HV. Вероятно, что основная часть интерметаллических включений сконцентрирована в корне шва, а в верхней части они находятся в незначительном количестве либо вообще отсутствуют. Это подтверждается результатами рентгеноспектрального (рис. 3) и химического анализа: в первом случае содержание алюминия в верхней части шва составляет 1,76—1,94 %, в середине — 1,99 %, в корне шва —

2,07—2,15 %; во втором — соответственно 2,68, 2,70—3,0 и 3,15 %. При исследовании микроструктуры металла шва, полученного при сварке по слою хлорида железа, со стороны корня шва обнаружен слой интерметаллидов толщиной 6 мкм, а со стороны верхней части — 1 мкм (рис. 4), при сварке по слою оксида железа — соответственно 9 и 1,5 мкм (рис. 5).

Испытания сварных соединений на статическое растяжение показали, что пластичность образца, сварку которого проводили в аргоне по слою оксида железа, повышается в три раза, по слою хлорида железа — в 5 раз по сравнению с пластичностью образца, полученного при аргоноду-

говой сварке без рафинирования. Среднее значение предела прочности на растяжение при сварке в аргоне без применения активных флюсов составляет 214 МПа, при сварке по слою оксида железа повышается до 289 МПа, а при сварке по слою хлорида железа — до 303 МПа.

ВЫВОДЫ

1. При дуговой сварке алюминированных сталей для повышения пластических и прочностных свойств металла шва можно проводить очистку сварного шва от алюминия, применяя флюсы, содержащие соединения хлора, фтора или кислорода.

2. Применение данных флюсов при аргонодуговой сварке влияет на напряжение дуги и размеры шва. Флюс, содержащий хлорид алюминия, вызывает уменьшение напряжения на 0,3 В, и, соответственно, уменьшение ширины верхней части шва на 3 мм, корня шва — на 1 мм. Флюс, содержащий оксид железа, увеличивает напряжение дуги на 2,2 В и ширины верхней части шва на 3 мм, корня — на 1 мм.

3. Наименьшее содержание алюминия (до 1,76 %) в металле сварного шва наблюдается при аргонодуговой сварке алюминированной стали по слою флюса, содержащего хлорид железа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рябов В. Р. Алюмирование стали. М.: Металлургия, 1973. 144 с.
2. Галактионова Н. А. Водород в металлах. М.: Металлургия, 1967. 256 с.
3. Новожилов Н. М. Основы металлургии дуговой сварки в газах. М.: Машиностроение, 1979. 317 с.
4. Паршин С. Г. Технология ручной аргонодуговой сварки труб из стали 12Х1МФ с применением активирующих флюсов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2001. 20 с.

С. И. КУЧУК-ЯЦЕНКО, д-р техн. наук, **Ю. В. ШВЕЦ**, инж., **А. В. ДИДКОВСКИЙ**, инж.,
П. Н. ЧВЕРТКО, канд. техн. наук, **В. И. ШВЕЦ** канд. техн. наук
 (ИЭС им. Е. О. Патона),
Я. И. МИКИТИН, инж.
 (ОАО "Каховский завод электросварочного оборудования")

Технология и оборудование для контактной стыковой сварки железнодорожных крестовин с рельсовыми окончаниями через аустенитную вставку

Железнодорожные крестовины из износостойких сталей подвергаются воздействию ударных нагрузок, приводящему к интенсивному изнашиванию, особенно в местах присоединения к рельсу из-за различной жесткости крестовины и рельса. В последнее десятилетие для повышения долговечности крестовин к ним приваривают рельсовые окончания, что повышает их износостойкость. В мировой практике наибольшее применение имеют сварные крестовины фирмы "Ферайнигте Эстеррайхише Айзен-унд Шальверке — Альпине Монтан АГ" (Австрия). Разработанные фирмой технология и оборудование¹ предусматривают контактную сварку рельсовых окончаний с крестовинами из высокомарганцевистой стали (стали Гадфильда) через промежуточную вставку из аустенитной стали, химический состав которой регламентирован. При этом соединение рельсовой стали с аустенитной после сварки подвергается диффузионному отжигу в течение 2—5 ч с охлаждением на воздухе. После термической обработки производят сварку второго стыка с крестовиной, отлитой из высокомарганцевистой стали. В основу технологии контактной сварки положен метод прерывистого нагрева сопротивлением.

В ИЭС им. Е. О. Патона разработана технология контактной стыковой сварки железнодорожных крестовин из высокомарганцевистой стали 110Г13Л с рельсовыми окончаниями из стали М76 методом контактной сварки пульсирующим оплавлением². Отличительной особенностью этой технологии явля-

ется возможность получения качественных соединений при минимальном энергозатражении, что позволяет минимизировать или избежать образования в сварных швах нежелательных структур, снижающих пластические свойства соединений. Это открывает новые возможности оптимизации технологии сварки, в частности, позволяет снизить требования к регламентации химического состава материала вставки и исключить энергоемкую операцию термической обработки.

Разработку технологии сварки проводили на рельсовой стали М76 (ГОСТ 8161—75), высокомарганцевистой стали 110Г13Л (ГОСТ 7432—87), для вставки использовали аустенитную сталь 08Х18Н10Т (ГОСТ 5632—72) (табл. 1).

В процессе проведения экспериментов варьировали длительность нагрева при различной его интенсивности, припуски на оплавление и осадку. В результате проведенных исследований установили оптимальные параметры процесса сварки, обеспечивающие требуемые нормативами механические свойства соединений.

Микроструктура металла первого (стали М76 и 08Х18Н10Т) и второго (стали 110Г13Л и 08Х18Н10Т) стыков соединения приведена на рис. 1.

Анализ микроструктуры показал, что в ЗТВ стали 110Г13Л происходит образование карбидов, выделяющихся на границах аустенитных зерен в виде глобулярных включений и растущих от границы игл. Количество карбидов незначительно в связи с кратковременностью цикла нагрева.

Вдоль контактной границы в стали 110Г13Л формируется полоса однородного аустенита. В переходной зоне соединения стали 110Г13Л со сталью 08Х18Н10Т образуются аустенитные структур-

Таблица 1

Сталь	Содержание, %								
	Cr	Ni	Mn	Ti	Si	C	P	S	Cu
08Х18Н10Т (вставка)	17,2	9,7	0,90	0,55	0,620	0,072	0,034	0,014	0,23
М76 (рельс)	—	—	0,81	—	0,029	0,724	0,007	0,014	—
110Г13Л (крестовина)	—	—	14,10	—	—	1,20	0,030	0,002	—

¹ Патент 1122209 (РФ).

² Патент 2222415 (РФ).

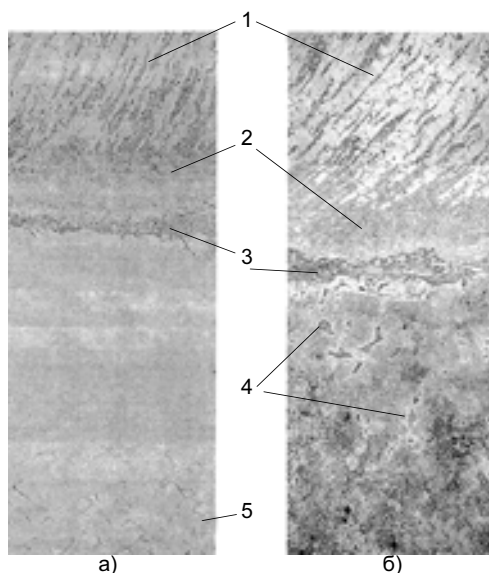


Рис. 1. Микроструктура ($\times 50$) переходной зоны на границе сварного соединения сталей 08X18N10T + 110Г13Л (а) и 08X18N10T + M76 (б): 1 — продукты распада δ -феррита; 2 — ферритно-аустенитная структура; 3 — линия стыка; 4 — МСС; 5 — границы зерен с выделением карбидов

ные составляющие промежуточного химического состава. Микротвердость их изменяется в пределах 1880—2900 НВ. Это свидетельствует об отсутствии в переходной зоне фаз, вызывающих охрупчивание.

Микроструктура ЗТВ стали 08X18N10T со стороны стали 110Г13Л подобна таковой со стороны стали М76. Вдоль контактной границы присутствует ферритно-аустенитный слой. В аустенитной матрице стали 08X18N10T наблюдается δ -феррит в виде цепочек включений, который в ЗТВ претерпевает превращение с образованием наряду с аустенитом ряда избыточных фаз.

Переходная зона соединения сталей М76 и 08X18N10T неоднородна. Она состоит из структурных составляющих, промежуточных по химическому составу и представляющих собой нестабильный аустенит с возможными продуктами эвтектоидного превращения.

В ЗТВ стали М76 между блоками зерен сорбита присутствует так называемая межблочная структурная составляющая (МСС), которая образовалась в температурно-деформационных условиях сварки в результате массопереноса расплава по оплавленным границам и твердожидкого диффузионного взаимодействия.

МСС имеет промежуточный между соединяемыми сталями химический состав и представляет легированный нестабильный аустенит. МСС может быть окантована карбидами, в объеме возможны мартенситные иглы. Твердость этой структурной составляющей 3550—5330 НВ, что почти в 2 раза превышает твердость окружающего сорбита.

Результаты проведенных исследований [1] да-

ют основания полагать, что включения МСС имеют низкую пластичность и могут быть источником снижения пластических свойств в целом. В частности, установлено, что увеличение энергозатрат при сварке вызывает увеличение объемной доли МСС и приводит к снижению прочностных характеристик при испытаниях соединений на статический изгиб (стрела прогиба, разрушающая нагрузка). Были исследованы возможности повышения механических свойств путем термической обработки соединения сталей М76 + 08X18N10T (термическая обработка соединения сталей 110Г13Л + 08X18N10T нецелесообразна, так как приводит к значительному ухудшению свойств стали 110Г13Л). Установлено, что при высокотемпературной термической обработке структура МСС преобразуется с выделением карбидов. При этом колонии игольчатых структур в объеме МСС сохраняются, а механические свойства при натуральных испытаниях не повышаются существенно. Весьма эффективным оказалось ограничение объемной доли неблагоприятных структурных составляющих, снижающих пластические свойства, за счет повышения скорости нагрева и ограничения тепловложения при сварке. Поэтому разработанная технология сварки крестовин не предусматривает проведения предварительной или последующей термической обработки соединений. При проведении исследований установлено также, что в качестве промежуточной вставки может быть использован стандартный, выпускаемый промышленностью прокат 08X18N10T (ГОСТ 5632—72) без каких-либо ограничений по содержанию в нем легирующих элементов. На основании этих исследований разработана технология сварки железнодоменных крестовин различных типоразмеров. Длительность сварки первого и второго стыков принята одинаковой (для рельсов Р65 $t_{св} = 90 \div 110$ с), припуск на сварку одного стыка 30 ± 15 мм. Ширина вставки в сварном соединении 18—20 мм. Термическая обработка сварных соединений не проводится.

На указанном режиме сварены партии крестовин и отдельных образцов соединений сталей М76 + 110Г13Л (с промежуточной вставкой) для проведения механических испытаний. Механические испытания сварных соединений на статический изгиб проводили на гидравлическом прессе МПС-300 при расстоянии между опорами 1000 мм с использованием пуансона диаметром 80 мм при скорости нагружения 0,1 мм/с. При испытании образцы доводили до разрушения, регистрируя разрушающие нагрузки в пределах 0,98—1,54 МН (среднее значение 1,24 МН), стрелу прогиба — 20—40 мм (среднее значение 22 мм). Приведенные показатели соответствуют техническим требованиям, предъявляемым к сварным крестовинам (ТУ в ДП 32-4520.13.500-007—2002).

Для оценки сопротивления сварных соединений образованию поперечных усталостных трещин

проводили испытания образцов на циклическую прочность с частотой переменного нагружения 5 Гц, коэффициент асимметрии цикла по прогибу составлял 0,1 мм, размах прогиба — 1,5 мм. Образцы выдержали 2 млн циклов нагружения при нагрузке 300 кН без образования трещин.

Опытные образцы сварных крестовин были изготовлены и подвергнуты полигонным испытаниям на эксплуатационную усталостную стойкость в испытательном центре "Щербинка" ВНИИЖТ. После прохождения по сварным крестовинам установленного нормативами тоннажа подвижного состава износ крестовин в зоне вставки и усталостных повреждений не обнаружен.

На базе новой технологии в ИЭС им. Е. О. Патона разработаны машины для сварки железнодорожных крестовин. Первые опытные образцы сварочных машин К840 и К924 внедрены на Муромском стрелочном заводе, где они работают и в настоящее время. На основании опыта их промышленной эксплуатации в конструкцию машин внесены некоторые усовершенствования и разработана машина К924М (рис. 2), которая изготовлена в ОАО "Каховский завод электросварочного оборудования" и внедрена в ОАО "Днепропетровский стрелочный завод". Машина успешно эксплуатируется с 2002 г. ОАО "Днепропетровский стрелочный завод" разработал типовые конструкции сварных крестовин с приваренными рельсовыми окончаниями и технологию их изготовления.

Техническая характеристика машины К924М

Мощность, кВт · А, при ПВ = 50 %	180
Максимальное усилие, кН:	
осадки	1500
зажатия	4000
Максимальная скорость осадки, мм/с	200
Наибольший ход подвижной колонны, мм	90 ± 0,2
Скорость оплавления, мм/с	0,2—8,0
Величина горизонтальной (вертикальной) центровки, мм	± 10
Масса, кг	42 000

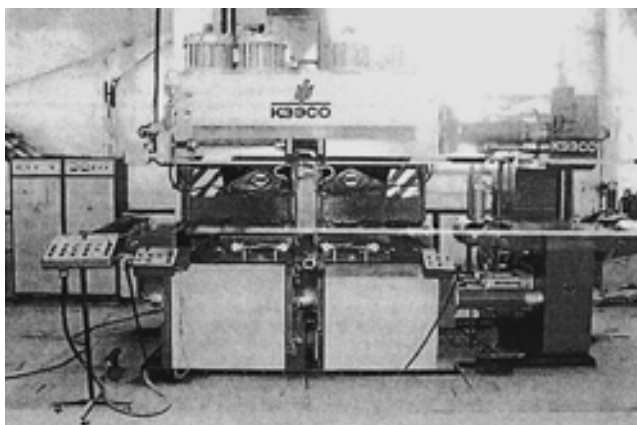


Рис. 2. Сварочная машина К924М

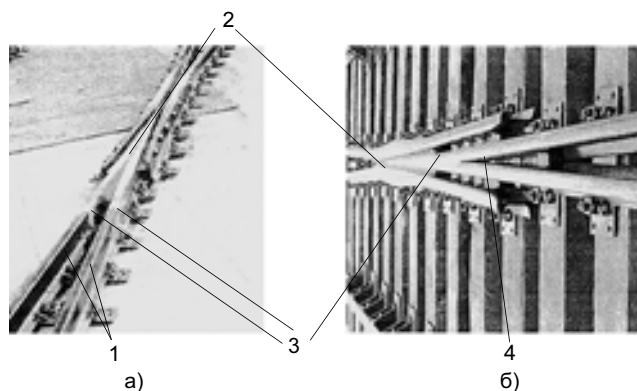


Рис. 3. Крестовина с приваренными рельсовыми окончаниями: а — Дн 040; б — Дн 210; 1 — рельсовые окончания; 2 — сердечник крестовины; 3 — стыковой шов; 4 — сварное рельсовое окончание

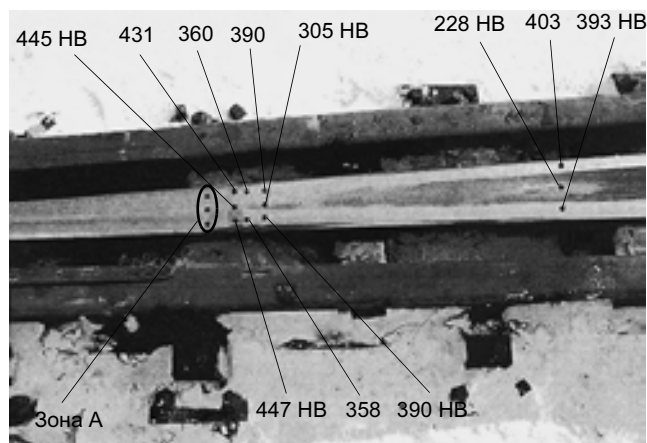


Рис. 4. Внешний вид сварной крестовины с результатами замеров твердости по поверхности катания после пропуска 65,2 млн т брутто

Для определения влияния ширины вставки на степень износа крестовины в процессе эксплуатации исследовали сварные крестовины разных типов, уложенные в рельсовый путь на ст. Верховцево Приднепровской железной дороги, в разное время, с различным количеством пропущенного груза, из опытной партии, изготовленной в ОАО "Днепропетровский стрелочный завод" и находящейся под наблюдением завода" (рис. 3).

Степень износа оценивали по отклонению от линейности (по впадине) на поверхности качения в зоне вставки, степень наклепа металла — по величине твердости. Твердость измеряли твердомером ТДМ-2 с верхним пределом измерения 450 НВ по середине вставки из стали 08Х18Н10Т, по рельсовому окончанию на расстоянии 8, 50 и 550 мм от сварного шва рельс — вставка, по сердечнику из стали 110Г13Л на расстоянии 50 мм от сварного шва сердечник — вставка. Средние результаты пяти замеров твердости показаны в виде точек на рис. 4. Зона А на марганцовистом сердечнике соответ-

Таблица 2

Пропущенный тоннаж, млн т брутто	Ширина вставки, мм	Отклонение от линейности (впадина), мм	Твердость по середине ширины вставки, НВ
65,20	18—22	0,75	441
48,37	40—42	0,80	420
48,57	18—20	0,50	410

вует твердости выше 450 НВ. Аналогичные результаты были получены и на остальных обследованных крестовинах.

В табл. 2 приведены результаты замеров износа крестовин в зоне вставки в процессе эксплуатации и средние значения твердости по середине ширины вставки, проведенных на трех крестовинах, уложенных в рельсовый путь на разных участках Приднепровской железной дороги. Видно, что максимальное отклонение профиля поверхности катания от линейности (по центру вставки) составило 0,5—0,8 мм на базе 500 мм при ширине впадины не более 100 мм. Локальный износ в зоне вставки не наблюдали.

Влияние количества пропущенного груза и ширины вставки на износ не установлено из-за незначительной разницы износа, значения которой находятся на уровне погрешности измерения вследствие трудности проведения замеров на рабочих крестовинах в рельсовом пути.

Сравнительный анализ распределения твердости в металле крестовины показал, что в процессе эксплуатации повышается твердость как марганцовистой и рельсовой, так и хромоникелевой стали вставки. При этом твердость вставки превышает твердость рельсовой стали. На рис. 5 приведены значения твердости металла крестовины по Бринеллю в зоне вставки после изготовления крестовины и после наклепа в процессе эксплуатации (обобщенные результаты по всем обследованным

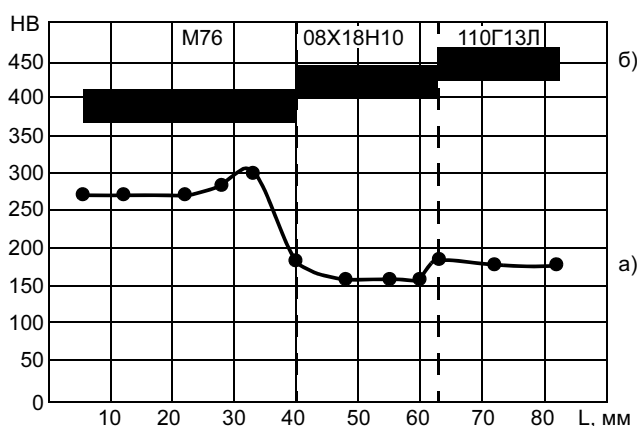


Рис. 5. Распределение твердости в металле крестовины в зоне вставки: а — после изготовления; б — средние значения твердости после наклепа в процессе эксплуатации

крестовинам). Это согласуется с данными работы [2]. Хромоникелевая аустенитная сталь склонна к деформационному упрочнению так же, как и марганцовистые аустенитные стали, хотя интенсивность упрочнения последних при одинаковой степени деформации значительно выше.

Износ крестовины в зоне вставки объясняется различной степенью первоначальной деформации, необходимой для образования наклепа в начале эксплуатации в рельсовой стали М76, хромоникелевой аустенитной стали 08Х18Н10Т и высокомарганцовистой стали 110Г13Л.

Таким образом, с точки зрения повышенного износа сварной крестовины ширина вставки в пределах 10—40 мм не является критической.

ВЫВОДЫ

1. В соединении рельсовой стали М76 со сталью 110Г13Л, выполненном контактной стыковой сваркой через промежуточную вставку из стали 08Х18Н10Т, образуются неравновесные структурные составляющие промежуточного химического состава, склонные к фазовым превращениям с выделением карбидов и образованием структур закалки.

2. Применение контактной стыковой сварки, предусматривающей высококонцентрированный нагрев в сочетании с контролируемым термомеханическим процессом, позволяет уменьшить объемную долю таких структур в сварных швах и обеспечить стабильные механические свойства соединений.

3. Разработана технология контактной стыковой сварки железнодорожных крестовин, обеспечивающая требуемые механические свойства без дополнительной термической обработки. Проведенные испытания сварных крестовин в различных климатических условиях на железных дорогах РФ и Украины показали их высокие эксплуатационные качества.

4. Установлено, что в процессе эксплуатации сварных железнодорожных крестовин происходит наклеп материала вставки (сталь 08Х18Н10Т), сердечника (сталь 110Г13Л) и рельсового окончания (сталь М76), при этом металл сердечника и вставки имеет более высокие значения твердости, чем металл рельсового окончания.

5. Износ изделия в зоне вставки определяется различной степенью деформации, необходимой для получения достаточной твердости на поверхности катания, возникает на первоначальном этапе эксплуатации и в дальнейшем не увеличивается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Особенности формирования структуры соединения рельсовой стали М76 со сталью 110Г13Л, выполненного контактной стыковой сваркой оплавлением / С. И. Кучук-Яценко, В. И. Швец, Г. Н. Гордань и др. // Автоматическая сварка. 2006. № 1. С. 3—9.
2. Богачев И. Н., Рожкова С. Б. Упрочнение аустенитных сталей при холодной пластической деформации // Известия вузов. Черная металлургия. 1963. № 7. С. 162—168.

Поршневые кольца с плазменным покрытием

Эффективность работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС) во многом обусловлена качеством поршневых колец (ПК), особенно верхних компрессионных поршневых колец (ВКПК) — элементом конструкции энергопреобразующего узла — цилиндропоршневой группы (ЦПГ).

На ВКПК во время работы ДВС приходится значительная доля всех термических и механических нагрузок — до 70 % [1, 2]. Среди основных параметров ВКПК наиболее важным, влияющим на эффективность работы ДВС, является качество его наружной боковой (рабочей) поверхности, образующая которой имеет строго расчетную форму контура в свободном положении поршневого кольца.

Материалы для конструкционной основы поршневых колец на базе чугунов и стали специальных сортов по релаксационной стойкости в основном удовлетворяют моторостроителей, в то время как получение высоких триботехнических характеристик рабочей поверхности ВКПК до настоящего времени остается наиважнейшей технической задачей для автомобильных и других ДВС.

Нередко стоимость цилиндров значительно превосходит стоимость ВКПК, поэтому задиры, схватывание и другие негативные явления на поверхности цилиндров, обусловленные недостатками поршневых колец во время эксплуатации и приводящие к выбраковке таких цилиндров, приносят значительные материальные убытки. Это обстоятельство заставляет повышать качество рабочей поверхности ВКПК различными конструкторско-технологическими способами.

Рабочая поверхность современных ВКПК должна иметь защитное покрытие, удовлетворяющее следующим основным технико-экономическим требованиям:

- быстрой приработке при незначительном изнашивании подвижно-сопряженных рабочих поверхностей поршневое кольцо—цилиндр;
- высокой износостойкости при малом износе цилиндра;
- идеальной смачиваемости маслами;
- высокой теплопроводности;
- соответствию температурных коэффициентов линейного расширения материалу конструкционной основы;
- отсутствию склонности к заеданию, микросвариванию с поверхностью цилиндра;
- незначительному влиянию на характер эпюры радиального давления за время выработки ресурса;

— высокой приспособляемости по всему периметру ВКПК в период эксплуатации;

— технологичности изготовления.

Одновременно максимально обеспечить указанные требования к защитным покрытиям рабочей поверхности ВКПК весьма сложно. Это трудная технико-экономическая задача.

Осаждение электролитического хрома на поверхность деталей с целью повышения их износостойкости было известно в гальванотехнике намного раньше, чем было применено в качестве упрочняющего покрытия на чугунные/стальные поршневые кольца.

Электролитическое хромирование рабочей поверхности (боковой наружной) поршневых колец в качестве защиты от изнашивания рабочей поверхности ПК в сравнении с нехромированными позволило повысить их износостойкость в 3—5 раз, т. е. увеличить их ресурс [1, 2].

Длительное время хромированные поршневые кольца удовлетворяли потребностям моторостроения. Однако технический прогресс в моторостроении резко повысил требования к качеству рабочей поверхности ПК, и особенно ВКПК.

Анализ условий эксплуатации хромированных ВКПК при форсированных режимах работы ДВС позволил выявить их основные негативные свойства [2]:

- длительная приработка, обусловленная высокой твердостью электролитического хрома;
- большой расход картерного масла в период приработки ВКПК;
- обеспечение высокой точности изготовления как ВКПК, так и внутренней (рабочей) поверхности цилиндра (для сокращения времени на приработку), что ведет к удорожанию как ВКПК, так и цилиндров;
- электролитический хром плохо работает при высоких температурах, при этом резко снижается его твердость, а в области температур от 300 °С и выше происходит снятие деформации решетки. Происходящие в микроструктуре электролитического хрома релаксационные процессы, связанные с выходом на поверхность водорода из глубинных слоев покрытия, приводят к снижению твердости хрома до 8000 МПа, а при 700 °С происходит рекристаллизация решетки и практически полностью удаляются дислокации, вакансии и водород. При этом твердость электролитического хрома снижается до 2000 МПа, т. е. хром становится по физическим свойствам ме-

таллургическим, что может привести к аварийному состоянию ДВС (обширные задиры на поверхности цилиндра и поршневых колец). В этом случае восстановить твердость электролитического хрома способами термической обработки не удается;

- в условиях плохой смазки при температуре выше 300 °С электролитический хром становится неработоспособным (прижоги, задиры и др.);
- при повышенных температурах в результате усталостного изнашивания происходит разрушение хромового покрытия, чему способствует весьма низкий по отношению к материалу конструкционной основы — сталь/чугун — температурный коэффициент линейного расширения. В покрытии формируются растягивающие напряжения, способствующие термоциклическому коррозионному растрескиванию;
- при толщине слоя электролитического хромового покрытия более 0,16 мм резко снижается когезионная связь в покрытии, что ведет к его разрушению даже при незначительных нагрузках;
- медленная приработка электролитического хрома на ВКПК делает их непригодными при использовании в цилиндрах, склонных к деформациям, особенно в двухтактных двигателях, цилиндры которых содержат продувочные окна;
- слой пористого хрома в процессе работы ЦПГ может отделяться крупными частями, что приводит к большим повреждениям всего комплекта поршневых колец и цилиндра;
- электролитический хром в известном смысле является маслоотталкивающим материалом по причине высоких поверхностных натяжений, что заставляет наносить на покрытие сеть мелких трещин путем декапирования (анодного травления), в которых предполагается удержание смазочного материала;
- наличие электролитического хрома на рабочей поверхности ВКПК снижает их усталостную прочность;
- электролитический хром в процессе работы ДВС растрескивается по глубине до материала конструкционной основы (чугун/сталь) клетками, через которые проникает коррозионно-активная жидкость, что приводит к интенсивному разрушению или отслоению хромового покрытия;
- электролитический хром не выдерживает больших контактных нагрузок, поэтому покрытие должно быть тщательно отшлифованным, гладким, без бугров и не иметь острых кромок — концентраторов напряжений;
- технологический процесс электролитического хромирования нередко является причиной брака: непокрытие, отслаивание, неравномерная толщина, дендриты, вздутие, шелушение, наличие коррозии и хроматов на поверхности и дру-

гие виды брака — технологический процесс электролитического хромирования длительный и занимает 3—4 ч;

- максимальный ресурс ВКПК с электролитическим хромом на рабочей поверхности не достигает 8000 моточасов при обычных режимах работы ДВС;
- электролитическое хромирование поршневых колец в условиях мелкосерийного производства — трудоемкий процесс с низкой производительностью и низким качеством, а в условиях массового производства возникает серьезная проблема очистки сточных вод.

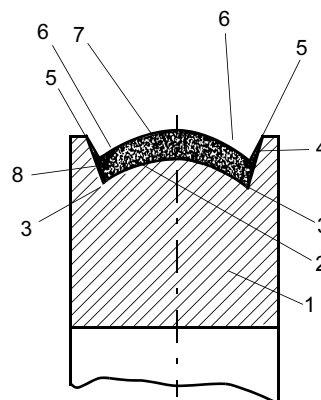
Другой вид электролитического покрытия рабочей поверхности ВКПК — никелирование — по ряду технических причин не получил широкого распространения в производстве поршневых колец [2].

Избежать применения приработочных покрытий, получаемых электролитическим хромированием (лужением, фосфатированием, оксидированием, железнением, кадмированием, меднением и др.), в современном производстве поршневых колец невозможно, поскольку, как отмечалось выше, получить рабочие диаметры цилиндра (гильзы) и поршневых колец с идентичной геометрией практически невозможно.

С учетом приведенных свойств разработана новая конструкция ВКПК, максимально лишенная перечисленных недостатков. Конструкция нового ВКПК разработана с применением прогрессивной технологии — технологии нанесения плазменных покрытий.

Новое ВКПК (см. рисунок) — с плазменным покрытием¹ — представляет плоскоориентированную кольцевую пружину с радиальным вырезом (замком) простой или сложной формы в зависимости от типа ДВС, обрамленную двумя параллельными плоскими (торцовыми) поверхностями. На рабочей поверхности кольца выполнена концентрическая канавка, образующая с торцовыми

Новая конструкция верхнего компрессионного поршневого кольца (поперечный разрез): 1 — поршневое кольцо с концентрической кольцевой канавкой 4; 2 — дно канавки; 3 — галтельные переходы; 5 — бурты (реборды); 6 — кольцевые зазоры (карманы); 7 — вершина профиля покрытия; 8 — плазменное покрытие



¹ А. с. 1054565 (СССР).

поверхностями реборды (бурты). Дно канавки в радиальном сечении выполнено по выпуклой симметричной кривой, переходящей через галтельные профили во внутренние боковые поверхности реборд, которые имеют уклон в сторону дна канавки. В канавку между буртами методом напыления нанесено пористое износостойкое антифрикционное плазменное покрытие из порошкового материала грануляции 0,01—0,04 мм, например композит химической системы никель — алюминий, дающий экзотермическую реакцию при напылении. Профиль плазменного покрытия имеет постоянную толщину и расположен эквидистантно профилю дна канавки, в результате чего на наружной поверхности покрытия у основания реборд образуются по периметру кольца с двух сторон кольцевые углубления (карманы). В них при работе двигателя оседает и удерживается смазочный материал, обеспечивающий антифрикционный эффект рабочей поверхности ВКПК. Вершина профиля плазменного покрытия расположена на одной прямой линии с рабочими поверхностями буртов.

Работает ВКПК следующим образом. При движении поршня вверх/вниз кольцо, находящееся в канавке поршня, за счет сил упругости вершиной плазменного покрытия и рабочими поверхностями реборд (буртов) плотно прилегает к зеркалу цилиндра и, скользя по его поверхности, за счет постоянного присутствия смазочного материала в порах плазменного покрытия и в кольцевых карманах обеспечивает подвижному сопряжению кольцо — цилиндр как герметизацию надпоршневого пространства, так и высокие триботехнические характеристики, в том числе антифрикционность, даже при условии ограниченной смазки. Эти преимущества были подтверждены экспериментально (радиальный износ у таких колец практически незначителен [2]).

Для практических целей разработаны конструкция ВКПК и технология его изготовления для двухтактного ДВС. Материал конструкционной основы колец — сталь 65 Г. Номинальный диаметр кольца 61,75 мм. Радиальная толщина 2,3 мм. Осевая высота 1,5 мм. Ширина канавки под плазменное покрытие со стороны образующей 0,9 мм. Толщина плазменного покрытия 0,3 мм. Материал покрытия — композит химической системы Ni—Al плакированной конструкции, где алюминиевое ядро плакировано никелевой оболочкой. Грануляция порошка 0,04—0,10 мм. Этот композит обладает экзотермическим эффектом, когда при транспортировке в плазменной струе алюминиевое ядро при температуре плавления диффундирует в никелевую оболочку, в результате чего образуется ряд соединений. При этом выделяется значительное количество тепловой энергии, которая эффективно влияет на

расплавление порошка, что в свою очередь повышает прочность сцепления покрытия: $\sigma_{сц} \geq 25$ МПа.

Для плазменного напыления применяли отечественную универсальную плазменную установку УПУ-3Д. Плазмообразующие и транспортирующий газы — водород, азот, аргон.

Следует отметить, что в процессе изготовления новых ВКПК за счет проточки канавки, плазменного напыления, термической обработки и других технологических операций исходная форма ВКПК изменяется. Однако это изменение имеет изоморфный характер, поэтому при контроле на прилегаемость в калибре сохраняют беспросветность, т. е. полную прилегаемость по всему периметру кольца (см. таблицу). Незначительное снижение упругости колец не повлияло на их работоспособность.

Для аналитических исследований параметров поршневого кольца (определения кривизны формы контура образующей, распределения эпюр радиальных давлений по периметру кольца и др.) предлагается воспользоваться аппроксимирующим тригонометрическим полиномом вида [3]

$$u(\psi) = a_0 \psi \sin \psi + \sum_{k=1}^n a_k (1 - \cos k\psi),$$

где $u(\psi)$, a_0 , a_k , ψ — соответственно функция формы контура поршневого кольца, находящегося в свободном состоянии (приращения радиусов-векторов), коэффициенты, угловая координата.

Коэффициенты a_0 , a_k определяют методом наименьших квадратов из соотношения

$$\frac{\partial}{\partial a_{0,k}} \sum_{i=0}^{18} [u(\psi_i) - \Delta R(\psi_i)]^2 = \frac{\partial}{\partial a_{0,k}} \sum_{i=0}^{18} \delta^2(\psi_i),$$

Угловая координата (нуль в "спинке" кольца) ψ , градус	Форма контура (приращение радиусов-векторов) ВКПК, мм		
	Исходная	После плазменного покрытия	После работы в двигателе
0	0	0	0
10	0,015	0,005	0
20	0,060	0,030	0,025
30	0,140	0,080	0,060
40	0,235	0,150	0,120
50	0,355	0,250	0,200
60	0,505	0,360	0,300
70	0,660	0,505	0,420
80	0,845	0,600	0,500
90	1,020	0,800	0,650
100	1,200	0,900	0,750
110	1,350	1,100	0,820
120	1,535	1,200	0,950
130	1,670	1,300	1,050
140	1,775	1,320	1,060
150	1,840	1,350	1,070
160	1,900	1,340	1,060
170	1,870	1,300	1,030
180	1,750	1,270	1,880

где $\Delta R(\psi)$ — табличные данные, полученные экспериментально при замерах на формомере (см. таблицу).

Испытания новых ВКПК с плазменным покрытием рабочей поверхности в двухтактном двигателе ЛМ-350 с водяным охлаждением при фиксированном положении поршневых колец в поршневой канавке показали высокую эффективность [2]:

— быстрая, практически безыносная приработка;

— антифрикционность подвижного сопряжения за счет постоянного присутствия смазочного материала на рабочей поверхности ВКПК;

— высокая герметизация надпоршневого пространства за счет беспросветного прилегания колец к стенке цилиндра, что достигается также постоянным присутствием смазочного материала между рабочими поверхностями кольца — цилиндр;

— длительный ресурс ВКПК и цилиндра за счет антифрикционных условий подвижного сопряжения кольца — цилиндр и другие положительные характеристики.

ВЫВОД

Разработана новая конструкция верхнего компрессионного поршневого кольца для двигателя внутреннего сгорания с пористым антифрикционным (за счет наличия в порах смазочного материала) плазменным покрытием на рабочей поверхности. Эксплуатационные испытания показали высокую надежность и длительный ресурс новых поршневых колец.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Молдаванов В. П., Пикман А. Р., Авербух В. Х. Производство поршневых колец двигателя внутреннего сгорания. М.: Машиностроение, 1980. 199 с.
2. Мчедлов С. Г. Совершенствование технологии изготовления поршневых колец на основе применения тангенциальной обработки свободным абразивом поверхности под упрочняющее плазменное покрытие. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Саратов: СГТУ, 2002. 16 с.
3. Ивашенцев Г. А. Экспериментально-аналитические способы определения эпюры радиальных давлений поршневых колец. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 1971. 26 с.

УДК 621.791:622.276.05

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

Напыление сверхвысокомолекулярного полиэтилена для защиты нефтегазового и химического оборудования от воздействия агрессивных сред

Полимеры этилена с молекулярной массой более 1 млн углеродных единиц называются сверхвысокомолекулярным полиэтиленом (СВМПЭ).

Специфические свойства СВМПЭ определяют и особые области его применения. СВМПЭ используют там, где обычный полиэтилен низкого давления и многие другие термопласты не выдерживают жестких условий эксплуатации. Области применения СВМПЭ и потребность в нем непрерывно расширяются. Высокая износостойкость, сопротивление удару, коррозии и воздей-

ствию различных химикатов обуславливают широкий диапазон применения СВМПЭ для высокоэффективных, долговечных изделий. СВМПЭ обладает исключительной ударопрочностью даже при криогенных температурах и самым высоким из всех термопластичных полимеров сопротивлением истиранию. Из-за низкого коэффициента трения и высокого коэффициента смазывающей способности он минимизирует теплогенерирующее трение, которое приводит к износу стальных деталей. Изделия из СВМПЭ не требуют смазки, обеспечивая более

простое обслуживание, и делают работу оборудования ровной и бесшумной.

В табл. 1 приведены свойства СВМПЭ марок А и Б, в табл. 2 — антикоррозионные свойства (ТУ 2211-153-00203335—2004).

Исключительно высокая коррозионная стойкость в неорганических кислотах (соляной, плавиковой, азотной, серной и их смесях), щелочах, водных растворах неорганических солей, спиртах, сложных эфирах и т. п. позволяет использовать его для антикоррозионных покрытий различных деталей и емкостей.

Таблица 1

Свойство	Показатель	
	А	Б
Вязкость, мЛ/г	11—15	15—25
Плотность, кг/м ³ , не менее	935	937
Массовая доля, %:		
зола	0,02—0,10	
летучих веществ	0,10—0,25	
Насыпная плотность, кг/м ³	350—450	
Прочность при разрыве, МПа, не менее	34,2	
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	300,0	
Массовая доля фракции 80—160 мкм порошка СВМПЭ, % не менее	90,0	
Температура плавления, К	543	
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м · К)	0,04	
Удельная теплопроводность при 20 °С, Дж/(кг · К)	1420	

Таблица 2

Реагент	Температура, °С		
	20	50	80
Соляная кислота	+	+	+
Серная кислота 50 %/70 %	+/+	+/-	+/-
Щелочи	+	+	+
Хлорная известь	+	+	+
Дизельное топливо	+	+	-
Уайт-спирит	+	-	-
Ацетон	+	+	-
Водные растворы моющих средств	+	+	+

Обозначения. "+" — антикоррозионные свойства обеспечиваются, "-" — нет.

Благодаря практически нулевому водопоглощению СВМПЭ не происходит изменения размеров при применении его в водных средах, а отсутствие органических пластифицирующих добавок в его составе препятствует возникновению грибка и бактерий.

СВМПЭ во многих случаях может заменять металл (сталь, бронзу и др.) и ряд других материалов, а также такой дорогостоящий по-

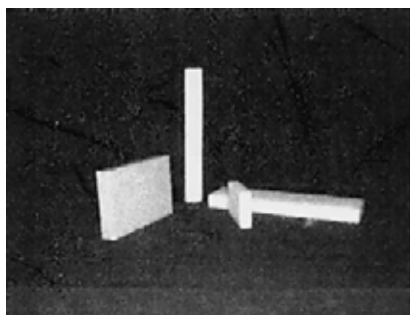


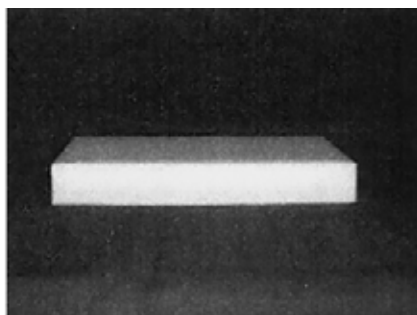
Рис. 1. Монолитные плиты из СВМПЭ

лимер, как фторопласт. Кроме того, есть такие области применения СВМПЭ, где он используется не как заменитель, а как единственно пригодный материал.

Наиболее эффективными отраслями-потребителями и областями применения СВМПЭ на внутреннем рынке являются следующие:

— машиностроение: детали бумагокартоноделательных машин, гонки для ткацких станков, лента для металлорежущих станков, направляющие станков, оборудование для горнорудной промышленности, керамических производств, авиастроения, вагоностроения, сельскохозяйственного машиностроения (прокладки, уплотнители, ролики, валики, вкладыши, втулки, муфты, блоки, винты, подшипники, шестеренки, зубчатые колеса и т. п.);

— химическая промышленность: облицовка и футеровка различных емкостей, машин и аппаратов; изготовление труб и фланцев, лопастей и валов мешалок,



поплавок, прокладок и уплотнений (рис. 1), деталей клапанов, сальников и втулок для насосов; уплотнения между стеклянными и металлическими трубопроводами, фильтры для очистки от агрессивных сред, сепарационные материалы, производство ионитных формованных катализаторов;

— подъемно-транспортное оборудование: облицовка ковшов экскаваторов и щитов бульдозеров, направляющие устройства, ленты транспортеров, шнеки, цепные колеса, звездочки, ролики, диски, скребки и др.;

— судостроение: облицовка стен и ворот доков, буферных устройств на судах; система водоснабжения на морских судах;

— строительство: облицовка копров, покрытия дорожных катков, покрытия кузова для груза самосвала, гвозди и др.;

— гальванотехника: ванны, барабаны, валки, направляющие;

— электротехника: изоляторы, опоры, кабелепроводы, детали прерывателей тока, изолирующие детали в диапазоне высоких и сверхвысоких частот, зажимы и оболочки кабелей, контактные вкладыши штепселей, каркасы катодных ячеек, детали оборудования для электронной и часовой промышленности и др.;

— криогенная техника: манжеты, поршневые кольца, прокладки, уплотнения;

— медицина: эндопротезы крупных суставов человека и животных и другие элементы внутреннего протезирования, ортопедические изделия;

— пищевая промышленность: оборудование для кондитерской, хлебобулочной, мясной и молочной промышленности, транспортирующие шнеки для фруктовой пульпы, направляющие и отводные ролики в машинах для заполнения бутылок и наклейки этикеток, разделочные доски для приготовления пищи;

— спортивные товары: полимерные хоккейные катки и ограждения, защитные щитки, полозья саней, покрытия кегельбанов,

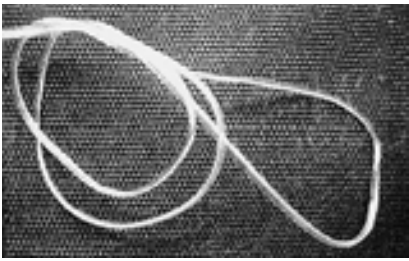


Рис. 2. Нить из СВМПЭ

скользящая поверхность лыж, подкладки под лыжные ботинки, чехлы для коньков, клюшки, каски, лодки, волокна для теннисных ракеток, лески для рыбной ловли;

— текстильная промышленность: сверхпрочные волокна и нити (рис. 2), ремни, канаты, паруса и др.;

— спецтехника: средства бронезащиты (рис. 3).

Наибольший интерес с технической и экономической точки зрения представляют газотермические процессы получения покрытий из СВМПЭ. Характерным для этих способов является отсутствие расплавления материала основы или минимальная степень его оплавления (рис. 4).

Способы газотермического напыления отличаются более высокой производительностью (в 10—1000 раз) по сравнению с другими. Этими методами можно получать покрытия практически из любых материалов толщиной от 10^{-5} до 10^{-2} м и более.

Газопламенное напыление

К преимуществам газопламенного напыления покрытий относятся:

— возможность получения покрытий из большинства материалов, плавящихся при температуре до 2600 К без разложения;

— достаточно высокая производительность процесса (до 3—7 кг/ч порошков самофлюсующихся сплавов) при высоком коэффициенте использования материала (более 85 %);

— относительно низкий уровень шума и световых излучений, позволяющий работать оператору без дополнительных средств защиты;

— легкость и простота обслуживания, невысокие стоимость и мобильность оборудования, что позволяет производить напыление на месте, без демонтажа изделий.

Газокинетический метод

Технология нанесения материала на поверхность деталей и изделий газокинетическим методом свободна от большинства недостатков, присущих другим методам нанесения покрытий, и отличается рядом технологических, экономических и экологических преимуществ:

- покрытие наносится в воздушной атмосфере при нормальном давлении, любых температуре и влажности атмосферного воздуха;
- при нанесении покрытий тепловое воздействие на покрываемое изделие незначительное;
- технология экологически безопасна (отсутствуют высокие температуры, опасные газы и

излучения, химически агрессивные отходы, требующие специальной нейтрализации);

- не всегда требуется подогрев покрываемого изделия;
- поток напыляемых частиц является узконаправленным и имеет небольшое поперечное сечение. Это позволяет в отличие от традиционных газотермических методов напыления наносить покрытия на локальные (с четкими границами) участки поверхности изделий;
- возможно нанесение многокомпонентных покрытий с переменным содержанием компонентов по его толщине;
- оборудование отличается компактностью, мобильностью, технически доступно практически для любого промышленного предприятия, может встраиваться в автоматизированные линии, не требуется высококвалифицированный персонал для эксплуатации;
- возможно нанесение покрытий различных типов на одной установке;
- возможно использование оборудования в полевых условиях.

Плазменный метод

Метод плазменного напыления покрытий вначале нашел широкое применение в изделиях специальной техники. В последнее время метод с высокими технико-экономическими показателями применяется в машиностроении, энергетике, химической, нефтегазовой, дорожно-строительной, сельскохозяйственной



Рис. 3. Элементы бронезилета

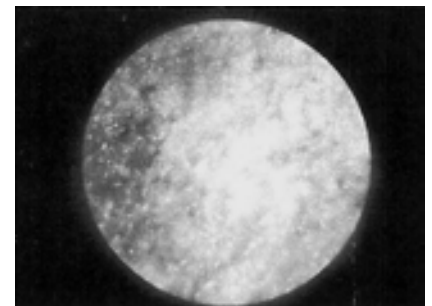
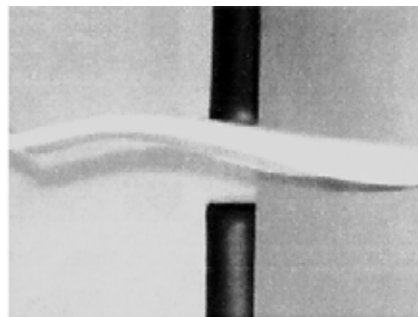


Рис. 4. Поверхность, напыленная сверхвысокомолекулярным полиэтиленом

Метод	Температура струи (дуги), К	Скорость струи, м/с	Скорость напыляемых частиц, м/с	Прочность сцепления, МПа	Стоимость энергозатрат, руб/м ²
Газопламенное напыление	2400—2800	30—160	30—50	10—25	36,0
Детонационное напыление	2400—2800	2700—2950	700—850	75—100	120,0
Плазменное напыление:					
Ar—N ₂	6000—20 000	800—1400	40—120	20—80	14,7
воздух	3000—12 000	200—1500	40—250	15—100	5,7
Сверхзвуковое газопламенное напыление	2400—2800	2000—3000	500—750	>80	144,0
Сверхзвуковое плазменное напыление (воздух)	2500—12 000	1500—3000	450—800	>80	22,8

технике, а также на предприятиях городского и коммунального хозяйства.

Характерным отличием плазменного напыления от газопламенного являются более высокие температура плазменной струи и скорость полета частиц. Эти особенности позволяют регулировать свойства покрытий в широких диапазонах и в значительной степени избежать недостатков, присущих газопламенному методу напыления. Например, прочность сцепления плазменных покрытий из порошка стали в 3 раза больше, чем газопламенных. Методы нанесения покрытий и их основные технологические и экономические показатели приведены в табл. 3.

Эффективным способом улучшения коррозионной стойкости поверхностей деталей является нанесение покрытий из СВМПЭ методом плазменного напыления.

Для наблюдения за развитием коррозионных процессов на поверхностях контрольных образцов наносили X-образные искусственные очаги коррозии. При визуальном осмотре образцов установлено, что внешний вид контрольных образцов и состояние покрытия из СВМПЭ перед испытанием в целом удовлетворительны. В процессе испытания каждый образец подвергался воздействию определенной агрессивной химической среды.

Основные свойства применяемых агрессивных компонентов приведены в табл. 4—6.

Испытания проводили в коррозионной камере НИИЦИАМТ. Подготовленные группы контрольных образцов устанавливали вдоль стен коррозионной камеры на расстоянии не менее 3 м друг от друга. В процессе испытаний образцы подвергали циклическому воздействию агрессивной среды, создаваемой в камере. Продолжительность цикла соответствовала полным суткам испытаний.

Каждый цикл состоял из двух

Таблица 4

Свойства нефти с Тавельского месторождения (2 пробы)	Значение
Плотность нефти, кг/м ³	896,0
Плотность пластовой воды, кг/м ³	1093,0
Содержание, %:	
воды	5,40
серы	2,83
парафина	1,6
асфальтенов	7,87
смола	13,95

Таблица 5

Свойства	Этаноламин		
	Моноэтаноламин	Диэтанол-амин	Триэтанол-амин
Агрегатное состояние	Горючая жидкость		
Плотность, кг/м ³	1009,8	1087,0	1027,0
Температура кипения, °С	172,2	270	360
Температура плавления (затвердевания), °С	10,5	28,0	21,0
Вязкость, Па·с	24,1	380	1043
Растворимость в воде	Неограниченная	Неограниченная	Не растворим
Температура вспышки, °С	93	151	232
Температура самовоспламенения, °С	410	405	395
Температура налива в железнодорожные вагоны-цистерны, °С		40—80	

Таблица 6

Свойства	Гликоль		
	Этиленгликоль	Диэтиленгликоль	Триэтиленгликоль
Агрегатное состояние	Горючая жидкость		
Плотность, кг/м ³	1114,0	1116,0	1122,0
Температура кипения, °С	197,6	245	291
Температура замерзания, °С	-15,0	-8	-7,2
Температура самовоспламенения, °С	380	343	371
Температура воспламенения, °С	118,3	132	170
Температура вспышки, °С	120	124	154
Вязкость при 20 °С, Па·с	20,93	35,70	47,80
Растворимость в воде	Неограниченная		
Температура налива в железнодорожные вагоны-цистерны, °С	40—80		

частей. В первой части цикла в камере устанавливается и поддерживается температура воздуха 37 ± 3 °С и относительная влажность 80—90 %. По истечении каждого часа в зонах установки образцов в течение 15 мин распыляется раствор соответствующего компонента (см. табл. 4—6).

Во второй части цикла испытаний камеру с образцами охлаждали естественным путем.

По заключению лаборатории коррозионных испытаний НИИЦИАМТ, после 15 циклов испытаний отмечен налет коррозии на образцах в зонах искусственных очагов коррозии. В целом коррозионная стойкость защитного покрытия по результатам испытаний оценивается как удовлетворительная.

Использование СВМПЭ повышает также эффективность металлополимерных покрытий при производстве подшипников скольжения, когда металлическая матрица несет силовую нагрузку, а СВМПЭ выполняет роль антифрикционного наполнителя.

Опыт разработки составов композиций и применения композиционных полимерных покрытий свидетельствует о том, что введение в состав композиций материалов, содержащих металлоплакирующий состав, обеспечивает в процессе трения формирование защитной сервовитной пленки (от лат. servo-witte — спасать жизнь). К таким материалам относятся комплексные соединения меди, способствующие улучшению эксплуатационных свойств узла трения. Известно, что улучшить триботехнические, физико-механические свойства покрытия можно за счет эффекта "безызносности". Этот эффект обеспечивается благодаря образованию в зоне фрикционного контакта соединений меди с продуктами деструкции полимеров. Механизм смазывающего действия связан с образованием пленок переноса на сопряженных поверхностях.

На рис. 5 приведен подшипник скольжения с металлополимерным покрытием. Металлополимерные покрытия в подшипниках скольжения имеют коэффициент

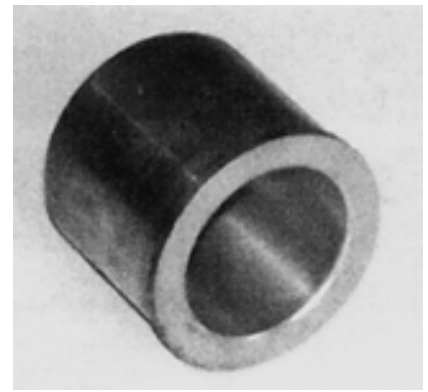


Рис. 5. Подшипник скольжения (бронза + СВМПЭ)

трения $f_{тр} \approx 0,010 \div 0,036$. Поскольку основу покрытия составляет металлическая матрица, механическая прочность металлополимерного покрытия высокая.

Разработанные технологические процессы применены для плазменного напыления антикоррозионных покрытий из СВМПЭ на элементы нефтегазового и химического оборудования, а также в производстве тяжело нагруженных подшипников скольжения.

УДК 621.791:621.643.1/2

Ф. А. ХРОМЧЕНКО, д-р техн. наук
ОАО "ВТИ"

Техническая диагностика сварных соединений трубопроводов.

Ч. 2. Сварные соединения трубопроводов II—IV категорий

При решении задач технического диагностирования трубопроводов II—IV категорий из углеродистых и низколегированных конструкционных сталей, отработавших парковый ресурс, предусмотрено комплексное выполнение организационно-технических процедур согласно РД 03-484—02 и СО 153-34.17.464—2003.

Порядок проведения техни-

ческого диагностирования включает последовательное проведение анализа технической документации, контроля качества сварных соединений (и других элементов трубопроводов) неразрушающими методами, дефектоскопии поверхности элементов трубопроводов и контроля толщины их стенок методом ультразвуковой толщинометрии

(УЗТ), определения химического состава и механических свойств, структуры металла, гидравлического испытания трубопроводов. Заключительный этап — анализ результатов контроля и проведение расчетов на прочность с установлением возможности, сроков и условий дальнейшей эксплуатации трубопроводов (рис. 1).

Обследование трубопроводов II—IV категорий выполняют лаборатории неразрушающего контроля по соответствующим программам. Для трубопроводов II категории, отработавших на ТЭС нормативный срок службы, а также трубопроводов вообще любой категории, программу обследования выбирают экспертные организации.

Для трубопроводов III и IV категорий выбор программы обследования или разработку индивидуальной программы проводят лаборатории (службы) металлов электростанций, электрогенерирующих компаний или энергоремонтных предприятий, выполняющих контроль данных трубопроводов.

Нормативный срок службы трубопровода устанавливается организацией-изготовителем и указывается в паспорте трубопровода. При отсутствии такой информации согласно СО 153-34.17.464—2003 он определяется следующими значениями:

20 лет (150 тыс. ч) — для трубопроводов пара II категории группы 1;

25 лет — для стационарных трубопроводов сетей и подпиточной воды (трубопроводов II категории группы 2, а также III и IV категорий);

30 лет — для остальных трубопроводов (трубопроводов II категории группы 2, а также III и IV категорий).

Допускается индивидуальная установка срока службы конкретного трубопровода экспертной организацией.

Особое внимание уделяется техническому диагностированию сварных соединений трубопроводов II—IV категорий. В отличие от соединений трубопроводов I категории сварные соединения трубопроводов II—IV категорий характеризуются относительно низким качеством — наличием в сварных швах непроваров, шлаковых включений и других дефектов, размеры которых превышают нормативные требования РД

153-34.1-003—01 (РТМ-1с). Такое положение обусловлено недостаточной организационно-технологической дисциплиной монтаж-

но-сварочных работ при сооружении трубопроводов II—IV категорий и отсутствием необходимого контроля при их эксплуатации.



Рис. 1. Основные комплексные задачи, решаемые при техническом диагностировании элементов (сварных соединений, труб, фасонных деталей) трубопроводов II—IV категорий

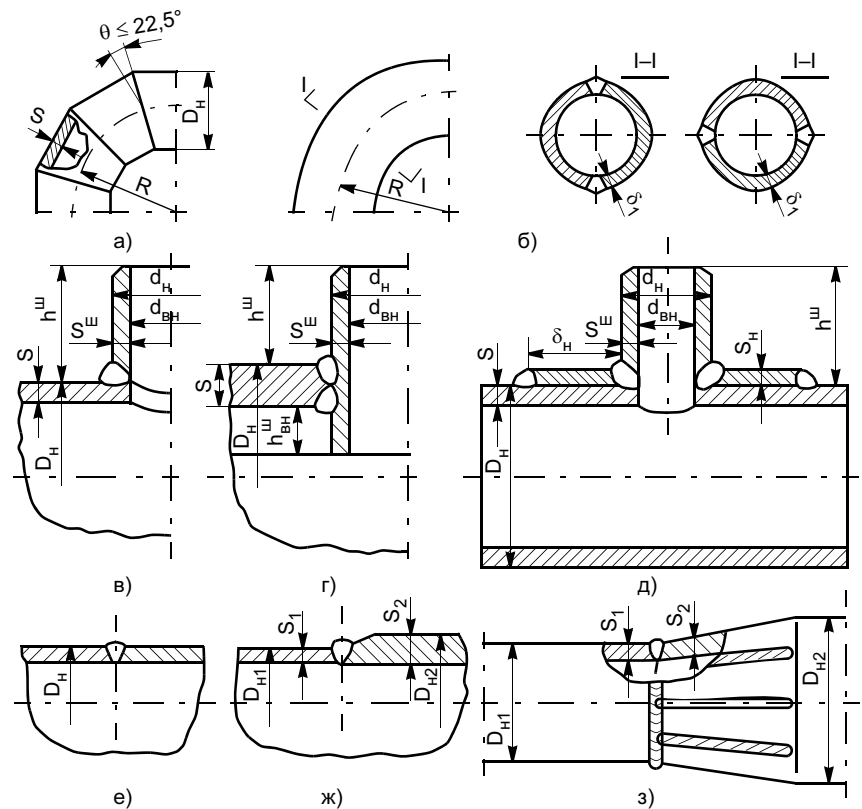


Рис. 2. Типы сварных соединений трубопроводов II—IV категорий: а — секторный отвод с поперечными швами; б — штампованное колено (ШСК) с продольными швами; в—д — тройниковые сварные соединения (ТСС) и врезки с угловым швом; е — стыковое сварное соединение равнотолщинных трубных элементов (ССС); ж — стыковое сварное соединение разнотолщинных трубных элементов (СССртэ); з — лепестковый конический переход с продольными швами, приваренный стыковым поперечным швом к трубе

Эксплуатационные повреждения сварных соединений обычно происходят вследствие коррозионного и эрозийного износа металла, коррозионно-усталостного развития трещин. Наличие в швах недопустимых дефектов значительно сокращает срок службы сварных соединений. К числу наименее надежных элементов относятся сварные фасонные детали, например, лепестковые конические переходы, секторные отводы, сварные тройники (рис. 2). Поэтому при продлении срока службы трубопроводов II—IV категорий большое значение придается проведению контроля качества сварных соединений неразрушающими методами дефектоскопии для отбраковки некачественных швов. Объемы контроля регламентированы в зависимости от категории трубопровода и типоразмера сварных соединений (табл. 1).

Визуальному контролю (ВК) (табл. 1) подлежат все доступ-

ные сварные соединения в целях выявления поверхностных трещин, коррозионных и коррозионно-усталостных повреждений, эрозийного износа, расслоений металла, сварочных дефектов, механических повреждений. При необходимости проводится разрезка трубопровода на контролируемом участке с последующим осмотром (визуально или с помощью эндоскопа) внутренней поверхности в обоих направлениях.

Контроль сварных соединений неразрушающими методами (ультразвуковым (УЗК) или радиографическим (РГК)) проводится для обнаружения внутренних дефектов (трещин, непроваров, газовых пор, шлаковых включений и др.).

Обязательному контролю на трубопроводах II—IV категорий подлежат стыковые и штуцерные (тройниковые) сварные соединения равно- и разнотолщинных трубных элементов наружным диаметром 76 мм и более, сварные соединения линзовых компенса-

торов, продольные швы штампованных колен, продольные и поперечные швы секторных отводов. В первую очередь контролю подлежат ближайшие к неподвижным опорам сварные швы.

Дефектоскопия сварных соединений и ремонтных подварок методами магнитопорошковой (МПД) или цветной (ЦД) дефектоскопии или вихретоковым (ВТК) проводится для выявления поверхностных и подповерхностных трещин, расслоений и других дефектов. Обязательному контролю этими методами в сочетании с УЗК и РГК подлежат сварные соединения со стыковыми и угловыми швами труб с литыми, коваными и штампованными деталями трубопроводов II категории наружным диаметром 133 мм и более, температура эксплуатации которых выше 400 °С.

Контроль толщины стенки методом УЗТ регламентирован для выявления возможного утонения стенки труб, сварных соединений,

Таблица 1

Тип сварного соединения	ВК с измерением	Объемы контроля сварных соединений при продлении срока службы трубопроводов II—IV категорий с наружным диаметром трубных элементов 76 мм и более согласно СО 153-34.17.464—2003, %				
		УЗК или РГК	МПД (ЦД или ВТК)	УЗТ	ТВ	Металлография
Трубопроводы II категории группы 1						
ССС с поперечным швом	40 ($D_n \geq 108$ мм) 20 ($D_n < 108$ мм)	10	—	Выборочно	1 с.с.* ²	3 с.с.* ²
СССртз с поперечным швом	100	25	25* ¹	То же	1 с.с. (у гига)	—
Продольные швы переходов	100	100	—	100	—	—
ТСС и врезки	50	25	25* ¹ ($D_n \geq 133$ мм)	30 ($D_n \geq 133$ мм) 20 ($D_n < 133$ мм)	—	—
ТСС (равнопроходное для $D_n \geq 133$ мм)	100	100	—	50	—	—
ШСК с продольными швами	100	50	—	50 ($D_n \geq 133$ мм)	—	—
Сварные швы линзовых компенсаторов (ЛК)	100	На одном ЛК	—	50	—	—
Сварные швы корпусов арматуры	100 ($D_n \geq 150$ мм)	—	—	20	—	—
Разнородные сварные соединения	100	25	25* ¹	Выборочно	1 с.с. (у гига)	—
Контроль на вырезке одного сварного соединения (1 с.с.) (для $T \geq 390$ °С)	Оценка механических свойств, химического состава, сплошности и структуры металла					
Трубопроводы II категории группы 2						
ССС с поперечным швом	40 ($D_n \geq 108$ мм) 20 ($D_n < 108$ мм)	10	—	Выборочно	—	Более 2 с.с.* ² ($D_n > 159$ мм)
СССртз с поперечным швом	100	25	—	30	1 с.с. (у гига)	—
Продольные швы переходов	100	100	—	100	—	—
Швы секторных отводов (колен)	50	—	—	30	—	—
ТСС и врезки	50 ($D_n \geq 108$ мм) 25 ($D_n < 108$ мм)	25* ³	—	25 ($D_n \geq 133$ мм) 10 ($D_n < 133$ мм)	1 с.с.	—
ТСС (равнопроходное)	100	25* ³	—	50	—	—
Сварные швы КА	100	—	—	На одном КА каждого типоразмера	—	—
Сварные швы ЛК	100 (в доступных местах)	На одном ЛК	—	50	—	—

Тип сварного соединения	ВК с измерением	Объемы контроля сварных соединений при продлении срока службы трубопроводов II—IV категорий с наружным диаметром трубных элементов 76 мм и более согласно СО 153-34.17.464—2003, %				
		УЗК или РГК	МПД (ЦД или ВТК)	УЗТ	ТВ	Металлография
Продольные швы ШСК Разнородные сварные соединения	50 100	50 100	— Выборочно	— —	— —	— —
Трубопроводы III категории						
ССС с поперечным швом	Выборочно	7/5 ^{*4}	—	Выборочно	1 с.с ($D_n \geq 159$ мм и $S \geq 8$ мм)	1 с.с ^{*5}
Продольные швы переходов Швы секторных отводов (колен) ТСС и врезки	100/50 100 30 ($D_n \geq 133$ мм) 15 ($D_n < 133$ мм)	30 15 ^{*3} 15 ^{*3}	— — —	50/30 20 15 ($D_n \geq 133$ мм) 10 ($D_n < 133$ мм)	— — — —	— — — —
ТСС (равнопроходное) СССртэ с поперечным швом	50 ($D_n \geq 133$ мм) 30 ($D_n \geq 133$ мм) 15 ($D_n < 133$ мм)	— 15 —	30 — —	— 20 —	— — —	— — —
Продольные швы ШСК Сварные швы ЛК Разнородные сварные соединения	40 ($D_n \geq 108$ мм) 100 100	20 На одном ЛК 100	— — —	— 50 —	— — —	— — —
Трубопроводы IV категории						
ССС с поперечным швом	Выборочно 20	3 ($D_n \geq 108$ мм)	—	Выборочно 10	1 с.с	—
СССртэ с поперечным швом	Выборочно 20	10 ($D_n \geq 108$ мм)	—	—	—	—
Продольные швы переходов Швы секторных отводов (колен) ТСС и врезки ТСС (равнопроходное) Сварные швы КА	50 30 30 ($D_n \geq 108$ мм) 40 —	30 50 10 ^{*3} — —	— — — — —	30 10 ($D_n \geq 108$ мм) 15 20 ($D_n \geq 108$ мм) Швы на одном КА ($D_n > 250$ мм) 50	— — — — —	— — — — —
Сварные швы ЛК	100 (в доступных местах)	На одном ЛК	—	—	—	—
Разнородные сварные соединения	100	100	—	—	—	—

*¹ Для трубопроводов с температурой эксплуатации выше 400 °С.
*² Для трубопровода, отработавшего два назначенных срока и более или претерпевшего аварии.
*³ Сварные соединения с конструкционным непроваром в угловых швах допускается контролировать методом МПД или ЦД (или визуальным контролем травлений поверхности) вместо УЗК (или РГК).
*⁴ Объемы, указанные в числителе, относятся к соединениям трубопроводов группы 1, а в знаменателе — группы 2.
*⁵ Вырезка одного сварного соединения предназначена для металлографического анализа на графитизацию элементов (сварного соединения, основного металла) для трубопровода группы 1.

П р и м е ч а н и я: 1. При отбраковке хотя бы одного сварного шва в контролируемой группе соединений объем дефектоскопии для данного вида соединений увеличивается вдвое, а при повторном выявлении недопустимых дефектов — до 100 %.
2. ТСС (равнопроходное) — то же, что и ТСС, но с отношением наружного диаметра корпуса тройника к наружному диаметру штуцера $D_n^k / D_n^ш \leq 1,3$.

фасонных деталей трубопроводов для установления скорости коррозионного или коррозионно-эрозийного износа металла. Такая информация необходима для проведения соответствующих расчетов на прочность по фактической уменьшенной толщине стенки на период продления срока службы трубопровода.

Необходимость в оценке химического состава, механических свойств и структуры металла обусловлена требованием установления соответствия качества сварных соединений (и основно-

го металла) нормативным требованиям НТД и, кроме того, выявления изменений свойств металла или возможных дефектов в структуре сварных соединений. Определение механических свойств и структуры металла проводится неразрушающими методами (измерением твердости (ТВ) с помощью переносных приборов-твердомеров, металлографического анализа с помощью реплик или срезов-сколов металла (МАР), а также при необходимости на образцах вырезок (пробок).

Металлографический анализ

микроструктуры рекомендовано проводить при 100- и 500-кратном увеличении. Исследование сварных соединений на предмет выявления графитизации и микроповрежденности металла из-за усталости и/или ползучести проводится в ЗТВ.

Исследование структуры и свойств сварных соединений (и основного металла) обязательно после истечения установленного срока службы для трубопроводов II категории, которые эксплуатируются при температуре выше 390 °С. Для этого

регламентирована вырезка огневым способом участка трубопровода в виде пробы ("катушки") длиной 150 мм и более со сварным стыком в середине.

Механические свойства сварных соединений на вырезках ("катушках") определяются по результатам испытаний образцов

на растяжение и ударный изгиб. Химический состав металла оценивается методами аналитического или спектрального анализа.

Регламентированные объемы контроля и нормативные требования к качеству сварных соединений (и основного металла) трубопроводов II—IV категорий при-

ведены в табл. 1 и 2.

Гидравлическое испытание трубопроводов II—IV категорий рассматривается как завершающая процедура контроля, которая проводится для проверки плотности и прочности всех элементов, включая сварные соединения. Температура воды в трубопроводе при проведении гидроиспытания должна быть не ниже 15 °С.

Возможность, сроки и условия дальнейшей эксплуатации трубопроводов определяются по результатам контроля и поверочных расчетов на прочность. Расчеты на прочность проводятся по различным методикам в зависимости от выявленного несоответствия качества металла и технического состояния трубопроводов нормативным требованиям.

Расчет на прочность с оценкой напряжений от внутреннего давления выполняется по методике РД 10-249—98 в случаях, когда выявлены несоответствия качества сварных соединений или основного металла трубных элементов. Расчетные операции выполняются по фактическим размерам трубных элементов и свойствам металла с учетом выявленных дефектов в сварных соединениях.

Поверочный расчет на прочность с учетом действия всех нагружающих факторов проводится по методике РД 10-249—98 при выявлении отклонений в трассировке трубопровода и состоянии опорно-подвесной системы от проектных значений. Поверочный расчет на прочность трубопроводов тепловых сетей выполняется согласно РД 10-400—01.

Поверочный расчет на усталостную прочность (циклическую долговечность) проводится по методике РД 10-249—98 в случаях, когда накопленное за весь период эксплуатации число пусков—остановов трубопровода превышает 500 циклов и/или число циклических колебаний давления и температуры рабочей среды превышает 1000.

Таблица 2

Показатель	Критерии оценки качества сварных соединений (и основного металла) трубопроводов II—IV категорий при продлении срока службы согласно СО 153-34.17.464—2003
Локальная деформация в виде вмятин или выпучин с максимальным размером l на поверхности трубных элементов	$10S \geq l \leq 0,2D_n$
Твердость металла по результатам измерения переносными приборами для сталей, НВ: Ст3, Ст4, 10, 20, 15 и 20 09Г2С, 115ГС, 16ГС, 17ГС, 12ХМ, 15ХМ, 12Х1МФ, 15Х1М1Ф	110—180 120—200
Поверхностные дефекты (повреждения) сварных швов (и основного металла): одиночные коррозионные язвы, раковины или эрозионные повреждения глубиной h , мм то же, но протяженностью L , мм	$2,5 \geq h \geq 0,2S$ $L \geq 0,25 \sqrt{(D_n - S)S}$ $h \geq 1,0$ Не допускается
скопления коррозионных язв глубиной h , мм продольные цепочки язв, а также трещины всех видов и ориентации	Не более балла 2
Графитизация сварных соединений и основного металла по балльной оценке согласно ОСТ 34-70-690—96	Не более 5,0 %
Механические свойства основного металла (стали) при 20 °С: допускаемое снижение σ_B или $\sigma_{0,2}$ от значений, регламентированных НТД	Не более 0,65 Не более 0,75 Не более 30 Не более 25
допускаемый уровень $\sigma_{0,2}/\sigma_B$ для углеродистых сталей то же для низколегированных сталей	Не более 0,65 Не более 0,75 Не более 30 Не более 25
допускаемый уровень ударной вязкости КСВ, Дж/см ² КСВ, Дж/см ²	Не менее 451
Механические свойства сварных соединений при 20 °С: временное сопротивление разрыву σ_B^{cc} , МПа то же для соединений стали 15ГС, подвергнутых термической обработке (высокому отпуску), МПа технологические свойства (угол изгиба) соединений углеродистых сталей, градус: при $S \leq 20$ мм при $S > 20$ мм то же для соединений низколегированных сталей, градус: при $S \leq 20$ мм при $S > 20$ мм	$\sigma_B^{cc} \geq \sigma_B^{om}$ Не менее 100 Не менее 80 Не менее 80 Не менее 60 $0,5 \geq h \geq 0,05S$
Местные подрезы сварных соединений глубиной h , мм то же по протяженности, мм: для трубопроводов II категории для трубопроводов III и IV категорий	Не более 10 % L шва Не более 20 % L шва
Обозначения. D_n и S — номинальные наружный диаметр и толщина стенки трубных элементов соответственно.	
Примечания: 1. Одиночными считаются дефекты (язвы, раковины и др.), расстояние между ближайшими кромками которых превышает утроенное значение максимального диаметра наибольшего дефекта. 2. Допускается наличие коррозионных язв глубиной 2 мм и протяженностью 20 мм для трубопроводов II—III категорий; глубиной 2 мм и протяженностью 30 мм для трубопроводов IV категории.	

При выявлении местной или общей коррозии металла, когда средняя скорость коррозии превышает 0,1 мм/г, расчет на прочность выполняется по минимальной фактической толщине стенки трубных элементов (сварных соединений) с учетом ее последующего утонения на конец планируемого срока эксплуатации.

При положительных результатах контроля, расчетов на прочность и гидравлического испытания, а также рекомендаций экспертного заключения по итогам обследования контролируемый трубопровод согласно СО 153-34.17.464—2003 может быть допущен к дальнейшей эксплуатации сроком не более чем на 8 лет, а трубопроводы II категории — не более чем на 50 тыс. ч. Прогнозирование наработки трубопроводов тепловых сетей на отказ после гидравлического испытания проводится по резуль-

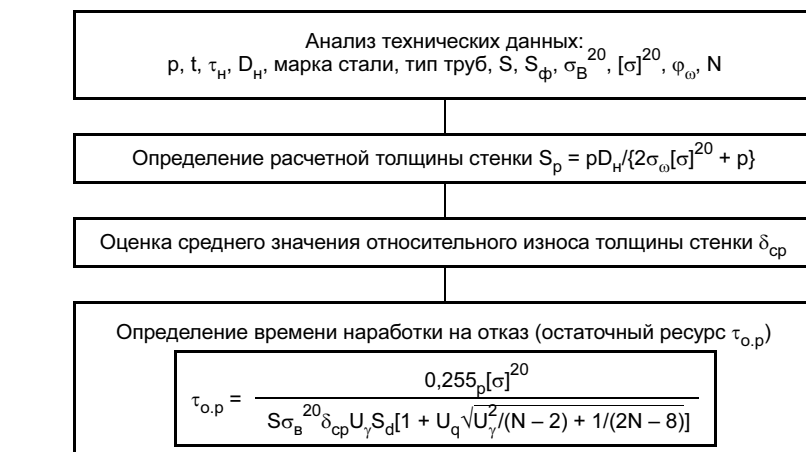


Рис. 3. Алгоритм прогнозирования срока службы на отказ после гидроиспытания трубопроводов тепловых сетей согласно РД 10-400—01 (N — число измерений фактической толщины стенки труб (сварных соединений) в местах износа, S_d — среднеквадратичное отклонение относительного износа, U_{γ}, U_q — нормальные распределения вероятности $U_{\gamma} = U_q = 1,28, \tau_{o.p}$ — остаточный ресурс (на отказ), $[\sigma]$ — допускаемые напряжения согласно РД 10-249—98, φ_{ω} — коэффициент прочности сварных соединений согласно РД 10-249—98)

татам расчетных исследований (рис. 3) согласно РД 10-400—01.

Проведение технологического диагностирования на современном уровне обеспечивает не-

обходимую эксплуатационную надежность и возможность продления ресурса сварных соединений трубопроводов II—IV категорий.



ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СВАРКИ И РАСКРОЯ МЕТАЛЛА



EWM HIGHTEC WELDING
ПРОСТО АЖИЖЕ



TELWIN



DALEX



ELMATECH AG
electronics machines technologies

Оборудование для дуговых способов сварки

Установки для контактной сварки

Установки для плазменной резки



KOIKE

Машины для термической резки



Mazak
Your Partner for Innovation

Машины для лазерной резки

Разработка комплексных решений для Вашего производства. Демонстрационные залы. Лизинг

Санкт-Петербург: (812) 326 9246
Москва: (495) 642 6857
Нижний Новгород (8312) 78-54-90

Екатеринбург: (343) 310 0012
Ростов-на-Дону: (863) 299 5019
Тольятти: (8482) 51-19-00

Самара: (846) 273 3515
Новосибирск: (383) 211 2770
Омск: (3812) 33-83-90

Ждем Вас на WWW.DUKON.RU

Публикуется на правах рекламы

УДК 621.791:65.011.12

В. А. ЧЕРНЯВСКИХ, зам. директора по экономике и финансам

(ОАО "УралНИТИ"),

К. А. КАЗАНЦЕВ, зам. директора

(ООО "Аудиторская фирма "Экономикс Бюро")

Бюджетирование позаказного производства в машиностроении на примере ОАО "УралНИТИ"

Современное положение машиностроительных предприятий неоднозначно: с одной стороны, идет подъем производства, с другой — продукция многих предприятий является неконкурентоспособной по сравнению с более качественной и/или дешевой продукцией зарубежных предприятий. Стагнация производства, наблюдавшаяся недавно на большинстве предприятий машиностроения, меняется на ситуацию умеренного роста. Поэтому для управления растущим предприятием и успешного производства и реализации конкурентоспособной продукции необходимо кроме совершенствования собственно производственных технологий менять в целом технологию управления. В первую очередь речь обычно идет о внедрении на предприятии систем управленческого учета и бюджетирования, позволяющих повысить прозрачность бизнеса на предприятии и стать эффективным инструментом управления и контроля.

Особенности бюджетирования позаказного производства в машиностроении

Во многих публикациях, посвященных постановке бюджетного процесса на промышленных предприятиях, формирование системы бюджетирования рассматривается для предприятий, осуществляющих в основном попроцессный и попередельный учет затрат, при котором в общем виде предполагается определение объема реализуемой продукции, а величина производимых расходов определяется путем умножения объема произведенной продукции на нормативы на производство единицы продукции.

В свою очередь, многие предприятия машиностроения, выпускающие единичную продукцию, ис-

пользуют позаказный учет² затрат на производство, и поэтому к планированию объемов выпуска и производства, а также величины производимых затрат нужно подходить индивидуально. К заказу при этом подходят как к проекту, у которого имеются этапы и подэтапы, предельные сроки начала и окончания их выполнения, различные требования к наличию ресурсов (материальных, трудовых, производственных мощностей). Проекты "конкурируют" друг с другом за имеющиеся у предприятия в наличии ресурсы, и при планировании необходимо учитывать эти и многие другие данные.

Наличие у проектов дополнительных параметров обуславливает следующие особенности бюджетирования позаказного производства в машиностроении:

— относительно продолжительный срок цикла выполнения конкретного проекта (более 1 года) — повышение неопределенности: чем выше срок, тем меньше точность планирования;

— значительное число проектов — увеличение числа имеющихся проектов способствует повышению трудоемкости планирования и требует значительных вычислительных мощностей;

— сложный технологический цикл — применение имеющихся в производстве технологических карт, описывающих потребности в ресурсах и последовательности их использования;

— необходимость оптимального распределения ресурсов на выполнение наиболее приоритетных проектов — применение инструментов календарного планирования;

— уникальность проектов — несмотря на то что каждый проект состоит из более мелких компонентов, которые могут встречаться у других проектов, их совокупность в проекте образует уникальное со-

¹ Подробнее см. "Я начал постановку бюджетирования с того, что расписал, кто за какие процессы отвечает" // Финансовый директор. 2003. № 3.

² Объектом учета (заказом) в данном случае является конкретная продукция, изделие или услуга, которую необходимо произвести и продать.

четание, в результате чего каждый проект будет отличаться от другого. В теории систем используется понятие "эмерджентность" (от англ. "эмердженс" — возникновение, появление нового) — наличие у какой-либо системы особых свойств, не присущих составляющим ее подсистемам.

По мнению авторов, сложность организации бюджетного процесса позаказного производства связана как с информационным, так и кадровым и инструктивным обеспечением системы управления.

Организация бюджетного процесса в ОАО "УралНИТИ"

Ниже описывается внедрение бюджетирования в ОАО "Уральский научно-исследовательский технологический институт" (ОАО "УралНИТИ").

ОАО "УралНИТИ" — современное предприятие, созданное на базе предприятия, входившего в систему бывшего министерства оборонной промышленности СССР (предприятие по-прежнему входит в состав управления промышленности обычных вооружений Федерального агентства по промышленности). За годы российских реформ институт смог сохранить большинство высококвалифицированных специалистов, также в активе предприятия остались мощное опытно-экспериментальное производство и исследовательские лаборатории с высоким уровнем оснащения.

Основные направления деятельности предприятия связаны с разработкой и изготовлением оборудования и запчастей для цехов ремонта и восстановления насосно-компрессорных труб для нефтедобывающей промышленности и угледобывающих предприятий, ведутся научные разработки в направлении создания прогрессивных лазерных технологий, систем неразрушающего контроля, усовершенствования технологии литья под низким давлением, нанесения износостойких покрытий. Численность персонала предприятия в 2005 г. составила около 500 человек, объемы реализации — более 200 млн руб. Институт эффективно работает с российскими и зарубежными заказчиками (Вьетнам, Иран, Казахстан и Азербайджан).

Решение о формировании на предприятии системы бюджетирования было принято руководством ОАО "УралНИТИ" еще в 2003 г., но реальные меры были осуществлены только в середине 2004 г. Постепенный выход предприятия из кризиса конца 90-х — начала 2000 гг. и появляющиеся контракты на производство и поставку оборудования (в том числе с иностранными партнерами) многократно повысили нагрузку на отдел экономического анализа и планирования и работников экономических служб предприятия. Как оптимальным образом распределить имеющиеся у предприятия ресурсы? Какие проекты выполнять в первую очередь, а какие можно отложить? Какую цену установить на вы-

пускаемую продукцию, чтобы и не отпугнуть клиентов, и самим не остаться в накладе? Эти и многие другие вопросы требовали срочного решения.

Современная динамика производственной деятельности предприятия обнажила проблемы прежней системы планирования. Можно выделить следующие основные проблемы "старой" системы планирования:

— недостаточная оперативность получения необходимых данных;

— высокая трудоемкость планирования и получения фактических данных по требуемым аналитическим признакам;

— недостаточная аналитичность данных, что накладывает ограничения при проведении планового анализа.

Прежняя система планирования перестала удовлетворять потребности руководства. Повышенные требования предъявляются как к количеству, так и к качеству информации для планирования и анализа, возрастает роль оперативности получения данных. В частности, это связано с тем, что ужесточение конкуренции на рынке машиностроительной продукции требует более взвешенного подхода к ценообразованию, необходимо постоянно контролировать рентабельность каждого продукта, своевременно анализировать полученные отклонения от плана и проводить корректирующие воздействия.

Для решения выделенных проблем предприятия внедрение актуального в настоящее время инструмента финансового менеджмента — бюджетирования. Основными задачами, выделенными руководством и поставленными перед бюджетированием, являются:

- обеспечение руководства предприятия своевременной, качественной и полной информацией о текущем экономическом состоянии на предприятии;
- увеличение возможностей контроля и анализа за выполнением конкретных проектов;
- формализация информационных потоков на предприятии, стандартизация финансового документооборота;
- появление понятной и четкой для всех работников предприятия процедуры планирования и анализа экономики предприятия.

Внедрение системы бюджетирования на предприятии осуществляли с привлечением консультантов аудиторской фирмы "Экономикс Бюро". Совместно разработанный план постановки включал следующие основные блоки:

- разработку финансовой структуры;
- разработку бюджетной структуры;
- настройку программы автоматизации бюджетирования;
- модификацию и настройку программы по учету заказов;

- регламентацию бюджетного процесса и обучение пользователей.

Финансовая структура предприятия

Создание финансовой структуры предполагает выделение так называемых центров финансовой ответственности (ЦФО) — объектов бюджетирования, отражающих структуру бизнеса и видов деятельности, которыми занимается предприятие. Финансовая структура предприятия приведена на рис. 1, созданные ЦФО в ней выделены по видам бизнеса (производство, услуги и аренда). Выделение ЦФО предполагает, что руководителям ЦФО делегируются полномочия и устанавливается ответственность по закрепленным в их компетенции показателям. Так, руководитель ЦМД "Аренда" отвечает за маржинальный доход по сдаче имущества в аренду и своевременное истребование дебиторской задолженности по договору аренды.

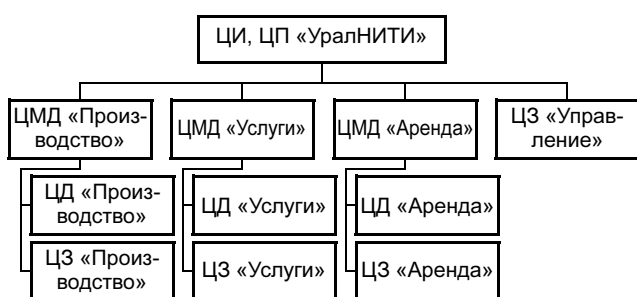


Рис. 1. Финансовая структура ОАО "УралНИТИ" (ЦИ — центр инвестиций, ЦП — центр прибыли, ЦМД — центр маржинального дохода, ЦД — центр дохода, ЦЗ — центр затрат)

Бюджетная структура предприятия

Определение бюджетной структуры предприятия заключалось в построении системы бюджетов предприятия и составлении алгоритмов расчета показателей бюджетов и финансовых показателей. До внедрения бюджетирования на предприятии составляли отдельные бюджеты (в основном только в агрегированном виде), поэтому основная работа в формировании бюджетной структуры заключалась в формализации бюджетов и согласовании необходимых аналитических признаков в бюджетах. Одно из основных принципиальных отличий заключалось в том, что раньше в бюджетах не учитывали влияние незавершенного производства, что приводило к недостоверным данным (так, за некоторый период, согласно данным бухгалтерии, получали убыток, согласно данным планового отдела в отчете по исполнению факта — прибыль). Другим качественным отличием стала разработка бюджетов по проектам, формируемым по каждому производственному заказу с детализацией по этапам и подэтапам.

На предприятии используют следующие основные формы бюджетов.

Итоговые бюджеты:

финансовый план (видоизмененный бюджет доходов и расходов);

бюджет доходов и расходов;

бюджет движения денежных средств.

Функциональные бюджеты: продаж, прямых расходов, накладных расходов, расходов социальной направленности, расходов по налогам, по труду и заработной плате.

Бюджеты по проектам:

отчет по объемам работ по направлениям деятельности;

план-фактный отчет по выполнению объемов работ;

план-фактный отчет по полной себестоимости выполненных работ;

потребность в оборотных средствах.

Информационное обеспечение бюджетирования

До внедрения бюджетирования на предприятии для планирования деятельности применяли электронные таблицы MS Excel и специально разработанные на языке FoxPro отделом АСУ производственные автоматизированные рабочие места (АРМ).

В качестве системы автоматизации бюджетирования выбрали программу на базе платформы 1С фирмы "Инталев" — "Корпоративные финансы: 2004". Данный выбор объясняется приемлемой стоимостью программного продукта (около 2400 \$) и неплохими функциональными возможностями, позволяющими осуществить планирование, план-фактный анализ и контроль ключевых показателей деятельности предприятия. Кроме того, программа позволяет осуществлять обмен данными практически с любыми программными продуктами, что для предприятия являлось критическим параметром для получения фактических данных из бухгалтерских АРМов (базирующихся на FoxPro).

Настройка автоматизированной системы бюджетирования, помимо собственно настройки форм бюджетов, используемой аналитики и средств ввода, включала настройку программы для обмена данными с бухгалтерскими АРМами и программой по учету заказов (рис. 2).

Система учета заказов

Система "Заказы" является одной из наиболее необходимых для решения производственных задач. В системе регистрируются договорные взаимоотношения с клиентами по заключенным договорам (заказам), а также информация о текущем выполнении заказов и оплата по ним. Формируемые в системе отчеты позволяют оценивать:

- объем выполненных работ и работ, которые осталось выполнить по каждому заказу в соответствии со сроками по договорам;
- показатели по заказам с учетом статей затрат/исполнителей;



Рис. 2. Структура программного комплекса

- незавершенное производство для целей управленческого, бухгалтерского и налогового учета;
- план-фактные затраты по договору, рентабельность деятельности;
- потребность в денежных средствах, трудовых и материальных ресурсах для исполнения договоров.

Кроме того, на основе данных по заказам и фиксированных поступлений и выплат в программе формируются платежный календарь и бюджет движения денежных средств.

Разработка регламентов и инструкций по бюджетированию и обучение пользователей

Постановка системы бюджетирования является неполной без создания на предприятии формализованной совокупности стандартов, регламентирующих бюджетный процесс на предприятии. В настоящее время разработаны проекты следующих положений по бюджетированию:

- о финансовой структуре (определяет взаимосвязь между организационной структурой, видами деятельности и финансовой структурой);
- о бюджетной структуре (включает разработанную систему бюджетных форм и показателей);
- об управленческой учетной политике (определяет порядок ведения управленческого учета на предприятии, в частности методику учета и распределения затрат);
- о планировании (описывает порядок формирования, утверждения и контроля за исполнением бюджетов);
- о финансово-экономическом анализе (определяет основные критерии, по которым будет оцениваться деятельность подразделений и предприятия в целом).

Разработка положений предполагает, что если в процессе работы пользователей с системой необходимо внести определенные изменения (появятся новые показатели бюджетов, новые формы бюджетов, возможны изменения в методике планирования и показателях финансово-экономического анализа и т. п.), то любые изменения должны быть документально зафиксированы и утверждены ответственными лицами.

В качестве инструкций для конечных пользователей программы разработаны подробные регламенты по планированию и загрузке фактических данных из бухгалтерских АРМов. Обучение конечных пользователей и обсуждение с руководством предприятия достигнутых результатов периодически проводили на совместных с консультантами семинарах и совещаниях.

Планы развития системы — создание единого информационного контура

Дальнейшее развитие системы управления заключается в переходе от разнородных АРМов к единой информационной корпоративной системе, объединяющей производственный учет и планирование, снабжение, бухгалтерский учет, бюджетирование и учет заказов (рис. 3).

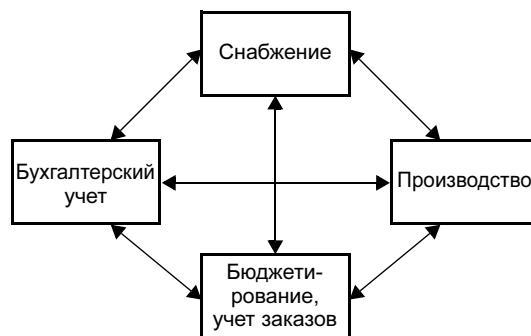


Рис. 3. Ближайшие планы развития системы управления предприятия — внедрение комплексного решения

Одним из наиболее вероятных вариантов является внедрение на предприятии комплексной информационной системы "1С: Управление производственным предприятием 8.0". Внедрение решения позволит в первую очередь наладить порядок во всех производственных подразделениях, организовать планирование производства (на основе маршрутных карт, спецификаций по изделиям), управление данными об изделиях, управление закупками и обеспечить необходимые данные для бюджетирования и ведения регламентированного бухгалтерского и налогового учета. Новая система также позволит предоставить акционерам обоснованную и исчерпывающую информацию о затратах, связанных с производством, в условиях ограниченного финансирования заказов.

УДК 621.791:061.2/4

4-я Международная специализированная выставка и конференция "Покрyтия и обработка поверхности—2007"

С 10 по 12 апреля 2007 г. в Москве в Конгресс-центре ЦМТ прошли Международная специализированная выставка и конференция "Покрyтия и обработка поверхности—2007", организованные компанией "Примэкс" (Санкт-Петербург) при поддержке Министерства образования и науки РФ, Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, Комитета Государственной Думы по промышленности, строительству и наукоемким технологиям, Российского союза промышленников и предпринимателей, Российского химического общества им. Д. И. Менделеева, Российского союза химиков, Российского общества гальванотехников.

Свою продукцию представили более 120 компаний из России, Украины, Белоруссии, Германии, Франции, США, Польши, Чехии, Швеции и др.

Ниже приведены отечественные и зарубежные организации и экспонируемые ими научно-технические разработки согласно основным тематическим разделам выставки: современные технологии и оборудование для нанесения износостойких покрытий из порошковых материалов, современные технологии для химико-гальванических и окрасочных производств, оборудование для подготовки поверхности, экология при обработке поверхности и нанесении покрытий, приборы и оборудование для неразрушающего контроля.

ООО "МЭШ ПЛЮС" (Москва-Зеленоград):

— разработка и изготовление нового технологического вакуумного оборудования для нанесения покрытий магнетронным (установки УВН-2, ВУ-1, "ОРАТОРИЯ-9", "МИР-2" и др.), дуговым (ННВ-6,6, "БУЛАТ", УВНД-80, МАП-2 и др.), электронно-лучевым (ЭЛУ-5, ЭЛУ-9) и др. способами (рис. 1);

— вакуумные печи, установки плазмохимического осаждения, установки для роста кристаллов.



а)



б)



в)

Рис. 1. Технологическое вакуумное оборудование для нанесения покрытий: а — установка МЭШ-31 для магнетронного напыления в сочетании с ионной обработкой; б — установка (дуговая) ионно-плазменная ННВ-6,6; в — установка для электронно-лучевой сварки

Обнинский центр порошкового напыления (Обнинск Калужской обл., п. Кабицыно):

— оборудование "ДИМЕТ" для нанесения металлических покрытий из порошковых материалов газодинамическим методом. Оборудование позволяет наносить алюминиевые, цинковые, медные, никелевые и баббитовые покрытия при производстве и ремонте деталей машин и механизмов в различных областях промышленного производства. Особенности технологии: отсутствуют высокие температуры, опасные и горючие газы и излучения, химически активные отходы, тепловое воздействие на покрываемые детали незначительное (температура не выше 100—150 °С). Оборудование также позволяет проводить струйно-абразивную подготовку поверхности.

ООО "Технологические покрытия" (Москва) — специализированный центр по нанесению износостойких покрытий с использованием высокопроизводительной универсальной вакуумной плазменно-дуговой установки Р 80 (производство фирмы Platin, Швейцария). Получаемые износостойкие покрытия позволяют в 3—10 раз повысить стойкость режущего инструмента, пресс-форм, литьевых форм и др. Нанесение износостойких покрытий значительно увеличивает срок службы быстроизнашиваемых элементов газо- и гидрозарпорной арматуры, плунжерных пар, деталей общего машиностроения. Основные виды покрытий: одно- и многослойные, нанослойные, нанокompозитные (нанокристаллические "зерна" внедрены в аморфную матрицу), специальные и общего назначения.

Полоцкий государственный университет (Новополоцк, Республика Беларусь):

— эффективные технологии восстановления деталей тракторных гусениц. Ресурс восстановленных деталей не уступает ресурсу новых. На-

плавка изношенных поверхностей производится дешевыми низколегированными углеродистыми материалами с последующей упрочняющей термической обработкой;

— технология восстановления деталей прецизионных пар трения, термическое воздействие на которые недопустимо.

Преимущества: отсутствие термического воздействия на деталь, низкая себестоимость нанесения покрытия, возможность использования универсальных токарных и фрезерных станков мощностью до 2 кВт. Технология восстановления деталей включает использование специально разработанных электродных материалов и режимов нанесения покрытия;

— технология и оборудование для фрикционного латунирования деталей пар трения повышенной точности (гидравлическая аппаратура, валы, оси, втулки). Особенности технологии: фрикционное латунирование является финишной операцией в процессе изготовления детали и не требует последующей обработки.

Установки для фрикционного латунирования защищены патентами Республики Беларусь.

Инновационное республиканское унитарное предприятие "Научно-технологический парк Белорусского национального технического университета" "МЕТОЛИТ" (Минск, Республика Беларусь):

— оборудование для песко- и дробеструйной очистки: мобильная дробеструйная установка "МОБИЛБЛАСТ" напорного типа с рабочим объемом 40 л, производительностью 5—15 м²/ч; кабины для дробеструйной очистки, удаления окалины, старой краски, подготовки поверхностей к нанесению покрытий на детали различной формы и размеров, для наклепа поверхностей, снятия напряжений в сварных швах (рис. 2, а);

— технологии газопламенного напыления и наплавки: нанесение износостойких, высокопрочных покрытий из самофлюсующихся сплавов и компонентов на их основе, обеспечивающих при твердости 52—62 HRC высокие износ- и коррозионную стойкость в сочетании с отличными триботехническими свойствами и увеличение ресурса деталей от 4 до 10 раз; восстановление и защита от абразивного износа и эрозии шнеков, измельчителей, бил дробилок, буровых шарошек газопламенной наплавкой многокомпонентных порошковых материалов; нанесение алюминиевых, цинковых и полимерных покрытий для



а)



б)

Рис. 2. Кабина для дробеструйной очистки изделий и подготовки поверхности к нанесению покрытия (а), газопламенное напыление алюминиевых, цинковых и полимерных покрытий для защиты деталей от коррозии (б)

защиты металлоконструкций от коррозии различного типа в различных отраслях промышленности (рис. 2, б).

ЗАО "ОЦЕЛОТ" (г. Васильков Киевской обл., Украина) — антикоррозионное износостойкое толсто пленочное полимерное покрытие барьерного типа "МХ-Базальт", содержащее пластинчатый наполнитель — активированные базальтовые чешуйки (АБЧ). АБЧ представляют новый класс пластинчатых (чешуйчатых) наполнителей, обладающих высокой химической стойкостью. Область применения: защита металлоконструкций, строительных железобетонных изделий и оборудования, работающих в условиях интенсивной коррозии под действием агрессивных сред и абразивного износа. Композиция "МХ-Базальт" наносится кистью, валиком или аппаратом безвоздушного напыления.

Разработка подтверждена патентами ряда зарубежных стран. Отмечена на Международной выставке изобретений в Брюсселе золотой медалью.

Промышленная группа "Гальвано групп" (Москва) — гальваниче-

ские линии различной производительности, конфигурации и степени автоматизации; модернизация и автоматизация действующего гальванического оборудования; уникальное оборудование для анодирования алюминия, нанесения гальванических покрытий на проволоку, ленту, автомобильные диски, гальвано-химической обработки основных элементов авиационных двигателей; оборудование для процессов химического никелирования; специальные установки для обработки мелких деталей, а также системы очистки промышленных стоков "ВИОН" от ионов хрома, никеля, меди, цинка, кадмия, свинца и других тяжелых металлов и их соединений; очистные сооружения гальванических производств с использованием технологий различного назначения (реагентные методы, ионный обмен, вакуумное выпаривание, ультрафильтрация, электрофлотация и др.).

При строительной разработке очистных сооружений использовано оборудование отечественного и зарубежного производства (рис. 3).

НТК "Процесс" (Санкт-Петербург) — разработка и реализация комплексных проектов по разработке и реконструкции гальванических про-



а)



б)

Рис. 3. Гальваническое оборудование для нанесения покрытий: а — гальваническая линия; б — очистные сооружения гальванических производств

изводств с очистными сооружениями и инженерными системами (энерго- и водоснабжение, канализация, вентиляция, очистка воздуха, утилизация отходов, охрана окружающей среды) от блоков покрытия драгметаллами до линии подготовки горячего цинкования с ваннами объемом более 50 м³.

ОАО "Тамбовгальванотехника" им. С. И. Лившица — проектирование и изготовление автоматических и механизированных линий, а также другого оборудования для нанесения гальванических, химических и анодизационных покрытий любой сложности, в том числе многопроцессные линии с компьютерной системой управления для химической и электрохимической обработки поверхности и нанесения покрытий (линии кареточные овалынные подвесочные, линии автооператорные автоматические и механизированные), а также средства малой механизации (ванны колокольные, ванны ручного обслуживания для подготовки поверхности и нанесения покрытий, установка барабанная, установка для хромирования длинномерных штоков), запасные части к гальванооборудованию и отдельные узлы.

ООО "Гранит-М" (Уварово Тамбовской обл.) — современное гальваническое оборудование с применением полимерных материалов: трубы полипропиленовые напорные, профили полипропиленовые прямоугольного сечения, соединительные муфты, запорная арматура пластмассовая химически стойкая, емкостное оборудование объемом до 30 м³, гальванические ванны из полимерных материалов любых размеров (могут комплектоваться бортовыми отсосами, сливными и наливными патрубками), системы вентиляции и элементы к ним из полимерных материалов, барабаны гальванические, насосы для агрессивных сред, фильтровальная установка, барабанно-подвесочные гальванические линии, комплексы по очистке сточных вод гальванических производств, ванна барабанная, ванна кокольная для нанесения гальванических покрытий на мелкие детали в насыпном виде. На рис. 4 представлены отдельные узлы гальванического оборудования с применением полимерных материалов.

Промышленный выпуск химической продукции для гальванических процессов (блескообразующие, композитные и специальные присадки для цинкования, меднения, никелирования, хромирования, обезжиривания, травления, хроматирования, фосфа-



а)



б)

Рис. 4. Отдельные узлы гальванического оборудования с применением полимерных материалов: а — гальванические ванны; б — емкостное оборудование объемом до 30 м³

тирования и др.) представили ООО "Арбат" (Тольятти), ЗАО "Гальванит" (Москва), ООО "Гальванические технологии" (Нижний Новгород), ООО "Сонис" (Москва), ООО "Химсинтез" (Дзержинск Нижегородской обл.), НПФ "Экохим" (Украина), ЗАО "Хромтех" (Литва) и др.

Центр порошковых красок "Магистр" (Москва) — окраска изделий из металла, оцинкованной стали, алюминиевого профиля, металлических дверей и др.; более 200 наименований порошковых материалов ведущих европейских и российских производителей, в том числе краски с различными цветовыми эффектами (муар, антик, металлик, "крокодиловая кожа" и др.); декорирование алюминиевого профиля — технология нанесения рисунка, имитирующего фактуру дерева или камня с разнообразными фактурой и оттенками. Для улучшения качества и обеспечения долговечности порошковых покрытий применяется фосфатирование

поверхности алюминиевых и стальных изделий.

ЗАО "Блестящая линия" (Москва):

— линии порошковой окраски, линии жидкой окраски, линии катодного (электролитического окрашивания), оборудование для химической и механической подготовки поверхности, химические препараты, оборудование для очистки стоков, а также монтаж, пуско-наладочные работы, гарантийное обслуживание, обучение персонала.

На рис. 5 представлены изделия после напыления жидкими и порошковыми красками.

ООО "Ремэнерготон" (Москва) — технология NeoZinc термодиффузионного цинкования, обеспечивает высокое качество покрытия изделий из стали и чугуна и продление срока их эксплуатации. Качество покрытий соответствует требованиям российского, американского и британского стан-

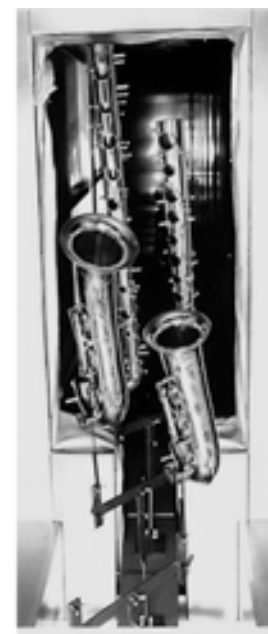


Рис. 5. Изделия после напыления жидкими порошковыми красками

дартов. Нанесенные покрытия превосходят любые виды покрытий по коррозионной стойкости, прочности, износостойкости, свариваемости, адгезионным и экологическим свойствам. Мощность производства 25 000 т металла в год. Цвет поверхностей — имитация цвета титана — от серебристо-серого до серого. Толщина покрытия от 5 до 100 мкм. Область применения: нефтедобыча и нефтепереработка, дорожное строительство, электроэнергетика, автомобильная промышленность, железнодорожный транспорт и др.

Группа компаний "Рэлтек" (Екатеринбург) — ультразвуковые ванны и установки на базе пьезокерамических преобразователей для очистки различных изделий от жировых и механических повреждений; излучатели ультразвуковые погружного типа для ультразвуковой обработки изделий без встраивания излучателя в ванну; ультразвуковой процессор для ускорения процессов растворения, приготовления эмульсий и др.; ультразвуковое оборудование, выполненное с применением магнитоотрицательных преобразователей, для интенсификации технологического процесса; ультразвуковые комплексы очистки для высокоэффективной прецизионной ультразвуковой очистки в водорастворимых щелочных моющих растворах с последующим ополаскиванием и сушкой различных изделий (рис. 6).

ООО "Промантикорзащита" (Запорожье, Украина) — термоабразивные установки ТАУ-100 и ТАУ-200 для высококачественной очистки металлических и неметаллических поверхностей от различных загрязнений и коррозии, подготовки поверхностей конструкций под нанесение защитных покрытий, обработки поверхности "старого" бетона для соединения с "новым" бетоном и др. Для работы установок необходимы сжатый воздух (источник — воздушная магистраль или передвижной компрессор), дизельное топливо или керосин (топливный бак, реактивная горелка, шланги), абразивный материал (сухой просеянный песок, дробь, корунд и др.). Преимущества термоабразивного метода очистки поверхностей по сравнению с традиционными методами пескоструйной очистки: более высокие производительность и качество очистки, очистка сложных загрязнений и покрытий, при очистке происходит подогрев, обезжиривание и активирование поверхности, уменьшение расхода абразива в 3—4 раза. Представи-

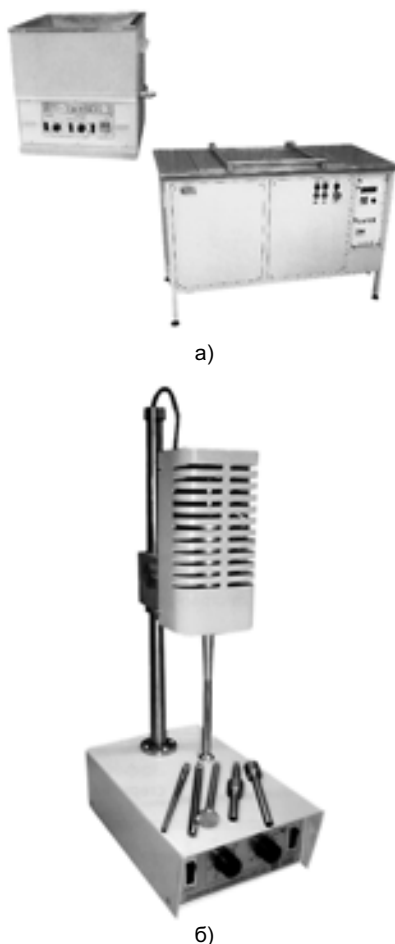


Рис. 6. Ультразвуковое оборудование: а — ультразвуковая малая ванна с объемом моечной камеры до 35 л на базе пьезокерамических преобразователей для очистки изделий; б — ультразвуковой процессор УЗП-125 для кавитационной обработки жидких сред небольших объемов

тель в России — ООО ПТК "Валентис" (Москва).

Малое предприятие "Гелий" (Москва) — оборудование для "холодной" струйной очистки и подготовки поверхностей, материалы и оборудование для "горячей" струйной очистки и металлизации поверхностей производительностью до 50 м²/ч.

Компания "Уралгрит" (Екатеринбург) — производство абразивного порошка в России и ближнем зарубежье. Объем производства составляет 380 000 т в год. Абразивный порошок, получаемый из гранулированных шлаков медеплавильного (купрошлак) и никелевого (никельшлак) производств, применяется для струйной очистки металлических поверхностей. Абразивный порошок практически полностью готов к использованию и не требует дополнительной об-

работки, экологически безопасен. Компания входит в ассоциацию промышленных предприятий речного флота. Упаковка герметична при однократной транспортировке продукции. Область применения абразивного порошка — судостроение, нефтяная и газовая промышленность, железнодорожный транспорт и др. Абразивный порошок соответствует требованиям системы качества ISO 9001.

НПП "Баромембранная технология" (г. Владимир):

— автоматические фильтрационные установки для очистки воды, предназначены для удаления растворенного железа, марганца, солей жесткости, тяжелых металлов, взвешенных примесей, органических соединений и др. методом фильтрации через зернистые наполнители. Применяются в системах подготовки воды для производственных целей и хозяйственно-бытовых нужд. Продукция сертифицирована;

— мембранные установки "Ручеек" для получения высококачественной питьевой воды производительностью от 10 л/ч до 100 м³/ч. Основной рабочий элемент установки — высококачественная нанофильтрационная мембрана, которая обеспечивает удаление до 95 % всех вредных примесей.

ЗАО "Квант минерал" (Санкт-Петербург) — сорбционная технология очистки промышленных, ливневых и других стоков от ионов тяжелых металлов, взвешенных веществ, нефтепродуктов, красителей и других загрязняющих примесей до норм ПДК с помощью активированного алюмосиликатного адсорбента "Глинт".

Преимущества адсорбента: высокая степень очистки, низкая себестоимость, отсутствие вторичного загрязнения воды, неограниченный срок службы, возможность использования для строительства очистных сооружений конструктивных сталей без антикоррозионных покрытий благодаря снижению коррозионной активности очищенной воды.

РХГУ им. Д. И. Менделеева, "Экологические технологии" (Москва)

разработка, изготовление и внедрение технологий и оборудования для водоочистки и водоподготовки производительностью от 1 до 10 м³/ч. Оборудование имеет гигиенический сертификат и сертификат соответствия. Осуществляется шеф-монтаж, пуско-наладочные работы, обучение персонала, авторский надзор;

— погружной электрохимический модуль, практически устраняет вынос ионов тяжелых металлов в сточные воды за счет их извлечения из ванн улавливания, установленных после ванн электрохимической и химической обработки деталей, ликвидирует периодический сброс отработанных технологических растворов путем их регенерации или утилизации непосредственно в рабочей зоне, позволяет эксплуатировать гальванический цех (участок) без очистных сооружений (в условиях крупномасштабного производства необходимость очистных сооружений не устраняется).

НПК "Регенератор" (Москва) — бессточная технология гальванических процессов, основанная на принципе очистки воды по "замкнутому циклу" с использованием фильтрующего элемента — минерально-углеродного сорбента. В состав оборудования входят установки для регенерации промывочных вод и трехступенчатой промывки с возвратом удаленного электролита в рабочий процесс. Степень очистки промывочной воды соответствует технологическим нормам для гальванических процессов — 40 мг/л, производительность 400 л/ч. Гарантия на сорбент 10 лет. Преимущества бессточной технологии: нет сброса стоков, отсутствует необходимость очистки стоков, прекращается потребление воды, процесс экологически чистый, простота в управлении установкой (рис. 7).

ООО "АСК-рентген" (Санкт-Петербург) (официальный представитель немецкой компании Helmut Fischer GmbH + Co):

— портативный толщиномер Dualscope Mrog для измерения толщины лакокрасочных и пластиковых покрытий из немагнитных материалов (алюминия, меди, стали) с использованием вихревого метода, а также покрытий из цинка, хрома, лакокрасочных и пластиковых покрытий по железу и стали с использованием метода магнитной индукции. Передача данных через радиоприемник в компьютер позволяет в режиме реального времени обрабатывать результаты измерений в диапазоне до 2000 мкм (рис. 8);

— измерительные приборы Fischerscope H100C для оценки микротвердости, пластичности, эластичности и других свойств материалов.



Рис. 7. Установка для регенерации промывочных вод УРПВ-2

Измерительная система, управляемая компьютером, осуществляет в автоматическом режиме измерение микротвердости материалов в соответствии с международными стандартами.

НПЦ "Кропус" (Ногинск Московской обл.) — современные портативные приборы неразрушающего контроля: ультразвуковые дефектоскопы-толщинометры общего и специального назначения, универсальные

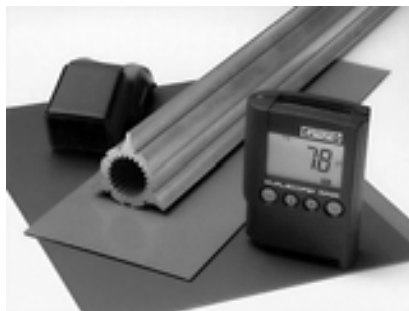


Рис. 8. Измерение толщины лакокрасочных и анодированных покрытий по алюминию с помощью портативного толщиномера Dualscope Nipor

промышленные многоканальные установки контроля, сканирующие системы для ультразвукового контроля, портативные импульсные коэрцитиметры, универсальные вихревые дефектоскопы, вихревые толщинометры покрытий, динамические твердомеры, технические эндоскопы, импедансные дефектоскопы и др.

ЗАО "Константа" (Санкт-Петербург) — приборы для комплексного контроля защитных покрытий всех типов и подготовки лакокрасочных материалов: многофункциональные толщинометры, индукционные толщинометры, дефектоскопы электроискровые, твердомеры лакокрасочных покрытий, приборы для определения прочности пленок при ударе, ультразвуковые толщинометры серии "Булат" для измерения толщины изделия, в том числе под защитными покрытиями, в процессе изготовления и эксплуатации, твердомеры металлов, резины и пластмасс.

ЗАО "Оборудование для неразрушающего контроля" (Москва) (официальный представитель фирм Elcometer Instruments Ltd и Oxford Instruments Ltd) (Великобритания):

— бесконтактный измеритель толщины порошкового покрытия Elcometer 550, толщиномер покрытий Elcometer 456, недавно внедренный в производство, самый современный из имеющихся аналогичных приборов, толщиномер автомобильной краски Elcometer 355, толщинометры покрытий разрушающего типа, портативный электроискровой дефектоскоп Elcometer 236, наборы для контроля качества покрытий и др.;

— рентгенофлуоресцентный анализатор покрытий X-Strara 960 для качественного и количественного анализа различных материалов, а также определения толщины покрытий и их элементного состава на различных материалах (рис. 9). Область применения: анализ одно- и многослойных покрытий, состава покрытий (до 25 элементов одновременно), качественный анализ.

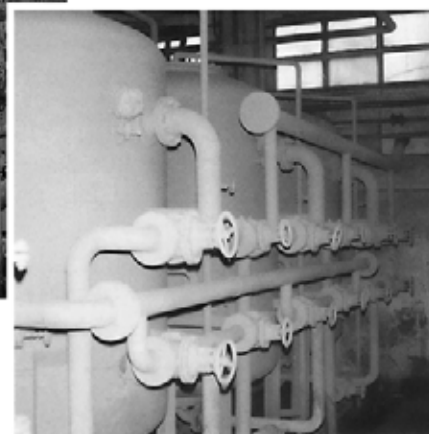
ЗАО "Панатест" (Москва) (официальный представитель в России ряда зарубежных фирм — DeFelsko (США), Pswi (Австралия), Time Grug Inc. — приборы для контроля качества покрытий и портативные измерительные приборы: ультразвуковой толщиномер, приборы для контроля окружающей среды, измерители толщины порошкового покрытия, толщинометры покрытий разрушающего типа, магнитомеханические толщинометры, подготовка поверхности мате-



Рис. 9. Рентгенофлуоресцентный анализатор покрытий X-Strata 960 для качественного и количественного анализа различных материалов



Рис. 11. Внешний вид изделия до (а) и после (б) нанесения цинкового покрытия Zinga



б)



Рис. 10. Линия для нанесения гальванических покрытий

риалов, твердомеры динамические, профилометры, дефектоскопы ультразвуковые и др.

Среди зарубежных фирм и компаний, отражающих прогрессивные тенденции в области технологий обработки поверхности и покрытий, можно отметить следующие.

MANZ GALVANO-TECHNIK GmbH (Германия) — линии для гальванических покрытий, химико-гальванической металлизации печатных плат диаметром от 0,1 мм и более, линии для общей гальваники. Гальванические линии оснащены современными системами контроля технологических параметров, что позволяет повысить производительность и конкурентоспособность выпускаемой продукции, снизить затраты на электроэнергию, воду, химикаты и обработку стоков. В состав гальванической линии могут входить установка для получения деионизированной воды, станция нейтрализации стоков, оборудование для охлаждения ванн (рис. 10).

Официальным представителем фирмы являются ООО "РТС Инжиниринг" (Москва).

AQUACOMP HARD S.R.O. (Чеш-

ская Республика) осуществляет комплексные поставки технологических установок для гальванической, химической и предварительной обработки поверхностей, обезжиривания, электрофорезного нанесения краски, обезвреживания промышленных сточных вод.

Фирма "Матусевич Станко-строение" АО (Польша) — линии для обработки печатных плат, гальванических цехов, оборудование и элементы, применяемые в химических процессах, а также нанесение гальванических покрытий, соответствующих требованиям европейской норм и автомобильной промышленности.

Американская компания GRACO — различное окрасочное и перекачивающее оборудование: аппараты от малого до высокого давления для воздушного, безвоздушного, комбинированного, электростатического методов распыления, а также аппараты с пневматическим, электрическим и бензиновым приводами. Аппараты Graco имеют все необходимые международные и российские сертификаты и свидетельства.

ООО "Антикор Композит" (Санкт-Петербург) — официальный дистрибьютор фирмы Graco).

Компания Zinga Metall (Бельгия) — уникальный способ цинкования с использованием тонкопленочного цинкового покрытия Zinga, сопоставимый с горячим цинкованием, прежде всего по срокам эксплуатации при аналогичной толщине цинкового слоя. Цинковое покрытие Zinga предотвращает коррозию металла за счет сочетания активного (катодного) и пассивного (пленочного) методов защиты, превосходит по эффектив-

ности традиционный способ горячего цинкования, особенно в агрессивных средах, наносится обычным распылением, окунанием, кистью или валиком как в цехе, так и непосредственно на рабочей площадке без демонтажа металлических конструкций (что необходимо при горячем цинковании); применяется в различных отраслях промышленности, строительстве и на транспорте, а также для ремонта изделий из черных металлов и восстановления ранее оцинкованных поверхностей (рис. 11). Покрытие Zinga сертифицировано в России, Белоруссии и на Украине. Официальный представитель — ООО "ОСТ" (Москва).

Компания "Дистек" (Израиль) — новый экологически чистый процесс термодиффузионного цинкования для нанесения антикоррозионного цинкового покрытия на детали любой формы из стали и чугуна. Метод основан на использовании одноразовой насыщенной цинковой смеси, основным преимуществом которой является отсутствие необходимости в балластной добавке. Процесс проводится в закрытом контейнере при температуре нагрева 320—450 °С. Технология не требует очистки деталей от следов ржавчины, остатков масла и СОЖ. Пассивация деталей производится в фосфатных растворах и может быть совмещена с вибровыглаживанием. Свойства покрытия: толщина от 15 до 120 мкм, коррозионная стойкость до 1500 ч в камере соляного тумана, повышенная твердость, износо- и термостойкость, отсутствие водородного охрупчивания.

Покрытие соответствует требованиям российского и европейских стандартов. Процесс термодиффузи-



Рис. 12. Линия для термодиффузионного цинкования на основе печи "ДИС-ТЕК 450" со сменной ретортой (загрузка до 600 кг)

онного цинкования зарегистрирован в России под торговыми марками "Дистек" и "Викторкор". Для данной технологии цинкования компания "Дистек" разрабатывает и поставляет линии нескольких типов производительностью от 50 до 5000 кг/ч с печами различных типов (рис. 12).

Группа фирм Wheelabrator Group — оборудование и технологии для дробеструйной и дробеметной обработки поверхностей, а также окрасочные технологии. Номенклатура выпускаемого оборудования охватывает все технологические процессы — очистки литья, удаления окалины, удаления заусенцев, придания шероховатости, дробенаклепа, удаления ржавчины и др. Основные производственные группы оборудования для обработки поверхности: пневматические дробеструйные установки, установки с дробеметным колесом, моечные, покрасочные и сушильные системы. Официальный представитель — ООО "Интер Ресурс" (Москва).

Фирма Rösler (Германия) — дробеметная, дробеструйная и специальная техника: дробеметная установка с поворотной камерой, дробеструйные кабины, дробеметная установка для снятия заусенцев с деталей из терморезистивной пластмассы;

специальная техника для обработки поверхностей, облагораживания и подготовки поверхности для авиационной промышленности; линии консервации (сохранения) с камерой предварительного обогрева, дробеметной установкой, покрасочной установкой и сушилкой в одной системе (рис. 13).

Фирма (единственная на международном рынке) предлагает собственные испытательные центры для дробеметной/дробеструйной обработки (более 95 установок) поверхности.

Фирма Befeld System GmbH (Германия) — продукты для обработки алюминия и алюминиевых сплавов, углеродистых и коррозионно-стойких сталей, выпрямители для гальванических производств, установка для окрашивания анодированного алюминия.

Эксклюзивный представитель фирмы — **немецкая фирма "Вопелиус Хеми АГ"**, имеющая свое представительство в Москве и являющаяся разработчиком и поставщиком добавок и химикатов для процессов обработки поверхностей (композиции для апассивации цинковых покрытий, травления коррозионно-стойкой стали, промышленные очистители, фосфатирующие концентраты).

Компания Serfilco (США) — оборудование для работы с жидкостями: насосное оборудование, системы фильтрации и очистки, вспомогательное оборудование.

В рамках выставки состоялись презентации, семинары, обучающие программы и Международная конференция "Покрyтия и обработка поверхности (качество, эффективность, конкурентоспособность)". Открыл конференцию президент РГО им. Д. И. Менделеева, акад. П. Д. Саркисов. Всего было заслушано 19 основных докладов, среди которых "Современное состояние и перспективы развития гальванотехники и обработки поверхности в России и за рубежом. Об интернет-сайте Российского

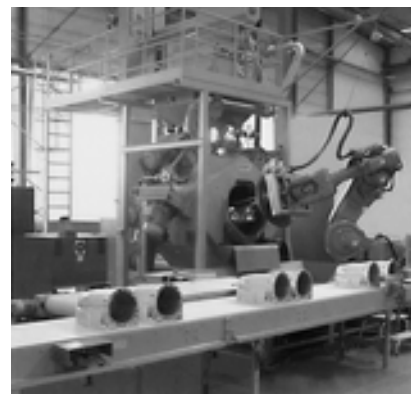


Рис. 13. Роботобластер Rrob — высокопроизводительная дробеметная система с однорукавным роботом для удаления заусенцев, упрочнения, очистки поверхности "чувствительных" деталей и деталей больших размеров

общества гальванотехников" (В. Н. Кудрявцев, РХТУ им. Д. И. Менделеева), "Современное гальваническое производство. Комплексные решения" (Н. А. Овечко, ООО НТК "Процесс", Санкт-Петербург), "Гальванотехника в европейской автомобильной промышленности" (П. МакКласки, "Ато-тех-хемета", Германия, Россия, Литва), "Применение энерго- и ресурсосберегающих технологий для очистки сточных вод гальванических производств" (В. Ф. Павлова, ООО НПП "БМТ", г. Владимир), "Нормы ПДК и пути решения экологических проблем гальванических производств в европейских странах" (W. Vaug, Германия) и др.

Выставка и конференция "Покрyтия и обработка поверхности" осветили вопросы повышения качества обработки поверхности как одного из определяющих факторов повышения ресурса технологического оборудования наряду с вопросами обеспечения экологической безопасности, а также привлечения инвестиций в наукоемкие технологии.

Ан. А. Сулов, канд. техн. наук

Внимание! Информация

18 мая 2007 г. состоялось собрание представителей Российской инженерной академии. В ходе работы собрания были заслушаны доклады президента РИА Б. В. Гусева "Отчет о работе Российской инженерной академии за 2006 г." и "Использование достижений науки и техники, разработок предприятий космической промышленности в различных отраслях экономики".

Были избраны новые члены академии: 52 члена-корреспондента и 24 академика, среди которых 5 представителей зарубежных стран.

Участники собрания приняли решение, в котором отражены основные итоги деятельности академии в 2006 г.; приоритетные направления деятельности в 2007—2008 гг., сформулированы развернутые и аргументированные предложения по развитию отечественной экономики для представления в Правительство РФ.

Перечень сокращений и условных обозначений в области сварки и родственных технологий¹

MAC

metal-arc cutting

дуговая резка металлическим электродом

MAGW

metal arc active gas welding

дуговая сварка металлическим (плавящимся) электродом в активном газе (МАГ)

MEPSE

multi-electrode plasmatron with split electrode

многоэлектродный плазматрон с расщепленным электродом (МЭПРЭ)

MIABW

magnetically impelled arc butt welding

магнитоуправляемая (стыковая) сварка

MIGW (MIG)

inert gas metal arc welding

дуговая сварка металлическим (плавящимся) электродом в инертном газе (МИГ)

MMAS

manual metal arc surfacing

ручная дуговая наплавка металлическим электродом

MMAW (MMA)

manual metal arc welding

ручная дуговая сварка металлическим электродом

MOSFET

metal-oxide-semiconductor field-effect transistor

полевой транзистор со структурой металл—оксид—полупроводник

MPI

magnetic particle inspection

магнитная дефектоскопия

MTBF

mean time between failures

средняя наработка на отказ

N&T

normalized & tempered

нормализованный и отпущенный

NAA

neutron activation analysis

нейтронография

NASSCO

National Steel and Shipbuilding Co. (U. S.)

Американская сталеплавильная и судостроительная компания

NC

numerical control

¹Материал подготовлен сотрудниками ИЭС им. Е. О. Патона В. Н. Бернадским, Т. К. Василенко, Н. Д. Дмитриевой, О. С. Осыка, Н. Г. Хоменко. Продолжение. Начало — см. "Сварочное производство". 2007. № 5, 6.

цифровое управление [числовое (программное) управление]

NDE

nondestructive examination

неразрушающее исследование

NDI

nondestructive inspection

неразрушающий контроль

NDT

nondestructive testing

неразрушающий контроль

NRTW

near real-time welding monitor

устройство для оперативного контроля сварки

NTW

non-pressure thermit welding

термитная сварка без сжимающего усилия

OAW

oxyacetylene welding

ацетилено-кислородная сварка

OC

oxygen cutting

газопламенная [кислородная] резка

OFC

oxyfuel gas cutting

газовая [автогенная] резка

OFC-A

oxyfuel cutting — acetylene

ацетилено-кислородная резка

OFC-H

oxyfuel cutting — hydrogen

кислородно-водородная резка

OFC-N

oxyfuel cutting — natural gas

газопламенная [кислородная] резка с использованием природного газа

OFC-P

oxyfuel cutting — propane

газопламенная [кислородная] резка с использованием пропана

OFD

oxyfuel detonation (spray)

газо-детонационное (напыление)

OFP

oxyfuel powder (spray)

газо-порошковое (напыление)

OFW

oxyfuel gas welding

газовая сварка

OHW

oxyhydrogen welding

кислородно-водородная сварка

PAC

plasma arc cutting

плазменная резка [резка сжатой дугой]

PAH

plasma arc heater

плазменно-дуговой нагреватель (ПДН)

PALC

plasma-augmented laser cladding

лазерно-плазменная наплавка

PA-PVD

plasma-assisted physical vapor deposition

плазменное физическое осаждение из паровой фазы

PAW

plasma arc welding

плазменная сварка [сварка сжатой дугой]

PC

pulsating current

пульсирующий ток

PCTR

plasma carbothermic reduction

плазменное карботермическое восстановление (ПКВ)

PDM

pulse-duration modulation

широотно-импульсная модуляция (ШИИМ)

PFC

power factor corrector

компенсатор коэффициента мощности

PE-CVD

plasma-enhanced chemical vapor deposition

плазменное химическое осаждение из паровой фазы

PEW

percussion welding

ударная сварка

PGW

pressure gas welding

газопрессовая сварка

PH

precipitation hardening

дисперсионное твердение [упрочнение]

PHC

plasma heating complex

плазменный нагревательный комплекс (ПНК)

PIDC

proportional-integral-derivative controller

пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор (ПИДР)

PLC

programmable logic controller

программируемый логический контроллер (ПЛК)

PLF

plasma ladle furnace

плазменная ковш-печь (ПКП)

PLM

product lifecycle management

управление жизненным циклом изделия

PLPR

plasma liquid-phase reduction

плазменное жидкофазное восстановление [бескоксовая металлургия] (ПЖФВ)

PMZ
partially melted zone
зона частичного расплавления
POC
1. **powder oxygen cutting**
кислородно-флюсовая резка
2. **plasma oxygen cutting**
кислородно-плазменная резка
PQR
performance qualification record
протокол оценки работы
PS
plasma spraying
плазменное напыление

PTA
plasma transferred arc
плазменная дуга прямого действия
PTAW
plasma transferred-arc welding
плазменная сварка дугой прямого действия
PTCR
plasma thermochemical reduction
плазменное термохимическое восстановление
PTW
pressure thermit welding

термитная сварка в пластическом состоянии [термитная сварка с применением давления]
PW
projection welding
рельефная сварка
PWHT
postweld heat treatment
термическая обработка после сварки
PWM
pulse-width modulation
широотно-импульсная модуляция (ШИМ)

БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 621.791.(05)(-87):016

Содержание зарубежных журналов по сварке¹

SCHWEISSEN UND SCHNEIDEN (№ 11, 2006, Германия)

Установка для одновременной комплектации и сварки приборных щитков. S. 586—587.

Склеивание и "отклеивание" при нажатии кнопки. S. 588.

Eckstein J. и. а. Анализ видов отказа наполовину полых штампованных заклепок. S. 594—601.

Anagreh N. и. а. Предварительная обработка поверхностей сульфида полифенила (PPS). S. 602—607.

Grund T. и. а. Разработка способа пайки в контролируемой атмосфере для соединения алюминиевых литых и алюминиевых деформируемых сплавов. S. 608—613.

Spiegel-Ciobanu V. E. Новые BG-правила "Сварочный дым" (BGR220). S. 614—619.

Schmidt R. и. а. Поверхностные эффекты компонентов пайки без свинца. S. 620.

Конференция "Защита деталей от износа наплавкой". S. 620—627.

SOUDAGE et TECHNIQUES CONNEXES (Vol. 60, N 1/2, 2006, Франция)

Преимущества способа сварки с переносом металла "холодной" дугой благодаря отсутствию разбрызгивания. P. 13.

Орбитальная установка с цифровым управлением и несколькими парами горелок для прокладки морского газопровода в юго-восточной Азии. P. 16.

Институт сварки начинает два проекта по совместным исследованиям: способы сварки тонких листов и методы контроля для замены гамма-дефектоскопии. P. 17.

Как защитить глаза от лазерного излучения. P. 21.

Рекомендации по сопротивлению усталости сварных соединений из алюминиевого сплава. P. 34—38.

(Vol. 60, N 3/4, 2006, Франция)

Новинки в области сварки. P. 8—16.

Соглашение о сотрудничестве между французскими фирмами по программе цифрового моделирования в области сварки. P. 21.

Наиболее эффективные и комплексные методы неразрушающего контроля. Ч. 1. P. 31—33.

Роботизированная ТИГ-сварка со встроенной подачей проволоки. P. 35—39.

Свойства металла шва современных высокопрочных сталей. P. 40—45.

(Vol. 60, N 5/6, 2006, Франция)

Прогресс в применении цифрового управления и роботов для сварки. P. 10—11.

Эффективное применение пасты, защищающей от прилипания горелки, и сварочное оборудование. P. 12.

Сварка лазерным лучом с тремя электрическими дугами. P. 13.

Защита сварщиков от воздействия металлов. P. 15.

Наиболее эффективные и комплексные методы неразрушающих испытаний. P. 22—28.

Способ К-ТИГ — новая технология сварки, сочетающая качество и производительность. P. 29—37.

(Vol. 60, N 7/8, 2006, Франция)

Прочные сварные швы гоночных автомобилей для "Формулы 1". P. 12—13.

Пары, образующиеся при сварке: предельно допустимые величины, оценка риска, меры предупреждения. P. 30—34.

Свойства металла шва современных высокопрочных сталей. Ч. 2. P. 35—38.

TRANSACTION of JWRI (Vol. 35, N 1, 2006, Япония)

Komizo Y. Прогресс в области конструкционных сталей для мостов и трубопроводов. P. 1—7.

Tanaka M. et al. Характеристики дуги при сварке вольфрамовым электродом в CO₂.

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).

Katayama S. et al. Физические явления и механизм предупреждения пористости при гибридной лазерно-дуговой сварке. Р. 13—18.

Zhang R. et al. Электронно-лучевая сварка с активирующим флюсом. Р. 19—22.

Kobayashi A. et al. Получение металлоглазненного покрытия на основе железа. Р. 23—27.

Fahim F. et al. Оптимизация тока пушки для получения пленок карбида кремния с помощью плазменного напыления туннельного типа. Р. 29—33.

Morks M. et al. Микроструктура и твердость биомедицинских покрытий, напыленных плазмой. Р. 35—39.

Zhang J. et al. Теплопроводность композиционных покрытий на основе ZrO_2 , полученных атмосферным плазменным напылением туннельного типа. Р. 41—46.

Fuji H. et al. Сварка трением с перемешиванием сверхмелкозернистых IF и углеродистых сталей. Р. 47—52.

Ye F. et al. Структура и механические свойства сварных соединений разнородных материалов ADC12 и A5083, полученных сваркой трением с перемешиванием. Р. 53—56.

Kato H. et al. Испытания с помощью наноиндентора для оценки твердости по Виккерсу. Р. 57—61.

Sakino Y. et al. Применение тонкого стального листа с трещиной для оценки усталостного повреждения мостов. Ч. 1. Исследование метода оценки и применимости при нагрузках постоянной амплитуды. Р. 63—70.

Murakawa H. et al. Фрактальный многосеточный метод для крупномасштабного моделирования механических и термических параметров. Р. 71—75.

Liang W. et al. Численное исследование деформации толстолистовой стали при изгибе в процессе линейного нагрева. Р. 77—82.

Serizawa H. et al. Анализ методом конечных элементов керамических композиционных материалов с одно-

сторонним нахлесточным соединением с использованием интерфейсного элемента. Р. 83—88.

Zhang L. et al. Анализ роли дополнительной боковой подачи газа при сварке CO_2 -лазером. Р. 89—94.

TWI CONNECT (Issue 144 September/Oktober, 2006, Англия)

Расходуемые сварочные материалы. Ч. 3. Р. 4—5.
Изготовление железнодорожных вагонов, стойких к ударным нагрузкам. Р. 6.

Первые паспорта, выданные в соответствии с национальной системой обучения сварщиков. Р. 8.

WELDING AND CUTTING (N 5, 2006, Германия, Англия, Франция)

Гибкое производство трубчатых конструкций в соответствии с требованиями. Р. 242—243.

Установка для сварки приборных панелей. Р. 244—245.

Лазерная сварка электропневматических преобразователей, изготовленных из полиамида. Р. 246—247.

EuroBLECH 2006 — всемирная выставка по металлообработке листовых изделий. Р. 252—260.

Метод определения качества кромок после машинной резки — коэффициент режущей кромки. Р. 262—263.

Лента, армированная стекловолокном — наиболее эффективное решение для подкладки под шов. Р. 264—265.

Pisarski H. et al. Оценка механики разрушения кольцевых сварных швов трубопроводов. Р. 268—272.

McPherson N. Снижение деформации тонколистовых материалов благодаря правильному руководству и выбору технологии. Р. 277—282.

Исследование методов измерения и контроля выделения озона в процессе сварки. Р. 287—295.

УДК 621.791(088):16

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

Установка для диффузионной сварки содержит сварочную камеру, расположенный в ней шток с торцевой выемкой для нагружения свариваемых деталей и устройство для механической очистки свариваемых поверхностей. Отличается тем, что для упрощения конст-

рукции устройство для механической очистки выполнено в виде подпружиненного пуансона со спиральными канавками, в которых расположены ползуны, а в штоке выполнены отверстия, в которые вставлены концы ползунов. 888409 (A1). В. М. Дробчик, А. И. Исаев, В. Г. Ломоносов и др. [10].

Устройство для сварки труб теплообменника содержит оптический квантовый генератор и систему зеркал, фокусирующую генерируемый лазерный луч в зоне сварки. Отличается тем, что для упрощения процесса сварки на выходе из генератора установлен расщепитель луча, образующий вторую оптическую ветвь, снабженную системой зеркал с фокусировкой в зоне сварки со стороны, противоположной фокусировке первой системы зеркал. 807757 (A1). В. А. Газин, В. Б. Золотых, М. М. Милько. [10].

Способ упрочнения лемехов плугов из среднеуглеродистых и высокоуглеродистых сталей сварочным армированием. Отличается тем, что в качестве на-

* 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.

плавляемого материала используют низкоуглеродистый электродный материал, который наплавляют на рабочую поверхность в виде параллельных друг другу валиков, каждый последующий из которых наносят со скоростью, обеспечивающей образование закалочной структуры после остывания предыдущего. 2274526 (С2). А. М. Михальченко (RU), Ю. М. Ганеев (RU), С. И. Будко (RU), Д. А. Капошко (RU). Брянская государственная сельскохозяйственная академия (RU). [11].

Видеосенсорное устройство для определения положения сварного шва содержит закрепленную на сварочной горелке фотоприемную камеру, имеющую фотоприемник излучения от сварочной дуги, отраженного под углом от освещенной полосы, пересекающей линию соединения вблизи места сварки для получения трехмерной информации о свариваемом соединении, зазоре или сечении разделки и превышении кромок, выполненном на основе ПЗС-матрицы, интерференционный фильтр, объектив и сменное входное окно и преобразователь излучения от сварочной дуги в освещенную полосу. Отличается тем, что преобразователь излучения от сварочной дуги в освещенную полосу выполнен в виде экрана, закрепленного на сварочной горелке с образованием щели между экраном и свариваемым изделием, обеспечивающей прохождение излучения от дуги, отражение его от поверхности свариваемого изделия и попадание на фотоприемную камеру. 2274527 (С1). В. А. Дурынин (RU), Т. И. Титова (RU), Э. С. Каган (RU) и др. ООО "ОМЗ-Спецсталь" (RU). [11].

Способ изготовления пакетов для производства крупногабаритных плакированных листов включает шлифовку и обезжиривание контактируемых поверхностей металла основного и плакирующего слоев перед сборкой, сборку пакета и его сжатие для уменьшения зазора между слоями, предварительное выполнение ручной дуговой сваркой подслоя с последующей продувкой межконтактного пространства инертным газом и вакуумированием, автоматическую дуговую сварку пакета, повторное вакуумирование по окончании сварки и отпуск сварного шва, совмещенный с нагревом под прокатку. Отличается тем, что собранный пакет фиксируют ручной дуговой сваркой обратно-ступенчатым способом электродами аустенитного класса с образованием валика по торцу плакировки, подслои выполняют наплавкой из двух слоев электродами аустенитного и аустенитно-ферритного классов, автоматическую дуговую сварку выполняют проволокой аустенитного и аустенитно-ферритного классов, а отпуск сварного шва осуществляют в нагревательной печи при температуре 400—720 °С с последующей выдержкой.

Устройство и способ для соединения торцов деталей. 1. *Устройство соединения торцов рельсов* с большой продольной протяженностью из закаливаемых сталей или сплавов посредством сварки трением. Отличается тем, что устройство для сварки трением имеет регулируемые относительно друг друга зажимные средства для концов рельсов, и эти зажимные средства имеют возможность кругового перемещения вокруг оси X с отклонением от нее относительно противоположащего зажимного средства параллельно плоскости поперечного сечения рельсов, а также неподвижного позиционирования соосно с рельсами, причем для перемещения и соосной установки зажимных средств предусмотрено по одному активно присоединенному, приводному и регулируемому

с отклонением от оси вращения эксцентрику. 2. *Способ соединения рельсов* с большой продольной протяженностью из закаливаемых сталей или сплавов посредством сварки трением. Отличается тем, что концы рельсов, снабженные плоскими перпендикулярными оси поверхностями поперечных сечений, в дальнейшем на этапе нагрева прижимают друг к другу и концы рельсов перемещают по кругу вокруг оси X соединения с отклонением от нее относительно противоположащего конца другого рельса и таким образом в торцовых областях создают повышенную температуру или, соответственно, температуру соединения, после чего осуществляют соосное ориентирование рельсов при их неподвижном положении и к сварочной области прикладывают повышенное давление для образования по всей поверхности металла соединения концов рельсов. 2274529 (С2). Х. Пфайлер (АТ). "Фоестальпине Шинен ГмбХ" (АТ). [11].

Способ сварки трением, осуществляемый в температурном интервале сверхпластичности металла одной из заготовок, включает стадию нагрева, на которой заготовки приводят в относительное вращение, и стадию проковки, осуществляемую после прекращения вращения. Отличается тем, что стадию нагрева при частоте вращения шпинделя машины 1—2,5 с⁻¹ разбивают на предварительный и выравнивающий разогрев, причем предварительный разогрев заканчивают при достижении температуры в зоне стыка 450—550 °С в зависимости от стали и диаметра соединяемых заготовок, на стадии выравнивающего разогрева давление к свариваемым заготовкам прикладывают импульсно от 2 до 5 импульсов для плавного достижения температурного интервала сверхпластичности по всей зоне физического контакта, при этом давление разогрева в паузах составляет 30—60 % давления в импульсе, а продолжительность пауз и импульсов давления нагрева 1—3 с. 2274530 (С1). Е. А. Трущенко (RU), С. Ф. Гнусов (RU), Б. Ф. Советченко (RU), Н. А. Азаров (RU). Томский политехнический университет (RU). [11].

Способ подготовки к сварке изделий с серебряным покрытием характеризуется удалением с поверхности сульфидной пленки Ag_2S путем отжига в кислороде при 250—350 °С в течение 15—45 мин и последующим восстановлением серебра из оксида путем отжига в водородной среде при 350—400 °С в течение 3—10 мин. 2274531 (С2). В. В. Зенин (RU), Ю. Е. Сегал (RU), Ю. Л. Фоменко (RU) и др. Воронежский ГТУ (RU), ООО КТЦ "Электроника" (RU). [11].

Способ термитной сварки, при котором приваривают один металлический элемент к другому с помощью термитной смеси в сварочной камере, выполненной из материала с высокой точкой плавления, имеющей каналы для выхода газа и термитного шлака. Отличается тем, что привариваемый конец первого элемента вводят в сварочную камеру через отверстие в ее стенке и фиксируют в теплоотводящей трубке, выполненной из металла с более высокой, чем у первого элемента, точкой плавления, при этом теплоотводящую трубку располагают на поверхности второго привариваемого металлического элемента, выполненного из более тугоплавкого материала, чем материал первого элемента, термитную смесь используют в виде сформованного цилиндрического стержня с оболочкой, который устанавливают в центральное отверстие сварочной камеры, а в процессе сварки производят подплавление теплоотводящей труб-

ки с обеспечением закрепления первого элемента внутри нее и приварки ее к поверхности второго элемента. 2274532 (С1). А. К. Шкода (RU). ООО "Велд Форс" (RU). [11].

Три детали, соединенные сварным соединением. 1. *Сварное соединение* первой, второй и третьей деталей, которые соединены между собой посредством замкнутого сварного шва и из которых одна деталь в начальной и конечной точках сварного шва имеет выемку для дегазации сварочной ванны со стороны корня. 2. *Способ изготовления сварного соединения* по одному из предыдущих пунктов, при котором предварительно собирают первую, вторую и третью детали, сварку начинают в зоне выемки, непрерывно продолжают ее и заканчивают там, где она была начата в зоне выемки. 2274533 (С2). Б. Кастнер. "Эндресс + Хаузер ГмБХ + + Ко.КГ" (DE). [11].

Состав электродного покрытия для дуговой сварки содержит мрамор, рутил, ферромарганец, ферросилиций и плавиковый шпат. Отличается тем, что в него дополнительно введены кварцевый песок, талькомагнезит и сода при следующем соотношении компонентов (%): 49,5—51,0 мрамора; 5,0—6,0 рутила; 4,5—5,5 ферромарганца; 8,0—9,0 ферросилиция; 23,0—25,0 плавикового шпата; 1,5—2,5 кварцевого песка; 3,5—4,5 талькомагнезита; 1,0—1,5 соды. 2274534 (С2). С. О. Гордин (RU), Б. М. Лебошкин (RU), В. Н. Шадрин (RU) и др. ОАО "Западно-Сибирский металлургический комбинат" (RU). [11].

Состав порошковой проволоки содержит оболочку из низкоуглеродистой стали и порошкообразную шихту, включающую рутиловый концентрат, полевой шпат, электрокорунд, кремнефтористый натрий, ферромарганец, ферросилиций, магний, железный порошок. Отличается тем, что магний и рутиловый концентрат введены в шихту в отношении 1:12, а электрокорунд и полевой шпат в отношении 1:2 при следующем содержании компонентов (%): 4,8—8,4 рутилового концентрата; 0,8—1,4 полевого шпата; 0,4—0,7 электрокорунда; 0,2—0,5 кремнефтористого натрия; 0,2—0,6 ферросилиция; 1,0—2,7 ферромарганца; 0,4—0,7 магния; 3,0—5,5 железного порошка; остальное — сталь оболочки. 2274535 (С2). А. А. Аверьянов (RU), В. В. Рыбин (RU), М. Г. Шарапов (RU) и др. ОАО "Череповецкий сталепрокатный завод" (RU). [11].

Способ изготовления композиционной порошковой проволоки для наплавки сплава на основе алюминиды никеля Ni₃Al, содержащей двуслойную оболочку, внутренний слой которой выполнен из пластичного металла, а наружный — из никеля, включает формирование из лент U-образных профилей слоев оболочки из пластичного материала и никеля, заполнение шихтой U-образного профиля внутреннего слоя оболочки, расположение технологических стыков U-образных профилей оболочек диаметрально противоположно один относительно другого и совместное обжатие. Отличается тем, что внутренний слой формируют из алюминиевой ленты, шихта содержит порошки Al, Ni для заполнения пустот в процессе совместного обжатия слоев, при этом в U-образный профиль одновременно с шихтой вводят проволоочные компоненты из Ta, W, Mo, располагая их коаксиально оболочке, при этом толщины слоев оболочки берут в следующих пределах: для никелевого 0,4—0,8 мм, для

алюминиевого 0,076—0,185 мм, для выполнения соотношения

$$\frac{Ni_{\text{ших}} + Ni_{\text{обол}}}{Al_{\text{ших}} + Al_{\text{обол}}} = 6,52,$$

где Ni_{ших}, Ni_{обол}; Al_{ших}, Al_{обол} — масса никеля и алюминия в шихте и в никелевом и алюминиевом слоях порошковой проволоки (%). 2274536 (С2). С. Н. Цурихин (RU), Г. Н. Соколов (RU), В. И. Лысак (RU), И. В. Зорин (RU). Волгоградский ГТУ (RU). [11].

Система дуговой сварки. 1. *Электросварочный аппарат* содержит первый источник питания с первым выходом, создающий первый выходной переменный ток между электродом и свариваемой деталью, и второй источник с вторым выходом, создающий второй выходной переменный ток между электродом и свариваемой деталью. 2. *Система дуговой сварки* для создания первых колебаний поперек первого зазора между первым электродом и свариваемой деталью и вторых колебаний поперек второго зазора между вторым электродом и свариваемой деталью при перемещении электродов относительно детали. Отличается тем, что включает два источника питания для создания одних из упомянутых колебаний, причем, одни колебания создаются некоторыми импульсами тока, следующими с частотой 18 кГц, с амплитудой каждого импульса, управляемой формирователем колебаний и схемой, синхронизирующей первые и вторые колебания. 3. *Устройство для дуговой сварки* коротким замыканием двух размещенных с зазором концов свариваемой детали, которая определяет зазор, путем расплавления подаваемой электродной проволоки и помещения расплавленной проволоки в зазор до частичного соединения упомянутых двух размещенных с зазором концов. Устройство содержит основной аппарат для дуговой сварки, имеющий, по меньшей мере, один источник питания, содержащий модулятор длительности импульса и генератор колебаний, причем каждый импульс тока имеет заданную электрическую полярность по отношению к свариваемой детали, а модулятор длительности импульсов управляет длительностью импульса тока для множества импульсов тока. 4. *Способ дуговой сварки* коротким замыканием двух размещенных с зазором концов свариваемой детали путем расплавления подаваемой электродной проволоки и помещения ее для частичного соединения концов детали включает в себя определенные этапы. 2275280 (С2). В. С. Хьюстон (US), Р. К. Майерз (US), Э. К. Става (US). "Линкольн Глобал Инк." (US). [12].

Металл сварного шва для соединения высокопрочных низколегированных сталей отличается тем, что имеет микроструктуру, содержащую приблизительно 5—45 % игольчатого феррита и около 50 % речного мартенсита, вырожденного верхнего бейнита, нижнего бейнита, зернистого бейнита или их смесей; металл сварного шва имеет предел текучести около 690 МПа и температуру перехода из пластичного в хрупкое состояние менее -50 °С, определенную с помощью кривой зависимости энергии разрушения образца Шарпи с V-образным надрезом от температуры. 2275281 (С2). Д. П. Фэйрчайлд (US), Д. Коо (US), Н.-Р.В. Бангару (US) и др. "Эксономобил Апстрим Рисерч Компани" (US). [11].

Н. Посметная



Научно-техническая литература
на 20-й Московской международной книжной выставке-ярмарке
MOSCOW INTERNATIONAL BOOK FAIR
5—10 сентября 2007 г.

ОАО "Издательство "МАШИНОСТРОЕНИЕ" приглашает

на ВВЦ, павильон № 20, стенд F-5, где Вы сможете ознакомиться с новинками учебной, справочной, энциклопедической, производственно-технической, научной и популярной литературы и отраслевыми журналами.

Литература, представленная на нашем стенде, будет интересна широкому кругу читателей: преподавателям, научным работникам, инженерам, конструкторам, студентам, рабочим.

ВВЦ, павильон № 20 стенд F-5

Рефераты опубликованных статей

УДК 621.793.620.172

Кинетика процесса электрошлаковой наплавки и структура наплавленного металла на основе алюминия и никеля. Соколов Г. Н., Зорин И. В., Цурихин С. Н., Лысак В. И. — Сварочное производство. 2007. № 7. С. 3—8.

Исследовано влияние режима электрошлаковой наплавки по двухконтурной схеме питания шлаковой ванны постоянным током на термо- и массоперенос в шлаке, кинетику плавления присадочной композиционной проволоки, а также структуру и высокотемпературные свойства наплавленного металла на основе γ -Ni₃Al. Показано, что в результате применения разработанной технологии наплавки обеспечивается получение качественного наплавленного металла композиционной структуры, обладающего по сравнению с жаропрочными сплавами на основе никеля и кобальта повышенным сопротивлением пластической деформации. Ил. 8. Библиогр. 6.

УДК 621.791.793

Расчетные методы анализа параметров термического цикла электрошлаковой сварки. Панин В. Н. — Сварочное производство. 2007. № 7. С. 8—14.

Разработаны программы расчета, выполнен расчетный анализ и установлено влияние распределения источников теплоты по высоте шлакометаллической ванны на основные параметры термического цикла сварки. Табл. 2. Ил. 8. Библиогр. 4.

УДК 621.791.755.03

Мощный возбудитель-стабилизатор сварочной дуги. Чигарев В. В., Грановский Н. А., Кондрашов К. А., Макаренко Н. А. — Сварочное производство. 2007. № 7. С. 14—16.

Разработан мощный возбудитель-стабилизатор сварочной дуги, обеспечивающий постоянство энергии поджигающего стабилизирующего импульса (независимо от фазы его подачи), надежное возбуждение дуги при плазменных процессах обработки металлов, а также стабилизацию дуги при аргонодуговой сварке легких металлов с применением источников питания переменного тока с тиристорным регулированием сварочного тока. Ил. 3. Библиогр. 4.

УДК 621.791.94

Исследование поверхности реза при термической разделительной резке стали 09Г2С. Анахов С. В.,

Сингер К., Пыкин Ю. А. и др. — Сварочное производство. 2007. № 7. С. 17—21.

Проведен сравнительный анализ качества поверхности реза после воздушно-плазменной резки при использовании ручных и механизированных плазматронов ПРВ, ПРВ-М, ПМВР-М и газокислородной резки резаком РЗР-62. Анализ выполнен по параметрам газосодержания и микроструктуры в приповерхностной области реза на соответствие образцов требованиям ГОСТ 14792—80. Полученные результаты позволяют предварительно оценить качество сварных соединений, полученных при последующей сварке исследуемых образцов без предварительной механической обработки кромок. Табл. 2. Ил. 10.

УДК 621.795.75—52

Программирование перемещений при роботизированной сварке трубчатых элементов. Алпеева Т. В., Котельников А. А. — Сварочное производство. 2007. № 7. С. 21—25.

Рассмотрены особенности программирования перемещений при роботизированной сварке стоек и раскосов с поясами трубчатых элементов, которое позволяет обеспечить выполнение сварных швов с помощью промышленных роботов по траектории, близкой к расчетной, и тем самым повысить качество сварных соединений и стабильность их выполнения во всех сварных узлах. Табл. 1. Ил. 3. Библиогр. 2.

УДК 621.791.754'29

Особенности процесса автоматической аргонодуговой сварки сталей с алюминиевым покрытием. Сидоров В. П., Ковтунов А. И., Чермашенцева Т. В., Бородин М. Н. — Сварочное производство. 2007. № 7. С. 26—28.

В процессе сварки алюминированных сталей металл сварочной ванны насыщается алюминием. Образующиеся в металле сварного шва интерметаллиды снижают его прочностные и пластические характеристики, что может привести к образованию трещин. Предлагается выполнять сварку по слою флюса, содержащего соединения кислорода, хлора или фтора. В результате химической реакции алюминий будет связываться в устойчивые соединения и удаляться из сварочной ванны в шлак или атмосферу. Результаты исследований микрострук-

туры сварного шва показали, что предлагаемым способом можно достичь заметного снижения содержания алюминия в шве. Ил. 5. Библиогр. 4.

УДК 621.791:625.143.48

Технология и оборудование для контактной стыковой сварки железнодорожных крестовин с рельсовыми окончаниями через аустенитную вставку. Кучук-Яценко С. И., Швец Ю. В., Дидковский А. В. и др. — Сварочное производство. 2007. № 7. С. 29—32.

При строительстве скоростных железнодорожных магистралей возникает проблема повышения долговечности железнодорожных крестовин, которая решается за счет использования крестовин с приварными рельсовыми окончаниями без болтовых соединений. На основании проведенных в ИЭС им. Е. О. Патона исследований разработаны оборудование и технология контактной стыковой сварки с использованием пульсирующего оплавления сердечника крестовины из высокомарганцевистой стали с рельсовым окончанием через вставку из аустенитной стали без последующей термической обработки. Табл. 2. Ил. 5. Библиогр. 2.

УДК 621.791:62—242.3

Поршневые кольца с плазменным покрытием. Мчедлов С. Г. — Сварочное производство. 2007. № 7. С. 33—36.

Разработана новая конструкция верхнего компрессионного поршневого кольца для двигателя внутреннего

сгорания с пористым антифрикционным плазменным покрытием на рабочей поверхности. Эксплуатационные испытания показали высокую надежность и длительный ресурс новых поршневых колец. Табл. 1. ил. 1. Библиогр. 3.

УДК 621.791:622.276.05

Напыление сверхвысокомолекулярного полиэтилена для защиты нефтегазового и химического оборудования от воздействия агрессивных сред. Аверченко В. А., Головин С. И., Попович Л. Г. и др. — Сварочное производство. 2007. № 7. С. 36—40.

Приведены описание и физические свойства сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ), применяемого в различных отраслях промышленности для нанесения антикоррозионных покрытий и изготовления деталей. Приведены методы газотермического напыления покрытий из СВМПЭ. Ил. 5.

УДК 621.791:621.643.1/2

Техническая диагностика сварных соединений трубопроводов. Ч. 2. Сварные соединения трубопроводов II—IV категорий. Хромченко Ф. А. — Сварочное производство. 2007. № 7. С. 40—45.

Приведены способы контроля и комплекс работ, проводимых при техническом диагностировании сварных соединений трубопроводов II—IV категорий из углеродистых и низколегированных конструкционных сталей, отработавших парковый ресурс, регламентированные нормативными требованиями. Табл. 2. Ил. 3.

Abstracts of the articles published in "Svarochnoe Proizvodstvo", 2007, № 7

Kinetics of the electroslag hard-facing and structure of the nickel-aluminide-based built-up metal. Sokolov G. N., Zorin I. V., Tsurikhin S. N., Lysak V. I. P. 3—8.

Effect of the electroslag hard-facing conditions by the slag bath DC dual feed circuit on the heat and mass transfer in slag, on fluxing kinetics of the composite filler wire, as well as on the structure and high-temperature properties of the added metal on the base of γ -Ni₃Al is studied. It is shown that qualitative added metal of composite structure is provided as a result of usage of the developed hard-facing technique. This metal has enhanced resistance to plastic deformation as compared to high-temperature nickel- and cobalt-based alloys.

Calculation methods of the electroslag welding thermal cycle indexes analysis. Panin V. N. P. 8—14.

Analysis programme is designed, calculation is carried out and influence of the heat sources allocation throughout the height of the slag-metal bath on thermal cycle major characteristics of welding is established.

Welding arc power driver-stabilizer. Chigarev V. V., Granovsky N. A., Kondrashov K. A., Makarenko N. A. P. 14—16.

Welding arc power driver-stabilizer is designed, which provides constancy of the incendiary stabilizing pulse energy (irrespective of its cycling phase), reliable arc drive at metal plasma treatment, as well as arc stabilization at argon-arc welding of light metals applying ac power source with welding current thyristor regulation.

Cut surface study at steel 09Г2С thermal separating cutting. Anakhov S. V. Singer K., Pykin Yu. A., Shakurov S. A., Matushkin A. V. P. 17—21.

Cut surface quality comparative analysis is carried out after air-plasma cutting using hand and machine plasmotrons ПРВ, ПРВ-М, ПМБР-М and gas-oxygen cutting by the P3P-62 torch. Analysis for the specimen adequacy to GOST 14792—80 is carried out by the parameters of gas concentration and microstructure in the cut surficial region. The obtained results allow for quality pre-evaluation of the welded joints produced at after-welding of the specimens under investigation without preliminary flange machining.

Motion sequencing at tubular robotized welding. Alpeyeva T. V., Kotelnikov A. A. P. 21—25.

Special features of motion sequencing at robotized welding of supports and crossbars with tube-type chords are considered, which provides weld seal carrying-out by industrial robots along the path close to the calculated one, hence improves weld quality and its carrying-out stability in all the welded assemblies.

Special features of the aluminized steels unmanned argon-arc welding. Sidorov V. P., Kovtunov A. I., Chermashentseva T. V., Borodin M. N. P. 26—28.

During the process of aluminized steels welding metal of the welding bath is saturated with aluminium. Intermetallides, which are forming in the weld metal, decrease its strength and plastic characteristics, and that may cause crack formation. It is suggested to carry out welding over the fluxing layer, including oxygen, chloride and fluoride. As a result of chemical reaction, aluminium will get into stable compounds and will be freed from the bath into slag or atmosphere. Weld microstructure research results showed that it is possible to achieve no-

ticeable decrease of aluminium content in the weld by the suggested process.

Contact welding practice and equipment for the railway frogs and rail end with austenite insert. Kuchook-Yatsenko S. I., Shvets Yu. V., Didkovsky A. V., Chvertko P. N., Shvets V. I. P. 29—32.

During federal trunk railway building a problem arises to improve operating longevity of the railway frogs. It is solved by using frogs welded to rail ends without bolting. On the base of research, carried out at the Paton IES, equipment and technologies are developed for the butt resistance welding using high-manganese steel frog diamond pulsating flash to rail end with austenite insert without further heat treatment.

Plasma coated piston rings. Mchedlov S. G. P. 33—36.

New design of the upper compression piston ring for the internal combustion engine is designed. The work surface of the ring has porous antifriction plasma coating. Driving test showed high reliability and long-run resource of the new piston rings.

Superhighmolecular polythene sputtering to protect oil-and-gas and chemical equipment from corrosive medium factors. Averchenko V. A., Golovin S. I., Popovich L. G., Puzryakov A. A., Puzryakov A. F. P.36—40 .

Description and physical properties of the superhighmolecular polythene (СВМПЭ) are given, which is applied in different branches of industry to deposit corrosion-resistant coating and to produce components. Gas-thermal spraying techniques of the СВМПЭ-coating are covered.

Pipeline welded joints technical diagnostics. Part 2: Welded joints of the 2nd—4th classes pipelines. Khromchenko F. A. P. 40—45.

Check techniques and work package, carried out at technical diagnostics of welded joints for the carbon and low-alloyed structural steel pipelines of the 2nd—4th classes, worked out resources, regulated by standard requirement, are covered.

ВНИМАНИЕ! ИНФОРМАЦИЯ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА СОЕДИНЕНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

ОРГАНИЗАТОР:
АЛЮСИЛ – МБИТ **ALUSIL**
ENGINEERING · CONSULTING · MANAGEMENT

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:
Алюминиевая Ассоциация (США)
Ассоциация Прессовщиков Алюминия АПРАЛ (Россия)
Европейский Институт Промышленного Крепежа (Великобритания)
Институт Электросварки им. Е.О. Патона (Украина)
Российское научно-техническое сварочное общество (Россия)

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА:

**3–5 декабря
2007 года**

ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ

- Обзор современного состояния процессов соединения алюминиевых конструкций
- Тенденции развития сварочных технологий
- Передовые технологии сварки (дуговая в защитных средах, лазерная, электронно-лучевая, контактная, диффузионная, трением и специальные виды)
- Сварочное оборудование, материалы и приспособления
- Особенности конструирования и применения механических соединений деталей из легких сплавов (алюминий, титан)
- Применение и производство специальных видов высокоресурсных крепежных изделий и технологии производства
- Современные технологии и средства для сборки механических соединений конструкций из легких сплавов
- Прогрессивные технологии пайки (флюсовые и безфлюсовые способы)
- Современные линии и оборудование для пайки
- Биметаллические соединения
- Клеевые и клеесварные соединения
- Испытания, контроль и моделирование работы соединений

МОСКВА, МОСКОВ ЛЕСНАЯ, РОССИЯ,
Гостиница «Холидей Инн Москва Лесная»

Подробнее на сайте www.alusil.ru
По вопросам участия в Конференции и
Выставке обращаться по тел.: (495) 785 2005.
Менеджер проекта – Наталья Семьяшкина.

Орден Трудового Красного Знамени ОАО "Издательство "Машиностроение"

107076, Москва, Стромьинский пер., 4

Сдано в набор 16.05.2007. Подписано в печать 19.06.2007. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл.-печ. л. 7,905. Уч.-изд. л. 9,78. Заказ 13/07.

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

Подписные индексы журнала "Сварочное производство":

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