

# Автоматическая Сварка

[www.nas.gov.ua/pwj](http://www.nas.gov.ua/pwj)

СВАРКА • РЕЗКА • НАПЛАВКА • ПАЙКА • НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ

Издается с 1948 года

ЯНВАРЬ 2008

## Cold Metal Transfer

Холодный перенос металла

- ◆ Сварочный процесс MIG/MAG без разбрызгивания
- ◆ Минимальное тепловложение + высокостабильный процесс
- ◆ Ультратонкие листы от >0,3 мм + соединение стали с алюминием



ООО «Фрониус Украина»  
07455, Украина, Киевская обл.  
Броварской р-н, с. Княжичи  
Тел.: (3804494) 62768, 54170  
Факс: (3804494) 62767  
E-mail: [sales.ukraine@fronius.com](mailto:sales.ukraine@fronius.com)  
[www.fronius.com/worldwide/ua](http://www.fronius.com/worldwide/ua)



ОТЛИЧНАЯ СВАРКА

Fronius International GmbH  
Buxbaumstrasse 2, P.O.Box 264  
A 4602 Wels, Austria  
Tel.: +43/7242/241-0  
Fax: +43/(0)7242/241-3940  
E-mail: [sales@fronius.com](mailto:sales@fronius.com)  
[www.fronius.com](http://www.fronius.com)



ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОСВАРКИ им. Е. О. ПАТОНА НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНЫ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор  
Б. Е. ПАТОН

Ю. С. Борисов, Н. М. Воропай,  
В. Ф. Грабин, А. Т. Зельчиненко,  
А. Я. Ищенко, И. В. Кривун,  
С. И. Кучук-Яценко,  
Ю. Н. Ланкин,  
В. К. Лебедев (зам. гл. ред.),  
В. Н. Липодиаев (зам. гл. ред.),  
Л. М. Лобанов, А. А. Мазур,  
В. И. Махненко, О. К. Назаренко,  
И. К. Походня, И. А. Рябцев,  
Б. В. Хитровская (отв. секр.),  
В. Ф. Хорунов, К. А. Ющенко

МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Н. П. Алешин (Россия)  
Гуань Цяо (Китай)

У. Дилтай (Германия)

П. Зайффарт (Германия)

А. С. Зубченко (Россия)  
В. И. Лысак (Россия)

Н. И. Никифоров (Россия)

Б. Е. Патон (Украина)

Я. Пилиярчик (Польша)

Г. А. Турчин (Россия)

Чжан Янмин (Китай)

Д. фон Хофе (Германия)

УЧРЕДИТЕЛИ:

Национальная академия наук  
Украины, Институт электросварки  
им. Е. О. Патона НАНУ,  
Международная  
ассоциация «Сварка»

ИЗДАТЕЛЬ:

Международная ассоциация  
«Сварка»

Адрес редакции:  
03680, Украина, Киев-150,

ул. Боженко, 11

Институт электросварки  
им. Е. О. Патона НАНУ

Тел.: (38044) 287 6302, 529 2623

Факс: (38044) 528 3484, 529 2623

E-mail: journal@paton.kiev.ua

<http://www.nas.gov.ua/pwj>

Редакторы:

Е. Н. Казарова, Т. В. Юшина

Электронная верстка:

И. С. Баташева, Л. Н. Герасименко,  
И. Р. Наумова, И. В. Петушкив,

А. И. Сулима

Свидетельство о государствен-  
ной регистрации КВ 4788  
от 09.01.2001.

Журнал входит в перечень  
утверженных ВАК Украины  
изданий для публикации трудов  
соискателей ученых степеней.  
При перепечатке материалов  
ссылка на журнал обязательна.

За содержание рекламных  
материалов редакция журнала  
ответственности не несет.

Цена договорная.

СОДЕРЖАНИЕ

НОВОСТИ .....	3
---------------	---

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Махненко В. И., Кvasницкий В. В., Ермолаев Г. В. Влияние физико-механических свойств соединяемых металлов и геометрии деталей на распределение напряжений при диффузионной сварке в вакууме .....	5
--	---

Зорин И. В., Соколов Г. Н., Артемьев А. А., Лысак В. И. Электрошлаковая наплавка торцевых поверхностей изделий с использованием двухконтурной схемы питания шлаковой ванны .....	12
---	----

Головко В. В., Грабин В. Ф. Влияние легирования высокопрочного металла шва титаном на его структуру и свойства .....	17
--	----

Сокольский В. Э., Роик А. С., Казимиров В. П., Токарев В. С., Гончаров И. А., Галинич В. И., Мищенко Д. Д., Шевчук Р. Н. Влияние технологии изготовления на структуру и свойства плавленых флюсов .....	23
--	----

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

Мазур А. А. Технопарк «ИЭС им. Е. О. Патона» — опыт работы и перспективы .....	29
---	----

Драган С. В., Ярос Ю. А. Обеспечение стабильности процес- са сварки под флюсом при малой плотности тока .....	32
--	----

Гедрович А. И., Ткаченко С. А., Каленская А. В. Выбор проводки для дуговой механизированной сварки однородных и разнородных соединений стали 10Х13Г18Д .....	37
--	----

Фомичев С. К., Лопаткин И. Е., Лопаткина К. Г., Василенко Е. И. Модель дистанционного обучения бакалавра-сварщика .....	40
--	----

Лобанов Л. М., Проценко Н. А. Создание стандартов в области сварки и родственных технологий в Украине .....	42
--	----

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Абрамов А. А., Завгородний В. В. Оптимизация геометрии наконечника токоподводящего мундштутка для механизиро- ванной дуговой сварки .....	53
---	----

Патенты в области сварочного производства .....	55
---	----

По зарубежным журналам .....	56
------------------------------	----

Новые книги .....	59
-------------------	----

Календарь конференций и выставок в 2008 г. (сварка и
--

родственные технологии) .....	60
-------------------------------	----

ХРОНИКА

15-я Международная конференция «Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики» .....	62
--	----

Международная конференция «Наноразмерные системы. Строение—свойства—технологии» .....	63
--	----

Международная конференция «Сварочные и родственные технологии при строительстве, реконструкции и ремонте трубопроводов» .....	67
---	----

Семинар-форум ПИИ «Бинцель Украина ГмбХ» в Киеве .....	69
--	----

К 100-летию В. И. Дятлова .....	71
---------------------------------	----

ИНФОРМАЦИЯ .....	73
------------------	----

Разработано в ИЭС .....	28, 36, 39
-------------------------	------------

# Avtomicheskaya Svarka

(Automatic Welding)

WELDING – CUTTING – SURFACING – BRAZING – COATING

No 1 (657)  
January 2008

Published since 1948

## EDITORIAL BOARD:

Editor-in-Chief  
B.E.PATON

Yu. S. Borisov, N. M. Voropaj,  
V. F. Grabin, A. T. Zelnichenko,  
A. Ya. Ishchenko, I. V. Krivtsun,  
S. I. Kuchuk-Yatsenko,  
Yu. N. Lankin,  
V. K. Lebedev (vice-chief ed.),  
V. N. Lipodaev (vice-chief ed.),  
L. M. Lobanov, A. A. Mazur,  
V. I. Makhnenko,  
O. K. Nazarenko, I. K. Pokhodnya,  
I. A. Ryabtsev,  
B. V. Khitrovskaya (exec. secr.),  
V. F. Khorunov, K. A. Yushchenko

## THE INTERNATIONAL EDITORIAL COUNCIL:

N. P. Alyoshin (Russia)  
D. von Hofe (Germany)  
Guan Qiao (China)  
U. Dilthey (Germany)  
P. Seyffarth (Germany)  
A. S. Zubchenko (Russia)  
V. I. Lysak (Russia)  
N. I. Nikiforov (Russia)  
B. E. Paton (Ukraine)  
Ya. Pilarczyk (Poland)  
G. A. Turichin (Russia)  
Zhang Yanmin (China)

## FOUNDERS:

The National Academy of Sciences of Ukraine, The E. O. Paton Electric Welding Institute, International Association «Welding»

## PUBLISHER:

International Association «Welding»  
Address of Editorial Board:  
11 Bozhenko str., 03680, Kyiv, Ukraine  
Tel.: (38044) 287 63 02, 529 26 23  
Fax: (38044) 528 04 86  
E-mail: journal@paton.kiev.ua  
http://www.nas.gov.ua/pwj

## Editors:

E. N. Kazarova, T. V. Yushtina  
Electron gallery:

I. S. Batashova, L. N. Gerasimenko,  
A.I.Sulima, I. R. Naumova,  
I. V. Petushkov  
State Registration Certificate  
KV 4788 of 09.01.2001

All rights reserved.

This publication and each of the articles contained here in are protected by copyright.

Permission to reproduce material contained in this journal must be obtained in writing from the Publisher.

Journal «Avtomicheskaya Svarka» is published in English under the title  
**The Paton Welding Journal**

## CONTENTS

NEWS .....	3
------------	---

### SCIENTIFIC AND TECHNICAL

Makhnenko V. I., Kvasnitsky V. V., Ermolaev G. V. Effect of physical-mechanical properties of metals joined and geometry of parts on distribution of stresses in vacuum diffusion welding .....	5
Zorin I. V., Sokolov G. N., Artemjev A. A., Lysak V. I. Elektroslag cladding of edge surfaces of products using double-circuit scheme of slag pool supply .....	12
Golovko V. V., Grabin V. F. Effect of alloying of high-strength weld metal by titanium on its structure and properties .....	17
Sokolsky V. E., Roik A. S., Kazimirov V. P., Tokarev V. S., Goncharov I. A., Galinich V. I., Mishchenko D. D., Shevchuk R. N. Effect of technology of manufacture on structure and properties of fused fluxes .....	23

### INDUSTRIAL

Mazur A. A. Technopark «The E.O.Paton Electric Welding Institute» — experience of work and prospects .....	29
Dragan S. V., Yaros Yu. A. Assurance of stability of submerged arc welding process at low current density .....	32
Gedrovich A. I., Tkachenko S. A., Kalenskaya A. V. Selection of wire for arc mechanized welding of similar and dissimilar joints of steel 10Kh13G18D .....	37
Fomichev S. K., Lopatkin I. E., Lopatkina K. G., Vasilenko E. I. Model of remote training of bachelor-welder .....	40
Lobanov L. M., Protsenko N. A. Working out of standards in the field of welding and allied technologies in Ukraine .....	42

### BRIEF INFORMATION

Abramov A. A., Zavgorodniy V. V. Optimizing of geometry of current-carrying nozzle tip for mechanized arc welding .....	53
Patents in the field of welding .....	55
Review of foreign journals .....	56
New books .....	59
Calendar of conferences and exhibitions in 2008 (welding and allied technologies) .....	60

### NEWS

The 15th International Conference «Advanced methods and equipment for NDT and technical diagnostics» .....	62
International Conference «Nanodimensional systems. Structure-properties-technologies» .....	63
International Conference «Welding and allied technologies in construction, reconstruction and repair of pipelines» .....	67
Seminar-forum «Binzel Ukraine HmbX» in Kiev .....	69
Towards the 100th anniversary of V. I. Dyatlov .....	71

INFORMATION .....	73
-------------------	----

Developed at the PWI .....	28, 36, 39
----------------------------	------------

## НКМЗ ВВЕЛ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ЗАВОДЕ «СТАЛЕВА ВОЛЯ» (ПОЛЬША) УНИКАЛЬНУЮ РОЛИКОВУЮ ЗАКАЛОЧНУЮ МАШИНУ

Специалисты Новокраматорского машиностроительного завода (г. Краматорск, Донецкой обл.) на металлургическом заводе «Сталева воля» (Польша) ввели в промышленную эксплуатацию уникальную роликовую закалочную машину (РЗМ).

РЗМ предназначена для двухсторонней закалки листового проката, проходящего через роликовые секции машины, а также охлаждения листов после их нагрева в проходной роликовой печи стана трио Ляута 2150.

Гидравлическое оборудование выполнено на базе комплектующих ведущих европейских фирм. Система автоматики и управления, программный продукт разрабатывались в конструкторско-производственном центре «НКМЗ-Автоматика».

РЗМ является совершенно новым видом высокотехнологичной продукции НКМЗ, техникой нового поколения, позволяющей выполнять работу в автоматическом режиме управления технологическим процессом и не имеющую аналогов в мире по многим параметрам. Уникальность машины заключается в том, что она позволяет производить закалку листов толщиной от 3 до 30 мм. Прежде закалка листов толщиной ниже 6 мм на таком оборудовании не производилась.

Заказчики убедились, что машина устойчива в работе, соответствует всем требованиям и способна в несколько раз повысить производительность и поднять качество выпускаемой стали.

## НОВЫЕ СВАРОЧНЫЕ УСТАНОВКИ

Симферопольским моторным заводом наложен выпуск нового поколения сварочного оборудования инверторного типа. Оно создано с учетом анализа особенностей рынка



Украины, пожеланий и технологических особенностей производств отечественных потребителей и является продуктом дальнейшего совершенствования современного направления в развитии сварочной техники на базе высо-



кочастотных преобразователей (инверторов). Среди них: выпрямитель типа ВДЧ-201 УЗ.1 класса «PROFFI», предназначенный для ручной дуговой сварки покрытыми электродами на постоянном токе с плавным регулированием (5...200 А) различных низко- и высоколегированных сталей и сплавов;

универсальный выпрямитель типа ВДЧ-201М УЗ.1 класса «PROFFI», предназначенный как для ручной дуговой сварки покрытыми электродами, так и аргонодуговой ТИГ сварки на постоянном токе (5...200 А) различных низко- и высоколегированных сталей и сплавов;

установка сварочная инверторная типа УДЧ-201, предназначенная для ручной дуговой сварки покрытыми электродами и аргонодуговой ТИГ сварки в непрерывном и пульсирующем режимах на постоянном токе (5...200 А) различных сталей и сплавов, кроме сплавов алюминия. Наиболее эффективно примене-



ние при сварке тонколистовых конструкций как в стационарных, так и монтажных условиях.

### Технические преимущества оборудования

Повышенная частота преобразования до 60 кГц. Высокая нагрузочная способность: максимальный сварочный ток до 200 А, продолжительность нагрузки не менее 60 %.

Пониженный уровень радиопомех, создаваемый оборудованием, соответствует европейским нормам.

Пониженная «чувствительность» оборудования к качеству электроэнергии питаю-

щей сети. Оборудование, рассчитанное на 220 В, может работать от агрегатов с синхронными генераторами переменного тока при колебаниях сети от 160 до 260 В, выдерживая возможные колебания частоты и нелинейные искажения.

В установке УДЧ-201 заложены новые технологические возможности для различных видов электродуговой сварки: универсальность характеристик, новые способы легкого поджига и управления параметров дуги, возможность использования импульсной сварки с широким регулированием параметров импульсов.

Предлагаемое оборудование может использоваться как любителями, так и профессионалами высокого уровня.

### СВАРОЧНЫЕ СИСТЕМЫ LINCOLN ELECTRIC С УПРАВЛЕНИЕМ ФОРМОЙ ТОКА

Для реализации технологии STT (с управлением эпюйорой тока) в условиях сварки ТИГ, полуавтоматической сварки сплошной/порошковой проволоками и сварки под флюсом LINCOLN ELECTRIC предла-



гают инверторный источник сварочного тока Invertec STT II, обеспечивающий оптимизированный перенос металла короткими замыканиями. При этом резко снижается уровень



разбрзгивания и дымообразования, исключаются прожоги и удается сваривать детали, не заботясь о точности подгонки кромок. Эти особенности аппарата повышают производительность и гарантируют выполнение высококачественного сварного шва.

В источнике сварочный ток и скорость подачи проволоки устанавливаются независимо. Установка значения пикового тока позволяет регулировать длину дуги и достигать хорошего сплавления. Установка значения базового тока определяет форму шва и общее тепловложение. Источник позволяет применять проволоку большего диаметра, чем при традиционном процессе, и повысить скорость сварки.

Источник может работать с механизмами подачи проволоки LN-742 и STT-10, а также с портативными механизмами подачи проволоки LN-27 и LN-15 (Control Cable). Механизм подачи проволоки STT-10 — это устройство, предназначенное для облегчения точной подстройки режима сварки по процессу STT и автоматической установки значений базового тока при зажигании дуги. Последнее обеспечивает повторяемость старта сварного шва.

Переключателем режимов можно увеличивать и уменьшать энергию сварочной дуги без изменения скорости подачи проволоки.

Собственно узел подачи проволоки, выполненный по четырехроликовой схеме с быстросменной внешней шестерней, может легко изменять диапазон значений скорости подачи. Вместо традиционной втулки использованы направляющие планки, что повышает точность выравнивания проволоки, облегчает переналадку и очистку механизма. Направляющие ролики имеют по две канавки с каждой стороны, что удваивает срок службы ролика. Механизм выполнен на шарнире, что дает возможность избежать лишних перегибов сварочного кабеля.



Благодаря модульному дизайну аппарата STT-10 его можно легко встраивать в различное оборудование и использовать в автоматических сварочных системах. Портативный универсальный механизм подачи проволоки LN-15 имеет, возможно, самое защищенное исполнение в мире среди устройств этого класса. Его конструкция защищена от грязи, пыли и дождя. LN-15 предназначен для использования на строительстве трубопроводов, верфях и стройках.

УДК 621.791.4:539.378.3

# ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОЕДИНЯЕМЫХ МЕТАЛЛОВ И ГЕОМЕТРИИ ДЕТАЛЕЙ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ДИФФУЗИОННОЙ СВАРКЕ В ВАКУУМЕ

Академик НАН Украины **В. И. МАХНЕНКО** (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины),

**В. В. КВАСНИЦКИЙ**, канд. техн. наук (НТУУ «Киевский политехнический институт»),

**Г. В. ЕРМОЛАЕВ**, канд. техн. наук (Нац. ун-т кораблестроения им. Адм. С. О. Макарова, г. Николаев)

Методом компьютерного моделирования на базе метода конечных элементов исследовано напряженно-деформированное состояние цилиндрических деталей при диффузионной сварке. Показано, что при сварке даже простых деталей из разнородных материалов создается сложное напряженное состояние с неравномерным распределением напряжений по поверхностистыка. Установлено, что в соединениях материалов с различными значениями коэффициента линейного температурного расширения для локализации пластических деформаций в зонестыка целесообразно использовать термоциклирование.

**Ключевые слова:** диффузионная сварка, однородные и разнородные материалы, напряженно-деформированное состояние, компьютерное моделирование

Диффузионная сварка в вакууме, являющаяся одним из способов сварки давлением, открыла широкие возможности для создания уникальных узлов и деталей в самых различных отраслях промышленности [1]. Основным фактором обеспечения физического контакта и активации соединяемых поверхностей, а соответственно и качества сварки деталей является пластическая деформация металла, зависящая от давления сжатия, температуры сварки, скорости нагружения [2–4].

Согласно классической схеме диффузионной сварки, пуансон сжимает соединяемые детали с определенным усилием, распределение которого по свариваемым поверхностям принимается равномерным, а напряженно-деформированное состояние считается линейным. Оно не является благоприятным для взаимодействия соединяемых поверхностей и не соответствует действительности. Как следует из литературных данных [1, 3, 5, 6], для одинаковых материалов рекомендуются разные режимы сварки, которые для реальных изделий и экспериментальных образцов не совпадают. Результаты исследований напряженно-деформированного состояния в процессе диффузионной сварки в литературе не освещались, хотя и отмечалось, что качество сварки определяется процессами, происходящими в зонестыка, где локализуется пластическая деформация [2, 4]. В связи с этим изучение напряженно-деформированного состояния при диффузионной сварке является весьма актуальной задачей.

© В. И. Махненко, В. В. Квасницкий, Г. В. Ермолаев, 2008

Цель настоящей работы — исследование возможностей регулирования напряженного состояния при диффузионной сварке деталей из разнородных материалов для получения качественного соединения без значительных общих деформаций узла.

В качестве критериев оценки напряженного состояния приняты характер распределения нормальных (осевых и радиальных), касательных и эквивалентных напряжений по всей плоскостистыка, локализация максимальных эквивалентных напряжений в зонестыка и размер зоны, в которой эквивалентные напряжения превышают предел текучести. Первый критерий определяет однородность соединения по всей поверхностистыка, второй и третий — общие деформации деталей при сварке. При этом предполагалось, что нормальные осевые напряжения обеспечивают сближение соединяемых поверхностей, а касательные и эквивалентные напряжения являются определяющими для активации процессов взаимодействия этих поверхностей и обеспечения физического контакта за счет пластической деформации [3, 7, 8].

При изготовлении узлов машиностроительных деталей и энергетических установок часто приходится решать задачу соединения разнородных материалов, имеющих различные модули упругости и коэффициенты линейного температурного расширения (КЛТР). Вследствие этой разницы в зоне соединения изменяется напряженно-деформированное состояние, что может существенно повлиять на качество сварного соединения, поскольку обеспечить одинаковые условия деформирования по всей площади соединения сложно.

Исследования образцов цилиндрических Ц-Ц (рис. 1, а, б) и втулка-втулка В-В (рис. 1, в, г)



## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

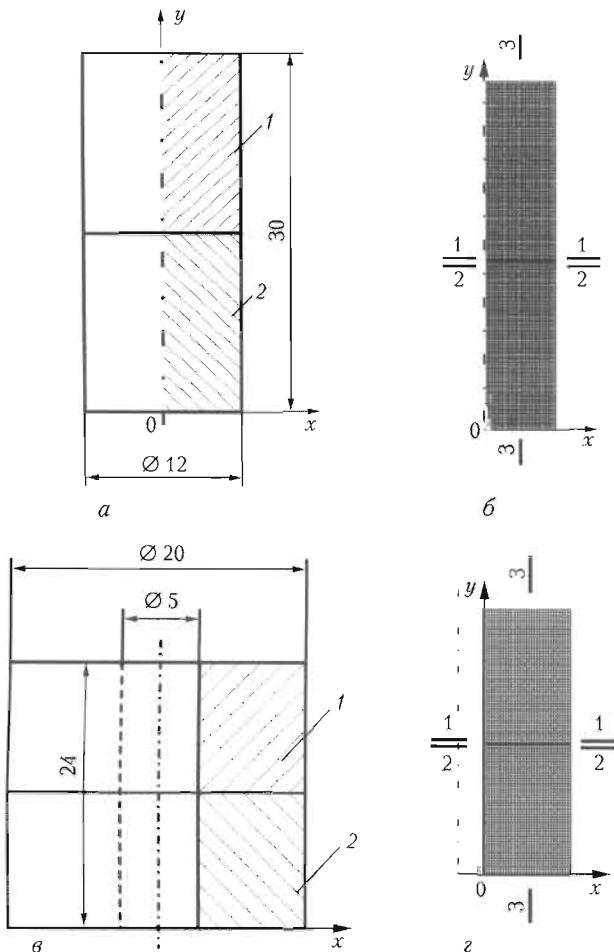


Рис. 1. Схемы образцов сварных соединений типа Ц-Ц (а) и В-В (в) и их модели (б, г)

выполняли с помощью компьютерного моделирования на базе метода конечных элементов. Поскольку узлы в образцах расположены симметрично относительно осевой линии, решалась осесимметричная задача с кольцевыми конечными элементами (рис. 1).

Исследовали напряженно-деформированное состояние моделей с различными вариантами сочетания физико-механических свойств и видов нагружения. При этом варьировали жесткость (модуль упругости  $E$ ) и значения КЛТР соединяемых материалов. Значения жесткости соеди-

няемых деталей из материалов (1 и 2, рис. 1) принимали одинаковыми ( $E_1 = E_2$ ) и отличающимися в 2 раза ( $E_2 = 2E_1$ ) соответственно при одинаковых ( $\alpha_1 = \alpha_2$ ) и отличающихся в 2 раза ( $\alpha_2 = 2\alpha_1$ ) значениях КЛТР.

При расчетах предполагалось, что механическое взаимодействие контактируемых поверхностей определяется механикой деформирования упругопластической непрерывной среды, т. е. проскальзывание между соединяемыми поверхностями полностью отсутствует. Рассматривалась стадия силового и температурного нагружения соединения после первоначального сжатия нагретых деталей и образования физического контакта. Исследовали поля напряжений при сжатии давлением  $P = 40$  МПа, нагреве и охлаждении на  $100^\circ\text{C}$  без нагрузки, а также при совместном воздействии усилия сжатия и изменения температуры (таблица). В результате расчетов получены поля и эпюры распределения осевых, радиальных, окружных, касательных, главных и эквивалентных напряжений (рис. 2–6, таблица).

Результаты исследований показали, что при сжатии без изменения температуры даже простейших образцов (цилиндров или втулок) из материалов разной жесткости (варианты № 1, таблица) равномерность распределения напряжений по сечению образцов нарушается (рис. 2–5, варианты № 1). Вблизи стыка к осевым напряжениям добавляются радиальные, окружные и касательные; напряженное состояние в этой зоне приобретает объемный характер. Эти напряжения невелики, их значения на большей части стыка не превышают 10...15 % расчетных осевых (рис. 4, 5). Характер и значения окружных напряжений практически совпадают с радиальными, поэтому на рисунках они не показаны. Характер и значения касательных напряжений в зоне стыка в обоих материалах (сечения моделей 1–1 и 2–2) примерно одинаковы. В образцах типа Ц-Ц они возрастают от нулевых в центре стыка до максимальных на его периферии, а в образцах типа В-В точка с нулевыми касательными напряжениями располагается ближе ко внутренней поверхности на расстоянии, равном приблизительно 1/4 толщины втулки (рис. 5, а).

Осевые и эквивалентные напряжения вдоль большей части стыка распределены равномерно (рис. 3, а, б и 6, а, б). Со стороны более жесткого материала радиальные и окружные напряжения являются растягивающими (рис. 4, б, в), что в сочетании со сжимающими

### Варианты исследуемых моделей

Тип соединений	№ варианта	$E_1 = E_2$	$E_2 = 2E_1$	$\alpha_1 = \alpha_2$	$\alpha_2 = 2\alpha_1$	$P = 40$ МПа	$T = \pm 100^\circ\text{C}$
Ц-Ц	1	—	+	+	—	+	—
	2	+	—	—	+	—	+
	3	+	—	—	+	+	+
	4	—	+	—	+	+	+
В-В	1	—	+	+	—	+	—
	2	+	—	—	+	—	+
	3	+	—	—	+	+	+
	4	—	+	—	+	+	+

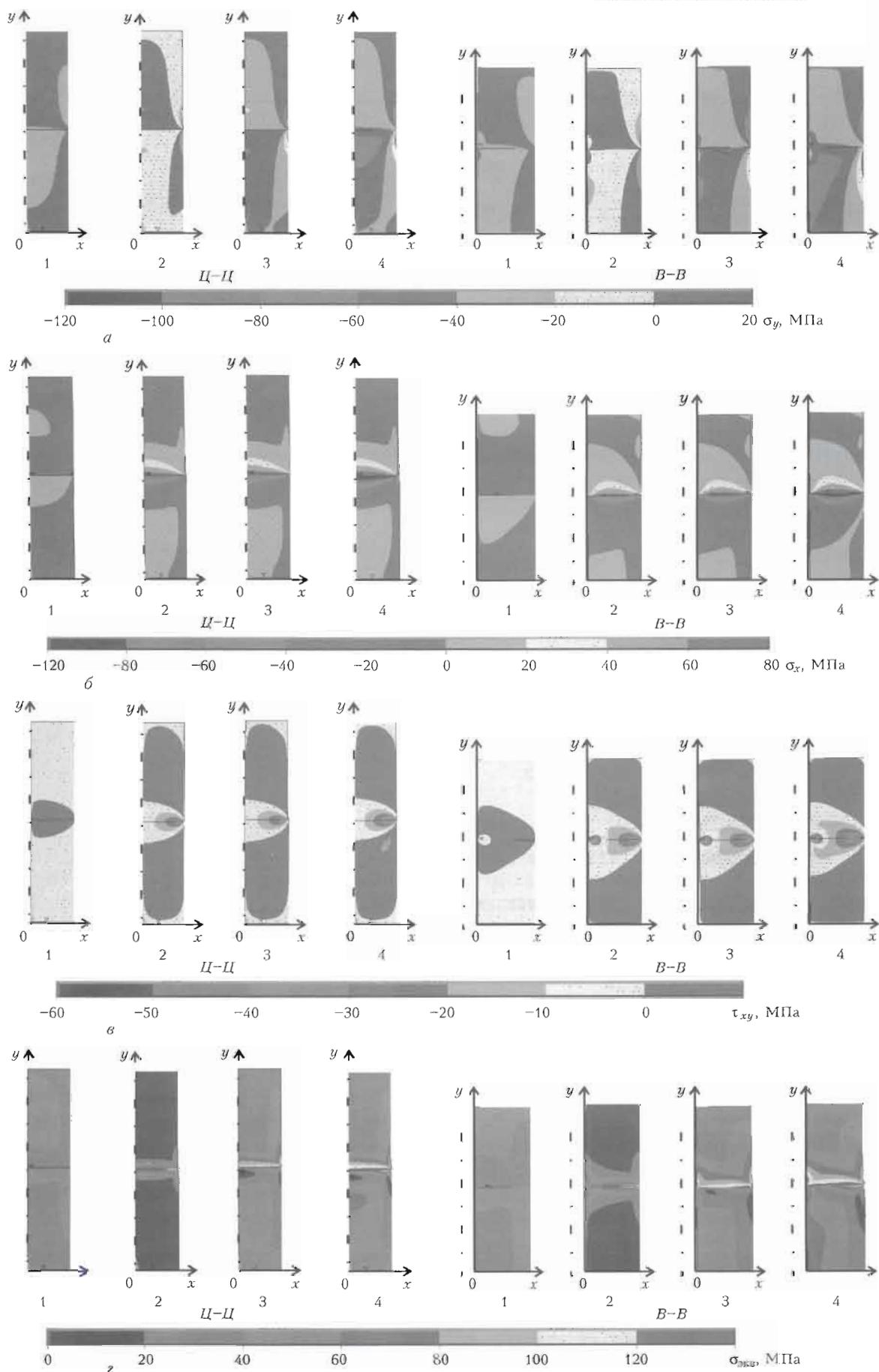


Рис. 2. Поля осевых (а), радиальных (б), касательных (в) и эквивалентных (г) напряжений в образцах сварных соединений типа I-I и B-B: 1–4 — номера вариантов моделей

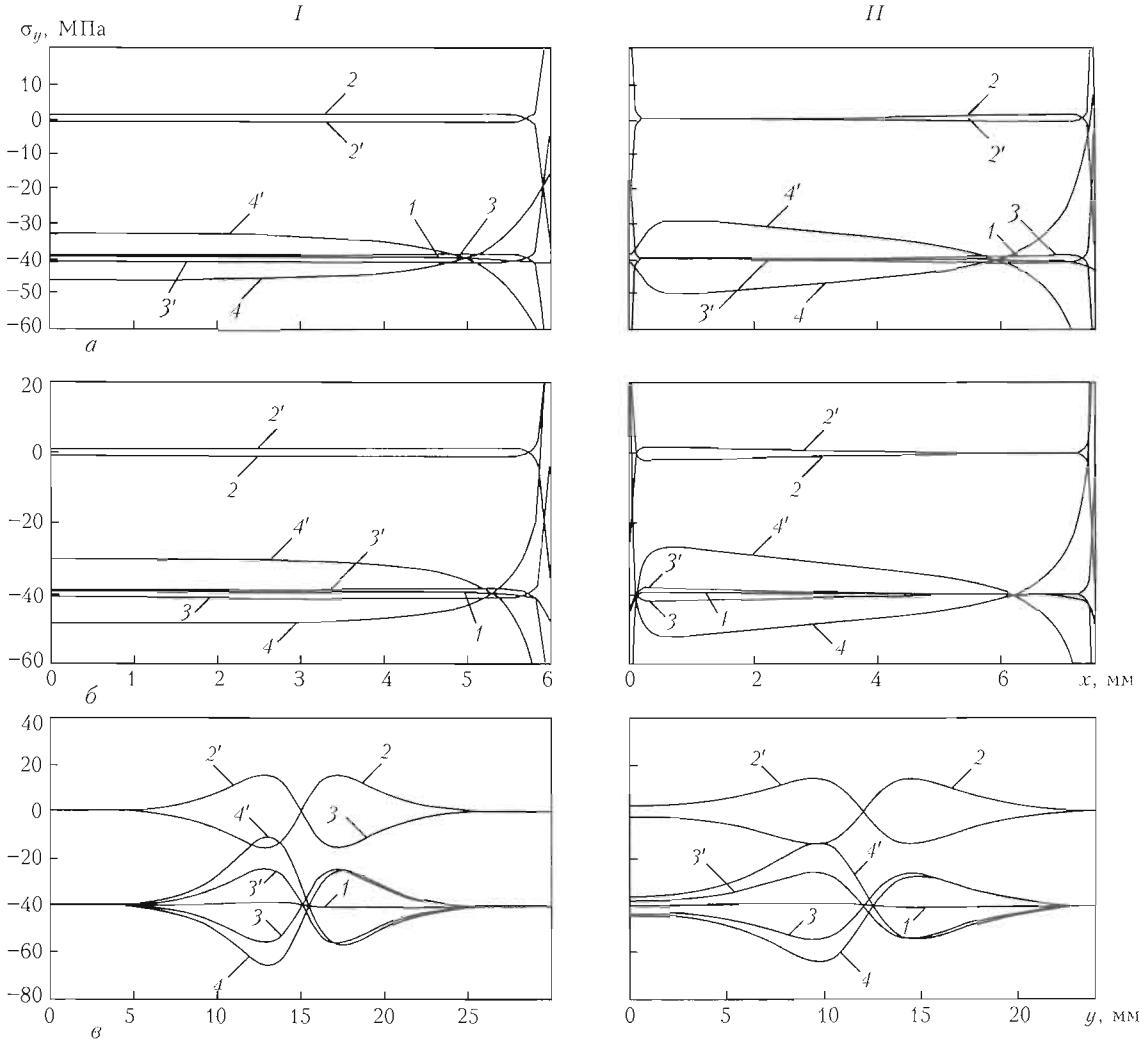


Рис. 3. Эпюры осевых напряжений  $\sigma_y$  в сечениях 1-1 (а), 2-2 (б) и 3-3 (в) образцов сварных соединений типа Ц-Ц (I) и В-В (II), здесь и на рис. 4-6: 1 — сжатие при постоянной температуре; 2-4 — сжатие при нагреве; 2' — охлаждение без сжатия; 3', 4' — сжатие при охлаждении

осевыми несколько увеличивает эквивалентные напряжения (рис. 6, б, в). Со стороны менее жесткого материала появляющиеся радиальные и окружные напряжения являются сжимающими (рис. 4, а, в), поэтому эквивалентные напряжения незначительно уменьшаются (рис. 6, а, в).

Главные минимальные напряжения  $\sigma_3$  вдоль стыка распределены почти равномерно, они несколько увеличиваются на периферии и направлены перпендикулярно стыку.

Таким образом, при сжатии образцов из более жесткого материала за счет некоторого увеличения эквивалентных напряжений создаются более благоприятные условия для пластических деформаций. Однако в материале, имеющем меньшую жесткость в зоне стыка, эквивалентные напряжения уменьшаются, образование пластических деформаций будет происходить вдали от стыка, что является нежелательным, поскольку увеличиваются общие деформации при сварке. Касательные напряжения невелики, что мало способствует активации поверхности в зоне стыка.

Изменение температуры на 100 °C без сжатия в соединении образцов из материалов с разными КЛТР (варианты № 2, таблица) создает в зоне стыка более сложное объемное напряженное состояние (рис. 2, варианты № 2). При этом радиальные и окружные напряжения достигают значений 60...70 МПа, что составляет 150...175 % номинальных (рис. 4). При повышении температуры они являются растягивающими в материале с меньшим КЛТР, а при ее понижении — снижающими. Значение осевых напряжений на большей части стыка близко к нулю и только на внешней поверхности образца вне стыка оно увеличивается до 70 МПа. По мере удаления от стыка осевые напряжения возрастают, на расстоянии около 2...3 мм их значения достигают 15...20 МПа (рис. 3, в). Их знаки внутри образца совпадают, а на поверхности они обратны радиальным и окружным напряжениям. Значения касательных напряжений изменяются почти линейно — от нуля на оси цилиндрического образца до 40 МПа вблизи его наружной кромки (рис. 5, а).

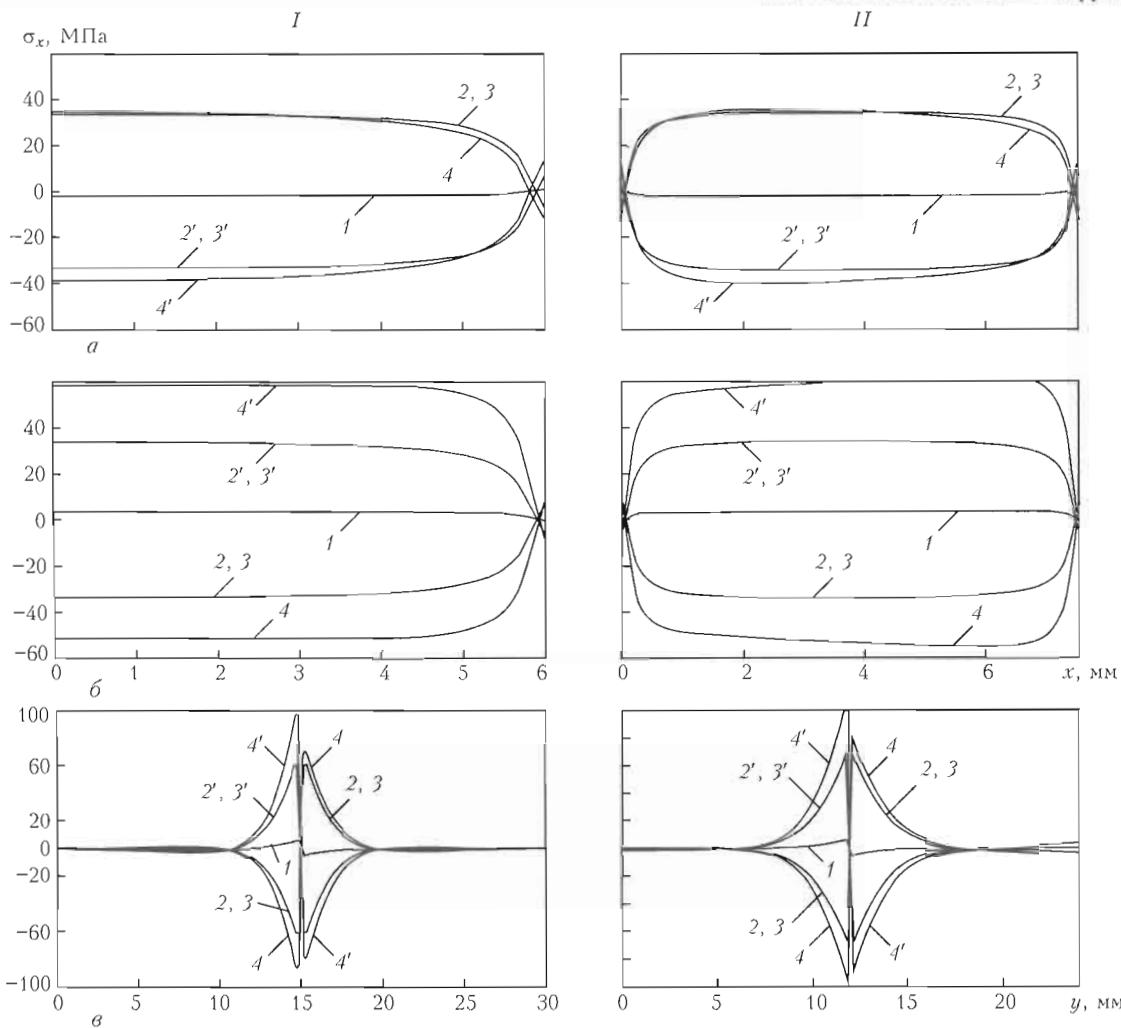


Рис. 4. Эпюры радиальных напряжений  $\sigma_x$  в сечениях 1-1 (а), 2-2 (б) и 3-3 (в) образцов сварных соединений типа Ц-Ц (I) и В-В (II)

В соединении типа В-В касательные напряжения уменьшаются от +40 (вблизи наружной поверхности) до -30 МПа (вблизи внутренней), точка с нулевыми касательными напряжениями расположена на расстоянии, равном приблизительно 1/4 толщины втулки от внутренней поверхности. Такое сложное напряженное состояние, возникающее за счет достаточно больших эквивалентных напряжений и достижения ими значений предела текучести, создает благоприятные условия для пластических деформаций именно в районе стыка. Значения последних увеличиваются от 70 (внутри стыка) до 90...95 МПа (вблизи наружной его кромки) (рис. 6, а, б, кривые 2). При этом в цилиндрических деталях уровень эквивалентных напряжений незначительно ниже, чем во втулках. При снижении температуры на 100 °C знаки всех напряжений меняются на обратные, при этом эпюры эквивалентных напряжений не изменяются.

Главные сжимающие напряжения  $\sigma_3$  распределены почти равномерно по стыку (при нагреве в материале с большим КЛТР их значения составляют 70...80 МПа, увеличиваясь у края до 95 МПа). При этом угол наклона этих напряжений

меняется от нуля (параллельны стыку) в средней части стыка до 45° у его края. В материале с меньшим КЛТР эти напряжения значительно уменьшаются от нуля (в средней части стыка) до 30 МПа (у его края), угол наклона меняется от 90 (в средней части стыка) до 45° (у его края). При охлаждении картины распределения полей меняются местами.

При совместном действии осевого усилия сжатия и повышении температуры на 100 °C в материалах стыка с одинаковой жесткостью, но разными КЛТР (варианты № 3, таблица) напряженное состояние в зоне стыка становится еще более сложным. При этом значения и характер распределения радиальных, окружных и касательных напряжений сохраняются (рис. 3-5). Значения осевых напряжений изменяются в сторону увеличения сжимающих напряжений. В результате заметно меняется характер поля эквивалентных напряжений (рис. 2, г, варианты № 3), нарушается его симметрия вдоль и поперек стыка (рис. 6, кривые 3). В материале с меньшим КЛТР эквивалентные напряжения в районе стыка существенно возрастают, а при большем КЛТР — умень-

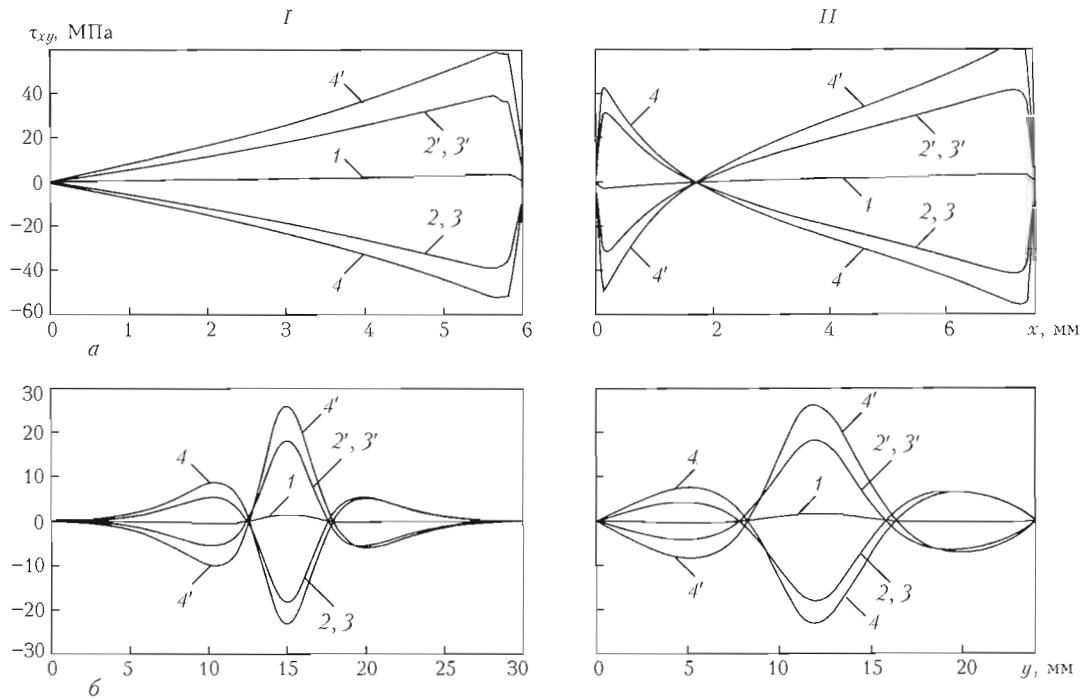


Рис. 5. Эпюры касательных напряжений в сечениях 1-1, 2-2 (*a*) и 3-3 (*b*) образцов сварных соединений типа *Ц-Ц* (*I*) и *В-В* (*II*)

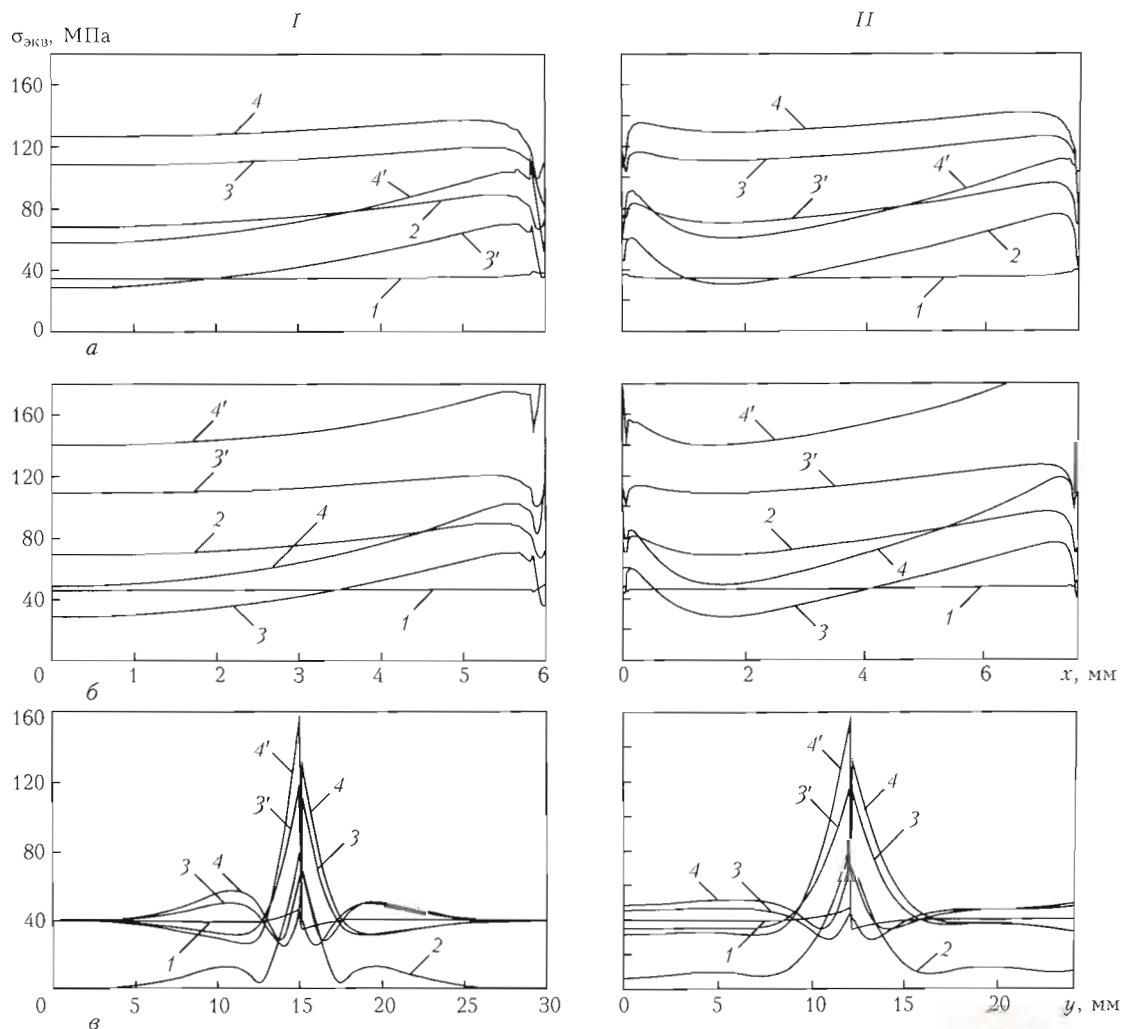


Рис. 6. Эпюры эквивалентных напряжений  $\sigma_{\text{экв}}$  в сечениях 1-1 (*a*), 2-2 (*b*) и 3-3 (*b*) образцов сварных соединений типа *Ц-Ц* (*I*) и *В-В* (*II*)



шаются и на значительной части стыка становятся меньше номинальных. При уменьшении температуры картина распределения напряжений меняется на обратную (см. рис. 6, кривые 3').

Характер кривых  $\sigma_3$  меняется мало, но несколько увеличиваются уровень их значений и угол наклона по отношению к стыку.

Таким образом, наиболее благоприятные условия для пластических деформаций в обоих материалах создаются при термоциклировании в сжатом состоянии. Учитывая неравномерное распределение касательных и эквивалентных напряжений вдоль стыка (см. рис. 5, а и 6, а, б), можно сделать вывод, что более благоприятные условия для активации соединяемых поверхностей создаются на периферийных участках стыка, пластические деформации в большей степени должны образовываться ближе к краям и в меньшей степени — во внутренней его части.

При сварке материалов, имеющих разную жесткость (варианты № 4, таблица), картина напряженного состояния и основные его закономерности сохраняются, однако несколько увеличивается уровень напряжений (см. рис. 2, а, варианты № 4).

Таким образом, выполненные расчеты показали, что при диффузионной сварке даже простых образцов из разнородных металлов формируется сложное напряженное состояние, а не одноосное, как предполагалось при разработке режимов.

## Выводы

1. Применение метода конечных элементов дает возможность определять напряженно-деформированное состояние деталей при диффузионной сварке, которое необходимо учитывать при назначении параметров режима сварки сложных узлов из разнородных материалов.

2. Создание сложного напряженного состояния при диффузионной сварке деталей позволяет локализовать пластическую деформацию в зоне стыка.

3. Наиболее эффективным (оптимальным) способом локализации пластических деформаций в зоне стыка при сварке материалов с различными значениями КЛТР является сочетание сжатия с термоциклированием.

1. Диффузионная сварка материалов: Справ. / Под ред. Н. Ф. Казакова. — М.: Машиностроение, 1981. — 352 с.
2. Казаков Н. Ф. Диффузионная сварка материалов. — М.: Машиностроение, 1976. — 312 с.
3. Каракозов Э. С. Соединения металлов в твердой фазе. — М.: Металлургия, 1976. — 264 с.
4. Маркашова Л. И., Арсенюк В. В., Григоренко Г. М. Особенности пластической деформации разнородных материалов при сварке давлением // Автомат. сварка. — 2002. — № 5. — С. 12–16.
5. Котельников Д. И. Сварка давлением в тлеющем разряде. — М.: Металлургия, 1981. — 116 с.
6. Каправов Б. П., Сигачев А. П., Козловский В. И. Технологический процесс диффузионной сварки в вакууме корпушах электропневмоклапанов // Свароч. пр-во. — 1985. — № 10. — С. 49–50.
7. Красумин Ю. Л., Назаров Г. В. Микросварка давлением. — М.: Металлургия, 1976. — 176 с.
8. Качанов Л. М. Теория ползучести. — М.: Физматгиз, 1960. — 455 с.

The method of computer simulation based on FEM was used to study the stress-strain state of cylindrical parts in diffusion bonding. It is shown that in welding of even the simplest parts from dissimilar materials a complex stressed state is induced with a non-uniform distribution of stresses in the butt surface. It is established that it is rational to use thermal cycling in joints of materials with different values of the coefficient of linear thermal expansion for localization of plastic deformations.

Поступила в редакцию 25.07.2007



# ЭЛЕКТРОШЛАКОВАЯ НАПЛАВКА ТОРЦЕВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХКОНТУРНОЙ СХЕМЫ ПИТАНИЯ ШЛАКОВОЙ ВАННЫ

И. В. ЗОРИН, Г. Н. СОКОЛОВ, кандидаты техн. наук, А. А. АРТЕМЬЕВ, инж., В. И. ЛЫСАК, д-р техн. наук  
(Волгоград. гос. техн. ун-т, РФ)

Установлена взаимосвязь электрических и технологических параметров режима электрошлаковой наплавки в токоподводящем кристаллизаторе с неплавящимся полым электродом, позволяющая управлять процессом наплавки сложнолегированного наплавленного металла с матрицей на основе алюминида никеля  $\gamma\text{-Ni}_3\text{Al}$  на торцевые поверхности изделий диаметром 25...90 мм. Показано, что при двухконтурной схеме питания шлаковой ванны постоянным током превалирующее влияние на тепловыделение в ней оказывают процессы, протекающие в сварочном контуре полый электрод–изделие.

**Ключевые слова:** электрошлаковая наплавка, токоподводящий кристаллизатор, моделирование, двухконтурная схема питания, полый электрод, топология тока и напряжения, мощность процесса, формирование наплавленного металла

Применение токоподводящего кристаллизатора (ТПК) [1, 2] позволяет эффективно использовать тепловую мощность шлаковой ванны для наплавки крупногабаритных изделий дискретными некомпактными материалами из стали и чугуна. Для наплавки новых типов жаропрочных сплавов, в частности, сложнолегированных суперсплавов на основе никеля, алюминида никеля  $\gamma\text{-Ni}_3\text{Al}$  и других элементов, необходимо применение композиционных наплавочных материалов с большим содержанием тугоплавких компонентов [3].

При обычных способах электрошлаковой наплавки (ЭШН) плавление таких материалов в низкотемпературном (до 2200 °С) шлаке практически не позволяет получить химически и физически одиородный наплавленный металл.

Предложенный способ ЭШН с использованием двухконтурной схемы питания шлаковой ванны [4, 5] позволяет повысить температуру шлака до 3500 °С и обеспечить стабильное плавление в нем композиционных проволок. В отличие от известной схемы наплавки, разработанной в ИЭС им. Е. О. Патона [6], в данном способе наплавки применяют источники питания постоянным электрическим током, что повышает стабильность процесса ЭШН при малом объеме шлаковой ванны, а также дает возможность увеличить плотность тока в подэлектродной области шлака за счет однополярности токоподводящей секции и полого электрода.

Целью работы явилось исследование влияния электрических и технологических параметров ре-

жима ЭШН с полым неплавящимся электродом при двухконтурной схеме питания постоянным током на формирование сложнолегированного наплавленного металла с матрицей на основе алюминида никеля  $\gamma\text{-Ni}_3\text{Al}$  на цилиндрических торцах изделий диаметром от 25 до 90 мм.

Наплавку образцов из стали 40ХНМ с диаметром торцов 30, 55 и 90 мм осуществляли с использованием флюса АНФ-6. Сварочные контуры, содержащие полый графитовый электрод, а также токоподводящий кристаллизатор со сменной формирующей секцией, и устройство для плавления флюса подключали к источникам постоянного тока с номинальным значением тока 500 и 1000 А. Наплавку образцов диаметром менее 60 мм начинали путем расплавления флюса за счет тепла электрической дуги (твердый старт). При диаметре изделия, превышающем 60 мм, шлак заливали в полость ТПК при повышенном от номинального значения на 25...30 % напряжении между секцией и изделием (жидкий старт).

Использовали композиционную проволоку диаметром 5 мм с двухслойной оболочкой (никель НП-2 — наружный и алюминий А97 — внутренний слой оболочки) и наполнителем, в котором размещены проволоки из технически чистых молибдена, вольфрама, tantalа, никрома НП-Х20Н80Т и смеси металлических порошков алюминия, циркония, борида молибдена и графита. Проволоку подавали через полость электрода со скоростью 4,5 мм/с.

Для снижения интенсивности электроэррозии рабочей части полого электрода с диаметром  $d_0 = 12$  мм значения проходящего через него тока ограничивали 150...300 А. Это позволяло сформировать в объеме шлака, находящегося в полу сфере на торце электрода, область с температурой

свыше 3300 °C, где реализуются теплофизические условия для расплавления присадочного материала, содержащего тугоплавкие компоненты [7].

Электрофизические процессы в шлаковой ванне изучали на установке, состоящей из модельного кристаллизатора и полого графитового электрода диаметром  $d_3 = 12$  мм с рабочим торцом, выполненным в виде полусферы. Материалом для модели кристаллизатора служили медные кольца диаметром 50 мм и толщиной 3 мм, которые помещали в стеклянную полость цилиндрической формы. В качестве изделия использовали медный цилиндр. Шлаковую ванну имитировал 26%-й раствор NaCl. Соотношение электропроводности к модельному раствору и перегретого шлака АНФ-6 составляло 16:1. При измерении поля потенциалов в электролите положение исследуемой координаты в электролитической ванне задавали посредством вертикального перемещения зондов и горизонтального перемещения кристаллизатора. По разности потенциалов в двух соседних координатах определяли напряженность  $E$  поля и рассчитывали плотность тока как произведение  $Ek$ . В экспериментах на солевой раствор подавали напряжение по 1 В от каждого источника питания. Мощность  $q$  тепловыделения в объеме шлаковой ванны определяли через плотность тепловых источников  $q = kE^2$ .

При ЭШН для каждого диаметра наплавляемого торца необходимо обеспечить определенный объем шлаковой ванны, который контролируется по уровню ее поверхности в полости кристалли-

затора (рис. 1). Экспериментально установлено, что при увеличении диаметра торца наплавляемого изделия уровень поверхности шлаковой ванны следует повышать до значения ее высоты  $H_{\text{ном}}$ . При превышении уровня шлаковой ванны до максимального значения  $H_{\text{max}}$  выделяющейся в плазме тепловой мощности недостаточно и наплавленный металл плохо формируется. При уменьшении уровня шлаковой ванны ниже некоторого минимального значения  $H_{\text{min}}$  шлак перегревается, что приводит к нарушению устойчивости процесса ЭШН и неудовлетворительному формированию наплавленного металла. Подобный эффект наблюдается при минимальном расстоянии  $h_n$  от нижнего уровня шлаковой ванны до нижнего края токоподводящей секции, вследствие чего значение  $h_n$  выдерживают в пределах 0,20...0,25  $D_{\text{ш}}$ . Поддержка постоянного уровня поверхности металлической ванны позволяет получать наплавленный металл высокого качества.

Анализ результатов моделирования поля потенциала, а также данных экспериментов позволил установить, что для удовлетворительного формирования наплавленного металла указанные выше параметры должны соответствовать условию:

$$h_n + H_{\text{ном}} + 2 \leq D_{\text{ш}} - 0,5d_3, \quad (1)$$

где  $D_{\text{ш}}$  — средний диаметр шлаковой ванны.

Значение  $H_{\text{ном}}$  можно также рассчитать по формуле

$$H_{\text{ном}} = bD_n + h, \quad (2)$$

где  $b$  — коэффициент пропорциональности, равный 0,17;  $h$  — необходимая минимальная глубина шлаковой ванны при диаметре торца изделия 25 мм.

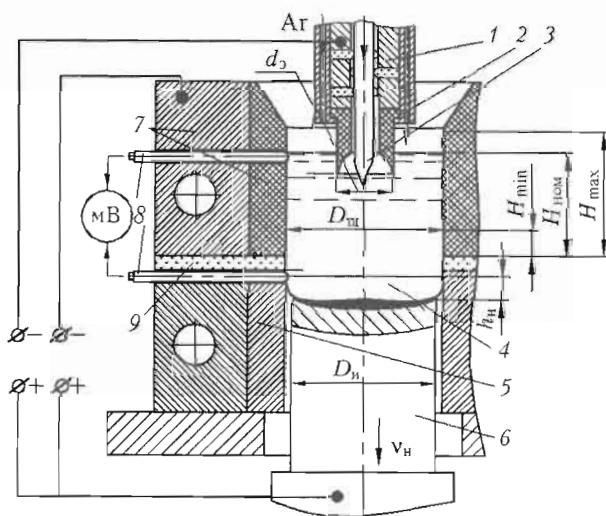


Рис. 1. Схема электрошлаковой наплавки в ТПК: 1 — токоподвод к полуому электроду; 2 — полый графитовый электрод; 3 — композиционная проволока; 4 — шлаковая ванна; 5 — сменная формующая секция; 6 — торец наплавляемого изделия; 7 — изолятор; 8 — датчики для контроля уровней шлаковой и металлической ванны; 9 — разъемные графитовая и медная токоподводящие секции;  $v_n$  — скорость наплавки; остальные обозначения см. в тексте

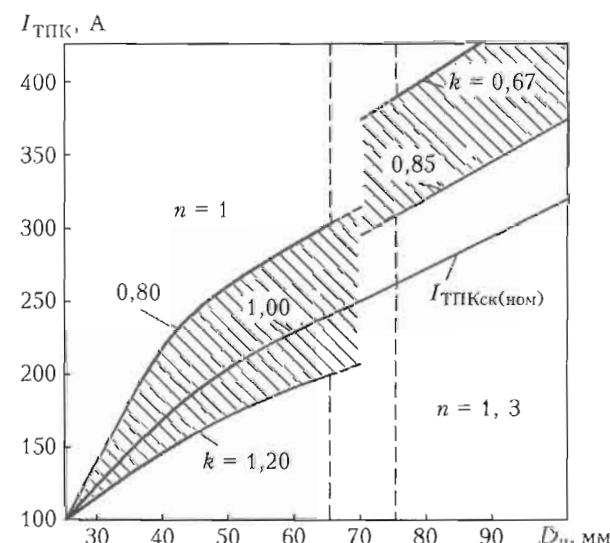


Рис. 2. Номограмма диапазонов соотношения токов  $k$  токоподводящей секции  $I_{\text{ТПК}}$  и полых электродов  $I_p$  в зависимости от диаметра наплавляемого изделия  $D_n$ ;  $n$  — количество полых электродов

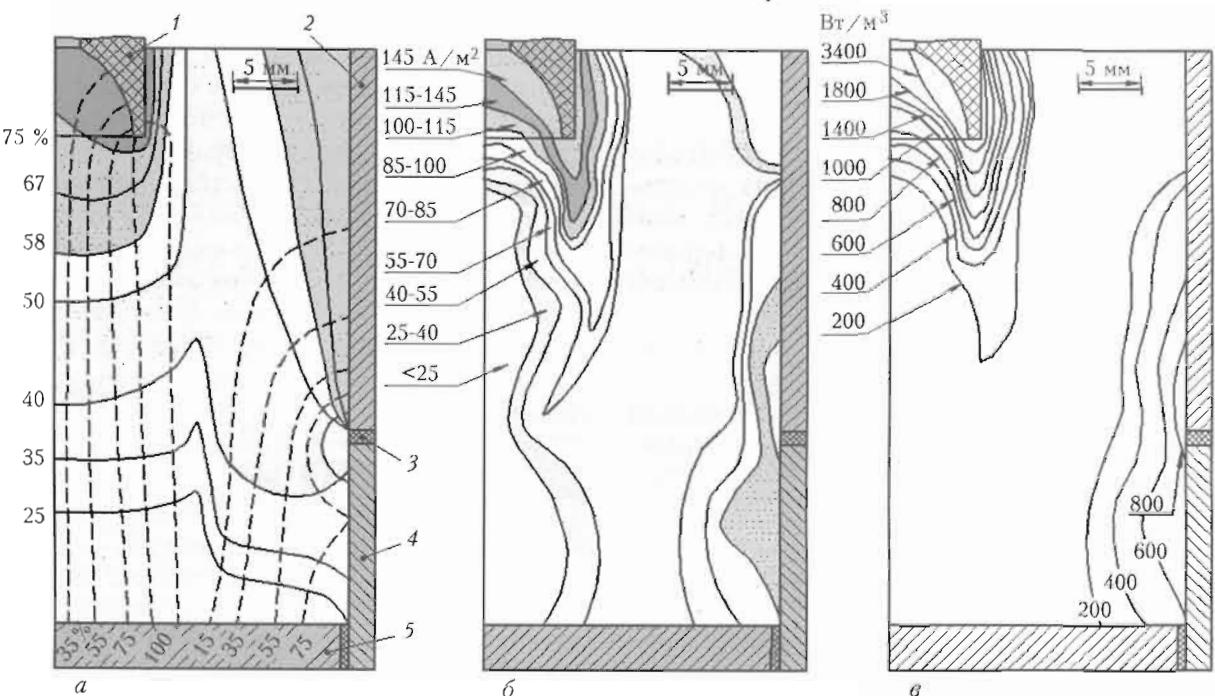


Рис. 3. Схема распределения тока (штриховые кривые) и напряжения (сплошные) электрических полей (а), плотности тока (б) и объемных тепловых источников (в) в шлаковой ванне при  $k \approx 1$ : 1 — электрод; 2 — токоподводящая секция; 3 — изолятор; 4 — формующая секция; 5 — изделие

Если неравенство (1) выполняется, то управлять распределением тепла в шлаковой ванне можно путем регулирования значений тока в каждом из сварочных контуров, соотношение определяется коэффициентом  $k = I_{\text{ТПК}}/I_e$  в диапазонах 0,8...1,2 [7] и 0,67...0,85, что обеспечивает устойчивость процесса ЭШН торцов диаметром соответственно 25...60 и более 60 мм (см. рис. 2).

Исследования топологии тока и напряжения на физической модели процесса ЭШН показали, что электрическое поле в шлаковой ванне кристаллизатора неоднородно (рис. 3). Области в шлаковой ванне с наибольшими потенциалами расположены вблизи полого электрода и у стенки токоподводящей секции кристаллизатора, причем

плотность тока в области шлака, граничащей с электродом, на 30...50 % выше, чем у поверхности токоподводящей секции. Согласно расчетным данным, такой эффект обуславливает четырехкратное увеличение тепловыделения в приэлектродной области шлаковой ванны по сравнению с выделением тепла в области шлака, прилегающей к нижней части токоподводящей секции кристаллизатора. Это предопределяет превалирующую роль полого неплавящегося электрода как источника нагрева объема шлака, контактирующего с электронейтральным наплавочным материалом.

Повысить количество тепла, выделяемого в шлаке, при наплавке изделий большого диаметра можно либо использованием крупногабаритных полых электродов с соответствующим увеличением тока на них, либо одновременным повышением тока на токоподводящей секции кристаллизатора и полом электрода. В первом случае не обеспечивается необходимая плотность тока для создания в шлаке высокотемпературной области, находящейся в его сферической полости, а во втором повышение значение тока на полом электроде приводит к перегреву и выплескам шлака. Установлено, что выровнять тепловое поле в объеме шлаковой ванны, диаметр  $D_w$  которой составляет половину диаметра изделия, можно при введении в нее двух-трех полых электродов, расположенных по окружности на расстоянии  $l$  между их центрами, равном  $\pi D/n$  [5]. Такое расположение электродов обуславливает гарантированное перекрытие высокотемпературных областей в шла-

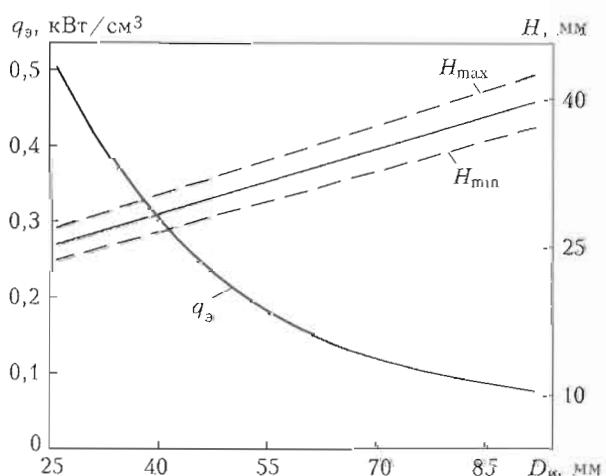


Рис. 4. Зависимость удельной мощности шлаковой ванны  $q_v$  и ее уровня  $H$  от диаметра наплавляемого изделия  $D_w$

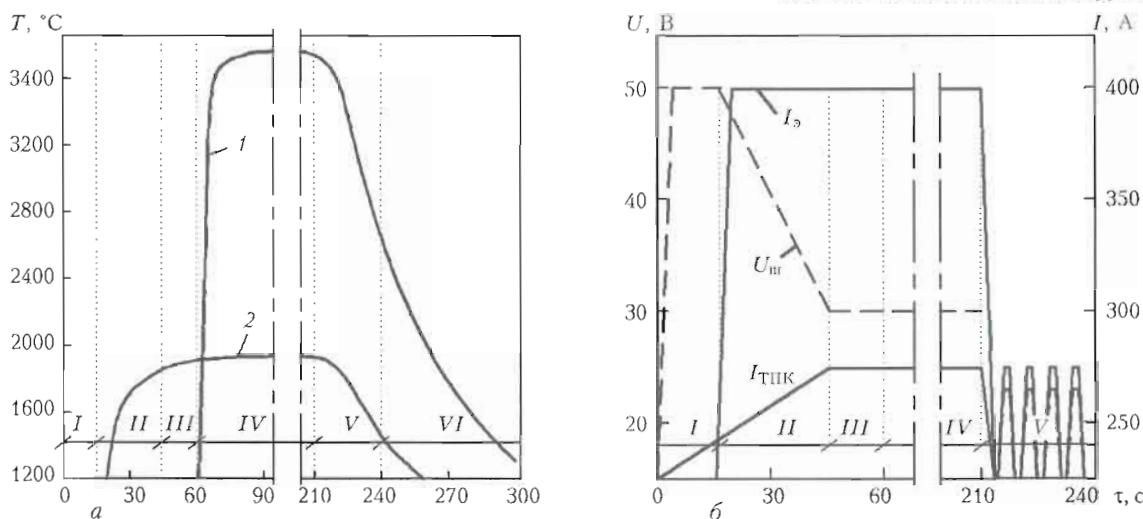


Рис. 5. Термические циклы наплавки (а), полученные в приэлектродной области шлаковой ванны (1) и в шлаковой ванне на уровне ниже кромки токоподводящей секции (2), и циклограмма процесса ЭШН цилиндрического торца изделия диаметром 90 мм (б):  $U_{II}$  — напряжение на шлаковой ванне; I — заливка шлака; II — нестабильный электрошлаковый процесс; III — начало вращения шлаковой ванны; IV — подача проволоки в шлак; V — формирование наплавленного металла; VI — охлаждение металла после наплавки

ковой ванне, образующихся в зоне погружения полых электродов при их возвратно-вращательном движении с частотой 30...33  $\text{мин}^{-1}$  и амплитудой  $A = 2D\pi/n$ . При этом  $k < 0,85$ .

Поскольку вся подводимая через токоподводящую секцию и полый электрод мощность выделяется в шлаковой ванне в виде тепла, то очевидно, что соотношение затрачиваемой на процесс ЭШН мощности  $q_3$  к объему шлака (рис. 4) можно рассматривать как удельную характеристику степени эффективности использования реализуемой тепловой мощности в единице объема шлака при изменении диаметра наплавляемого изделия. На рис. 5 показано, что при увеличении диаметра изделия в 3 раза удельной мощности шлаковой ванны требуется в 5 раз меньше. Такой эффект позволяет снизить удельные энергозатраты при наплавке за счет уменьшения подводимой на шлаковую ванну мощности через сварочный контур токоподводящая секция—изделие. Вероятная причина эффекта снижения значений  $q_3$  заключается в том, что вязкость шлака системы  $\text{CaF}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$  при 1350 °C перестает зависеть от температуры [8]. Таким образом, при наплавке изделий диаметром более 60...70 мм, когда начальная стадия ЭШН осуществляется посредством жидкого старта, мощность, вводимая в шлак через токоподводящую секцию, необходима только для поддержания его температуры до 1800 °C.

После заливки и прогрева шлака (рис. 5, а) напряжение на нем уменьшается, а ток в контуре токоподводящая секция—изделие возрастает до

своего рабочего значения (рис. 5, б). Мощность, подводимая через второй сварочный контур, перегревает шлак в приэлектродной области до 3300...3400 °C. Соотношение мощностей в сварочных контурах, необходимое для наплавки торца конкретного диаметра, определяется значением коэффициента  $k$ .

Установлено, что использование ЭШН в ТПК с полым электродом обеспечивает получение качественного наплавленного металла и бездефектное формирование зоны его сплавления с металлом подложки (рис. 6, а, б). Образование металлической ванны незначительной глубины с прямолинейным фронтом кристаллизации в ней обуславливает вертикальное расположение дендритов (рис. 6, в), что предотвращает образование ликвационной зоны в центре наплавленного ме-



Рис. 6. Вид наплавленного торца образца диаметром 55 мм (а), сечение наплавленного образца диаметром 90 мм (б) и микроструктура переходной зоны (в): 1 — наплавленный металл; 2 — сталь 40ХМ



тала. Согласно результатам металлографических исследований, участок перехода от основного металла к наплавленному имеет незначительную (не более 50...80 мкм) протяженность. Отсутствие опасных кристаллизационных и диффузионных прослоек в нем объясняется замедленной диффузионной подвижностью примесных атомов в термодинамически стабильной матрице металла на основе  $\gamma'$ -Ni<sub>3</sub>Al.

### Выводы

1. Установлено, что применение для ЭШН двухконтурной схемы питания шлаковой ванны при сопоставимых значениях тока, проходящего по неплавящимся электродам, приводит к четырехкратному увеличению выделения тепла в приэлектродной области шлаковой ванны по сравнению с зоной шлака, соприкасающейся с поверхностью ТПК.

2. Показано, что для исключения дефектов и удовлетворительного формирования зоны сплавления при ЭШН торцов изделий с диаметром до 30 мм необходимо обеспечить удельную мощность шлаковой ванны до 0,5 кВт/см<sup>3</sup>, а при наплавке торцов изделий диаметром до 90 мм это значение уменьшается в 5 раз, что позволяет снизить удельные энергозатраты при наплавке крупногабаритных изделий.

An interrelation is established between the electric and technological parameters of the mode of electroslag cladding in a current-carrying mould with a non-consumable hollow electrode, allowing control of the process of cladding of a complex-alloyed metal with  $\gamma'$ -Ni<sub>3</sub>Al aluminide based matrix on the end faces of products of 25...90 mm diameter. It is shown that with a double-circuit diagram of d.c. power supply to the slag pool the processes running in the hollow electrode-product welding circuit have a predominant influence on heat generation in the pool.

Поступила в редакцию 07.05.2007,  
в окончательном варианте 12.06.2007

## ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО МЕТАЛЛА ШВА ТИТАНОМ НА ЕГО СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА

**В. В. ГОЛОВКО**, д-р техн. наук, **В. Ф. ГРАБИН**, канд. техн. наук  
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Для оценки влияния условий легирования металла швов при сварке под флюсом на их механические свойства предложено использовать комплексный показатель, который учитывает уровень легирования марганцем, кремнием, титаном и алюминием твердого раствора, а также содержание оксидов титана во включениях, расположенных в теле ферритных зерен.

**Ключевые слова:** сталь, легирование, структура, сварной шов, титан

Одним из выдающихся достижений в области металлургии XX в. несомненно является создание высокопрочных низколегированных (ВПНЛ) сталей. Отдельные работы по исследованию свойств и особенностей металлургии сварки сталей такого класса предпринимались и ранее, но прорыв в этом направлении начался в 1960-х годах. Отличительной характеристикой этих сталей является оптимальное сочетание прочности и экономичности, что обеспечивается рафинированием и экономным микролегированием сталей, а также термомеханической обработкой проката.

Современные высокопрочные стали представляют собой продукт высоких технологий, в котором сбалансированы многочисленные металлургические и физические процессы. В работе [1] приведена схема, где показаны механизмы упрочнения, используемые для получения ВПНЛ сталей. Так, если для достижения предела текучести  $\sigma_t < 275$  МПа сталей достаточно упрочнить твердый раствор марганцем и кремнием, то для получения более высокого уровня прочностных свойств требуется термомеханическая обработка проката и упрочнение структуры за счет микролегирования, а для обеспечения предела текучести выше 400 МПа — дисперсионное или дислокационное упрочнение.

Одним из легирующих элементов, широко используемых для упрочнения твердого раствора феррита, является титан. В металле низколегированных швов он способствует увеличению прочности (примерно на  $\Delta\sigma_t = 220C[Ti]$  [Н/мм<sup>2</sup>], где  $C$  — массовая доля [Ti], % [2]). Введение титана без добавки других легирующих элементов заметного влияния на температуру  $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращения не оказывает, однако способствует превращению пластинчатого феррита в игольчатый, при этом содержание доизвтектоидного феррита

остается практически без изменения [3]. Оптимальное содержание титана в металле зависит от содержания в нем кислорода, азота, а также элементов-упрочнителей (кремния, марганца, молибдена, никеля, хрома и др.) и обычно составляет 0,01...0,05 мас. % [4].

В связи с тем, что в металле сварных швов обязательно присутствует кислород, легирующие элементы могут находиться не только в твердом растворе феррита, но и в составе неметаллических включений.

Распределение легирующих элементов между этими двумя фазами определяется их активностью, а также активностью кислорода в металле и влияет на условия формирования его структуры при охлаждении (рис. 1).

При сварке в металле швов низколегированных сталей преимущественно формируются три морфологические разновидности неметаллических включений: нитриды, оксиды и сложные комплексы типа алюмосиликатов. Первые два типа неметаллических включений имеют остроугольную форму, а третий — глобулярную. Считается, что работа зарождения трещины  $A_3$  при разрушении металла зависит от формы неметаллических включений. При остроугольной форме включений  $A_3$

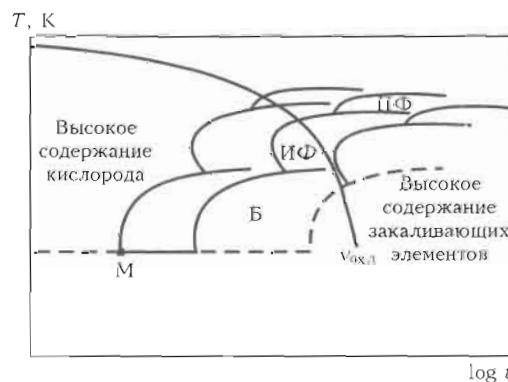


Рис. 1. Влияние состава металла шва на фазовые превращения при охлаждении [5]: М — мартенсит; Б — бейнит; ИФ, ПФ — соответственно игольчатый и полигональный феррит;  $v_{\text{окл}}$  — скорость охлаждения



уменьшается, при этом на свойства металла шва оказывает влияние общее содержание неметаллических включений не зависимо от их состава [6]. Исходя из изложенного выше выведена формула

$$D_{\max} = 4R/3f$$

для определения максимального размера зерна ферритной матрицы при наличии в ней объемной доли  $f$  неметаллических включений со средним радиусом  $R$  [7]. На основании этого соотношения авторы полагают, что химический состав и форма неметаллических включений не оказывают влияния на структуру металла шва.

В работах, посвященных исследованию условий формирования ИФ, отмечено образование игл феррита на неметаллических включениях (или возле них) размером 0,3...0,8 мкм [8, 9]. Анализ состава неметаллических включений, способствующих образованию ИФ, показал, что в большинстве из них присутствует титан [9]. Исходя из этого сделан вывод, что структура ИФ зарождается на включениях нитрида или монооксида титана [10, 11]. Данные выводы строились на теоретических разработках Брамфита [12], который на основании результатов исследований переохлажденного железа установил, что рост потенциала гетерогенного образования зародышей тем выше, чем меньше рассогласование кристаллических решеток гетерогенного зародыша и образующейся фазы. Из неметаллических включений, присутствующих в низколегированных швах, наименьшее рассогласование кристаллических решеток с  $\alpha$ -железом имеют  $TiO$  и  $TiN$  (соответственно 3,0 и 3,8 %) [9]. В отличие от них  $Al_2O_3$  и  $ZrO_2$  характеризуются самым большим несогласием с зарождающимся ферритом (примерно 30 %).

Из отмеченного выше следует, что проблема выбора оптимального содержания титана в металле швов низколегированных сталей является весьма актуальной с точки зрения создания условий формирования структур, обеспечивающей его высокие служебные свойства.

При разработке технологических процессов дуговой сварки под флюсом большое внимание уделяется вопросу выбора такого сочетания флюс–проводника, которое гарантирует регламен-

тируемый уровень служебных свойств сварных соединений. Обычно решение этой задачи базируется на эмпирических подходах. В этом случае исходя из результатов испытаний нескольких сварных соединений, полученных с использованием различных сочетаний флюсов и сварочных проволок, принимается решение об эффективности одного из исследуемых вариантов. К недостаткам такого подхода следует отнести то, что, во-первых, нет полной уверенности, что выбранное сочетание является оптимальным, и, во-вторых, при повышении уровня требований к одному или нескольким показателям служебных свойств металла швов необходимо выполнять такую работу заново. При этом отсутствуют данные, которые могли бы помочь в определении тех характеристик флюсов и проволок, которые способствуют достижению требуемого результата.

Кроме того, представляет интерес проблема выбора флюса (плавленого или агломерированного) и обоснование использования флюсов определенной основности с точки зрения условий легирования и микролегирования металла швов, а также формирования их микроструктуры.

Цель настоящей работы заключалась в выработке концептуальных подходов к выбору типа флюса и состава проволок применительно к разработке технологических процессов сварки низколегированных сталей.

В ходе исследований изучено влияние легирования титаном на структуру и свойства металла швов низколегированных сталей. Легирование металла швов осуществляли через флюс и/или сварочную проволоку сплошного сечения. Сварку выполняли под флюсами двух типов — плавленые и агломерированные, в состав каждого входили флюсы с различной основностью.

В табл. 1 приведен состав плавленых флюсов АН-348А (легированные марганцем и кремнием, основность  $BI = 0,6$ ) и АН-72 (легированные кремнием и алюминием,  $BI = 2,0$ ), а также агломерированных флюсов 348К (флюс АН-348 изготовлен по технологии агломерированного флюса), опытного флюса 19 (легирован алюминием,  $BI = 2,0$ ), опытного флюса 19М (флюс 19 с содержанием 5 мас. % ферромарганца).

Для исследований выбраны сварочные проволоки с различным содержанием титана (ЭП934

Таблица 1. Химический состав сварочных флюсов (мас. %), использованных в исследовании

Сварочный флюс	$Na_2O$	$CaO$	$MgO$	$CaF_2$	$MnO$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$SiO_2$	$ZrO_2$	Другое
АН-348А	—	2,1	4,7	5,0	35,2	3,8	0,9	42,8	—	—
348К	2,5	2,0	4,5	4,7	34,5	3,5	0,8	41,7	—	—
АН-72	—	17,0	—	45,0	—	22,9	0,2	16,5	1,0	—
19	2,3	4,5	30,4	20,0	—	35,2	—	8,0	—	0,6Al
19М	2,0	4,1	28,0	19,1	—	33,6	—	8,6	—	0,5AlFeMn

**Таблица 2. Химический состав (мас. %) металла сварных соединений, выполненных сваркой под флюсом в сочетании с проволокой ЭП934**

Сварочный флюс	C	Si	Mn	Ni	Mo	Al	Ti	S	P
АН-348А	0,028	0,758	1,82	1,20	0,25	0,0082	0,005	0,023	0,043
348К	0,021	0,672	1,81	1,20	0,24	0,0009	0,016	0,023	0,016
АН-72	0,054	0,310	1,28	1,11	0,22	0,0070	0,008	0,009	0,018
19	0,053	0,701	1,19	1,03	0,21	0,023	0,036	0,008	0,018

Примечание. Химический состав проволоки ЭП934, мас. %: 0,087 C; 0,342 Si; 1,62 Mn; 1,38 Ni; 0,25 Mo; 0,044 Al; 0,075 Ti; 0,01 S и 0,021 P.

**Таблица 3. Химический состав (мас. %) металла сварных соединений, выполненных сваркой под флюсом в сочетании с проволокой Св-10ГИМА**

Сварочный флюс	C	Si	Mn	Ni	Mo	Al	Ti	S	P
АН-348А	0,027	0,344	1,32	0,60	0,50	0,0456	0,019	0,011	0,017
348К	0,024	0,530	1,31	0,54	0,55	0,0080	0,009	0,022	0,015
АН-72	0,053	0,310	1,28	0,53	0,50	0,0070	0,008	0,006	0,016
19	0,053	0,497	1,34	0,58	0,50	0,0481	0,054	0,005	0,018
19М	0,032	0,242	1,71	0,60	0,50	0,0255	0,037	0,009	0,017

Примечание. Химический состав проволоки Св-10ГИМА, мас. %: 0,07 C; 0,48 Si; 1,5 Mn; 0,66 Ni; 0,59 Mo; 0,0158 Al; 0,161 Ti; 0,012 S и 0,021 P.

и Св-10ГИМА) (табл. 2 и 3). Объектом исследования служили образцы металла, наплавленного под флюсами (см. табл. 1) в сочетании с проволоками указанного типа по методике ISO 14 171.

Из наплавленного металла отбирали образцы для определения его химического состава и проведения металлографических исследований. Химический состав наплавленного металла определяли методом спектрального анализа на установке «Baird», оборудованной компьютером IBM PC. Для каждого образца проводили от трех до пяти определений, полученные результаты усредняли. Химический состав металла сварных швов, выполненных с использованием приведенных выше сочетаний сварочных материалов, представлен в табл. 2 и 3.

Сварку выполняли на постоянном токе обратной полярности с помощью аппарата А1416: первый слой (три прохода) —  $I_{cb} = 510 \dots 520$  А;  $U_d = 28 \dots 29$  В;  $v_{cb} = 22 \dots 23$  м/ч; второй слой (три прохода) —  $I_{cb} = 560 \dots 570$  А;  $U_d = 30 \dots 31$  В;  $v_{cb} = 22 \dots 23$  м/ч; третий слой (четыре прохода) —  $I_{cb} = 610 \dots 620$  А;  $U_d = 32 \dots 34$  В;  $v_{cb} = 22 \dots 23$  м/ч. Полученные механические свойства металла швов приведены в табл. 4.

В ходе металлографических исследований определяли долю отдельных составляющих микроструктуры металла шва, его элементный состав и объемную долю неметаллических включений. Структуру металла шва исследовали методами оптической и электронной металлографии с исполь-

зованием светового микроскопа «Неофот-32» и растрового электронного микроскопа JSM-840 фирмы «Jeol», оборудованного платой захвата изображений MicroCapture с последующей регистрацией изображения на экране компьютера. Количественное определение микроструктурных составляющих осуществляли в соответствии с методикой МИС [13]. Элементный состав неметаллических включений выявляли микрорентгеноспектральным методом с помощью энергодисперсионного спектрометра «Link 860/500» фирмы «Link System» и волнодисперсионного спектрометра «Ortec» фирмы «Ortec».

Химический состав неметаллических включений в металле исследованных швов приведен в табл. 5 и 6.

В результате металлографического анализа установлено, что структура металла исследованных швов состоит из различных морфологических форм феррита (ПФ, ИФ, внутризеренного (ФВЗ), с упорядоченной (ФУВ) и неупорядоченной (ФНУВ) второй фазой), перлита (П), бейнита (Б) и МАК-фазы. Содержание отдельных структурных составляющих в металле швов приведены в табл. 7 и 8.

Результаты исследований показали, что содержание неметаллических включений в металле швов, выполненных сваркой под кислыми флюсами, существенно выше, чем при использовании флюсов основного вида. Отмечено, что если в первом случае включения представляют собой преимущественно

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

**Таблица 4. Механические свойства металла исследованных швов, выполненных дуговой сваркой под флюсом в сочетании с различными сварочными проволоками**

Сварочный флюс	Предел прочности, МПа	Временное сопротивление, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %	Ударная вязкость (Дж/см <sup>2</sup> ) при температуре, °C	
					+20	-20
ЭП934						
AH-348A	597,1	709,4	21,0	57,8	32,9	16,8
AH-72	584,9	702,9	21,5	35,7	122,1	96,4
19	582,8	725,3	22,9	66,0	112,3	52,5
348K	533,0	638,9	21,7	57,6	71,7	46,7
Св-10Г1НМТА						
AH-348A	626,6	690,5	23,1	60,4	59,6	37,9
AH-72	582,8	652,0	24,4	62,5	90,5	51,5
19	708,4	812,2	20,4	66,4	16,9	67,0
19M	598,9	683,6	22,4	52,3	164,6	163,8
348K	512,5	611,5	25,3	60,9	66,1	37,2

**Таблица 5. Химический состав неметаллических включений в металле швов (мас. %), выполненных сваркой под флюсом в сочетании с проволокой ЭП934**

Сварочный флюс	Объемная доля неметаллических включений, %	На границе зерен				В теле зерна			
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MnO	TiO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MnO	TiO
AH-348A	0,45	1,030	2,040	3,840	7,290	1,246	44,001	52,291	1,67
348K	3,00	0,963	38,981	54,563	2,332	1,022	42,140	52,566	4,22
AH-72	0,20	58,889	7,903	31,610	13,293	57,179	12,595	21,891	8,74
19	0,19	63,082	7,401	28,681	1,349	87,358	2,283	5,031	10,11
19M	0,18	37,686	2,413	36,333	20,197	29,797	3,204	45,812	19,14

**Таблица 6. Химический состав неметаллических включений в металле швов (мас. %), выполненных сваркой под флюсом в сочетании с проволокой Св-10Г1НМТА**

Сварочный флюс	Объемная доля неметаллических включений, %	На границе зерен				В теле зерна			
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MnO	TiO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MnO	TiO
AH-348A	0,905	3,121	29,669	61,079	3,335	3,177	31,666	59,42	5,42
348K	1,900	0,641	39,253	51,630	5,049	0,111	41,439	50,321	3,01
AH-72	0,320	12,041	11,292	46,07	18,323	21,867	13,438	36,062	3,26
19	0,500	74,502	3,029	15,917	3,760	89,646	2,857	4,33	2,78

силикаты марганца, то во втором — в их составе содержится значительное количество оксидов алюминия и титана.

С повышением основности флюса содержание титана в металле швов при использовании сварочной проволоки как одной, так и другой марки возрастает. Из приведенных выше литературных данных следует, что повышение содержания титана должно вызывать соответствующее повышение объемной доли ИФ в структуре металла швов и массовой доли оксидов титана во включениях, расположенных в теле зерен первичного austenита. Полученные нами результаты (рис. 2) показали, что подобная зависимость имеет неявно

выраженную форму и может быть представлена в виде некоторой области.

На рис. 3 показано влияние содержания ИФ в структуре металла сварных швов на уровень его ударной вязкости. Сопоставление представленных данных свидетельствовало об отсутствии какой-либо прямой зависимости между этими двумя показателями. На основании анализа химического состава металла исследуемых швов (см. табл. 2 и 3) можно заключить, что с изменением основности сварочного флюса и содержания титана в электродной проволоке меняется уровень легирования металла швов не только титаном, но и марганцем, кремнием, алюминием.

Таблица 7. Содержание (об. %) структурных составляющих металла швов, выполненных с использованием сварочной проволоки ЭП934

Сварочный флюс	ПФ	П	ИФ	ФУВ	ФНУВ	Б	ФВЗ	МАК-фаза
АН-348А	4	0	95	0	0	0	1	0
АН-72	3	0	95	2	0	0	0	0
19	1	0	70	11	9	6	3	0
348К	12	0	79	0	0	0	9	0

Таблица 8. Содержание (об. %) структурных составляющих металла швов, выполненных с использованием сварочной проволоки Св-10ГИИМТА

Сварочный флюс	ПФ	П	ИФ	ФУВ	ФНУВ	Б	ФВЗ	МАК-фаза
АН-348А	9	0	90	0	0	0	0	1
АН-72	0	0	60	17	0	20	0	3
19	0	0	16	40	19	24	0	1
19М	3	0	85	6	5	0	0	1
348К	7	0	80	0	0	0	13	0

Известно, что эти элементы существенно влияют на механические свойства сварных соединений низколегированных сталей.

Кремний оказывает значительное влияние на стойкость аустенита, при этом не влияет на температуру ферритного превращения, но повышает температуру перлитного превращения. Большинство исследователей склонны рассматривать изменение вязкости металла швов как результат упрочняющего действия кремния на твердый раствор феррита. Особая роль кремния в изменении вязкости металла швов, на наш взгляд, обусловлена его способностью снижать степень диффузии углерода. Процесс диффузии углерода определя-

ется локальным равновесием на границе феррит–карбид. Кремний не входит в состав карбидов стали. Поэтому определяющим будет механизм диффузии кремния из микрообъемов образующихся карбидов при охлаждении. Влияние кремния на степень диффузии углерода в некоторых случаях проявляется в его способности повышать закаливаемость ферритной матрицы, что способствует формированию пластинчатых и игольчатых структур.

Другим активным раскислителем расплавленного металла является алюминий, который широко применяется в металлургии для раскисления стали. Легирование металла низколегированных швов алюминием приводит к изменению его структуры — от ИФ с доэвтектоидным ферритом до феррита с пластинчатой МАК-фазой. Наиболее

заметное влияние алюминий в твердом растворе оказывает на аустенит. При увеличении массовой доли алюминия повышается температура мартенситного превращения и уменьшается содержание остаточного аустенита.

Для адекватной оценки влияния уровня легирования металла швов на его структуру и механические свойства необходимо учитывать содержание в нем не только титана и его оксидов, но и марганца, кремния, алюминия. Математическая обработка данных, полученных при исследовании, позволила установить взаимосвязь между этими показателями. На рис. 4 видно, что существенное влияние на уровень ударной вязкости оказывают содержание титана в металле, легирование марганцем сварных швов и содержание оксидов титана в неметаллических включениях, расположенных в теле ферритных зерен. При этом не-

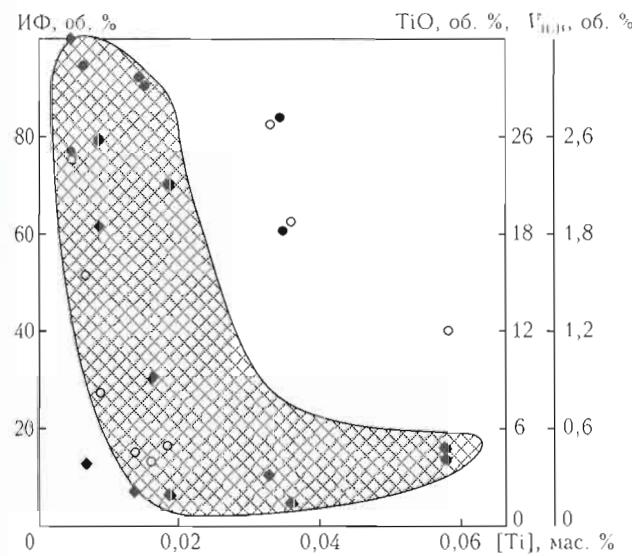


Рис. 2. Влияние содержания титана в металле швов на объемную долю ИФ (●) и неметаллических включений  $V_{n,b}$  (○) в его структуре, а также на содержание оксидов титана (◆) во включениях, расположенных в теле зерен первичного аустенита

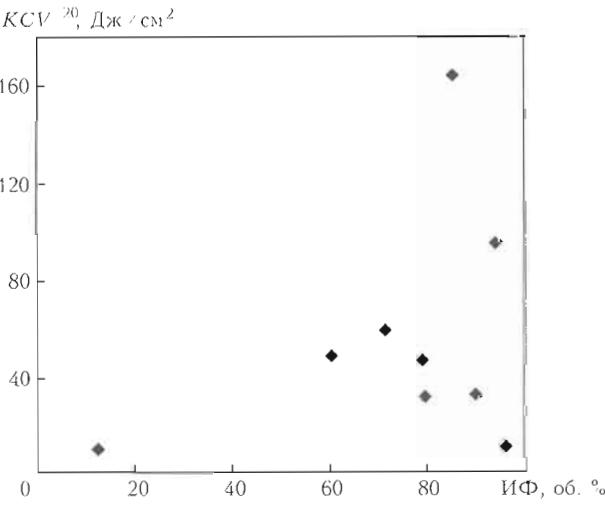


Рис. 3. Влияние содержания ИФ в структуре металла исследованных швов на его ударную вязкость

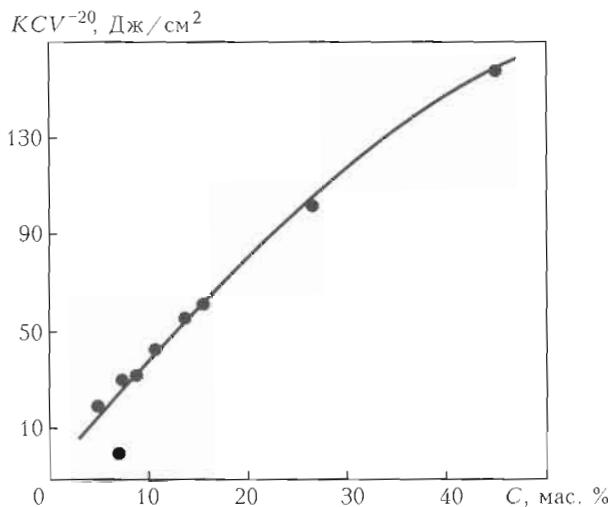


Рис. 4. Влияние состава С металла исследованных швов на его ударную вязкость ( $C = \{\text{TiO} + [\text{Mn} + 50 \text{ Ti}]\}/[\text{Si} + 10 \text{ Al}]$ )

обходится учитывать негативное влияние в данной ситуации легирования швов кремнием, и особенно алюминием.

Использование комплексного показателя дает возможность с высокой степенью достоверности выбрать сочетание сварочных материалов для сварки низколегированных сталей повышенной и высокой прочности.

### Выводы

1. Исследование влияния уровня легирования металла швов низколегированных сталей титаном при сварке под плавлеными и агломерированными флюсами позволило установить, что содержание неметаллических включений в металле швов, выполненных сваркой под кислыми флюсами, существенно выше, чем при использовании флюсов основного вида. При этом, если в первом случае включения представляют собой преимущественно силикаты марганца, то во втором, в их составе содержится значительное количество оксидов алюминия и титана.

2. Повышение основности флюса вызывает увеличение содержания титана в металле швов при использовании сварочных проволок, легированных титаном.

To evaluate the influence of the conditions of weld metal alloying in submerged-arc welding on weld mechanical properties, it is proposed to use an integrated parameter, which allows for the level of alloying with manganese, silicon, titanium and aluminium of the solid solution, as well as the content of titanium oxides in the inclusions located in the ferrite grain body.

3. Для оценки влияния легирования металла швов низколегированных сталей при сварке под флюсом на их механические свойства необходимо использовать комплексный показатель, учитывающий уровень легирования марганцем, кремнием, титаном и алюминием, а также содержание оксидов титана во включениях, расположенных в теле зерен первичного austenita.

1. Morrison W. B. Past and future development of HSLA steels // Proc. of Inter. conf. «HSLA steels - 2000», Nov. 30-Dec 5, 2000, Beijing, China. — Beijing: Tehn. Metallurgical Industry press, 2000. — P. 11–19.
2. Masumoto I., Sekiguchi A., Kawasaki S. Effect of titanium in steel electrode wire for CO<sub>2</sub>-arc welding on the usability and mechanical properties of weld metal. — S.I., [1973]. — 16 p. — (Intern. Inst. of Welding; Doc. XII-B-135-73).
3. Nakano S., Tamaki K., Tsuboi J. Differentiator analyses of the effect of Mo, Ti and B on weld metal microstructures. — S.I., [1979]. — 12 p. — (Intern. Inst. of Welding; Doc. XII-E-39-79).
4. Masumoto I. Effect of micro-alloying elements on toughness of steel weld metal. — S.I., [1979]. — 15 p. — (Intern. Inst. of Welding; Doc. XII-694-79).
5. Lin S., Olson D. L. The role of inclusions in controlling HSLA steel weld microstructures // Weldin J. — 1986. — № 6. — P. 139–149.
6. Половоцкий Д. Я. Алюминий в конструкционной стали. — М.: Металлургия, 1970. — 230 с.
7. Абрахамсон Э. П. Получение сверхмелкозернистых сплавов методом контролируемого легирования // Сверхмелкое зерно в металлах / Пер. с англ. — М.: Металлургия, 1973. — С. 82–83.
8. Mori N., Homma H., Okita S. The behavior of B and N in notch toughness improvement of Ti–B bearing weld metals. — S.I., [1980]. — 13 p. — (Intern. Inst. of Welding; Doc. IX-1158-80).
9. Mori N., Homma H., Okita S. Mechanism of notch toughness improvement in Ti–B bearing weld metals. — S.I., [1981]. — 16 p. — (Intern. Inst. of Welding; Doc. IX-1196-81).
10. Ito Y., Nakanishi M. Study on charpy impact properties of weld metal with submerged arc welding. — S.I., [1975]. — 50 p. — (Intern. Inst. of Welding; Doc. XII-A-113-75).
11. Konkabi A. H., North T. H., Bell H. B. Properties of submerged arc deposits — effects of Zr, V and Ti/B // Metal Constr. and Brit. Welding J. — 1979. — II, № 12. — P. 639–642.
12. Bramfit B. Z. The effect of carbide and nitride additions on the heterogeneous nucleation behavior of liquid iron // Metal. Trans. — 1970. — I, № 7. — P. 1987–1995.
13. Guidelines for the classification of ferritic steel weld metal microstructural constituents using the light microscope // Welding in the World. — 1986. — 24, № 7/8. — P. 144–148.

Поступила в редакцию 15.02.2007



УДК 621.791.04

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПЛАВЛЕНЫХ ФЛЮСОВ

**В. Э. СОКОЛЬСКИЙ**, д-р хим. наук, **А. С. РОИК**, канд. техн. наук, **В. П. КАЗИМИРОВ**, д-р хим. наук  
(Киев. нац. ун-т имени Тараса Шевченко),

**В. С. ТОКАРЕВ**, инж., **И. А. ГОНЧАРОВ**, **В. И. ГАЛИНИЧ**,

**Д. Д. МИЩЕНКО**, **Р. Н. ШЕВЧУК**, кандидаты техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Методом дифракции рентгеновских лучей исследованы гранулированные твердые и расплавленные сварочные флюсы марок типа АН-67. Наличие кристаллических фаз в некоторых из них свидетельствует о нарушении технологии изготовления флюсов и в связи с этим ухудшении их качества (при полном соответствии требованиям технических условий).

**Ключевые слова:** дуговая сварка, плавленый флюс, дифракция, рентгеновский луч, качество флюса, технология изготовления, аморфная фаза, кристаллическая фаза, иттербий, матрица, наноматерия, раствор, катион, анион

При автоматической сварке, наплавке и электрошлиаковом переплаве сварочный флюс играет очень важную роль. Выбор типа флюса для формирования качественного сварного шва является весьма трудоемкой задачей. Флюс должен обеспечивать надежную защиту зоны дуги и жидкой сварочной ванны от воздействия азота, кислорода и водяных паров воздуха, гарантировать хорошее формирование шва или наплавленного валика, легкую отделимость шлаковой корки, отсутствие пор, трещин и других дефектов в сварных швах. Для выполнения перечисленных выше требований флюсы должны характеризоваться определенным комплексом физико-химических свойств, которые определяются не только их химическим составом, но и технологией изготовления. При этом первостепенное значение имеет тщательное выполнение отдельных технологических операций [1], особенно при выплавке флюса и его грануляции. Нарушение технологии этих операций может привести к отрицательным последствиям при сварке.

На заключительной стадии получения флюса осуществляют контроль качества готового продукта и устанавливают его соответствие требованиям действующей нормативно-технической документации. Качество флюса контролируется партиями, состоящими из флюса одной марки, изготовленного из определенных шихтовых материалов по утвержденной технологии. Контролю подвергаются такие характеристики флюса, как однородность, строение и цвет зерен, химический состав, влажность и объемная масса. По мнению В. В. Подгаецкого [1], этих показателей достаточно для определения качества флюса. Однако известны случаи, когда сварочный флюс отвечал

предъявляемым к нему требованиям, но при этом вызывал нарекания потребителей, что, вероятно, связано с несоблюдением технологии его изготовления.

В работах [2, 3] проведено исследование методом дифракции рентгеновских лучей гранулированных твердых и расплавленных сварочных флюсов, которые изготавливались в СССР до 1991 г. Обращает внимание тот факт, что все гранулированные флюсы в твердом состоянии давали дифракционную картину, характерную для аморфного или стеклообразного их состояния, т. е. дифрактограмма отличалась полным отсутствием кристаллических пиков. Таким образом, технология изготовления сварочных флюсов, а особенно операций выплавки и грануляции, предусматривает получение флюса с полностью аморфной структурой зерна, что улучшает качество флюса и является одной из целей настоящей работы.

Как известно, сварка — быстротечный и неравновесный процесс, в течение которого флюс выполняет свои функции, поэтому он должен быть максимально реакционноспособным. Рассмотрим некоторые аспекты взаимодействия флюса и расплавленного металла в зоне сварочной ванны. Здесь можно выделить несколько типов их взаимодействия при сварке: 1-й — в зоне дуги, где состояния расплавленного металла и шлака близки к состоянию плазмы; 2-й — расплавленного металла и расплавленного шлака в зоне сварочной ванны; 3-й — расплавленного шлака и твердого металла; 4-й — твердого шлака и твердого металла.

Наиболее эффективными являются 1-й и 2-й типы взаимодействия. Это обусловлено тем, что размеры взаимодействующих частиц очень малы: в первом случае сильно ионизированные атомы или молекулы, во втором — частицы жидкостного типа, имеющие размер около 1 нм [2]. На первый взгляд,

© В. Э. Сокольский, А. С. Роик, В. П. Казимиров, В. С. Токарев, И. А. Гончаров, В. И. Галинич, Д. Д. Мищенко, Р. Н. Шевчук, 2008



наиболее интенсивно происходит взаимодействие в зоне дуги, но из-за малой концентрации частиц эффективнее взаимодействие расплавленных металла и шлака. Появление кристаллитов при взаимодействиях 3-го и 4-го типов, области упорядочения в которых на порядок превышают размер и количество частиц, значительно уменьшает вероятность взаимодействия частиц металла и шлака из-за необходимости предварительного разрушения кристаллической решетки, на что требуется дополнительное время и энергия.

Возникает вопрос, является ли флюс однородным, если он находится в частично закристаллизованном виде? Наличие аморфной (стеклообразной) составляющей и кристаллитов свидетельствует о том, что флюс многофазный и его свойства зависят от качественного и количественного состава присутствующих фаз. Если кристаллические вкрапления содержатся в матрице аморфной фазы и не контактируют друг с другом, то свойства флюса в основном будут определяться свойствами этой матрицы. Если же кристаллиты контактируют друг с другом, образуя непрерывный каркас, то может реализоваться двухкаркасная структура на основе аморфной и кристаллической фаз, и тогда свойства флюса определяются свойствами каркасов в зависимости от их количественного состава. При повышенной концентрации кристаллитов возможно образование вкраплений аморфной фазы в кристаллической матрице, а это в отличие от сварки относится к равновесным процессам. Однако свойства расплавленного флюса при кратковременных процессах, происходящих в движущейся сварочной ванне, существенно не изменяются без наличия больших структурных перестроек, для образования которых необходимо время и дополнительная энергия. Следует заметить, что свойства аморфной и кристаллической фаз одного химического состава могут существенно отличаться.

Рассмотрим некоторые вопросы, связанные с кристаллизацией, поскольку именно она влияет на реакционную способность флюса. В свою очередь, реакционная способность флюса зависит от

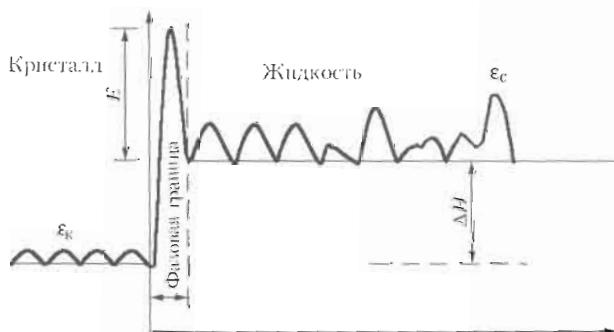


Рис. 1. Средняя энергия атома в кристаллическом и расплавленном состоянии [4]

средней энергии входящих в него атомов и молекул. На рис. 1 показана средняя энергия атома в кристаллическом и расплавленном состоянии [4]. Как видно из рисунка, средняя энергия атома в расплавленном состоянии  $\epsilon_c$  выше его средней энергии в кристаллическом состоянии  $\epsilon_k$  на величину  $\Delta H$  [4]. Кроме того, при переходе из кристаллического в жидкое состояние необходимо преодолеть энергетический барьер — среднюю энергию стали  $E$ . Таким образом, на переход атома из кристалла в жидкость необходимо затратить энергию  $\Delta H + E$ . Это возможно при некоторой температуре, когда появляются достаточно устойчивые группы молекул, которые образуют зародыши новой фазы. Для процесса кристаллизации весьма существенно, чтобы мгновенное расположение атомов в зародышах в предкристаллизационный период соответствовало их расположению в кристаллической решетке. Согласно [5] при возникновении кристаллического зародыша затрачивается энергия на образование поверхности раздела. Если размер зародыша меньше некоторого критического, то его разрушение энергетически выгодно, поскольку в этом случае поверхностная энергия превышает выигрыши в энергии, связанный с переходом в устойчивое состояние. Если размер зародыша больше некоторого критического, то в энергетическом плане выгоден его рост. Общее изменение свободной энергии системы  $\Delta F$  равно разности между поверхностной энергией (результат изменения поверхности раздела, полученного методом рентгенографии) и энергией, связанной с изменением объемной свободной энергии при фазовом превращении жидкость–кристалл, и выражается формулой

$$\Delta F = 4\pi r^2 \Delta f_s - \frac{4}{3}\pi r^3 \Delta f_v \quad (1)$$

где  $r$  — размер зародыша;  $\Delta f_s$  — изменение свободной энергии на единицу площади межфазной поверхности;  $\Delta f_v$  — изменение свободной энергии при фазовом превращении в единице объема вещества на единицу площади межфазной поверхности. Как видно из рис. 2, уменьшение  $\Delta F$  после достижения критического размера обусловлено возрастающим вкладом второго члена уравнения (1), поскольку значение  $r^3$  возрастает быстрее, чем  $r^2$ . При плавлении флюса для формирования жидкостных микрогруппировок докритического размера необходимо затратить энергию превращения жидкость–кристалл  $\Delta F_{ж-к}$ , которая тем больше, чем больше размер кристаллитов. Очевидно, что при изготовлении гранулированного флюса необходимо, чтобы его микрогруппировки были жидкостного типа и желательно докритического размера. При сварке под таким флюсом нет необходимости затрачивать дополнительную

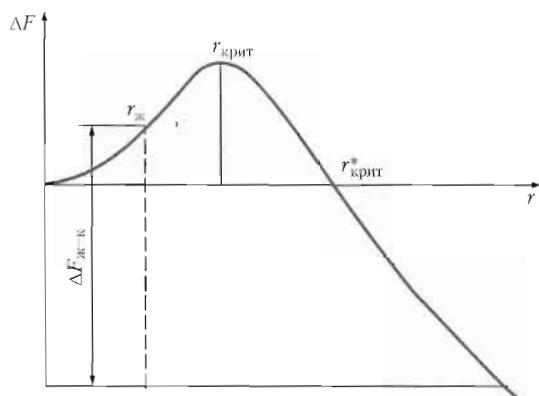


Рис. 2. Зависимость изменения свободной энергии поверхности  $\Delta F$  от размеров зародышей

энергию и время на плавление кристаллитов и установление равновесного состояния. Энергетические (напряжение и ток) и временные (скорость сварки) параметры режима могут быть экономичнее, а качество формирования шва лучше. Это связано с тем, что флюс с аморфной структурой сохраняет определенное сходство со свойствами расплава, что положительно влияет на протекание сварочного процесса.

Как свидетельствуют данные, полученные нами [2, 3], у большинства сварочных флюсов в расплавленном состоянии формируются атомные группировки нанометрических размеров, которые существенно отличаются от кристаллических аналогов. По мнению авторов работы [6], строение такой частицы близко к коллоидной мицелле. На основании экспериментальных данных (об изотермической зависимости плотности, поверхностном напряжении, относительной активности кислорода, растворимости водяных паров и других параметров) можно сделать вывод, что при изменении концентрации или температуры расплава состав наномицеллы трансформируется. Перестройка всей наномицеллы под действием температуры начинается в ее периферийной зоне с распада верхних слоев, что приводит к образованию более мелкой и простой по строению, но термически устойчивой наночастицы. Термическое разупорядочение достигается при температуре полного разрушения кремнекислородной части агрегата наномицеллы. При этом свойства расплава описываются законами идеальных растворов.

Непосредственно вблизи ядра находятся связанные с ним атомные комплексы, которые могут рассматриваться как недиссоциированные молекулы, а ближе к его периферийной части расположена разреженный диффузный слой, состоящий из относительно свободных ионов. Основное отличие от коллоидных систем состоит в том, что межмолекулярная жидкость отсутствует, а диффузный слой перекрывается и образует непрерывную матрицу.

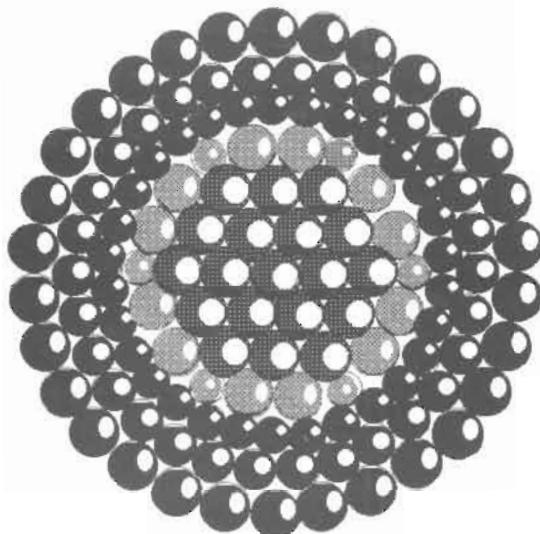


Рис. 3. Строение агрегата наномицеллы

Наша модель оксидного расплава основана на выводах работ [2, 3], из которых следует, что после плавления образуется среда, состоящая из наномицелл с обобщенным диффузным слоем. Мицеллы взаимодействуют между собой слабо, но существует равновесный обмен частицами с диффузной средой, если температура и внешнее давление не изменяются. Количество атомов в наномицелях колеблется от одной тысячи до нескольких тысяч, а размер мицелл — от 1,2 до 10,9 нм. Наномицеллы можно рассматривать как гигантские молекулы в диффузной (квазигазовой) среде. Агрегат наномицеллы имеет сложное строение (рис. 3). Его середина состоит из атомов, которые отвечают составу наиболее стойких соединений, и может выполнять роль кристаллического зародыша при кристаллизации, а периферия — из сферических слоев по типу плотной упаковки. В сферических слоях расстояние кислород–кислород увеличивается при переходе от центра к периферии частицы. В пустотах между кислородными слоями расположены катионы, которые лучше всего вписываются в тетра- и октаэдрические пустоты. При этом катионы малых размеров будут находиться ближе к центру агрегата, а больших — на его периферии. В частицу мицеллы входят анионы, которые жестко связаны с ядром, передвигаются с ним в электрическом поле и составляют коллоидную частицу. Другие анионы образуют диффузный слой. Они относительно свободны и не перемещаются в электрическом поле к аноду.

Таким образом, предложенное строение наномицеллы отвечает всем требованиям коллоидной химии. Однако в отличие от коллоидной системы оксидные мицеллы не находятся в растворе (межмицеллярная жидкость), который не взаимодействует с мицеллой и образует ее заряд или сольватную оболочку, что и обеспечивает стабильность системы.

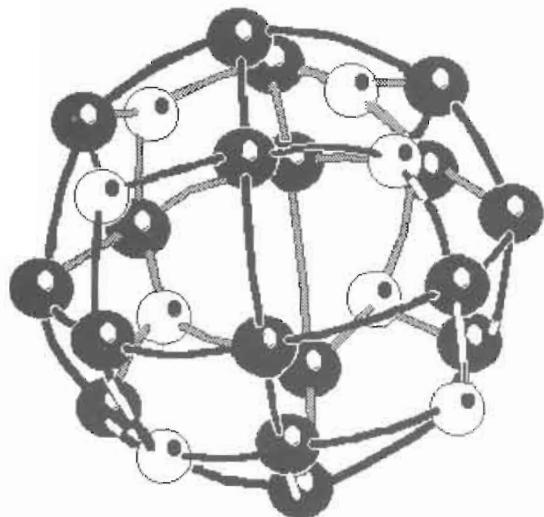


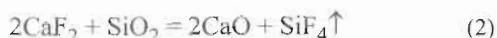
Рис. 4. Схема сферического слоя, состоящего из кислородных атомов минимального размера

Плотная шарообразная упаковка кислородных атомов жидкостного типа может реализоваться различными способами, например по принципу фуллеренов. Может существовать и более простой способ ее реализации. На рис. 4 показан сферический слой из кислородных атомов минимального размера, где атомы формируют сферическую сетку, составленную не из правильных пяти- и шестивершинников (как в фуллеренах), а из искаженных четырехугольников. Несколько сферических слоев такого типа, расположенных один над другим со смещением атомного узла в центр четырехугольника нижнего слоя, могут реализовать плотную упаковку атомов, подобную плотной кубической упаковке кристаллов, но в отличие от плотной кристаллической упаковки расстояние кислород–кислород в таких образованиях не является постоянным.

Оксидные наномицеллы находятся в непрерывной диффузной среде, где концентрация частиц близка к уплотненному газу в динамическом равновесии с диффузной средой, а состав мицелл и диффузной среды зависит от внешних параметров — температуры и давления. Кислород, который входит в состав диффузной среды, можно расценивать как свободный кислород. Для иллюс-

трации отмеченного выше мы ограничились только кислородными слоями.

При выплавке флюсов из шихтовых материалов возможно сближение молекул  $\text{CaF}_2$  и  $\text{SiO}_2$  настолько, что протекание реакции



будет возможным. Влага, которая присутствует в шихтовых материалах, также способствует прохождению реакции (2) [7]. Однако после формирования мицеллярной структуры ее протекание возможно только при высокой температуре при разрушении мицелл с высвобождением диоксида кремния из нижних слоев агрегата. Эта реакция обеспечивает газовую защиту зоны дуги от вредного воздействия атмосферного воздуха. Более подробно данные вопросы рассмотрены в работах [2, 3].

На рис. 5 представлено строение расплава на основе наномицелл плотной упаковки атомов кислорода при низких (рис. 5, а) и высоких (рис. 5, б) температурах. После взаимодействия шлака с газовой или расплавленной металлической средой состав диффузного пространства может изменяться и приближаться к составу сульфидной, сульфатной, водной и других емкостей или к продуктам взаимодействия шлака с металлической фазой в зависимости от приоритетов взаимодействия с фазами, которые контактируют. Не исключено, что состав диффузной среды, которая находится ближе к одной из контактирующих фаз, будет более насыщен продуктами взаимодействия, поступающими из зоны контакта. На рис. 6 показано возможное строение периферийных тетраэдрических слоев агрегата мицеллы, где нижний слой образован меньшими тетраэдрами, а верхний — большими. Катионы на рисунке не изображены.

Нами исследованы флюсы типа АН-67Б различных партий. Флюсы, выплавленные в последнее время, сравнивали с подобными, но изготовленными более 15 лет назад. Твердые гранулированные флюсы исследовали на дифрактометре «Дрон-3» с использованием  $\text{CuK}_{\alpha}$ -излучения, расплавленные флюсы — на дифрактометре для исследования расплавов с использованием

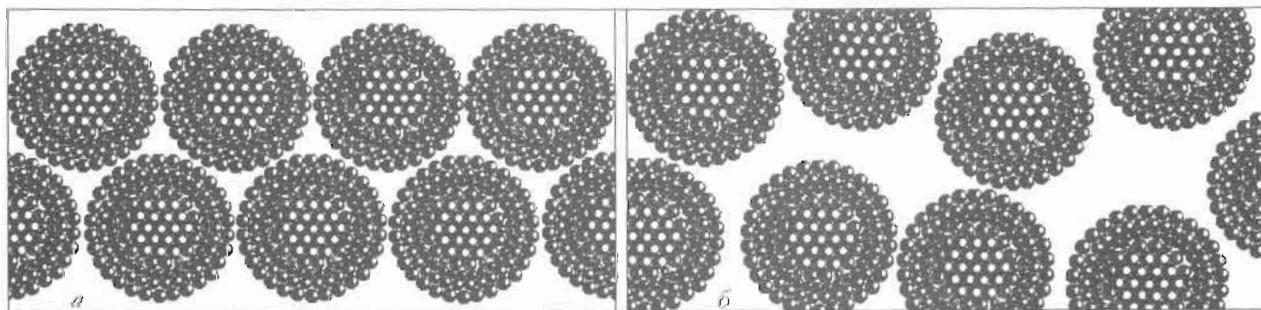


Рис. 5. Схема строения расплава на основе наномицелл плотной упаковки атомов кислорода при низкой (а) и высокой (б) температуре

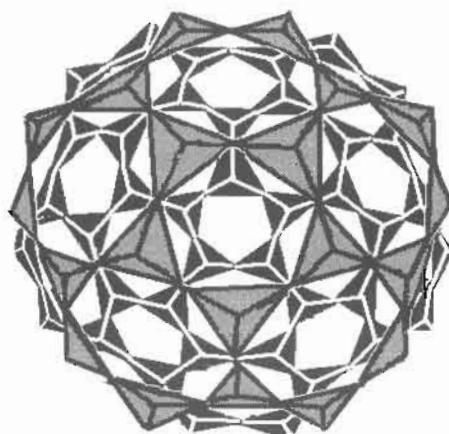


Рис. 6. Возможное строение периферийных тетраэдрических слоев агрегата мицеллы

$\text{MoK}_\alpha$ -излучения. На рис. 7 представлены дифрактограммы различных партий плавленых флюсов типа АН-67Б производства Никопольского завода ферросплавов, номера их партий 137, 2, 3, 4, 5, 6, 71. На рисунке сверху показаны дифрактограммы флюсов типа АН-67У и АН-67А, изготовленных приблизительно 20 лет назад. Как и предполагалось, они имеют аморфное строение.

На рис. 8 сравниваются дифрактограммы флюса типа АН-67Б, полученные при комнатной температуре и при 1350 °C. Как видно из рисунка, кристаллические пики не пропадают полностью и при высоких температурах.

Таким образом, большинство сварочных флюсов АН-67Б, полученных в последнее время (кроме партии 71, рис. 7), не являются аморфными. Кристаллические пики на дифрактограммах идентифицируются как две фазы: одна — на основе алюминатной шпинели (температура плавления более 1520 °C), вторая — флюорит  $\text{CaF}_2$  (температура плавления около 1418 °C). Только в пробе 137 идентифицируется исключительно алюминатная шпинель (рис. 9). Кристаллические пики  $\text{CaF}_2$  пропадают после достижения температуры

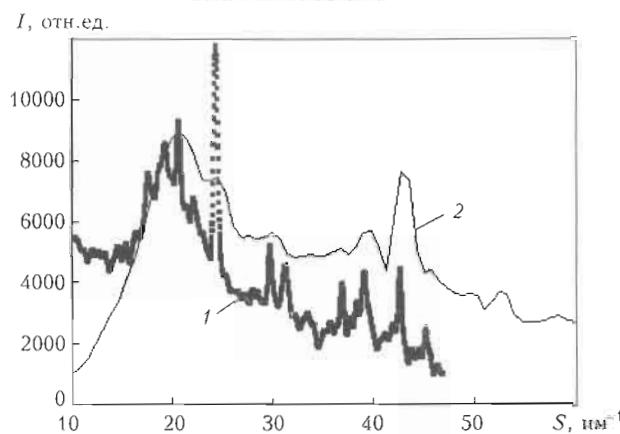


Рис. 8. Дифрактограммы флюсов АН-67Б, полученные при комнатной температуре (1) и при 1350 °C (2);  $S$  — вектор рассеяния

1450 °C и изотермической выдержки при этой температуре в течение 40...60 мин. При быстром охлаждении в режиме отключения питания печи от 1450 °C пики  $\text{CaF}_2$  в переплавленном шлаке не восстанавливаются. Провести эксперименты с более высокотемпературной фазой типа шпинели не удалось, поскольку началось кипение шлакового расплава, что значительно искажало поверхность отражения рентгеновских лучей и дифрактограмму. Однако можно предположить, что при достижении 1600...1650 °C, изотермической выдержки при этих температурах и последующей закалке шлакового расплава можно получить полностью аморфный флюс.

Вероятно, что при соблюдении технологического режима в твердом гранулированном флюсе атомные микрогруппировки по размерам и строению будут близки к наномицеллам расплава, а  $\text{CaF}_2$  расположится на периферии группировок. Такое строение, близкое к равновесному жидкостному, даст возможность избежать дополнительных энергетических затрат при плавлении, максимально использовать реакцию (2) и физико-химические свойства расплавленного шлака.

Для сравнения определена основность сварочного флюса АН-67Б и ее температурная зависи-

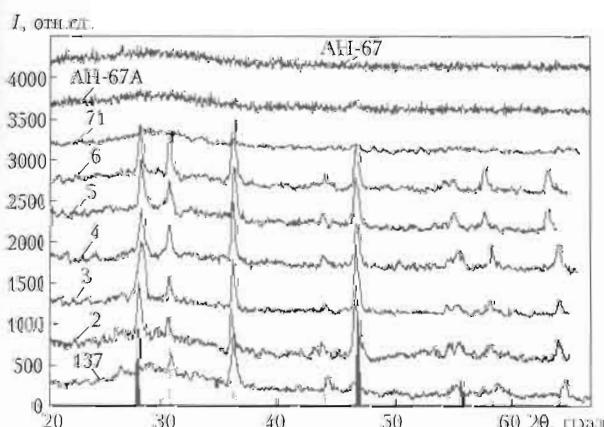


Рис. 7. Дифрактограммы различных партий плавленых флюсов типа АН-67Б;  $\theta$  — угол рассеяния рентгеновских лучей;  $I$  — интенсивность их рассеяния

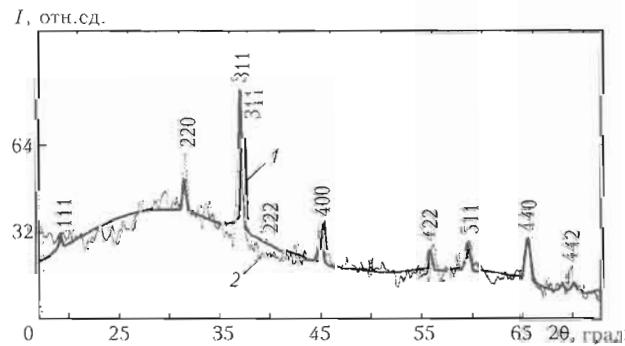


Рис. 9. Полноформальное описание дифракционной кривой, полученной по методу Ритвельда, для флюса типа АН-67Б (партия 137) с помощью решетки  $\sigma\text{-Al}_2\text{O}_3$ : 1 — шпинель  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 2 — экспериментальный флюс



мость с использованием результатов рентгено-дифракционного эксперимента [8]. Ранее нами было показано, что для алюминатных флюсов типа АН-67 при росте температуры имеет место монотонное увеличение основности [2], что коррелирует с процессами, происходящими в сварочной ванне. Однако эти исследования касались аморфных плавленых флюсов. Полученные результаты свидетельствуют, что у частично закристаллизованного флюса типа АН-67Б температурная зависимость основности существенно отличается от аморфного, что может ухудшить его сварочно-технологические свойства. Следовательно, температура печи при выплавке флюсов была ниже 1418 °С или же время выдержки при максимальных температурах шлакового расплава было предельно малым, что является следствием несоблюдения технологического режима при изготовлении плавленых флюсов.

Таким образом, методом дифракции рентгеновских лучей можно установить наличие неблагоприятных кристаллических фаз в флюсах, сви-

детельствующих о нарушении технологии его изготавления.

1. Подгаецкий В. В., Люборец И. И. Сварочные флюсы. — Киев: Техника, 1984. — 167 с.
2. Сокольский В. Э. Строение расплавов многокомпонентных оксидных систем: Дис. ... д-ра хим. наук. — Киев, 2002. — 351 с.
3. Структурные особенности расплавов оксидных систем / А. П. Шпак, В. Э. Сокольский, В. П. Казимиров и др. — Киев: Академperiодика, 2003. — 138 с.
4. Современная кристаллография / Под ред. В. К. Ванштейна и др. — В 4 т. — М.: Наука, 1979, — Т. 2: Образование кристаллов. — 360 с.
5. Физическая химия силикатов / А. А. Пащенко, А. А. Мясников, Е. А. Мясникова и др. — М.: Вышш. шк., 1986. — 368 с.
6. Высокотемпературное центрифугирование окисных расплавов / В. И. Езиков, М. А. Шелудько, С. К. Чукмарев, В. С. Возчик // Изв. вузов. Черная металлургия. — 1986, — № 3. — С. 4—9.
7. Tworzenie się lotnych fluorów przy spawaniu pod topnikiem / W. J. Galinic, W. S. Tokarew, W. S. Bender, W. W. Podgajeczkij // Biul. Inst. Spawalnictwa. — № 52. — S. 41—44.
8. Сокольский В. Э. Применение альтернативных методов определения основности металлургических шлаков // Пробл. спец. электрометаллургии. — 1998. — № 1. — С. 66—73.

The method of X-ray diffraction was used to study the granulated solid and fused welding fluxes of the grades of АН-67 type. Presence of crystalline phases in some of them is indicative of violation of the flux manufacturing process and deterioration of their quality (at complete compliance with the specification requirements).

Поступила в редакцию 14.05.2007

## УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ПРИБОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ

Одним из основных факторов, определяющих работоспособность сварных конструкций, являются остаточные сварочные напряжения, которые могут достигать высоких уровней. В

ИЭС им. Е. О. Патона совместно с НИИ «Квант» (г. Киев) создан малогабаритный автоматизированный ультразвуковой прибор для контроля напряжений. Определение напряжений основано на эффекте акустоупругости. Процессы измерений и обработки результатов компьютеризированы. Результаты измерения сохраняются в памяти прибора. Имеется возможность передачи результатов измерений на ПК. Отличительная особенность прибора заключается в новом принципе приема и обработки ультразвуковых колебаний, что позволяет автоматизировать процесс измерения и значительно повысить точность определения напряжений.



**Назначение.** Оперативное определение в элементах металлоконструкций значения и знака одно-, двух- и трехосных остаточных напряжений без разрушений; контроль поля остаточных напряжений при послесварочной упрочняющей обработке в процессе изготовления и эксплуатации конструкции.

Контакты: 03680, Украина, Киев-150, ул. Боженко, 11  
Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, отд. № 3  
Тел./факс: (38044) 287 60 05, факс: (38044) 261 04 86  
E-mail: office@paton.kiev.ua; kiryar@svitonline.com

УДК 621.791:002

## ТЕХНОПАРК «ИЭС им. Е. О. ПАТОНА» — ОПЫТ РАБОТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

А. А. МАЗУР, канд. экон. наук (Технопарк «ИЭС им. Е. О. Патона»)

Рассмотрены особенности становления и развития, экономические показатели деятельности Технопарка «ИЭС им. Е. О. Патона». Приведены сведения о выполненных в последние годы инновационных проектах, их новизне и значимости. Отмечаются темы будущих перспективных проектов и возможные условия, в которых далее будут развиваться технопарки.

**Ключевые слова:** технопарк, структура, инновационные проекты, государственная поддержка, тематика проектов, экономические показатели, перспективные направления

Технопарк «ИЭС им. Е. О. Патона» создан в 2000 г. в соответствии с Законом Украины «О специальном режиме деятельности технопарков» № 991 от 16 июня 1999 г. В состав технопарка входят: собственно институт, НТК, Опытный завод сварочного оборудования ИЭС им. Е. О. Патона, Симферопольский электромашиностроительный завод-фирма «СЭЛМА», Каховский завод электросварочного оборудования, Запорожский завод флюсов и стеклозиделей и ряд других предприятий.

Инновационные проекты, выполняемые в рамках технопарка, имеют следующие виды государственной поддержки в соответствии с действующим законодательством:

зачисление на специальные счета суммы налога на прибыль;

освобождение от ввозной пошлины нового оборудования, установок и комплектующих, а также материалов, которые не производятся в Украине, но необходимы для выполнения проекта;

оплата НДС при импорте оборудования для нужд проекта с использованием налогового векселя со сроком погашения на 720-й, а материалов — на 180-й календарный день;

ускоренная амортизация основных фондов;

освобождение от обязательной продажи валютных поступлений;

продление срока расчетов по экспортно-импортным операциям с 90 до 150 дней.

Кроме того, в 2007 г. для финансовой поддержки проектов технопарков в госбюджете предусмотрена бюджетная программа, согласно которой предполагалось:

полное или частичное (до 50 %) беспроцентное кредитование;

полная или частичная компенсация процентов, оплачиваемых исполнителями проектов

технопарков, коммерческим банкам и другим финансово-кредитным учреждениям за кредитование проектов.

Применение спецрежима позволяет компенсировать предприятиям до 10...15 % всех затрат на разработку и организацию выпуска инновационной продукции. Сроки окупаемости проектов при этом снижаются с пяти-семи до трех-пяти лет. В Технопарке ИЭС целевые субсидии, зачисленные на специальные счета, на 90 % используются на модернизацию и развитие опытно-экспериментальной базы, а также приобретение научного и производственного оборудования, необходимого для реализации инновационного проекта.

Проекты Технопарка ИЭС, как правило, включают полный инновационный цикл: от фундаментальных и прикладных исследований до организации производства и вывода инновационного продукта на рынок. Максимальный срок действия специального режима для отдельного проекта — 5, для технопарка в целом — 15 лет.

Проекты технопарка должны отвечать следующим требованиям:

соответствовать приоритетным направлениям его деятельности;

иметь необходимую степень новизны и патентной защиты;

быть конкурентоспособными и практически реализуемыми с полезным для Украины результатом, решать важные народнохозяйственные и научно-технические проблемы;

иметь необходимое финансовое обеспечение и платежеспособный спрос на рынке;

иметь (или создавать в ходе выполнения проекта) необходимую для практической реализации научно-техническую и производственную базу;

обеспечивать положительный бюджетный баланс (превышение отчислений в бюджет над общей суммой субсидий и льгот);

развивать экспортный потенциал страны и снижать степень ее импортной зависимости.

Все проекты проходят предварительную экспертизу в специальной комиссии НАН Украины,

© А. А. Мазур, 2008

## ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

в министерствах и ведомствах, заинтересованных в Государственной научно-технической экспертизе, и только при наличии положительных заключений по решению рабочей группы Министерства образования и науки и специальной комиссии Кабинета Министров регистрируются в качестве проектов технопарков.

Государство обеспечивает строгий контроль за выполнением проектов, правильностью начисления субсидий и их целевым использованием.

За прошедшие годы участники технопарка выполнили 14 проектов по созданию и выведению на украинский и мировые рынки новых технологий, оборудования и материалов, учитывающих новейшие достижения сварочной науки и техники.

Основными проектами, которые составляют 95 % всего объема работ технопарка, являются следующие:

высокочастотная сварка мягких живых тканей. С участием американского капитала разработана технология, оборудование, отработаны медицинские аспекты применения нового метода в медицине и ветеринарии. На сегодня в Украине успешно прооперировано более 10 тыс. больных. Американские специалисты назвали этот проект «прорывом в хирургию XXI века», работа получила Государственную премию Украины. Проект защищен патентами Украины, США, Австралии;

машины для стыковой контактной сварки высокопрочных рельсов скоростных железных дорог, занимающие лидирующее положение на мировых рынках. В проекте использовано более 40 патентов, действие которых поддерживается в странах — потенциальных покупателях — США, ЕС, Китае, Индии, Бразилии, России и др.;

технологии выплавки высококачественных сварочных флюсов, не имеющие аналогов в мировой практике, которые позволяют наполовину заменить дефицитное и дорогостоящее импортное сырье в шихте шлаковыми отходами металлургической промышленности. До 85 % выпускаемых флюсов идут на экспорт;

современное энергосберегающее оборудование для дуговой сварки. Более 70 % разрабатываемого оборудования экспортируется за рубеж;

оригинальные технологии магнитной сепарации и магнитофлотационного обогащения железных руд, позволившие довести содержание железа в концентрате с 63 до 68...69 %, что соответствует показателям продукции лучших ГОКов, работающих на более богатых рудах. Это позволяет на 10...15 % снизить затраты при выплавке чугуна и стали, защитить отечественный рынок от экспансии зарубежных экспортёров.

Кроме того, выполнены проекты по штампсварным маслонаполненным радиаторам (КЭСКО, г. Каховка), энергосберегающему стеклу («Технолуч», г. Киев), лазерной сварке, плазменно-ду-

говой сварке алюминиевых сплавов, импульсно-плазменной модификации поверхности, упрочнению рабочих органов сельхозтехники.

В соответствии с общепризнанной в мировой практике классификацией проекты Технопарка ИЭС составляют:

по степени новизны: 40 % пионерских, 30 мирового уровня, 30 модифицированных;

по технологическим укладам: 33 % относятся к третьему укладу, по 22 — соответственно к четвертому и к наиболее высокотехнологичным и наукоемким пятому и шестому укладам;

по значимости рынков: 40 % мирового уровня, 40 национального и 20 отраслевого (для сравнения — в польских технопарках, работающих под эгидой ЕС, доля проектов мирового уровня составляет 1,9, национального — 14 и отраслевого — 84,1 %).

Сейчас готовятся новые инновационные проекты с фирмой «СЭЛМА», Симферопольским моторным заводом и Запорожским заводом флюсов и стеклоизделий.

Особенно следует отметить проект по созданию в Украине выпуска комплекса современной техники для строительства и эксплуатации высокоскоростных цельносварных железнодорожных магистралей. Это позволит увеличить скорость движения железнодорожного транспорта до 140...160 км/ч (а в дальнейшем до 200 км/ч и более), что важно для надежной работы проходящего по территории Украины транзитного коридора «Восток–Запад». Кроме того, большое количество рабочих (путевое хозяйство составляет 35 % основных фондов украинских железных дорог и его обслуживает 25 % всех железнодорожников) будет освобождено от тяжелого ручного труда. Сейчас в разработке проекта принимает участие Чехия, Россия. В дальнейшем к работам по строительству и реконструкции украинских железных дорог Министерством транспорта будут широко привлекаться зарубежные инвесторы и международные финансовые организации.

Сейчас в ИЭС им. Е. О. Патона появились новые направления, которые вполне могут стать основой новых инновационных проектов, из которых в первую очередь можно отметить:

решение проблемы экологически чистой переработки опасных (в том числе медицинских) отходов с использованием пароплазменных и других высокотемпературных технологий;

разработка и организация выпуска магнитных наножидкостей для медицины;

разработка функциональных и конструкционных наноматериалов и покрытий, в том числе для аэрокосмической техники;

создание отечественных энергосберегающих и взрывобезопасных источников света на базе светодиодов;

повышение пропускной способности магистральных газопроводов за счет новых технических решений газоперекачивающих компрессоров и охлаждения газа.

В целом следует отметить, что на сегодня Технопарк ИЭС является крупнейшей и одной из успешных инновационных структур.

Недавно в Украине был проведен интернет-опрос топ-менеджеров крупнейших компаний на тему «Какая украинская компания или структура является наиболее инновационной?». Результаты были следующие: лавры первенства получили «Квазар-Микро», с 1990-х годов сотрудничающая с компанией «Интел», принцип которой «Всегда на шаг впереди». При определении второго места равное количество голосов набрали Технопарк ИЭС, Киевстар и Приватбанк. Выбор сделали в пользу технопарка, поскольку именно эта структура способствует не только генерированию мощных идей, но и их практической реализации с успешным коммерческим результатом.

Экономические показатели деятельности технопарка вполне достойны. Реализация инновационной продукции участниками технопарка выросла практически с нуля в 2000 г. до 1,6 млрд грн. в 2006 г. Всего за шесть лет реализовано 5,4 млрд грн. инновационной продукции, пользующейся спросом как на внутреннем, так и на мировом рынках (экспорт превышает 20%). Проекты технопарка обеспечили положительный экспортно-импортный баланс украинских производителей сварочного оборудования и материалов.

Работа в рамках специального режима позволила Технопарку ИЭС за счет налоговых и таможенных преференций обеспечить государственную поддержку инновационной деятельности в объеме более 150 млн грн. из централизованного спецсчета технопарка, на который за эти годы было переведено более 3 млн грн. для дополнительной поддержки проектов, при этом из бюджета напрямую технопарк не финансировался. Более того, в бюджет им было перечислено 454 млн грн. Таким образом, бюджетная эффективность деятельности Технопарка ИЭС, т. е. превышение отчислений в бюджет над объемами господдержки, за эти годы составила 304 млн грн.

Еще одним показателем эффективности работы технопарков, принятым в мировой практике, является соотношение выпуска инновационной про-

дукции и объемов государственной поддержки. В Китае считается нормальным, когда на 1 юань, вложенный государством в технопарки, приходится 6 юаней инновационной продукции. Итоги работы Технопарка ИЭС за семь лет — 29 грн. на 1 грн. государственной поддержки.

Государственная поддержка на 90 % была использована для материального обеспечения инновационной деятельности (создание экспериментальной и опытно-промышленной базы, приобретение уникального оборудования) и на 10 % — для интеллектуального обеспечения (НИР, ОКР, патентование, техническая подготовка производства). Средства спецсчетов использовались строго в рамках утвержденных проектов технопарка.

При всех очевидных успехах у технопарков нелегкая судьба. В 2005 г. в результате «технической ошибки Правительства» была полностью ликвидирована экономическая база деятельности технопарков, что поставило их на грань уничтожения. Пришлось пережить несколько десятков проверок различными органами — КРУ, прокуратурой, СБУ. Налоговые службы неоднократно пытались обвинить технопарк и его участников в неправильном начислении льгот на спецсчета и в их нецелевом использовании. Все до единого суды технопарком были выиграны.

В январе 2006 г. законодательно была восстановлена система преференций, т. е. система государственной поддержки проектов технопарков, что дало возможность восстановить их деятельность. Кроме того, в программе коалиции демократических сил «Украинский прорыв для людей, а не политиков», имеющей хоть и минимальное, но все же большинство в Верховной Раде VI созыва, предусмотрено:

- обеспечение развития инновационных структур — технопарков, технокомплексов, технологических инкубаторов;

- принятие новой редакции Закона Украины «О специальном режиме деятельности технопарков» (в первом чтении этот Закон был принят еще в Верховной Раде V созыва).

Так что будем надеяться на лучшее, тем более, что результаты работы нашего технопарка вполне убедительно показывают пользу технопарков для развития экономики страны в целом и развития науки в частности.

The features of forming and development, as well as economic aspects of the activity of the E. O. Paton Electric Welding Institute Technology Park are considered. Comparison of innovation projects fulfilled over the recent years, their novelty and value is given. Subjects of the future promising projects are mentioned, as well as the possible conditions under which the technology park will be developing.

Поступила в редакцию 08.11.2007

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ ПРИ МАЛОЙ ПЛОТНОСТИ ТОКА

С. В. ДРАГАН, канд. техн. наук, Ю. А. ЯРОС, инж. (Нац. ун-т кораблестроения им. Адм. С. О. Макарова, г. Николаев)

Рассмотрено влияние энергетических параметров системы «дуга–источник питания» при комбинированной вольт–амперной характеристике источника питания и постоянной скорости подачи сварочной проволоки на стабильность процесса сварки при воздействии возмущений по длине дуги.

**Ключевые слова:** дуговая сварка, источник питания, саморегулирование сварочной дуги, стабильность процесса, технологические возмущения, комбинированная вольт–амперная характеристика, плотность тока

При выполнении автоматической сварки под флюсом стабильность дугового процесса [1] и постоянство геометрических размеров шва являются одними из основных условий получения качественного соединения.

Снижение силы тока до предела, при котором еще существует стабильный дуговой процесс при  $v_{\text{под}} = \text{const}$ , при сохранении требуемой глубины проплавления металла актуально для многих практических задач (сварке и наплавке разнородных металлов, сварке корневых швов в многопроходных швах, сварке двухслойных сталей, сварке термоупрочненных сталей и др.). Для обеспечения стабильности сварочного процесса применяют источники питания с жесткими и пологопадающими внешними характеристиками, а при необходимости снижения плотности тока — специальные схемы сварочных головок с системами стабилизации длины дуги [2]. Однако и в этих случаях не обеспечивается стабильность процесса сварки под флюсом при токах плотностью ниже  $40...30 \text{ A/mm}^2$  вследствие неустойчивости системы дуга–источник питания (Д–ИП) [2].

Цель настоящей работы — обеспечение стабильности процесса и параметров швов при дуговой сварке под флюсом на токах плотностью менее  $30 \text{ A/mm}^2$  с учетом влияния технологических возмущений (изменения вылета электрода), обусловленных погрешностями сборки соединений под сварку, наличием прихваток или неровностями наплавляемой поверхности.

Известно [3], что устойчивость системы Д–ИП как необходимое условие стабильности процесса дуговой сварки достигается при положительном значении коэффициента динамической устойчивости  $K_y$  в рабочей точке и достаточной интенсивности саморегулирования. Следовательно, стабильность процесса дуговой сварки на малых

плотностях тока может быть достигнута изменением взаимного положения статических характеристик дуги (СХД) и вольт–амперной характеристики (ВАХ) источника при сохранении  $K_y > 0$ . В данной работе рассматривается возможность осуществления стабильного процесса дуговой автоматической сварки под флюсом проволокой диаметром  $2...5 \text{ mm}$  на токах плотностью ниже  $30 \text{ A/mm}^2$  путем использования источников питания с комбинированной ВАХ.

Комбинированная характеристика состоит из двух ветвей: крутопадающей в диапазоне рабочих токов ( $\kappa = 0,15...0,2 \text{ V/A}$ ) и пологопадающей ( $\kappa = 0,02...0,04 \text{ V/A}$ ), включающейся автоматически при снижении напряжения в дуге до минимального значения, достаточного для поддержания горения дуги.

Известно, что при питании от источника тока с жесткой или пологопадающей ВАХ, при малых плотностях тока в электроде, при кратковременных уменьшениях длины дуги наблюдается резкое увеличение тока в электроде, а при возрастании длины дуги — обрывы дуги из-за низкого напряжения  $U_{x,x}$  холостого хода источника (рис. 1, а). При питании дуги от источника тока с крутопадающей ВАХ и резких уменьшениях длины дуги (при пересечении прихватки) вследствие недостаточного увеличения тока и низкой интенсивности процесса саморегулирования происходят нарушения процесса, вызванные короткими замыканиями (рис. 1, б).

Рассмотрим работу системы Д–ИП с комбинированной ВАХ источника (рис. 1, в) при изменениях длины дуги. Точка с на рис. 1, в соответствует установленной длине дуги, а точки  $a, b, d, e$  — отклонениям, вызванным колебаниями ее длины. В точке с значение коэффициента динамической устойчивости  $K_y \gg 0$ , т. е. автоматически обеспечивается необходимое условие устойчивого горения дуги. При возникновении возмущений, вызывающих уменьшение длины дуги, СХД смещаются в положение, соответствующее точке  $e$ , которая также характеризует состояние устойчивого горения дуги. Однако при работе сис-

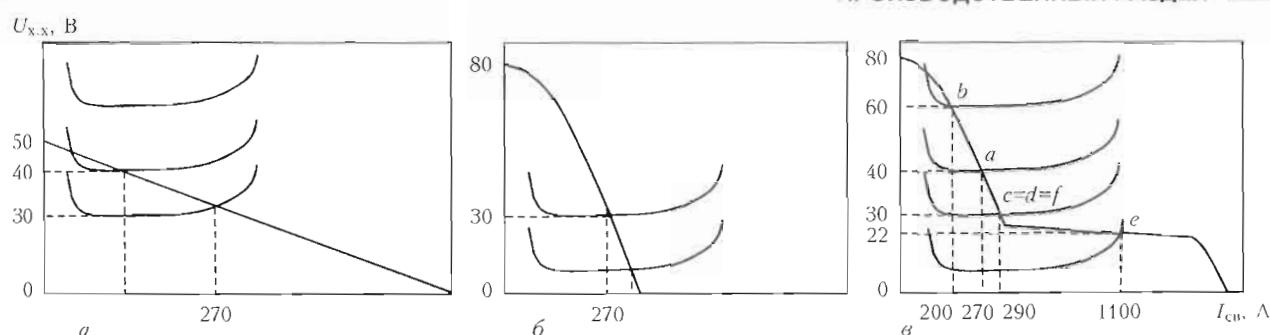


Рис. 1. Изменение положения СХД [4] относительно ВАХ источника питания при различных возмущениях длины дуги: а — пологопадающая ВАХ ( $k = 0,02 \text{ В/А}$ ); б — крутопадающая ( $k = 0,15 \text{ В/А}$ ); в — комбинированная

изменяется характеристика  $K_y > 0$ . Интенсивность дуги ниже порога аварийной длины, но выше, но ниже порога питания. Поэтому из рабочих диапазонов, имеющихся ( $k = 0,02 \text{ В/А}$ ), практически неизвестна минимальная длина сварки тока и малых плотностей тока. Современное резкое возрастание длины сварки при неизменной интенсивности дуги происходит в короткими промежутками.

Таким образом, комбинированная ВАХ источника питания позволяет обеспечить стабильный дуговой процесс в области малых плотностей тока в электроде.

Для подтверждения эффективности использования комбинированной ВАХ были проведены экспериментальные исследования.

Сварку выполняли трактором ТС-77 с постоянной скоростью подачи проволоки. Формирование комбинированной ВАХ для питания дуги осуществлялось путем параллельного включения двух тиристорных выпрямителей: ВДМ 25-630 с блоком балластных реостатов (крутопадающая) и ВДУ 25-1202 (пологопадающая ветвь ВАХ).

Таблица 1. Режимы сварки образцов

Диаметр электродной проволоки $d_e$ , мм	Сварочный ток $I_{cv}$ , А (плотность тока $j$ , $\text{А}/\text{мм}^2$ )	Напряжение на дуге $U_d$ , В
2	120...130 (38,2...95,5)	28...30
3	170...300 (24,1...42,5)	
4	220...500 (17,5...39,8)	30...32
5	280...500 (14,3...25,5)	

Осциллографы тока и напряжения записывали с помощью электронного осциллографа IRIS и регистрировали на персональном компьютере. Размеры шва оценивали по макрошлифам с шестикратным увеличением.

Для определения минимальных значений силы тока использовали плоские образцы из стали 09Г2 размерами  $300 \times 150 \times 16$  мм. Для оценки влияния технологических возмущений изготовили специальные образцы с фрезерованным по середине диаметром образца поперечным прямоугольным пазом шириной 50 мм и глубиной 5 мм. Сварку выполняли со скоростью  $v_{cv} = 6 \dots 47 \text{ м/ч}$  под флюсом ОСЦ-45 проволокой Св-08А (табл. 1).

На рис. 2 представлены результаты определения минимальной силы тока, обеспечивающей стабильный процесс сварки, в зависимости от диаметра электродной проволоки. Там же для сравнения приведены данные для сварочных головок, работающих на переменном и постоянном токе, полученные ранее Б. Е. Патоном и И. И. Фруминым [1]. Как видно из рис. 2, комбинированная ВАХ источника позволяет снизить допустимую силу тока для стабильной работы сварочных головок при отсутствии технологических возмущений.

Влияние экспериментальных режимов сварки на размеры шва (рис. 3) выборочно представлено в табл. 2 и описывается следующими регрессионными зависимостями: глубина проплавления  $h = -0,0088I_{cv} - 0,0066v_{cv} + 0,027d_e - 0,57$ , ширина наплавки  $e = 0,0059I_{cv} - 0,19v_{cv} + 0,966d_e + 13,66$ ,

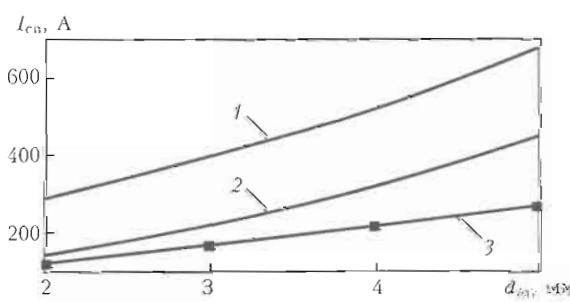


Рис. 2. Зависимость минимальной силы тока от диаметра электродной проволоки: 1, 2 — соответственно переменный и постоянный ток [1]; 3 — комбинированная ВАХ (экспериментальные данные)

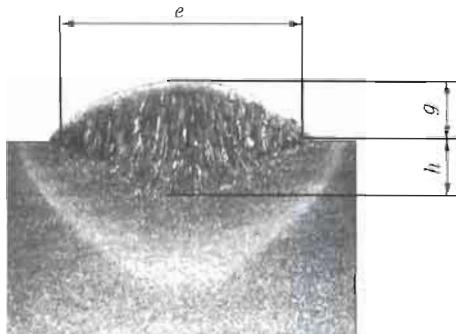


Рис. 3. Макрошлиф наплавленного валика (обозначения см. в тексте)

$$\text{высота валика } g = -0,0035I_{\text{cb}} - 0,054v_{\text{cb}} + 0,55d_3 + 2,88.$$

Для оценки влияния технологических возмущений на стабильность сварочного процесса на малых плотностях тока валики наплавляли попереек паза, чтобы смоделировать препятствие, резко изменяющее длину дуги на 5 мм. Режим сварки:  $I_{\text{cb}} = 280 \dots 290 \text{ A}$ ,  $U_d = 30 \dots 32 \text{ В}$ ,  $v_{\text{cb}} = 18 \text{ м/ч}$ .

После изучения внешнего вида и шлифов продольного сечения шва установлено, что наплавленные валики можно разделить на шесть участков, характеризующих воздействие технологического возмущения (поперечного паза) на размеры шва. Границы участков отмечены маркерами I-V (рис. 4). Маркер I — начало прямоугольного паза (удлинение дуги); II — окончание отработки системой возмущения и стабилизация процесса после удлинения дуги; III — начало зоны, подверженной влиянию укорочения дуги; IV — конец прямоугольного паза (уменьшение дуги); V — граница участка, на которую оказало влияние уменьшение дуги. Участок A (рис. 4) длиной около 15 мм соответствует зоне возмущения при удлинении дуги. На этом участке высота наплавленного слоя снижается по сравнению с исходной, равной 4 мм, до 3 мм, глубина проплавления — с 3 до 1 мм. Однако сплавление наплавленного металла с основным гарантировано даже в момент резкого изменения профиля пластины. Ширина валика в конце участка A увели-

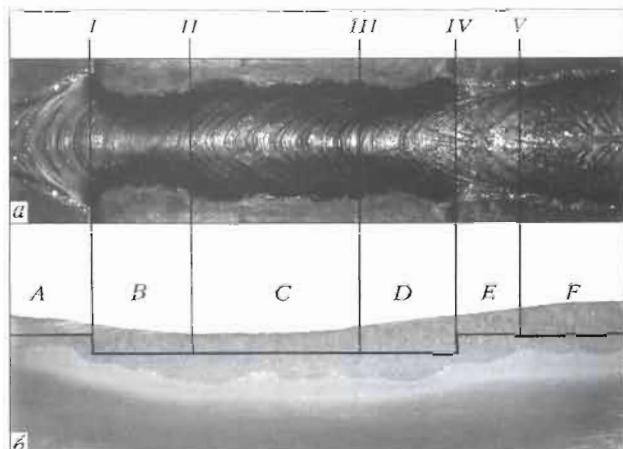


Рис. 4. Формирование наплавленного валика: *a* — вид сверху; *b* — продольный макрошлиф

чивается с 24 до 28 мм. Изменения размеров валика на этом участке объясняются стеканием жидкого металла в паз и поддержанием стабильного горения дуги за счет увеличенного напряжения на дуге при работе выпрямителя на падающей ветви комбинированной ВАХ (см. рис. 1, *в* и рис. 5, *а*).

На участке *B*, протяженностью также около 15 мм, между маркерами *I* и *II* восстанавливается высота наплавленного слоя до 4 мм, глубина проплавления до 3 мм; ширина валика в начале участка резко уменьшается до 22 мм, а затем плавно увеличивается до первоначального размера 24 мм. Участок *C* — зона стабилизации процесса после удлинения дуги. Выпрямитель продолжает работать на падающей ветви комбинированной ВАХ, но напряжение на дуге снижается (см. рис. 1, *в*).

Участок *C* длиной 22 мм — зона наплавки по поверхности паза: процесс протекает стабильно, размеры наплавленного валика совпадают с первоначальными до воздействия возмущения.

Продольное сечение наплавленного слоя повторяет профиль паза с допустимыми отклонениями размеров шва. При этом обеспечивается стабильное сплавление наплавленного металла с основным.

Таблица 2. Влияние параметров режима на размеры наплавленного валика

$I_{\text{cb}}, \text{A}$ ( $d_3 = 5 \text{ mm}$ , $v_{\text{cb}} = 36 \text{ м/ч}$ )			$v_{\text{cb}}, \text{м/ч}$ ( $d_3 = 5 \text{ mm}$ , $I_{\text{cb}} = 400 \text{ A}$ )			$d_3, \text{мм}$ ( $I_{\text{cb}} = 300 \text{ A}$ , $v_{\text{cb}} = 25 \text{ м/ч}$ )		
$h$	$e$	$g$	$h$	$e$	$g$	$h$	$e$	$g$
300			15			2		
1,9	2,1	11,4	3,2	3,5	19,2	2	2	13
400			24			3		
2,4	2,5	12,1	3	2,6	14,6	2	2	13,5
500			36			4		
3,6	2,6	16,7	2,6	1,7	11,4	2,5	2,5	14
600			47			5		
4,2	2,8	18,5	2,4	1,2	10	2,8	3,5	15,3

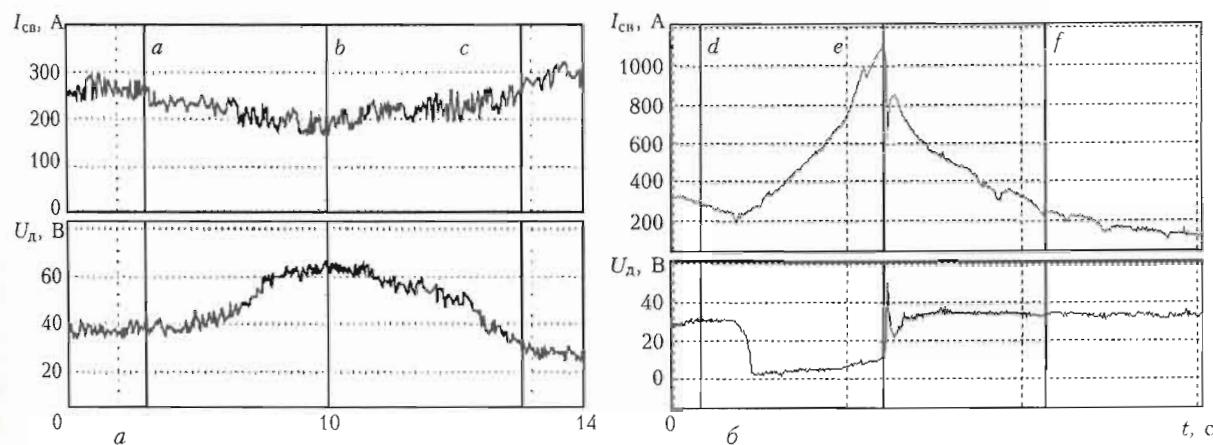


Рис. 5. Осциллографы тока и напряжения при питании дуги от источника тока с комбинированной ВАХ: а, б — соответственно при увеличении и уменьшении длины дуги

Характер изменения размеров наплавленного валика и глубины проплавления металла при резком изменении длины дуги можно объяснить с помощью известного соотношения между изменением скорости плавления электродной проволоки  $v_3$  и изменениями сварочного тока и напряжения [4]. Для длинной дуги, горящей без коротких замыканий (см. рис. 4, участки А–С), это соотношение запишется в виде

$$v_3 = k_i i - k_u u,$$

где  $k_i$ ,  $k_u$  — коэффициенты саморегулирования по току и напряжению дуги.

Это значит, что увеличение силы тока в дуге приводит к возрастанию скорости плавления электродной проволоки, а повышение напряжения, наоборот, к ее уменьшению.

Удлинение дуги начинается на участке А вследствие стекания жидкого металла в паз. Этот момент времени соответствует отметке а (см. рис. 1, в и 5, а) и характеризуется повышением на 8...10 В напряжения и снижением силы тока на 10...20 А по сравнению с установленными параметрами режима наплавки.

Перемещение сварочного автомата и соответственно сварочной ванны приводят к дальнейшему увеличению длины дуги. Напряжение возрастает до 60 В, ток снижается до 220 А (отметка б на рис. 5, а). Эта отметка находится в районе маркера I и соответствует наибольшей длине дугового промежутка. Описанные изменения параметров режима происходят в течение примерно трех секунд и могут быть представлены как перемещения точки пересечения СХД и ВАХ выпрямителя из положения а в положение б (см. рис. 1, в). Плавным уменьшением сварочного тока и увеличением сварочного напряжения и объясняется на участке А снижение глубины проплавления. При этом высота наплавленного слоя на данном участке уменьшается в результате снижения скорости плавления электродной проволо-

ки, уменьшения количества расплавленного металла и стекания его в паз.

Дальнейший процесс сварки (участок В), как видно из осциллографии на рис. 5, а, проходит в режиме стабилизации сварочных параметров до уровня отметки с, т. е. сила тока возрастает до 290 А, напряжение снижается до 30 В. Стабилизацию процесса поясняет приведенное выше выражение. В положении СХД, соответствующем точке б, сила сварочного тока и скорость плавления электродной проволоки минимальны и, следовательно, идет процесс, обратный действию возмущения — укорочение длины дуги и восстановление сварочных параметров. Продолжительность процесса стабилизации около 3 с и соответствует плавному перемещению точки пересечения СХД и ВАХ выпрямителя из положения б в положение с (см. рис. 1, в). В полном соответствии с изменением сварочного тока и скорости плавления электродной проволоки изменяются размеры наплавленного валика.

Сопоставив скорость перемещения дуги со скоростью изменения параметров режима на участках А и В, можно считать, что воздействие возмущения и процесс стабилизации режима после резкого удлинения дуги продолжительны во времени и могут рассматриваться в каждый момент времени как статичные. Комбинированная ВАХ выпрямителя в таких условиях обеспечивает стабильное горение дуги под флюсом.

Рассмотрим изменения тока и напряжения в дуге при ее резком укорочении. На участке D, как видно из рис. 1, б, воздействие возмущения, вызывающее укорочение дуги, и стабилизация режима после возмущения — процессы динамические. Продолжительность их не превышает соответственно 0,6 и 0,7 мс.

Увеличение глубины проплавления и высоты наплавленного слоя на участке D объясняется возрастанием объема расплавленного металла вследствие препятствия стенки паза растеканию метал-

лов ванты  
жидкого  
ния  
дающей  
1, в и  
около  
аются  
а проп-  
участка  
но уве-  
24 мм.  
а после  
работать  
но нап-  
шлавки  
табиль-  
дают с  
дения.  
оя пов-  
тонени-  
тся ста-  
ла с ос-

g  
13  
13,5  
14  
15,3

## ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

ла в направлении сварки. Вместе с тем, возрастает количество расплавленного электродного металла из-за резкого увеличения силы тока при укорочении дуги.

Причиной уменьшения глубины проплавления непосредственно перед маркером *IV*, по-нашему мнению, является изменение положения катодного пятна дуги, находящегося на изделии.

В определенный момент времени расстояние от торца электродной проволоки до дна паза становится больше, чем до стенки паза. Продолжение процесса сварки приводит к короткому замыканию. Сопротивление дугового промежутка резко уменьшается, напряжение падает, сила тока увеличивается (отметка *e* на рис. 5, *b*). Возмущение, вызывающее укорочение дуги, заканчивается расплавлением дополнительного участка электродной проволоки. Это соответствует скачкообразному (около 0,4 мс) перемещению точки пересечения СХД и ВАХ выпрямителя из положения *d* в положение *e* (см. рис. 1, *в*). В дальнейшем происходит стабилизация длины дугового промежутка и восстановление параметров режима сварки. Процесс соответствует резкому (около 0,8 мс) перемещению точки пересечения СХД и ВАХ источника питания из положения *e* в положение *f* (см. рис. 1, *в*).

В целом укорочение дуги и стабилизация сварочных параметров после воздействия возмущения при сварке на малых плотностях тока с

использованием комбинированной ВАХ выпрямителя проходят без обрыва дуги и прерываний сварочного процесса.

### Выводы

1. Установлено, что комбинированная ВАХ источника питания обеспечивает стабильный процесс сварки под флюсом головками с постоянной скоростью подачи электродной проволоки на токах плотностью менее  $40 \text{ A/mm}^2$ .

2. Получены регрессионные зависимости, связывающие параметры режима сварки с размерами шва, для токов плотностью  $15\dots40 \text{ A/mm}^2$  при использовании источника питания с комбинированной ВАХ.

3. Комбинированная ВАХ источника питания позволяет стабилизировать параметры режима сварки и размеры шва при воздействии технологических возмущений без обрыва дуги и прерывания сварочного процесса.

1. Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах / В. А. Ленинкин, Н. К. Дюргеров, Х. Н. Сагиров. — М.: Машиностроение, 1989. — 264 с.
2. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Под ред. Б. Е. Патона. — М.: Машиностроение, 1974. — 768 с.
3. Автоматизация сварочных процессов / Под ред. В. К. Лебедева, В. П. Черныша. — Киев: Вищ. шк., 1986. — 296 с.
4. Дятлов В. И. Вольт-амперная характеристика сжатой электрической дуги // Автомат. сварка. — 1961. — № 1. — С. 17-20.

The paper deals with the influence of energy parameters of the power source and constant electrode wire feed rate on the stability of the welding process under the impact of disturbances along the arc length.

Поступила в редакцию 30.07.2007

## ДУГОВАЯ НАПЛАВКА ЗАМКОВ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ

Разработана технология наплавки замков бурильных труб с名义альным диаметром 104...177 мм. Технология предусматривает восстановление замков в два этапа. Вначале производится наплавка самозащитной порошковой проволокой ПП-АН198 для восстановления名义ального диаметра труб.

Металл, наплавленный этой проволокой, имеет твердость HB 220...310 и механические свойства на уровне значений основного металла замка — стали 40ХМФА по ГОСТ 4543-71. Затем по名义альному диаметру самозащитной порошковой проволокой ПП-АН199 наплавляют три износостойких пояска, имеющие твердость HRC 42...52.

Для наплавки используется установка У653 с дополнительными роликоопорами, укомплектованная источником питания ВДУ-506. Возможно использование других установок с аналогичными параметрами и технологическими возможностями.

Контакты: 03680, Украина, Киев-150, ул. Боженко, 11

Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, отд. № 2

Тел./факс: (38044) 287 63 57

E-mail: ryabtsev@paton.kiev.ua



## ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

Структурное состояние и микротвердость металла шва нахлесточных соединений

Свариваемые стали и их толщина	Микроструктура металла шва	Микротвердость металла шва, МПа
10Х13Г18Д+10Х13Г18Д (1,5 + 1,5 мм)	$\gamma + \alpha$ -фаза (1,5 %)	220...240
10Х13Г18Д+09Г2С (1,5 + 2,5 мм)	$\gamma + \alpha$ -фаза (2,5 %)	228...240
10Х13Г18Д+09Г2С (1,5 + 7,0 мм)	$\gamma + \alpha$ -фаза (6 %)	230...250

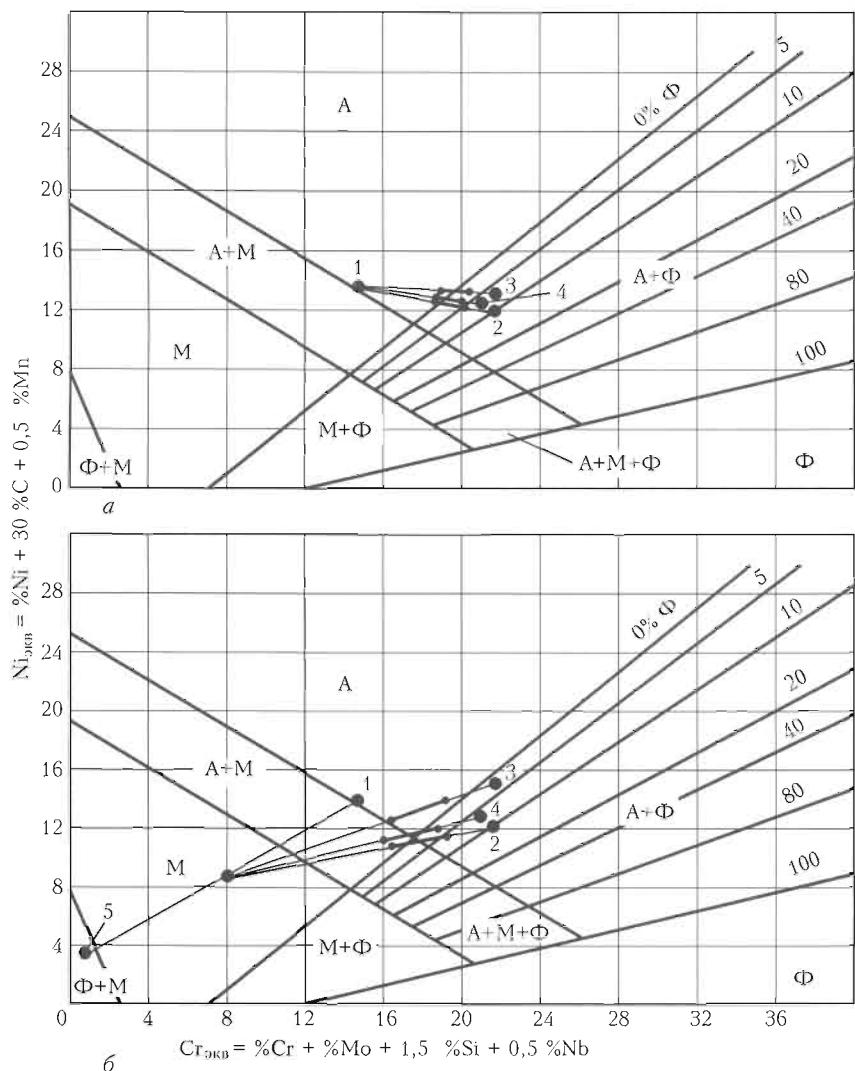


Рис. 2. Определение структурного состояния металла швов при сварке однородных соединений стали 10Х13Г18Д (а) и разнородных 10Х13Г18Д+09Г2С (б) (обозначения см. в тексте)

стали 10Х13Г18Д с использованием материалов различного легирования. Левые края утолщенных участков соответствуют 40 % доли участия основного металла в металле шва, а правые — 20 %. Из рис. 2, а видно, что сварочные материалы всех трех типов легирования (07Х20Н9, 09Х19Н10Г2М2, 10Х20Н9Г6С) способны в случае сварки однородных соединений стали 10Х13Г18Д обеспечить получение аустенитной структуры металла шва с небольшим (0,5...7 %) содержанием ферритной фазы. Именно такая структура металла шва в большинстве случаев обеспечивает их вы-

сокие физико-механические свойства [5]. Вместе с тем при значительной доле участия основного металла в металле шва (более 30...40 %) возможно формирование чисто аустенитной структуры, склонной, как известно, к образованию горячих трещин. Менее вероятно получение чисто аустенитной структуры при использовании материалов типа 07Х20Н9 и 10Х20Н9Г6С.

При выполнении разнородных соединений стали 10Х13Г18Д со сталью 09Г2С (рис. 2, б, точки 1 и 5) предпочтение следует отдавать также системам легирования 07Х20Н9 (2) и 10Х20Н9Г6С (4), так как в этом случае при ограничении доли участия основного металла в металле шва 25...30 % ожидается получение аустенитной структуры металла шва с ограниченным содержанием  $\alpha$ -фазы (до 10 %).

Наиболее близкими по химическому составу к типам электродов Э-07Х20Н9 и Э-10Х20Н9Г6С являются сварочные проволоки Св-06Х19Н9Т и Св-08Х20Н9Г7Т (ГОСТ 2246-70). Причем проволоке Св-08Х20Н9Г7Т следует отдать предпочтение, так как она имеет несколько больший запас аустенитности по сравнению с проволокой Св-06Х19Н9Т и в случае получения чисто аустенитной структуры металла шва легирование его марганцем способствует повышению трещиностойкости [4].

Выполнена экспериментальная сварка трех видов нахлесточных соединений с использованием проволоки Св-08Х20Н9Г7Т диаметром 1,2 мм: I — сталь 10Х13Г18Д толщиной 1,5 мм в нижнем положении (см. рис. 1, а) на режиме:  $I_{\text{св}} = 110...120$  А,  $U_d = 18...22$  В, вылет электрода — 10 мм, расход защитного газа (argon) — 0,1 л/с,  $v_{\text{св}} = 4$  м/ч,  $v_{\text{под.пр}} = 290$  м/ч; II — сталь 10Х13Г18Д толщиной 1,5 мм + сталь 09Г2С толщиной 2,5 мм в нижнем положении (на режиме, аналогичном выполнению I соединения); III — стали 10Х13Г18Д толщиной 1,5 мм + сталь 09Г2С толщиной 7,0 мм в вертикальном положении (см. рис. 1, б) на ре-

жиме  $I_{\text{св}} = 85 \dots 90 \text{ A}$ ,  $U_{\text{д}} = 20 \dots 21 \text{ В}$ , вылет электрода — 15 мм,  $v_{\text{св}} = 16 \text{ м/ч}$ ,  $v_{\text{под.пр}} = 260 \text{ м/ч}$ ; угол наклона сварочной горелки 30 и 60°.

Результаты оценки микроструктуры и микротвердости металла швов во всех вариантах сварки (таблица) показывают, что структура металла шва аустенитная с небольшим содержанием  $\alpha$ -фазы (до 6%). Значения микротвердости также соответствуют аустенитной структуре металла швов.

Таким образом, расчетно-экспериментальная проверка подтвердила целесообразность использования в качестве электродной проволоки Св-

08Х20Н9Г7Т при газоэлектрической сварке однородных и разнородных соединений стали 10Х13Г18Д.

1. Особенности формирования структуры и свойств зоны сплавления стали 10Х13Г18Д / А. И. Гедрович, А. Н. Ткаченко, С. Л. Ткаченко и др. // Автомат. сварка. — 2007. — № 4. — С. 23–27.
2. Ульянин Е. А. Коррозионностойкис стали и сплавы. — М.: Металлургия, 1991. — 256 с.
3. Закс И. А. Сварка разнородных сталей: Справ. пособие. — М.: Машиностроение, 1973. — 208 с.
4. Каховский Н. И. Сварка высоколегированных сталей. — Киев: Техника, 1975. — 375 с.
5. Медовар Б. И. Сварка хромоникелевых аустенитных сталей. — М.: Машгиз, 1958. — 280 с.

Sheffler structural diagram was used to select wire for gas-electric welding of similar and dissimilar joints on 10Kh13G18D steel. The rationality of applying Sv-08Kh20N9G7T welding wire was experimentally confirmed.

Поступила в редакцию 26.09.2007

## РЕМОНТ НАПЛАВКОЙ ЛОПАТОК ГАЗОВЫХ ТУРБИН ИЗ ВЫСОКОНИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ

В процессе эксплуатации газовых турбин происходит изнашивание уплотняющих гребней компрессорных лопаток, что снижает КПД турбины. Для восстановления геометрических размеров гребней разработана технология плазменно-порошковой многослойной наплавки с последующей механической обработкой. В качестве присадочного



материала используют порошки дисперсионно-твердящих никелевых сплавов типа ЖС с упрочняющей  $\chi'$ -фазой, обеспечивающей заданный уровень износостойкости.

Режимы наплавки и расход присадочного материала выбирают в зависимости от геометрии восстанавливаемых лопаток.

**Назначение и области применения.** Предложенная технология может найти применение при ремонте тела лопаток различного назначения, а также восстановлении уплотняющих гребней лопаток газовых турбин. Учитывая пониженную свариваемость лопаточных сплавов и широкую номенклатуру их составов, технологию восстановительного ремонта лопаток в каждом конкретном случае определяет разработчик.

**Состояние и уровень разработки.** Технологию предлагается применять у заказчика. Поставляются оборудование и материалы.



Контакты: 03680, Украина, Киев-150, ул. Боженко, 14  
Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, отд. № 19  
Тел./факс: (38044) 289 90 87, 287 10 88

## МОДЕЛЬ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ БАКАЛАВРА-СВАРЩИКА

С. К. ФОМИЧЕВ, д-р техн. наук, И. Е. ЛОПАТКИН, К. Г. ЛОПАТКИНА, Е. И. ВАСИЛЕНКО, инженеры  
(НТУУ «Киевский политехнический институт»)

Предложена модель подготовки бакалавра-сварщика на основе комплекса прикладных программ «Навигатор», обеспечивающая возможность дистанционного обучения по сварке и родственным технологиям.

*Ключевые слова:* сварка, обучение, модель, база данных, интерфейс, динамические сюжеты, рабочая станция, электронное обеспечение

За последнее десятилетие в мире существенно увеличилась социальная роль образования. Современный специалист должен постоянно повышать свой квалификационный уровень новыми знаниями, чтобы решать нестандартные задачи. Требования непрерывного обучения определяют необходимость модернизации его методов [1].

Сегодня значимую долю в учебном процессе и научных исследованиях занимают инновационные технологии, инструментом которых является компьютер [2]. К числу наиболее распространенных технологий передачи знаний в высшей школе относятся:

- лекционное обучение с применением мультимедийных технологий, персональных компьютеров, видео- и аудиотехники;
- применение обучающих и вспомогательных программ на ЭВМ;
- лабораторные и практические работы, в ходе которых для обработки экспериментальных данных применяются специально написанные компьютерные программы;
- электронная библиотека и электронные тренажеры;
- тестирование на ЭВМ как метод оценки знаний и др. [3].

Предлагаемая модель дистанционной подготовки бакалавра-сварщика объединяет все перечисленные технологии. Она представляет собой комплекс прикладных программ, который включает инструментарий электронного методического обеспечения, и соответствует современным требованиям подготовки студентов для сварочных специальностей, а также является существенной помостью для преподавателей. На пути вступления Украины в Болонский процесс, который предусматривает сокращение времени аудиторных занятий и вынесение значительной части материала на самостоятельную проработку [4], данная

модель подготовки бакалавра-сварщика способствует повышению качества образования. Заметим, что сварочный факультет НТУУ «Киевский политехнический институт» осуществляет подготовку по Болонскому процессу, начиная с 2006 г.

Составляющей частью модели является «Навигатор», разработанный по курсу «Информатика и вычислительная техника», «Микропроцессорные системы управления», «Решение прикладных задач на ЭВМ» для сварочных специальностей и применяемый на практике сварочным факультетом НТУУ «КПИ». Реализация «Навигатора» возможна при минимальных технических возможностях: процессор 486-й, ОЗУ 32Мб, Video 1Мб, HDD 1Гб, операционная система — Window's 98. В комплекс входит база данных студентов с 1996 г. с фотографиями; электронная библиотека, включающая учебники, методические указания, обучающую литературу для иностранных студентов на языке их страны; более ста специализированных источников; комплекс лабораторных работ и компьютерных практикумов с автоматической и полуавтоматической оценкой выполнения задания. В работах применяются динамические сюжеты (рис. 1), для создания которых используется алгоритм псевдодинамики. Эти динамические сюжеты по качеству не уступают фильмам, созданным в формате для просмотра видео [5], и позволяют пользователю непосредственно принимать участие в сюжете (рис. 2). «Навигатор» включает также специально разработанную комплексную программу тестирования уровня и качества знаний студентов по практическим занятиям, зачету и экзамену; электронный журнал успеваемости, который соответствует требованиям деканата и отвечает индивидуальным подходам преподавателя. Набранные студентом баллы представляются автоматически — поступают с базы выполнения лабораторных, практических работ, тестирования. Предусмотрено получение твердых колец, автоматического расчета аттестаций с учетом требований стандартов к бланкам, а также



Рис. 1. Динамические сюжеты «Навигатора» по формированию сварочной ванны и сварного шва

печатать статистических отчетов в виде таблиц и диаграмм. Весь программный комплекс находится на одной рабочей станции (сервере), что позволяет использовать в учебном процессе неограниченное количество рабочих мест, контролировать успеваемость, а также при необходимости обновлять информацию. Такие возможности обеспечивает разработанный алгоритм базы данных, отличный от стереотипов, используемых во всех прикладных программах [5]. Алгоритм также позволяет гибко оперировать накопленными данными, подключая новые задачи, не предусмотренные на сегодня.

Предлагаемая модель инновационной подготовки бакалавра-сварщика построена на базе таких «Навигаторов» для каждого учебного курса и предмета, включая возможность дистанционного обучения бакалавра-сварщика по специальности сварочного оборудования и родственным специальностям. Дистанционное обучение будет осуществляться через Интернет на сайте сварочного факультета НТУУ «КПИ». Для сетевой реализации данной модели разработан сайт с возможностью подключения предложенной модели. Следует отметить, что данная модель может быть применена для любых дисциплин в любых учебных заведениях.

A model is proposed for training Bachelor-Welder based on applied program package «Navigator», providing the possibility of remote learning of welding and allied technologies.

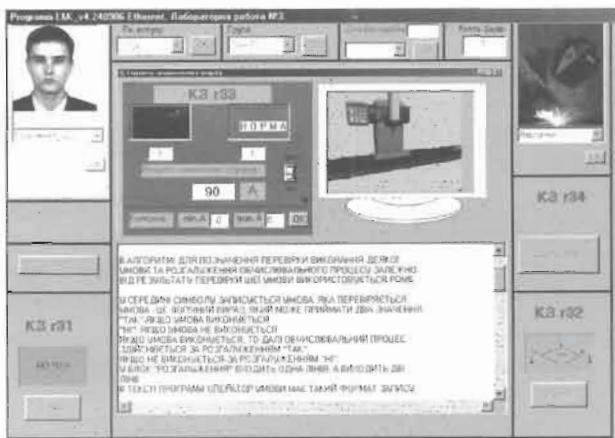


Рис. 2. Математическая модель определения качества сварочного шва при изменении режимов сварки

На сегодня существует многообразие идей и принципов инновационного обучения, большинство из которых уже успешно реализуется в учебном процессе на практике [6], выполняя свою основную функцию — качественную подготовку квалифицированных специалистов, отвечающих современным требованиям промышленности.

1. Педагогика и психология высшей школы: Учеб. пособие. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. — 544 с.
2. <http://psylist.net>. Компьютерные средства обучения.
3. Організація навчального процесу у вищих навчальних закладах освіти: Навч. посібник для слухачів закладів підвищення кваліфікації системи вищої освіти. — К.: Компас, 1997. — 64 с.
4. Положення про кредитно-модульну организацию навчального процессу в НТУУ «КПИ». — К.: Політехніка, 2006. — 55 с.
5. Гарнаев А. «Visual Basic 6.0. Разработка приложений». — Дюссельдорф; Киев; Москва; Санкт-Петербург: БХВ-Санкт-Петербург, 2000. — 448 с.
6. [www.krotov.info/lib\\_sec/chao/71-rost1.html](http://www.krotov.info/lib_sec/chao/71-rost1.html). Педагогика. — М.: Академия, 2002. — 576 с.

Поступила в редакцию 01.10.2007



## СОЗДАНИЕ СТАНДАРТОВ В ОБЛАСТИ СВАРКИ И РОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УКРАИНЕ

Академик НАН Украины **Л. М. ЛОБАНОВ, Н. А. ПРОЦЕНКО**, инж.  
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Представлен перечень действующих международных стандартов в области сварочного производства, на базе которых будут гармонизированы национальные стандарты.

*Ключевые слова: сварка и родственные технологии, система стандартизации, европейские стандарты, гармонизация, национальная система стандартизации, база данных*

Актуальность усовершенствования сферы технического регулирования и стандартизации возрастает в связи с тем, что переговоры о вступлении Украины во Всемирную организацию торговли (ВТО) находятся на заключительном этапе. Это подчеркнуто в Указе Президента Украины «О мерах по обеспечению вступления Украины во Всемирную организацию торговли» №951/2005 от 15.06.2005 г. Нормы и принципы ВТО изложены в Соглашении о технических барьерах в торговле, в котором установлены требования к стандартам, техническим регламентам и процедурам оценки соответствия, которые должны быть гармонизированы и соответственно использованы при изготовлении как национальной, так и импортированной продукции из стран-членов ВТО. Действующие стандарты должны проверяться не реже, чем один раз в пять лет и результатом этой проверки должно быть их подтверждение, внесение изменений или отмена.

Национальная система стандартизации Украины базируется на принципах международной и европейской стандартизаций. Основой государственной политики Украины в сфере стандартизации является внедрение международных и европейских стандартов, что дает возможность использовать опыт и достижения развитых стран в национальной экономике, способствовать выходу украинских товаров на мировой рынок.

Государственный комитет во вопросам технического регулирования и потребительской поли-

тики Украины разработал «Государственную программу стандартизации на 2006–2007 г.», утвержденную Кабинетом Министров Украины 02.03.2006 г., целью которой является обеспечение развития национальной системы стандартизации, ее соответствие требованиям Соглашения ВТО и гармонизации с системой стандартизации ЕС. Частью этой программы является пересмотр действующих в Украине стандартов, разработанных до 1992 г., и приведение их в соответствие с требованиями ВТО. В настоящее время фонд действующих в Украине стандартов, разработанных до 1992 г., составляет 16765, при этом большинство из них ни разу не пересматривались с момента их вступления в действие и потеряли свою актуальность.

На Институт электросварки им. Е. О. Патона (ТК 44 «Сварка и родственные процессы») как головную организацию по сварке возложены функции пересмотра, разработки и согласования национальных стандартов в сварочном производстве. Для проведения работ по гармонизации международных стандартов проведен анализ базы данных действующих международных стандартов, относящихся к сварочному производству, и составлен их перечень, где дан дословный перевод с оригинала.

Заинтересованные организации могут принять участие в проведении работ по гармонизации этих международных стандартов и упорядочению их в соответствии с терминологией, принятой в сварочном производстве Украины. Изучение и внедрение требований данных стандартов позволит повысить качество и конкурентоспособность продукции на внутреннем и мировом рынках.

**Перечень международных стандартов, касающихся сварочного производства**

Номер стандарта	Название	Код КНД (ICS)
<b>TC 44/SC 3 — Присадочные материалы</b>		
ISO 544:2003	Сварочные присадочные материалы. Технические условия поставки сварочных присадочных материалов. Вид продукции, размеры, предельные допуски и обозначение	25.160.20
ISO 636:2004	Сварочные присадочные материалы. Прутики, проволока для сварки нелегированных и мелкозернистых сталей вольфрамовым электродом в защитных газах. Классификация	25.160.20
ISO 1071:2003	Сварочные присадочные материалы. Электродная проволока, проволока и прутки для дуговой сварки чугунных материалов. Классификация	25.160.20
ISO 2401:1972	Электроды покрытые. Определение перехода металла электрода в шов, общего перехода и коэффициента перехода	25.160.20
ISO 2560:2002	Сварочные присадочные материалы. Электроды покрытые для ручной дуговой сварки нелегированных и мелкозернистых сталей. Классификация	25.160.20
ISO 6848:2004	Вольфрамовые электроды для электродуговой сварки и резки. Классификация	25.160.20
ISO 14171:2002	Сварочные присадочные материалы. Электродная проволока и комбинация проволока—флюс для сварки под флюсом нелегированных и мелкозернистых сталей. Классификация	25.160.20
ISO 14172:2003	Сварочные присадочные материалы. Электроды покрытые для ручной дуговой сварки никелевых материалов. Классификация	25.160.20
ISO 14174:2004	Сварочные присадочные материалы. Флюсы для сварки под флюсом. Классификация	25.160.20
ISO 14175:1997	Сварочные присадочные материалы. Защитные газы для дуговой сварки и резки	25.160.20
ISO 14341:2002	Сварочные присадочные материалы. Электродная проволока и материалы для сварки в защитных газах нелегированных и мелкозернистых сталей. Классификация	25.160.20
ISO 15792-1:2000	Сварочные присадочные материалы. Аттестация с целью классификации. Часть 1: Контрольный образец для взятия образцов наплавленного металла из стали, никеля и никелевых сплавов	25.160.20
ISO 15792-2:2000	Сварочные присадочные материалы. Аттестация с целью классификации. Часть 2: Подготовка контрольного образца для испытания односторонних и двухсторонних соединений на стали	25.160.20
ISO 15792-3:2000	Сварочные присадочные материалы. Аттестация с целью классификации. Часть 3: Контроль пригодности пространственных положений сварки угловых швов	25.160.20
ISO 16834:2006	Сварочные присадочные материалы. Электродная проволока и сварочные материалы для сварки высокопрочных сталей плавящимся электродом в защитном газе. Классификация	25.160.20
ISO 17632:2004	Сварочные присадочные материалы. Порошковая проволока для дуговой сварки нелегированных и мелкозернистых сталей в защитном газе и без. Классификация	25.160.20
ISO 17633:2004	Сварочные присадочные материалы. Порошковая проволока для сварки нержавеющих и жаропрочных сталей плавящимся электродом в защитных газах или без. Классификация	25.160.20
ISO 17634:2004	Сварочные присадочные материалы. Порошковая проволока для сварки жаропрочных сталей плавящимся электродом в защитных газах. Классификация	25.160.20
ISO 18273:2004	Сварочные присадочные материалы. Электродная проволока, проволока и прутки для дуговой сварки алюминия и алюминиевых сплавов. Классификация	25.160.20
ISO 18274:2004	Сварочные присадочные материалы. Электродная проволока, проволока и прутки для дуговой сварки никелевых материалов. Классификация	25.160.20
ISO 18275:2005	Сварочные присадочные материалы. Электроды покрытые для ручной дуговой сварки высокопрочных сталей. Классификация	25.160.20
ISO 18276:2005	Сварочные присадочные материалы. Порошковая проволока для сварки высокопрочных сталей в защитном газе. Классификация	25.160.20
ISO/FDIS 21952	Сварочные присадочные материалы. Электродные проволоки, проволоки, прутки для сварки жаропрочных сталей в защитных газах. Классификация	25.160.20
ISO 24034:2005	Сварочные присадочные материалы. Покрытые электроды, проволока, прутки для дуговой сварки титановых сплавов. Классификация	25.160.20
ISO/DIS 24373	Сварочные присадочные материалы. Покрытые электроды, проволока, прутки для дуговой сварки меди и медных сплавов. Классификация	25.160.20
ISO/FDIS 24598	Сварочные присадочные материалы. Покрытые электроды, порошковая проволока и комбинации электродов — флюс для дуговой сварки жаропрочных сталей под флюсом. Классификация	25.160.20

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ**

Номер стандарта	Название	Код КНД (ICS)
ISO/DIS 26304	Сварочные присадочные материалы. Покрытыс электроды, порошковая проволока и комбинации электрод — флюс для дуговой сварки высокопрочных сталей под флюсом. Классификация	25.160.20
<b>TC 44/SC 5 — Испытания и контроль сварных швов</b>		
ISO 4136:2001	Разрушающий контроль сварных соединений на металлических материалах. Испытание на растяжение образца с поперечным швом	25.160.40
ISO 5173:2000	Разрушающий контроль сварных соединений на металлических материалах. Испытания на изгиб	25.160.40
ISO 5178:2001	Разрушающий контроль сварных соединений на металлических материалах. Испытания на продольное растяжение наплавленного металла, соединений при сварке плавлением	25.160.40
ISO 7963:2006	Неразрушающий контроль. Ультразвуковая дефектоскопия. Технические условия на эталонный образец № 2	25.160.40
ISO 9015-1:2001	Разрушающий контроль сварных соединений на металлических материалах. Испытание на твердость. Часть 1: Испытание на твердость сварных соединений при дуговой сварке	25.160.40
ISO 9015-2:2003	Разрушающий контроль сварных соединений на металлических материалах. Испытание на твердость. Часть 2: Испытание сварных соединений на микротвердость	25.160.40
ISO 9016:2001	Разрушающий контроль сварных соединений на металлических материалах. Испытания на ударную вязкость. Положение образца для испытания, направление надреза и оценка	25.160.40
ISO 9017:2001	Разрушающий контроль сварных соединений на металлических материалах. Испытание на разрыв крестообразных соединений и соединений внахлест	25.160.40
ISO 9018:2003	Разрушающий контроль сварных соединений на металлических материалах. Испытание на разрыв крестообразных соединений и соединений внахлест	25.160.40
ISO/DIS 10675-1	Неразрушающий контроль сварных соединений. Принятый уровень для рентгенографических испытаний. Часть 1: Сталь, никель, титан и их сплавы	25.160.40
ISO/TR 16060: 2003	Разрушающий контроль сварных соединений на металлических материалах. Травление для макро- и микроскопических исследований	25.160.40
ISO 17635:2003	Неразрушающий контроль сварных соединений. Общие правила для металлических материалов	25.160.40
ISO 17636:2003	Неразрушающий контроль сварных соединений. Контроль просвечиванием соединений, выполненных сваркой плавлением	25.160.40
ISO 17637:2003	Неразрушающий контроль сварных швов. Визуальный контроль	25.160.40
ISO 17638:2003	Неразрушающий контроль сварных соединений. Контроль сварных соединений магнитным порошком	25.160.40
ISO 17639:2003	Разрушающий контроль сварных соединений на металлических материалах. Макро- и микроскопические исследования сварных швов	25.160.40
ISO 17640:2005	Неразрушающий контроль сварных соединений. Ультразвуковой контроль сварных соединений	25.160.40
ISO 17641-1:2004	Разрушающий контроль сварных соединений на металлических материалах. Способы контроля горячих трещин в сварных соединениях. Процессы дуговой сварки. Часть 1: Общие вопросы	25.160.40
ISO 17641-2:2005	Разрушающий контроль сварных соединений на металлических материалах. Способы контроля горячих трещин в сварных соединениях. Часть 2: Испытания под собственной нагрузкой	25.160.40
ISO/TR 17641-3:2005	Разрушающий контроль сварных соединений на металлических материалах. Способы контроля горячих трещин в сварных соединениях. Часть 3: Испытания под внешней нагрузкой	25.160.40
ISO 17642-1:2004	Разрушающий контроль сварных соединений на металлических материалах. Способы контроля холодных трещин в сварных соединениях. Часть 1: Общие вопросы	25.160.40
ISO 17642-2:2005	Разрушающий контроль сварных соединений на металлических материалах. Способы контроля холодных трещин в сварных соединениях. Часть 2: Испытания под собственной нагрузкой	25.160.40
ISO 17642-3:2005	Разрушающий контроль сварных соединений на металлических материалах. Способы контроля холодных трещин в сварных соединениях. Часть 3: Испытания при наружной нагрузке	25.160.40
ISO 17643:2005	Неразрушающий контроль сварных соединений. Способ контроля вихревыми токами с оценкой фаз	25.160.40
ISO 17655:2003	Разрушающий контроль сварных соединений на металлических материалах. Метод отбора образцов для измерения содержания дельта-феррита	25.160.40

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ**

Номер стандарта	Название	Код КНД (ICS)
ISO 22825:2006	Неразрушающий контроль сварных швов. Ультразвуковая дефектоскопия. Испытание швов в austenитных сталях и сплавах на основе никеля	25.160.40
ISO 22826:2005	Разрушающий контроль сварных соединений на металлических материалах. Испытание на прочность узких сварных соединений, полученных лазерной и электронно-лучевой сваркой (определение твердости по Виккерсу и Кнуппу)	25.160.40
ISO 23277:2006	Неразрушающий контроль сварных швов. Контроль сварных соединений методом проникающих жидкостей. Приемочные уровни	25.160.40
ISO 23278:2006	Неразрушающий контроль сварных швов. Испытания с применением магнитных частиц. Приемочные уровни	25.160.40
ISO 23279:2007	Неразрушающий контроль сварных швов. Ультразвуковая дефектоскопия. Определение параметров дефектов сварных швов	25.160.40
<b>TC 44/SC 6 — Сварка сопротивлением</b>		
ISO 669:2000	Контактная сварка. Оборудование для контактной сварки. Требования к электрическим и механическим характеристикам	25.160.30
ISO 693:1982	Заготовки для дисковых электродов. Размеры	25.160.30
ISO 865:1981	T-образные пазы в плитах машин для рельефной сварки	25.160.30
ISO 1089:1980	Гнезда для электродов в установках для точечной сварки	25.160.30
ISO 5182:1991	Сварка. Материалы электродов для контактной сварочной машины и вспомогательное оборудование	25.160.20
ISO 5183-1:1998	Контактная сварка. Хвостовики электродов с наружным конусом 1:10. Часть 1: Конусное крепление. Конус 1:10	25.160.30
ISO 5183-2:2000	Контактная сварка. Хвостовики электродов с наружным конусом 1:10. Часть 2: Цилиндрические крепления для прямой нагрузки	25.160.30
ISO 5184:1979	Прямые электроды для точечной сварки	25.160.20
ISO 5821:1979	Съемные концы электродов для точечной сварки	25.160.30
ISO 5822:1988	Установки для точечной сварки. Конусные калиберные пробки и кольца	25.160.30
ISO 5826:1999	Оборудование для контактной сварки. Трансформаторы. Общие технические требования, применяемые ко всем трансформаторам	25.160.30 29.180
ISO 5827:1983	Точечная сварка. Клиновидные электроды и зажимы для медных подкладок	25.160.30
ISO 5828:2001	Установки для контактной сварки. Вторичные соединительные провода с водоохлаждаемыми кабельными наконечниками. Размеры и характеристики	25.160.30
ISO 5829:1984	Контактная точечная сварка. Хвостовики электродов с внутренним конусом 1:10	25.160.30
ISO 5830:1984	Контактная точечная сварка. Съемные концы электродов с посадкой по наружной поверхности	25.160.30
ISO 6210-1:1991	Цилиндры сварочных пистолетов для автоматической контактной сварки. Часть 1: Общие требования	25.160.30
ISO 7284:1993	Установки для контактной сварки. Особые правила, касающиеся трансформаторов с двумя различными вторичными обмотками для многоточечной сварки, типичной для автомобильной промышленности	25.160.30
ISO 7285:1995	Пневматические цилиндры для механизированной многоточечной сварки	25.160.30
ISO 7286:1986	Символическое обозначение аппаратов для контактной сварки	01.080.20 25.160.30
ISO 7931:1985	Изоляционные колпачки и втулки установок для контактной сварки	25.160.30
ISO 8167:1989	Рельефы для контактной сварки	25.160.30
ISO 8205-1:2002	Водоохлаждаемые вторичные соединительные кабели для контактной сварки. Часть 1: Размеры и требования к двухжильным соединительным кабелям	25.160.30
ISO 8205-2:2002	Водоохлаждаемые вторичные соединительные кабели для контактной сварки. Часть 2: Размеры и требования к соединительным двойным проводам	25.160.30
ISO 8205-3:1993	Водоохлаждаемые вторичные соединительные кабели для контактной сварки. Часть 3: Требования к контролю	25.160.30
ISO 8430-1:1988	Контактная точечная сварка. Электрододержатели. Часть 1: Конусное крепление 1:10	25.160.30

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ**

Номер стандарта	Название	Код КНД (ICS)
ISO 8430-2:1988	Контактная точечная сварка. Электрододержатели. Часть 2: Крепление в виде конуса Морзе	25.160.30
ISO 8430-3:1988	Контактная точечная сварка. Электрододержатели. Часть 3: Цилиндрическое крепление для прямой нагрузки	25.160.30
ISO 9312:1990	Установки для контактной сварки. Изолирующие цилиндрические штифты для медных подкладок	25.160.30
ISO 9313:1989	Установки для контактной точечной сварки. Охлаждающие трубы	25.160.30
ISO 10656:1996	Контактная сварка сопротивлением. Встроенные трансформаторы для сварочных пистолетов	25.160.30 29.180
ISO 12145:1998	Оборудование для контактной электросварки. Углы крепления электродов для точечной сварки	25.160.30
ISO 12166:1997	Оборудование для контактной сварки. Дополнительные технические условия к трансформаторам с одной вторичной обмоткой для многоточечной сварки, применяемым в автомобильной промышленности	25.160.30 29.180
ISO 14327:2004	Контактная сварка. Методы определения максимальной свариваемости при контактной точечной, рельефной и роликовой сварке	25.160.10
ISO 14554-1:2000	Требования к качеству сварки. Контактная сварка металлических материалов. Часть 1: Всеобщие требования к качеству	25.160.01
ISO 14554-2:2000	Требования к качеству сварки. Контактная сварка металлических материалов. Часть 2: Элементарные требования к качеству	25.160.01
ISO 15609-5:2004	Требования и квалификация сварочных процедур для металлических материалов. Требования к сварочным технологиям. Часть 5: Контактная сварка	25.160.10
ISO 15614-12:2004	Требования и квалификация сварочных процедур для металлических материалов. Испытания сварочной процедуры. Часть 12: Точечная, шовная и рельефная сварка	25.160.10
ISO 15614-13:2005	Требования и квалификация сварочных процедур для металлических материалов. Испытания сварочной процедуры. Часть 13: Стыковая контактная сварка и сварка оплавлением	25.160.10
ISO 17653:2003	Разрушающий контроль сварных соединений на металлических материалах. Испытание сварных точек скручиванием	25.160.40
ISO 17654:2003	Разрушающий контроль сварных соединений на металлических материалах. Испытание непрерывных швов внутренним давлением	25.160.40
ISO 17657-1:2005	Сварка сопротивлением. Измерение тока сварки сопротивлением. Часть 1: Руководство по измерению	25.160.10
ISO 17657-2:2005	Сварка сопротивлением. Измерение тока сварки сопротивлением. Часть 2: Устройство измерения тока с катушкой для замера величины тока	25.160.10
ISO 17657-3:2005	Сварка сопротивлением. Измерение тока сварки сопротивлением. Часть 3: Катушка для замера величины тока	25.160.10
ISO 17657-4:2005	Сварка сопротивлением. Измерение тока сварки сопротивлением. Часть 4: Система калибровки	25.160.10
ISO 17657-5:2005	Сварка сопротивлением. Измерение тока сварки сопротивлением. Часть 5: Проверка системы измерения тока сварки	25.160.10
ISO/DIS 17677-1	Сварка сопротивлением. Терминология. Часть 1: Точечная, рельефная и линейная сварка	01.040.25 25.160.10
ISO 18278-1:2004	Сварка сопротивлением. Свариваемость. Часть 1: Оценка свариваемости металлических материалов при контактной точечной сварке, линейной и рельефной сварке	25.160.01
ISO 18278-2:2004	Сварка сопротивлением. Свариваемость. Часть 2: Альтернативные процедуры оценки свариваемости при точечной сварке листовой стали. Обозначение	25.160.40
ISO/CD 18592	Сварка сопротивлением. Разрушающие испытания сварных швов. Метод испытания на усталость сварных образцов многоточечной сваркой	25.160.40
ISO 18594:2007	Сварка контактная точечная, рельефная и шовная. Метод определения переходного сопротивления для алюминиевых и стальных материалов	25.160.10
ISO 18595:2007	Сварка сопротивлением. Точечная сварка алюминия и алюминиевых сплавов. Свариваемость, сварка и испытания	25.160.10
ISO 22829:2007	Контактная сварка. Трансформатор с выпрямителем для сварочных пистолетов со встроенными трансформаторами. Трансформатор с выпрямителем в сборе, работающие на частоте 1000 Гц	25.160.30 29.180

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ**

Номер стандарта	Название	Код КНД (ICS)
ISO/NP 27508	Контактная сварка сопротивлением. Метод оценки облицовочных и необлицовочных сварных листовых материалов	25.160.10
<b>TC 44/SC 7 — Термины и обозначения</b>		
ISO/TR 581:2005	Свариваемость. Металлические материалы. Общие принципы	01.040.25 25.160.01
ISO 857-1:1998	Сварка и родственные процессы. Словарь. Часть 1: Процессы сварки металлов	01.040.25 25.160.10
ISO 857-2:2005	Сварка и родственные процессы. Словарь. Часть 2: Процессы пайки твердым и мягким припоем и относящиеся к ним термины	01.040.25 25.160.50
ISO 2553:1992	Сварные и паяные швы. Символическое изображение на чертежах	01.100.20 25.160.40
ISO 4063:1998	Сварка и родственные процессы. Перечень способов и порядковые номера	01.040.25 25.160.01
ISO 6520-1:2007	Сварка и родственные процессы. Классификация геометрических отклонений в металлических материалах. Часть 1: Сварка плавлением	25.160.40
ISO 6520-2:2001	Сварка и родственные процессы. Классификация геометрических отклонений в металлических материалах. Часть 2: Сварка давлением	25.160.40
ISO 6947:1990	Сварные швы. Рабочие положения, термины и значения угла при наклоне и повороте шва	25.160.40
ISO 9692-1:2003	Сварка и родственные процессы. Рекомендации по разделке кромок. Часть 1: Ручная дуговая сварка, сварка в защитных газах, газовая сварка, ВИГ сварка и электронно-лучевая сварка сталей	25.160.40
ISO 9692-2:1998	Сварка и родственные процессы. Разделка кромок. Часть 2: Сварка стали под флюсом	25.160.10
ISO 9692-3:2000	Сварка и родственные процессы. Рекомендации по разделке кромок. Часть 3: Сварка МИГ и ВИГ алюминия и алюминиевых сплавов	25.160.10
ISO 9692-4:2003	Сварка и родственные процессы. Рекомендации по разделке кромок. Часть 4: Наплавка	25.160.40
ISO 17658:2002	Классификация дефектов автогенных, лазерных и плазменных резов с пояснениями. Терминология	01.040.25 25.160.10
ISO 17659:2002	Сварка. Многоязычные названия сварных соединений с иллюстрациями	01.040.25 25.160.40
ISO/TS 17845:2004	Сварка и родственные процессы. Система обозначений дефектов	25.160.40
ISO/TR 25901:2007	Сварка и родственные процессы. Словарь	01.040.25 25.160.10
<b>TC 44/SC 8 — Оборудование для газовой сварки, резки и родственных процессов</b>		
ISO 2503:1998	Газосварочные аппараты. Редукторы до 300 бар для газовых баллонов, используемых при сварке, резке и родственных процессах	25.160.30
ISO 3253:1998	Газосварочные аппараты. Подсоединение шлангов к аппаратам и установкам для сварки, резки и родственных процессов	25.160.30
ISO 3821:1998	Газосварочные аппараты. Резиновые шланги для сварки, резки и родственных способов	25.160.30 83.140.40
ISO 5171:1995	Манометры, применяемые при сварке, резке и родственных процессах	25.160.30
ISO 5172:2006	Газосварочные аппараты. Ручные горелки для газовой сварки, резки и нагрева. Требования и испытания	25.160.30
ISO 5175:1987	Оборудование для газовой сварки, резки и родственных процессов. Предохранительные устройства для горючих газов и кислорода или сжатого воздуха. Общие технические условия, требования и испытания	25.160.30
ISO 7287:2002	Символическое обозначение устройств для термической резки	01.080.20 25.160.30
ISO 7289:1996	Муфты быстродействующие с запорным клапаном для сварки, резки и родственных процессов	25.160.30
ISO 7291:1999	Газосварочные аппараты. Главные регуляторы давления до 300 бар для сварки, резки и родственных процессов	25.160.30
ISO 7292:1997	Регуляторы расхода, применяемые на баллонах для сварки, резки и родственных процессов. Классификация, технические условия	25.160.30

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ**

Номер стандарта	Название	Код КНД (ICS)
ISO 8206:1991	Приемочные испытания аппаратов для автогенной резки. Точность смешивания, функциональные свойства	25.160.30
ISO 8207:1996	Газосварочные аппараты. Предписания по шлангопроводам в оборудовании для сварки, резки и родственных способов	25.160.30 83.140.40
ISO 9012:1998	Газосварочные аппараты. Ручные горелки. Требования и испытания	25.160.30
ISO 9013:2002	Газовая резка. Классификация. Требования к геометрическим размерам и качеству	25.160.10
ISO 9090:1989	Герметичность аппаратов для газовой сварки и родственных способов	25.160.30
ISO 9539:1988	Материалы и аппараты для газовой сварки, резки и родственных способов	25.160.30
ISO 12170:1996	Газосварочные аппараты. Термопластические шланги для сварки, резки и родственных процессов	25.160.30 83.140.40
ISO 14112:1996	Газосварочные аппараты. Малогабаритные аппараты для газопламенной пайки и сварки	25.160.30 25.160.50
ISO 14113:1997	Газосварочные аппараты. Резиновые и пластмассовые шлангопроводы для сжатых или сжиженных газов до максимального рабочего давления 450 бар	25.160.30 83.140.40
ISO 14114:1999	Газосварочные аппараты. Ацетиленовые баллоны — аккумуляторные установки для сварки, резки и родственных способов. Общие требования	25.160.30
ISO 15296:2004	Газосварочные аппараты. Словарь. Терминология по газосварочному оборудованию	01.040.25 25.160.30
ISO 15615:2002	Газосварочные аппараты. Ацетиленовые баллоны — аккумуляторные установки для сварки, резки и родственных способов. Требования техники безопасности к аппаратам высокого давления	25.160.30
ISO/CD TR 28821	Газосварочные аппараты. Шланговые соединения в оборудовании для сварки, резки и родственных процессов. Список соединений, которые либо стандартизированы или в общем пользовании	25.160.30

**TC 44/SC 9 — Охрана и безопасность труда**

ISO 10882-1:2001	Техника безопасности и охрана здоровья при сварке и родственных способах. Взятие проб частиц материалов и газов из зоны дыхания сварщика. Часть 1: Взятие проб частиц материалов	13.100 25.160.01
ISO 10882-2:2000	Техника безопасности и охрана здоровья при сварке и родственных способах. Взятие проб частиц материалов и газов из зоны дыхания сварщика. Часть 2: Взятие проб газов	13.100 25.160.01
ISO 15011-1:2002	Техника безопасности и охрана здоровья при сварке и родственных процессах. Лабораторный способ отбора проб дыма и газов. Часть 1: Определение эмиссии и взятие проб газов для анализа содержания твердых частиц в дыме	13.100 25.160.10
ISO 15011-2:2003	Техника безопасности и охрана здоровья при сварке и родственных процессах. Лабораторный метод отбора проб дыма и газов. Часть 2: Определение эмиссии газов, кроме озона	13.100 25.160.10
ISO/DIS 15011-3	Техника безопасности и охрана здоровья при сварке и родственных процессах. Лабораторный метод отбора проб дыма и газов. Часть 3: Определение эмиссии озона	13.100 25.160.10
ISO 15011-4:2006	Техника безопасности и охрана здоровья при сварке и родственных процессах. Лабораторный метод отбора проб дыма и газов. Часть 4: Формы для записи данных сварочных выделений	13.100 25.160.10
ISO/TS 15011-5:2006	Техника безопасности и охрана здоровья при сварке и родственных процессах. Лабораторный метод отбора проб дыма и газов. Часть 5: Идентификация продуктов тепловой деструкции, образующихся во время сварки и резки изделий, которые полностью или частично состоят из органических материалов	13.100 25.160.10
ISO 15012-1:2004	Техника безопасности и охрана здоровья при сварке и родственных процессах. Требования, контроль и обозначение систем очистки воздуха. Часть 1: Испытания эффективности отделения сварочных испарений	25.160.30
ISO/DIS 15012-2	Техника безопасности и охрана здоровья при сварке и родственных процессах. Требования, контроль и обозначение систем очистки воздуха. Часть 2: Контроль зоны действия отсосов дыма при сварке	25.160.30
ISO/CD 15012-3	Техника безопасности и охрана здоровья при сварке и родственных процессах. Требования, контроль и обозначение систем очистки воздуха. Часть 3: Определение коэффициента захвата сварочных выделений вытяжными устройствами с помощью индикатора газа	25.160.30
ISO 17846:2004	Сварка и родственные процессы. Техника безопасности и охрана труда. Предупредительные этикетки без надписей для оборудования и материалов, используемых при дуговой сварке и резке	25.160.01

## ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

Номер стандарта	Название	Код КНД (ICS)
<b>TC 44/SC 10 — Стандартные требования в области сварки металла</b>		
ISO 3834-1:2005	Требования к качеству сварки. Сварка плавлением металлических материалов. Часть 1: Руководство по выбору и применению	25.160.01
ISO 3834-2:2005	Требования к качеству сварки. Сварка плавлением металлических материалов. Часть 2: Всесторонние требования к качеству	25.160.01
ISO 3834-3:2005	Требования к качеству сварки. Сварка плавлением металлических материалов. Часть 3: Типовые требования к качеству	25.160.01
ISO 3834-4:2005	Требования к качеству сварки. Сварка плавлением металлических материалов. Часть 4: Элементарные требования к качеству	25.160.01
ISO 3834-5:2005	Требования к качеству сварки. Сварка плавлением металлических материалов. Часть 5: Нормативные ссылки для информационного запроса в ISO 3834-2, ISO 3834-3 и ISO 3834-4	25.160.01
ISO/TR 3834-6:2007	Требования к качеству сварки плавлением металлических материалов. Часть 6: Руководство по применению ISO-3834	25.160.01
ISO 5817:2003	Сварка. Стыковые швы при сварке плавлением стали, никеля, титана и их сплавов (кроме лучевой сварки). Уровни качества в зависимости от дефектов шва	25.160.40
ISO 8166:2003	Сварка сопротивлением. Оценка стойкости электродов для точечной сварки с использованием постоянных наладочных параметров аппарата	25.160.30
ISO 10042:2005	Соединения алюминия и его свариваемых сплавов, выполненные дуговой сваркой. Директивы по группам оценки дефектов	25.160.40
ISO 13916:1996	Сварка. Руководство по измерению температуры подогрева, промежуточных слоев и выдержки	25.160.10
ISO 13918:1998	Сварка. Шпильки и керамические кольца для дуговой приварки шпилек	21.060.10
ISO 13919-1:1996	Сварка. Дефекты при электронно-лучевой и лазерной сварке. Часть 1: Сталь	25.160.40
ISO 13919-2:2001	Сварка. Электронно-лучевые и лазерные сварные соединения. Группы оценки дефектов. Часть 2: Алюминий и алюминиевые сплавы	25.160.40
ISO 13920:1996	Сварка. Общие допуски на сварные конструкции. Линейные и угловые размеры. Форма и пространственное положение	17.040.10 25.160.10
ISO 14555:2006	Сварка. Приварка металлических шпилек	25.160.10
ISO 14744-1:2000	Сварка. Приемочные испытания машин для электронно-лучевой сварки. Часть 1: Основы и условия приемки	25.160.30
ISO 14744-2:2000	Сварка. Приемочные испытания машин для электронно-лучевой сварки. Часть 2: Измерение ускоряющего напряжения	25.160.30
ISO 14744-3:2000	Сварка. Приемочные испытания машин для электронно-лучевой сварки. Часть 3: Измерение тока пучка	25.160.30
ISO 14744-4:2000	Сварка. Приемочные испытания машин для электронно-лучевой сварки. Часть 4: Измерение скорости сварки	25.160.30
ISO 14744-5:2000	Сварка. Приемочные испытания машин для электронно-лучевой сварки. Часть 5: Измерение скорости перемещения	25.160.30
ISO 14744-6:2000	Сварка. Приемочные испытания машин для электронно-лучевой сварки. Часть 6: Измерение постоянства положение фокусного пятна	25.160.30
ISO 15607:2003	Требования и процедура сертификации технологии сварки металлов. Общие правила	25.160.10
ISO/TR 15608:2005	Сварка. Руководство по классификации металлических материалов по группам	25.160.01
ISO 15609-1:2004	Требования и аттестация сварочных процедур для металлических материалов. Требования к сварочным технологиям. Часть 1: Электродуговая сварка	25.160.10
ISO 15609-2:2004	Требования и аттестация сварочных процедур для металлических материалов. Требования к сварочным технологиям. Часть 2: Газовая сварка	25.160.10
ISO 15609-3:2004	Требования и аттестация сварочных процедур для металлических материалов. Требования к сварочным технологиям. Часть 3: Электронно-лучевая сварка	25.160.10
ISO 15609-4:2004	Требования и аттестация сварочных процедур для металлических материалов. Требования к сварочным технологиям. Часть 4: Лазерная сварка	25.160.10
ISO 15610:2003	Требования и аттестация сварочных процедур для металлических материалов. Сертификация на основании применения сертифицированных сварочных материалов	25.160.10

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ**

Номер стандарта	Название	Код КНД (ICS)
ISO 15611:2003	Требования и аттестация сварочных процедур для металлических материалов. Сертификация на основании имеющегося сварочно-технического опыта	25.160.01
ISO 15612:2004	Требования и аттестация сварочных процедур для металлических материалов. Сертификация на основании применения типовой технологии сварки	25.160.10
ISO 15613:2004	Требования и аттестация сварочных процедур для металлических материалов. Сертификация на основании испытания технологии сварки перед началом производства	25.160.10
ISO 15614-1:2004	Требования и аттестация сварочных процедур для металлических материалов. Испытание технологии сварки. Часть 1: Электродуговая и газовая сварка стали и электродуговая сварка никеля и никелевых сплавов	25.160.10
ISO 15614-2:2005	Требования и аттестация сварочных процедур для металлических материалов. Испытание технологии сварки. Часть 2: Электродуговая сварка алюминия и алюминиевых сплавов	25.160.10
ISO/FDIS 15614-3	Требования и аттестация сварочных процедур для металлических материалов. Испытание технологии сварки. Часть 3: Сварка плавлением и сварка давлением нелегированного и низколегированного чугуна	25.160.10
ISO 15614-4:2005	Требования и аттестация сварочных процедур для металлических материалов. Испытание технологии сварки. Часть 4: Производственная сварка алюминиевого литья	25.160.10
ISO 15614-5:2004	Требования и аттестация сварочных процедур для металлических материалов. Испытание технологии сварки. Часть 5: Электродуговая сварка титана, циркония и их сплавов	25.160.10
ISO 15614-6:2006	Требования и аттестация сварочных процедур для металлических материалов. Испытание технологии сварки. Часть 6: Медь и медные сплавы	25.160.10
ISO 15614-7:2007	Требования и аттестация сварочных процедур для металлических материалов. Испытания сварочной процедуры. Часть 7: Наплавка	25.160.10
ISO 15614-8:2002	Требования и аттестация сварочных процедур для металлических материалов. Испытание технологии сварки. Часть 8: Приварка труб к трубным доскам	25.160.10
ISO 15614-10:2005	Требования и аттестация сварочных процедур для металлических материалов. Испытание технологии сварки. Часть 10: Гипербарическая сварка сухим трением	25.160.10
ISO 15614-11:2002	Требования и аттестация сварочных процедур для металлических материалов. Испытание технологии сварки. Часть 11: Электронно-лучевая и лазерная сварка	25.160.10
ISO 15616-1:2003	Приемочные испытания CO <sub>2</sub> -лазерной установки для сварки и резки. Часть 1: Основы, условия приемки	25.160.30
ISO 15616-2:2003	Приемочные испытания CO <sub>2</sub> -лазерной установки для сварки и резки. Часть 2: Измерение статической и динамической точности	25.160.30
ISO 15616-3:2003	Приемочные испытания CO <sub>2</sub> -лазерной установки для сварки и резки. Часть 3: Калибровка инструмента для измерения расхода и давления газа	25.160.30
ISO/DIS 15616-4	Приемочные испытания CO <sub>2</sub> -лазерной установки для сварки и резки. Часть 4: Применение подвижной 2D оптики	25.160.30
ISO 15620:2000	Сварка. Сварка трением металлических материалов	25.160.10
ISO/TS 17477:2003	Приемочные испытания CO <sub>2</sub> -лазерной установки для сварки и резки с применением подвижной 2D оптики	25.160.30
ISO 17652-1:2003	Сварка. Испытание заводской грунтовки для сварки и родственных процессов. Часть 1: Общие требования	25.160.10
ISO 17652-2:2003	Сварка. Испытание заводской грунтовки для сварки и родственных процессов. Часть 2: Влияние свойств заводской грунтовки на свариваемость	25.160.10
ISO 17652-3:2003	Сварка. Испытание заводской грунтовки для сварки и родственных процессов. Часть 3: Термическая резка	25.160.10
ISO 17652-4:2003	Сварка. Испытание заводской грунтовки для сварки и родственных процессов. Часть 4: Эмиссия дыма и газов	25.160.10
ISO 17660-1:2006	Сварка. Сварка арматурной стали. Часть 1: Несущие сварные соединения	25.160.10
ISO 17660-2:2006	Сварка. Сварка арматурной стали. Часть 2: Не несущие сварные соединения	25.160.10
ISO 17662:2005	Сварка. Калибровка, подтверждение пригодности сварочного оборудования, включая второстепенные виды деятельности	25.160.30

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ**

Номер стандарта	Название	Код КНД (ICS)
ISO/TR 17663:2001	Сварка. Предписания относительно требований к качеству с точки зрения термообработки при сварке и родственных процессах	25.160.01
ISO/TR 17671-1:2002	Сварка. Рекомендации по сварке металлических материалов. Часть 1: Общее руководство по дуговой сварке	25.160.10
ISO/TR 17671-2:2002	Сварка. Рекомендации по сварке металлических материалов. Часть 2: Ферритные стали, свариваемые дуговым способом	25.160.10
ISO/TR 17671-3:2002	Сварка. Рекомендации по сварке металлических материалов. Часть 3: Нержавеющие стали, свариваемые дуговым способом	25.160.10
ISO/TR 17671-4:2002	Сварка. Рекомендации по сварке металлических материалов. Часть 4: Дуговая сварка алюминия и алюминиевых сплавов	25.160.10
ISO/TR 17671-5:2004	Сварка. Рекомендации по сварке металлических материалов. Часть 5: Дуговая сварка плакированных сталей	25.160.10
ISO/TR 17671-6:2005	Сварка. Рекомендации по сварке металлических материалов. Часть 6: Электронно-лучевая сварка	25.160.10
ISO/TR 17671-7:2004	Сварка. Рекомендации по сварке металлических материалов. Часть 7: Лазерная сварка	25.160.10
ISO/TR 17844:2004	Сварка. Сопоставление стандартизованных методов предотвращения холодных трещин	25.160.10
ISO/TR 20172:2006	Сварка. Системы группирования материалов, принятые в Европе	25.160.20
ISO/TR 20173:2005	Сварка. Системы группирования материалов, принятые в Америке	25.160.20
ISO/TR 20174:2005	Сварка. Системы группирования материалов, принятые в Японии	25.160.20
ISO 22827-1:2005	Принятые испытания машин для сварки лазерным лучом Nd:YAG. Машины с подачей оптического волокна. Часть 1: Лазерная установка	25.160.30
ISO 22827-2:2005	Принятые испытания машин для сварки лазерным лучом Nd:YAG. Машины с подачей оптического волокна. Часть 2: Механизм позиционирования	25.160.30
<b>TC 44/SC 11 — Квалификационные требования к персоналу для сварки и родственных процессов</b>		
ISO 9606-1:1994	Аттестация сварщиков. Сварка плавлением. Часть 1: Стали	25.160.01
ISO 9606-2:2004	Аттестация сварщиков. Сварка плавлением. Часть 2: Алюминий и алюминиевые сплавы	25.160.01
ISO 9606-3:1999	Аттестация сварщиков. Сварка плавлением. Часть 3: Медь и медные сплавы	25.160.01
ISO 9606-4:1999	Аттестация сварщиков. Сварка плавлением. Часть 4: Никель и никелевые сплавы	25.160.01
ISO 9606-5:2000	Аттестация сварщиков. Сварка плавлением. Часть 5: Титан и титановые сплавы, цирконий и циркониевые сплавы	25.160.01
ISO 14731:2006	Координация сварочных работ. Задачи и обязанности	25.160.01
ISO 14732:1998	Сварочный персонал. Аттестация операторов сварочных установок для сварки плавлением и установок для механизированной и автоматической контактной сварки металлических материалов	25.160.01
ISO 15618-1:2001	Аттестация сварщиков для подводной сварки. Часть 1: Мокрая подводная сварка при избыточном давлении	25.160.01
ISO 15618-2:2001	Квалификационные испытания сварщиков для подводной сварки. Часть 2: Подводная сварка и операторы сухой подводной сварки при избыточном давлении	25.160.01
<b>TC 44/SC 12 — Припой</b>		
ISO 3677:1992	Присадочный металл для высокотемпературной, низкотемпературной пайки и пайкосварки. Система условных обозначений	25.160.50
ISO 5179:1983	Исследование способности к пайке с помощью испытательного образца с изменяющимся зазором	25.160.50
ISO 9453:2006	Легкоплавкие припои. Химический состав и формы поставки	25.160.50
ISO 9454-1:1990	Флюсы для низкотемпературной пайки. Классификация и требования. Часть 1: Классификация, маркировка и упаковка	25.160.50
ISO 9454-2:1998	Флюсы для низкотемпературной пайки. Классификация и требования. Часть 2: Требования к рабочим характеристикам	25.160.50
ISO 9455-1:1990	Флюсы для низкотемпературной пайки. Методы контроля. Часть 1: Определение нелетучих веществ, гравиметрические методы	25.160.50

## ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

Номер стандарта	Название	Код КНД (ICS)
ISO 9455-2:1993	Флюсы для низкотемпературной пайки. Методы контроля. Часть 2: Определение нелетучих материалов, эбулиометрические методы	25.160.50
ISO 9455-3:1992	Флюсы для низкотемпературной пайки. Методы контроля. Часть 3: Определение кислотного числа, потенциометрические и визуальные методы титрования	25.160.50
ISO 9455-5:1992	Флюсы для низкотемпературной пайки. Методы контроля. Часть 5: Тест медным зеркалом	25.160.50
ISO 9455-6:1995	Флюсы для низкотемпературной пайки. Методы контроля. Часть 6: Определение и подтверждение содержания галогенидов (кроме фторида)	25.160.50
ISO 9455-8:1991	Флюсы для низкотемпературной пайки. Методы контроля. Часть 8: Определение содержания цинка	25.160.50
ISO 9455-9:1993	Флюсы для низкотемпературной пайки. Методы контроля. Часть 9: Определение содержания аммония	25.160.50
ISO 9455-10:1998	Флюсы для низкотемпературной пайки. Методы контроля. Часть 10: Контроль смачиваемости, метод распространения	25.160.50
ISO 9455-11:1991	Флюсы для низкотемпературной пайки. Методы контроля. Часть 11: Растворимость остатков флюса	25.160.50
ISO 9455-12:1992	Флюсы для низкотемпературной пайки. Методы контроля. Часть 12: Коррозионный тест стальной трубкой	25.160.50
ISO 9455-13:1996	Флюсы для низкотемпературной пайки. Методы контроля. Часть 13: Определение брызг флюса	25.160.50
ISO 9455-14:1991	Флюсы для низкотемпературной пайки. Методы контроля. Часть 14: Определение адгезионной способности остатков флюса	25.160.50
ISO 9455-15:1996	Флюсы для низкотемпературной пайки. Методы контроля. Часть 15: Коррозионные испытания меди	25.160.50
ISO 9455-16:1998	Флюсы для низкотемпературной пайки. Методы контроля. Часть 16: Определение эффективности флюсов, контроль смачиваемости	25.160.50
ISO 9455-17:2002	Флюсы для низкотемпературной пайки. Методы контроля. Часть 17: Определение сопротивления поверхностной изоляции, рельефное испытание и электрохимическое миграционное испытание остатков флюса	25.160.50
ISO 12224-1:1997	Припои с флюсовым сердечником. Определение способов контроля. Часть 1: Классификация и исполнение	25.160.50
ISO 12224-2:1997	Припои с флюсовым сердечником. Определение способов контроля. Часть 2: Определение содержания флюса	25.160.50
ISO 12224-3:2003	Припои с флюсовым сердечником. Определение способов контроля. Часть 3: Метод испытания равномерности смачивания для эффективности проволочного припоя с флюсовым сердечником	25.160.50

Given is the list of international standards in force in the welding industry, which will be used as a basis for harmonisation of national standards.

Поступила в редакцию 11.10.2007



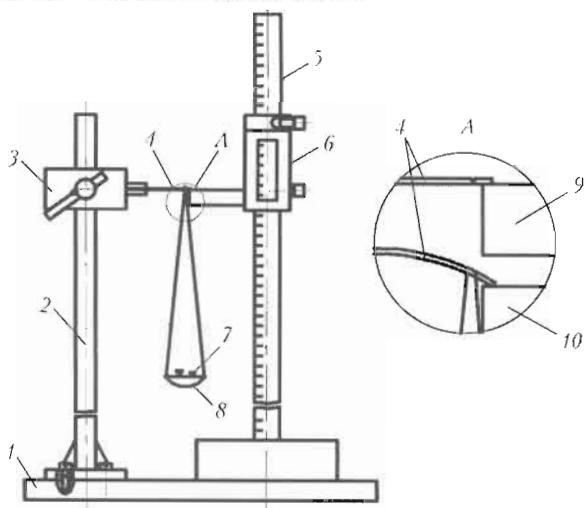


Рис. 3. Схема измерительного устройства: 1–10 — см. объяснения в тексте

концу вылета проволоки прикладывали нагрузку 7, в качестве которой использовали разновесы, размещаемые на тарелке 8. Нагрузку на вылет проволоки длиной 10 мм наращивали через 1 Н, на другие вылеты — через 0,5 Н.

После каждого дозированного нагружения выполняли измерения нового положения конца проволоки по шкале штангенрейсмуса с точностью 0,1 мм. Значения начального и нового положений проволоки на вылете (рис. 3, позиции 9, 10) создавали возможность рассчитывать стрелу ее прогиба под действием поперечной нагружающей силы. Нагружение вели до начала перехода упругой деформации в пластическую, признаком которого служило малейшее невозвратаение проволоки в начальное положение.

Данная методика проведения эксперимента позволяла отождествлять стрелу прогиба проволоки со значением эксцентриситета наконечника токоподводящего мундштука, а нагрузку, приложенную к концу вылета проволоки, — с силой ее прижима к контактной части рычажка указанного наконечника. Результаты выполненных исследований представлены на рис. 4.

При вылете проволоки длиной 10 мм предельная стрела ее прогиба должна составлять менее 2,6 мм, а нагрузка, приводящая к такому прогибу проволоки, быть менее 21 Н. Соответственно при вылете проволоки длиной 15, 20, 25 и 30 мм стрела ее прогиба не должна превышать 4,2; 4,8; 5,1 и 5,6 мм, а нагрузка — 16, 12, 9 и 6 Н.

На рис. 4 видно, что одна и та же нагрузка, приложенная к концевой части разных по длине вылетов проволоки, приводит к получению неодинаковой стрелы ее прогиба, и наоборот, одинаковый прогиб проволоки при ее разных вылетах, создает разные нагрузки, действующие на нее. Так, например, при одной и той же стреле прогиба в 1,1 мм (а значит таком же эксцентриситете на-

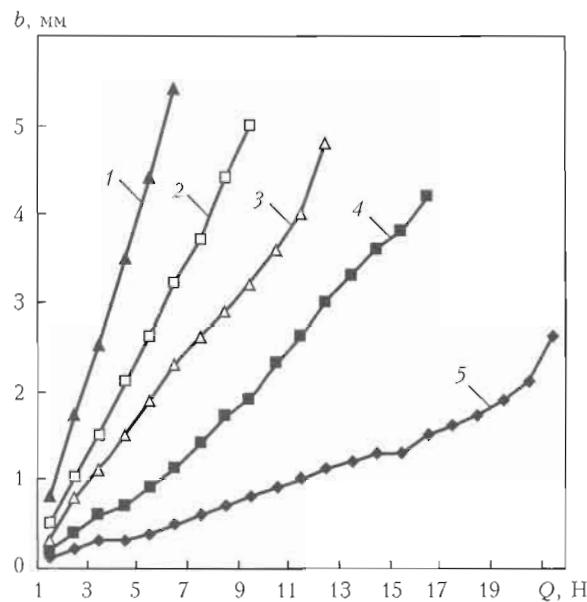


Рис. 4. Зависимость между нагрузкой  $Q$ , приложенной к вылету электродной проволоки, и стрелой прогиба  $b$ : 1 —  $l = 30$ ; 2 — 25; 3 — 20; 4 — 15; 5 — 10 мм

конечника) и вылете проволоки  $l = 10$  мм сила ее прижима к рычажку наконечника составила бы 12 Н, при  $l = 15$  мм — 5 Н, при  $l = 20$ , 25 и 30 мм — соответственно 3,0; 2,0 и 1,5 Н.

Разная сила прижима проволоки к рычажку наконечника будет создавать неодинаковые условия для подвода к нему тока, а следовательно, оказывать различное влияние на степень искрения в контактной зоне и ее износ. На рис. 4 видно, что зависимость между нагрузкой (силой прижима проволоки к рычажку наконечника) и прогибом проволоки в концевой части рычажка (эксцентрикитетом наконечника) имеет линейный характер пока изгиб проволоки происходит в области упругих деформаций. На этом рисунке на всех кривых взаимосвязь, полученных для различной длины вылста проволоки, конечные значения представляют собой предельные нагрузки, при превышении которых возникает нежелательная в данном случае пластическая деформация. Ее появление, к сожалению, приводит к заметному отклонению направления электродной проволоки от оси мундштука сварочной горелки, а следователь-

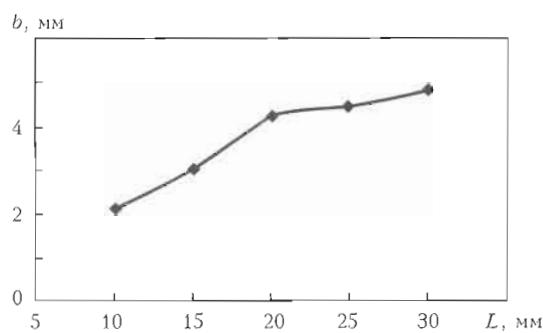


Рис. 5. Рекомендуемое соотношение между длиной  $L$  рычажка наконечника и максимально допустимым эксцентриситетом  $b$



но, от сварочной зоны. При меньшей стреле прогиба проволоки ее деформация не выходит за рамки упругой составляющей. Рекомендуемое для практического применения соотношение между длиной рычажка наконечника токоподводящего мундштука и значением его максимально допустимого эксцентризитета представлено на рис. 5. Полученные экспериментальные данные о допустимых соотношениях между некоторыми параметрами в зоне наконечника токоподводящего мундштука использованы для выбора оптимальных конструкций элементов сварочного оборудования.

## Выводы

1. Изучена взаимосвязь между стрелой прогиба электродной проволоки марки Св-08Г2С диаметром 1,2 мм и силой ее прижима к контактной поверхности рычажка сапожкового наконечника токоподводящего мундштука.

2. Определены максимальные значения стрелы прогиба проволоки при разной длине ее вылета. Превышение этих значений приводит к возник-

новению в проволоке пластических деформаций и ее отклонению в нежелательном направлении после контакта с рычажком наконечника мундштука.

3. Для практического использования рекомендовано соотношение между длиной рычажка сапожкового наконечника и значением его максимально допустимого эксцентризитета: для указанной выше сварочной проволоки при длине рычажков 10 мм эксцентризитет не должен превышать 2,1 мм, а при их длине 15, 20, 25 и 30 мм — соответственно 3,4; 4,2; 4,4 и 4,8 мм.

1. Сварка в углекислом газе / И. И. Заруба, Б. С. Касаткин, Н. И. Каходский, А. Г. Поганьевский. — Киев: Гостехиздат УССР, 1960. — 224 с.
2. Новожилов Н. М. Основы металлургии дуговой сварки в газах. — М.: Машиностроение, 1979. — 231 с.
3. Шейнкин М. З. Определение допустимого вылета тонкой электродной проволоки при сварке в углекислом газе // Свароч. пр-во. — 1978. — № 9. — С. 1–7.
4. Сварка в машиностроении: Справ. / Под ред. Ю. Н. Зорина. — М.: Машиностроение, 1979. — Т. 4. — 96 с.
5. Поганьевский А. Г. Сварка в углекислом газе. — М.: Машиностроение, 1984. — 81 с.

Admissible relationships between the eccentricity of the tip of welding torch current-conducting nozzle, length of the eccentric fitting and force of applying wire applying to it are defined.

Поступила в редакцию 19.09.2007

УДК 621.791(088.8)

## ПАТЕНТЫ В ОБЛАСТИ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА\*

**Способ газолазерной резки титана и его сплавов**, включающий использование технологического газа, представляющего собой смесь кислорода и аргона, отличающийся тем, что используют технологический газ с содержанием кислорода 15...25 %, при этом для резки заданной толщины металла содержание кислорода в указанных пределах определяются в зависимости от скорости реза и качества его поверхности, исходя из предъявляемых технологических требований к качеству реза при максимально достижимой скорости. Патент РФ 2307726. А. Н. Антонов, М. Г. Галушкин, В. Д. Дубров и др. (Институт лазерных и информационных технологий РАН) [28].

**Шихта порошковой проволоки**, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит никелевый порошок, полевой шпат, в качестве хромсодержащего и марганецсодержащего компонентов — феррохром и ферромарганец, а магнезит использован в обожженном виде при следующем содержании компонентов, мас. %: 5,0...12,0 флюоритового концентрата; 2,0...7,0 рутилового концентрата; 0,6...6,5 мрамора; 1,4...6,5 ферросилиция; 1,2...5,0 ферротитана; 0,3...3,2 феррованадия; 1,6...5,0 никелевого порошка; 0,8...5,5 полевого шпата; 3,2...9,0 феррохрома; 2,6...7,8 ферромарганца; 0,8...7,2 магнезита обожженного; остальное — железный порошок. Па-

тент РФ 2307727. Н. В. Павлов, В. К. Струнец, Д. Н. Абраменко и др. [28].

**Способ электродуговой сварки чугуна со сталью**, отличающийся тем, что стальную и чугунную детали устанавливают в зоне сварки с зазором 0,15...0,45 мм для получения нахлесточного сварного соединения, а сварку ведут в полуавтоматическом режиме электрозваклепками при времени сварки 2...5 с и с перерывами между ними в смеси углекислого газа и кислорода при соотношении 83...99 % CO<sub>2</sub> и 1...17 % O<sub>2</sub> на токе 90...180 А и напряжении на 0,5...3,5 В меньше установленного для заданного тока, при этом после выполнения четырех электрозваклепок зону сварки охлаждают струей сжатого воздуха до температуры ниже 50 °C, после чего сварку продолжают. Патент РФ 2308360. А. Ф. Головченко, А. А. Горовой («Минский автозавод») [29].

**Способ электродуговой сварки деталей из чугуна и стали**, отличающийся тем, что стальную и чугунную детали устанавливают в зоне сварки с зазором 0,15...0,45 мм для получения нахлесточного сварного соединения, а сварку ведут в полуавтоматическом режиме электрозваклепками при времени сварки 2...5 с и с перерывами между ними в смеси углекислого газа и кислорода при соотношении 83...99 % CO<sub>2</sub> и 1...17 % O<sub>2</sub> на токе 90...180 А с напряжением на 0,5...3,5 В меньше установленного для данного тока. Патент РФ 2308361. А. Ф. Головченко, А. А. Горовой (То же) [29].

\* Приведены сведения о патентах, опубликованных в бюллетене РФ «Изобретения. Полезные модели» за 2007 г. (в квадратных скобках указан номер бюллетеня).



## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

**Способ контактной сварки рельсов**, отличающийся тем, что механическую обработку проводят с обеспечением перпендикулярности торцов осям рельсов, а затем наносят противоокислительную и противообезуглероживающую пленку толщиной 0,1 до 0,5 мм. Патент РФ 2308362. А. А. Бондаренко, Г. Р. Маёров, А. Л. Кривченко и др. (Самарская государственная академия путей сообщения) [29].

**Способ сварки давлением с подогревом**, отличающийся тем, что нагревстыка производят до температуры ( $A_{c3} + 300$ ) °C...( $A_{c3} + 400$ ) °C выдержкой при этой температуре для осуществления аустенитации зоныстыка, а после осадкистык охлаждают воздушно-водяной смесью до температуры  $M_{\text{н}}$  °C...( $M_{\text{н}} + 400$ ) °C, а затем охлаждают воздухом до температуры окружающей среды. Патент РФ 2308363. А. А. Бондаренко, Г. Р. Маёров, А. Л. Кривченко и др. (То же) [29].

**Устройство для электродуговой сварки коротким замыканием** двух отделенных друг от друга концов изделия, которые образуют зазор путем плавления подаваемой сварочной проволоки и нанесения указанной расплавленной проволоки на указанный зазор по меньшей мере для частичного соединения указанных двух отделенных друг от друга концов, причем указанное устройство содержит главный электросварочный аппарат, который имеет по меньшей мере один источник электропитания, подающий сварочный ток к указанной сварочной проволоке, причем указанный источник электропитания содержит широтно-импульсный модулятор. Приведены и другие отличительные признаки. Патент РФ 2309029. Э. К. Стива (Линкольн Глобал, инк) [30].

**Способ получения сварных соединений листовых металлических материалов**, отличающийся тем, что на сва-

риваемых поверхностях заготовок выполняют просечки, свариваемые поверхности накладывают друг на друга с образованием зоны перехода большей, чем глубина просечек, и производят их совместное оплавление. Патент РФ 2309031. Н. А. Карадашев (ФГУП Государственный космический НПЦ им. М. В. Хруничева) [30].

**Способ получения изделий незамкнутого контура**, отличающийся тем, что замкнутый контур создают из свариваемых элементов, один из которых изгибают по форме индуктора и размещают в контакте с другим элементом, при этом индуктор устанавливают внутри полученного замкнутого контура и осуществляют магнитоимпульсную сварку, а после сварки изогнутый элемент разрезают и придают ему необходимую форму. Патент РФ 2309032. Н. А. Карадашев (То же) [30].

**Способ импульсной сварки плавлением**, отличающийся тем, что при первом проходе плотность энергии импульса в пятне нагрева и длительность импульса выбирают в зависимости от толщины свариваемых кромок по отношению плотности энергии импульса в пятне нагрева к длительности импульса в интервале  $(5...350) \cdot 10^2$  Дж/(мм<sup>2</sup>·с), при этом при сварке кромок меньшей толщины выбирают меньшие значения, а при сварке кромок большей толщины выбирают большие значения в указанном интервале, причем в каждом последующем проходе отношение плотности энергии импульса в пятне нагрева к длительности импульса принимают равным или меньшим значения этого отношения при первом проходе. Патент РФ 2309033. Г. В. Мирошниченко, Н. А. Костюченко, Е. М. Табакин и др. (ФГУП «ГНЦ РФ-НИАР») [30].



По  
зарубежным  
журналам\*

SCHWEISS- & PRUEFTECHNIK (Австрия) 2007. — № 7 (нем. яз.)

**Maier Ch.** Надзор за сваркой согласно EN ISO 14 731 и оценка ответственности, с. 99–101.

**Значение** точной формы круглых отверстий, с. 103–104.

\* Раздел подготовлен сотрудниками научной библиотеки ИЭС им. Е. О. Патона. Более полно библиография представлена в Сигнальной информации (СИ) «Сварка и родственные технологии», издаваемой в ИЭС и распространяемой по заявкам. (заказ по тел. (044) 287-07-77, НТБ ИЭС).

*SCHWEISS- & PRUEFTECHNIK* (Австрия) 2007. — № 8 (нем. яз.)

**Fiedler M. et al.** Источник опасности «водород» при сварке нелегированных сталей, с. 115–118.

Ультравысокопрочная сталь специально для катенных профилей, с. 119.

*SUDURA* (Румыния) 2007. — An. XVII, № 3 (рум. яз.)

**Himmelbauer K.** Процесс СМТ (перенос холодного металла) — революция в сварочной технологии, с. 4–11.

**Mitelea I. et al.** Явление диффузии водорода в «черно-белых» сварных соединениях (10TiNiCr180-14MoCr10), с. 13–18.

**Parvu M.** Влияние факторов окружающей среды на качество сварных соединений, выполненных под водой, с. 20–30.

**Killing R.** Как это работает? Сварка МАГ с «очень короткой дугой со струйным переносом», с. 31–33.

**Tatter U.** Пламенная резка или разрезка кромок — выбор правильного сочетания сопел!, с. 35–37.

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

*SUDURA* (Румыния) 2007. — An. XVII, № 4 (рум. яз.)

**Dilthey U., Willms K.** Variowire — новый вариант дуговой сварки алюминия плавящимся электродом в среде защитного газа с помощью электродной проволоки, с. 5–12.

**Himmelbauer K.** Высокая производительность наплавки благодаря использованию двух электродных проволок, с. 14–22.

**Sitte G.** Точечная пайка с контактным нагревом и смешанная пайка (пайка и клеевое соединение) — возможность выполнения нахлесточных соединений на видимых поверхностях, с. 23–25.

**Rusch H.-J.** Точечная контактная сварка в автозаводских цехах, с. 28–32.

**Sheikhi Sh., dos Santos J.** Возможности сварки трением с перемещением, с. 33–35.

**Airchel G., Undi T.** Сварка ТИГ горячей проволокой — используется при сварке в узкий зазор и орбитальной сварке (Ч. 1), с. 36–40.

**Brune E.** Технология сварки титана — обработка сваркой материалов на основе титана, с. 41–45.

*TWI CONNECT* (Англия) 2007. — Issue 148 May/June (англ. яз.)

**Жизнь на Марсе:** Испытание теплозащитной плитки космического корабля, с. 1–2.

**Медицинское применение анализа усталостной долговечности,** с. 2.

**Расходуемые материалы для дуговой сварки под флюсом.** Ч. 2. Спецификации, с. 4–6.

**Уникальный источник для высокотехнического контроля,** с. 6.

*TWI CONNECT* (Англия) 2007. — Issue 149 July/August (англ. яз.)

**Привлекательные сиденья** — переработка отходов бытовых пластмассовых упаковок, с. 1.

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

**Расходуемые материалы для дуговой сварки под флюсом.** Ч. 2. Спецификации Американского сварочного общества, с. 4–5.

**Сварка, обеспечивающая высокую надежность** швов магниевых плит большого сечения — без проблем!, с. 6.

**Наступление** коррозии предвещает долгостоящее проявление отключений, с. 8.

*WELDING and CUTTING* (Германия) 2007. — № 3 (англ. яз.)

**Chauhan A.** Сварка на европейских судостроительных заводах, с. 120–121.

**Lutz W.** «Холодная» роботизированная сварка деталей установок горячей вытяжки, с. 126–128.

**Новое поколение пламенных сварочных горелок,** с. 130–131.

**Новый процесс сварки МАГ** высокопрочных сталей, с. 132.

**Tran Tien T.** Первое промышленное применение самоадаптивной сварки МАГ STT (перенос поверхности напряжения) с системой лазерного слежения за стыком, с. 150–156.

**McMillan G., Spiegel-Ciobanu V., E.** Накопление марганца, болезнь Паркинсона и выдыхание марганца сварщиками. Ч. 1. Источники выделения марганца, их роль и функции для здоровья человека и профессиональных заболеваний, с. 161–165.

**Stelling K. et al.** Характеристики затвердевания и свариваемость аустенитных сталей при использовании лазерного и гибридного способов, с. 171–175.

**Karakas O. et al.** Использование концепции микроНосителя информации для оценки усталостной прочности сварных соединений магниевого деформируемого сплава AZ31, с. 176–181.

*WELDING and CUTTING* (Германия) 2007. — № 4 (англ. яз.)

**Dilthey U. et al.** Характеристики ползучести тонколистовых материалов и стальных тонколистовых материалов из NiCr25FeAlY стали, сваренных лазером при разной температуре

работки и режимах сварки при температуре 650 °C, с. 203–207.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

**Mucklich S. et al.** Смешанные магниевые соединения. Сравнительные исследования между пайкой, kleевым и механическим соединениями, с. 210–214.

**McMillan G., Spiegel-Ciobanu V. E.** Накопление марганца, болезнь Паркинсона и вдыхание марганца сварщиками.

Ч. 2. Марганец — нейротоксикологический риск для сварщиков, с. 220–229.

**McKeown D.** Дым и пары, образующиеся при сварке, — как обеспечить защиту рабочего места, с. 230–233.

*WELDING JOURNAL (США) 2007. — Vol. 86, № 3 (англ. яз.)*

**Noruk J.** Интеллектуальное видение повышает окупаемость роботов, с. 32–35.

**Cullison A. et al.** Обзор выставки AWS 2006, с. 37–44.

**Прочные экзаменационные столы для роботизированной сварки**, с. 46–48.

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

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

**Baskin P.** Сложные проблемы в области разработки бессвинцовых припоев, с. 58–61.

**Morscher G. N. et al.** Сравнение высокотемпературных и низкотемпературных припоев для соединения титана с композиционными материалами, с. 62–66.

**Wielage B. et al.** Композиционные материалы на основе алюминия для низкотемпературной пайки, с. 67–81.

**Farren J. D. et al.** Изготовление переходного соединения углеродистой стали с нержавеющей сталью с помощью прямой лазерной наплавки. Исследование выполнимости, с. 55–61.

**Rashid M. et al.** Влияние смазки на срок службы электрода при контактной точечной сварке алюминиевых сплавов, с. 62–70.

**Kim D. et al.** Оценка качества сварных швов при высокочастотной сварке с обработкой изображений, с. 71–79.

*WELDING JOURNAL (США) 2007. — Vol. 86, № 4 (англ. яз.)*

**Dickinson D. W.** Проект поддержки студентов при выборе инженерной карьеры, с. 28–30.

**Vaidya V., George B.** Применение принципов экономии при выполнении сварочных работ, с. 32–37.

**Профессионалы** предлагают комплексное обучение сварщиков, с. 39–38.

**Adonyi Y.** Исследования, выполняемые аспирантами, в области сварки в университете г. Летурно, с. 44–45.

**Компания** решает проблему нехватки сварщиков путем открытия школы по сварке, с. 46–49.

**Homberger R.** Обеспечение точной температуры предварительного подогрева, с. 104–107.

**Понимание** новых стандартов по шестивалентному хрому, с. 109–110.

**Campbell K.** Программа колледжа готовит студентов высших школ к инженерной карьере, с. 112–114.

**Li Z. et al.** Влияние качества поверхности тонколистового материала на срок службы электродов при точечной сварке алюминия, с. 81–89.

**Xue J. X. et al.** Новая система с зарядовой связью, разработанная для слежения за стыком, при дуговой сварке плавящимся электродом в среде защитного газа, с. 90–96.

**Record J. H. et al.** Статистическое определение ответственных параметров процесса сварки трением с перемещением, с. 97–103.

**Nage J. H., Raja V. S.** Исследование образования трещины в кратере сварных швов на аустенитной азотосодержащей нержавеющей стали, с. 104–112.

*ZVARANIE — SVAROVANI (Словакия) 2007. — Roc. 56, № 1 (слов. яз.)*

**Barborka J. et al.** Дуговая наплавка вольфрамовым электродом в среде инертного газа внутренних сторон цилиндра, с. 3–8.

**Fortain J. M. et al.** Усовершенствованный способ дуговой сварки вольфрамовым электродом в среде инертного газа TOPTIG как альтернатива для сварки и пайки очень тонких листовых материалов, с. 9–17.

*ZVARANIE — SVAROVANI (Словакия) 2007. — Roc. 56, № 2 (слов. яз.)*

**Juhas P.** Определение прочности и стойкости конструкционных сталей и материалов на основе испытаний, с. 39–48.

**Staufer H.** Исследование гибридной лазерно-дуговой сварки и пайки применительно к автомобильной промышленности, с. 49–55.

**Kalna K.** Проектирование и выполнение сварных конструкций, с. 56–59.

*ZVARANIE — SVAROVANI (Словакия) 2007. — Roc. 56, № 3 (слов. яз.)*

**Brziak P. et al.** Трецинообразование типа IV в зоне термического влияния сварных соединений мартенситных сталей, стойких к ползучести, с. 71–76.



## НОВЫЕ КНИГИ

**Источники питания для сварки** / В. С. Милютин, М. П. Шалимов, С. М. Шанчурев. — М.: Айрис-пресс, 2007. — 384 с.

В учебнике изложены принципы действия типовых источников питания для дуговой и электрошлаковой сварки. Приведены примеры современных и перспективных источников и установок российского и зарубежного производства. Рассмотрены правила эксплуатации источников. Сформулированы требования к сварочным свойствам источников.

Предназначен для студентов вузов, может быть использован работниками сварочного производства при выборе и эксплуатации источников.



**Кайдалов А. А. Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов.** — Киев: Экотехнология, 2007. — 456 с.

Приведены современные данные об основах физики и технологий резания конструкционных материалов с применением различных методов термической и дистанционной резки: кислородной, лазерной, водоструйной, взрывом, электронно-лучевой, ультразвуковой, солнечно-лучевой, электроэрозионной. Описаны технические требования, принципы построения и характеристики современного отечественного и зарубежного оборудования для данных методов. Приведены сведения по технике безопасности при каждом методе резки. Освещен опыт промышленного применения указанных технологий.

Рассмотрены специальные термические и дистанционные технологии резки: подводная резка, разделка боеприпасов и резка в медицине. Приведены сведения по некоторым специальным технологиям механической резки: канатной резке, обработке торцов труб и прутков, глубокому фрезерованию для разделки кромок под сварку.

Рассчитана на инженерно-технических работников, занятых в области сварочного производства, может быть полезна преподавателям и студентам вузов.



**СПРАВОЧНИК. Ассоциация «Электрод» предприятий стран СНГ.** — 4-е изд. — Киев, 2007. — 122 с.

В справочнике приведены сведения о руководстве предприятий и организаций, совете, независимых экспертных комиссиях, ассоциации, изложены основные положения Устава ассоциации.

Справочник позволяет легко и быстро найти нужное предприятие, установить с ним деловой контакт, обменяться информацией, решить технические и организационные вопросы, договориться о реализации продукции, выполнении совместных работ, оперативно связаться с Исполнительной дирекцией ассоциации. Справочными данными охвачено 34 предприятия акционерных обществ, фирм, организаций-членов Ассоциации «Электрод».





## КАЛЕНДАРЬ КОНФЕРЕНЦИЙ И ВЫСТАВОК В 2008 г. (сварка и родственные технологии)

Дата	Место проведения	Название мероприятия	Организатор (контакты)
08-10.01	Ченнаи, Индия	Международная сварочная выставка «Weld India 2008»	Mr Hasan Shaikh Indira Gandhi Centre for Atomic Research Chennai Branch Kalpakkam — 603102 India tel.: 91-44-27480121, fax: 91-44-27480081 E-mail:hasan@igcar.gov.in
21-23.01	Шарджа, ОАЭ	Выставка «Производство стали — важный путь развития промышленности Ближнего Востока»	Expo Centre Sharjah P.O.Box: 3222, Sharjah United Arab Emirates tel.: +971-6-5770000, fax: +971-6-5770111 E-mail: info@expo-centre.ae www.stellefabme.com
11-15.02	п. Славское, Карпаты, Украина	8-я Международная Промышленная конференция и выставка «Современные технологии ремонтно-восстановительных работ в промышленности»	УОЦ «НТТ» тел./факс: 573-30-40 E-mail: office@conference.kiev.ua
12-14.02	Набережные Челны, Россия	3-й Международный промышленный форум с разделом «Сварка-2008»	ВЦ «Экспо-Кама» тел./факс: (8552) 346 753, 359 243, 359 044
13-14.02	Фельдхайм, Германия	Конференция LVS/GMM «Элементы, технологии и техника соединения в электронике»	DVS—Deutscher Verband fuer Schweißen und verwandte Verfahren e. V. Postfach 101965 Duesseldorf www.dvs-ev.de
13-15.02	Нью-Дели, Индия	Международная выставка «Сварка и резка»	Messe Essen, Messe Duesseldorf tel.: +91(0)1126596754166 fax: +91(0) 1126971746
14-16.02	Нью-Дели, Индия	3-я Международная выставка-ярмарка «Соединение, резка, обработка поверхности»	Messe Essen GmbH Postfach 10 01 65 D-45001 Essen, Germany tel.: +49.(0)201.7244-0 tel./fax: +49.(0)201.7244-448 E-mail: info@messe-essen.de, www.messe-essen.de
11-14.03	С.-Петербург, Россия	Петербургская техническая ярмарка	ВО РЕСТЕК тел.: (812) 320 80 92 факс: (812) 320 80 90 E-mail: ptfair@restec.ru
11-14.03	Москва, Россия	Международная выставка Металл в строительстве и архитектуре «Metalbuild-2008»	МВЦ «КрокусЭкспо» тел./факс: +7(495) 956 48 22
25-28.03	Минск, Беларусь	8-я Международная специализированная выставка «Сварка и резка»	Минэкспо ул. Тимирязева, 65 тел.: +375 17 226 98 58, 226 99 40 факс: +375 17 226 98 58, 226 99 36 E-mail: e_fedorova@solo.by
07-09.04	Киев, Украина	Промышленные выставки с павильоном «Сварка. Родственные технологии-2008»	ВЦ «КиевЭкспоПлаза» тел./факс: +38044 200 80 89(91) www.paton-expo.kiev.ua
09-11.04	Аахен, Германия	Международный симпозиум по трению, износу и износостойкости	Deutsche Gesellschaft fuer Materialkunde e.V. Anja Mangold Senckenberganlage 10 60325 Frankfurt E-mail: friction_wear2008@dgm.de www.dgm.de/friction_wear2008
09-12.04	Осака, Япония	Международная японская сварочная ярмарка	tel.: 81-3-3258-6411 fax: 81-3-3258-6430
13-16.05	Брюно, Чехия	Международная выставка «Top Technology 2008»	tel.: +420 541 152 020
21-24.05	С.-Петербург, Россия	Международная выставка «Сварка 2008»	ЛенЭкспо Большой пр. В.О., 103 С.-Петербург тел.: +7(812) 321 26 31/2722 www.welding.lenexpo.ru
26-30.05	Москва, Россия	Международная выставка «Mashex'08»	МВЦ «Крокус-Экспо» www.mashex.ru

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**

Дата	Место проведения	Название мероприятия	Организатор (контакты)
27-30.05	Москва, Россия	Международная выставка «Сварка и резка. Россия-Эссен-2008»	Экспоцентр, Мессе Эссен ГмбХ тел.: (495) 205 00 00 факс: (495) 255 27 71
27-30.05	п. Кацивели, Крым, Украина	4-я Международная конференция «Математическое моделирование и информационные технологии в сварке и родственных технологиях»	ИЭС им. Е. О. Патона тел./факс: (044) 529-26-23 тел.: 271-26-33 факс: 287-46-77 E-mail: journal@paton.kiev.ua
02-04.06	Маастрихт, Голландия	Международная конференция по термическому напылению JTSC-2008	ASM International 9639 Kinsman Road, Materials Park, USA-Ohio 44073-0002 <a href="http://www.asminternational.org">www.asminternational.org</a>
10-13.06	Хельсинки, Финляндия	6-я Европейская конференция по нержавеющим сталям	TAIV Congress Bureau, Ms Sari Kamula Papinkatu 21, FI-33200 Tampere, Finland tel.: +358 3 233 0430, fax: +358 3 233 0444 E-mail: steelconf08(at)tavicon.fi <a href="http://www.stainless08.com">www.stainless08.com</a>
24-27.06	Нижний Новгород, Россия	Международная специализированная выставка «Сварка-2008»	ЗАО «Нижегородская ярмарка» тел.: (831) 277 54 96 факс: (813) 277 55 86 (6489) E-mail: kaa@jarmarka.ru
06-11.08	Грац, Австрия	61-й Международный конгресс МИС	Австрийский союз сварщиков Copernikusgasse, 24 A-8010 Graz tel.: +433168737182 fax: +43316737187 <a href="http://www.liw2008.at">http://www.liw2008.at</a>
17-19.09	Дрезден, Германия	Большая сварочная неделя в DVS	DVS — Deutscher Verband fuer Schweißen und Verwandte Verfahren e. V. Duesseldorf <a href="http://www.dvs-ev.de">www.dvs-ev.de</a>
22-26.09	Аахен, Германия	11-я Международная конференция по алюминиевым сплавам	ICAA 11 Conference Office Deutsche Gesellschaft fuer Materialkunde e. V. Senckenberganlage 10, 60325 Frankfurt, Niemcy <a href="http://www.dgm.de/icaa11">www.dgm.de/icaa11</a>
06-10.10	Ялта, Украина	6-я Международная конференция и выставка «Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики»	УИЦ «HTT» тел./факс: (38044) 573-30-40 E-mail: office@conference.kiev.ua
08-10.10	Шанхай, Китай	12-й Международный симпозиум по трубчатым конструкциям	Prof. X. Z. Zhao Department of Building Engineering Tongji University, China x.zhao@mail.tongji.edu.cn <a href="http://www.ists12.org">www.ists12.org</a>
21-23.10	Сосновцы, Польша	Юбилейная научно-техническая конференция «Новости сварки» и международная сварочная выставка	Институт сварки тел.: (032) 335 82 01 факс: (032) 231 46 52 E-mail: Alojzy.Kajzerek@is.gliwice.pl
21-24.10	Москва, Россия	8-я Международная специализированная выставка «Weldex/Россварка» (Материалы. Оборудование. Технологии)»	МВЦ «Крокус-Экспо» тел./факс: (495) 105 34 42 E-mail: msa@mvk.ru
14-18.11	Барселона, Испания	Международная выставка технологий обработки поверхностей «Eurosufas-2008»	—
24-26.11	Киев, Украина	Международная конференция «Сварка и родственные технологии — в третье тысячелетие»	ИЭС им. Е. О. Патона тел.: (+38044) 289 21 70 факс: (38044) 528 04 86 E-mail: office@paton.kiev.ua
25-28.11	Киев, Украина	7-й Международный промышленный форум с разделом «Укрсварка»	ООО «МЕЦ» тел./факс: (+38044) 201 11 65, 201 11 56 <a href="http://www.iec-expo.com.ua">www.iec-expo.com.ua</a>

## 15-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ»

**1–5 октября 2007 г.** в Ялте проходила 15-я Международная конференция и выставка «Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики», организованная Украинским информационным центром «Наука. Техника. Технология» (г. Киев) и НПП «Машиностроение» (г. Днепропетровск) при поддержке обществ неразрушающего контроля и технической диагностики (НКТД) Украины, России и Белоруссии. Генеральный спонсор конференции — «Онико» (г. Киев), спонсор — «Компания «Сперанца» (г. Желтые Воды). В работе конференции приняли участие более 240 специалистов из Украины (более 190), России (34), Белоруссии (5), Германии (4), Чехии (3), Латвии (2), Казахстана (1) и Словакии (1).

Открыл конференцию академик НАН Украины, заместитель директора ИЭС им. Е. О. Патона Л. М. Лобанов.

Участников конференции от Европейской федерации НК и Германского общества НК приветствовала госпожа Х. Вессель, от Российского общества НКТД — проф. О. Н. Будадин, от Белорусской ассоциации НКТД — Н. Г. Медведевских, от Чешского общества НК — д-р В. Макаров, от Латвийского общества НК — проф. В. В. Кожаринов.

На конференции были заслушаны 11 пленарных, 55 секционных и 45 стендовых докладов о последних результатах исследований и разработок по широкому спектру проблем НК, диагностирования и прогнозирования остаточного ресурса конструкций, определению физико-механических характеристик материалов, подготовке и сертификации специалистов НК и другим актуальным вопросам.



Президиум конференции

Академик НАН Украины Л. М. Лобанов (г. Киев) в своем докладе рассказал об исследованиях в области НКТД, выполненных за последние три года в рамках целевой комплексной программы НАН Украины «Проблемы ресурса и безопасности эксплуатации конструкций, сооружений и машин».

О новой работе, выполненной в Институте неразрушающего контроля Фраунгоферовского общества, «Инновационный метод ультразвукового рассеивания и его применение для контроля глубины закаленного слоя в металлообрабатывающей и автомобильной промышленности» рассказала Карина Эйшхорн (г. Саарбрюкен, Германия), результаты которой представляют несомненный интерес и для украинских предприятий.

Гансгеорг Тиле (г. Берлин, Германия) в докладе «Обзор Европейских стандартов в области неразрушающего контроля» на конкретных примерах продемонстрировал взаимосвязь и отличия стандартов, системность подхода при их разработке в Европе.

Современным достижениям теории и практики теплового НК был посвящен доклад О. Н. Будадина (г. Москва) «Тепловой контроль и мониторинг технического состояния потенциально опасных объектов в условиях ограниченного доступа».

В связи с все более увеличивающимся объемом НК оборудования, находящегося в длительной эксплуатации, И. А. Заплотинский (г. Киев) в своем докладе «Об оптимизации объемов контроля при проведении технического диагностирования котлов и трубопроводов» аргументированно обосновал пути снижения расходов на контроль качества, выполняемый квалифицированным персоналом с ис-



Осмотр выставки участниками конференции

пользованием современных приборов и эффективных методик.

Об использовании дифракционного метода интересное сообщение сделал А. Л. Ремезов (г. Москва) в докладе «Измерение размеров дефектов при ультразвуковом контроле».

Особый интерес вызвала презентация фирм, участвовавших в выставке.

Много интересных докладов прозвучало на секционных заседаниях. Проф. О. Н. Будадин (г. Москва) детально проанализировал применение теплового контроля в диагностировании зданий, сооружений, силовых электроцепей, электрооборудования, сосудов и аппаратов химического производства и т. д. Канд. техн. наук В. Н. Учанин (г. Львов) проинформировал о новых направлениях в вихревоточковом контроле. В. Л. Перевертайло (г. Харьков) рассказал о новых материалах для монолитных рентгеновских детекторов. Е. В. Дубовой и А. В. Опанасенко осветили новые разработки в ЗАО «УкрНИИНК» и НПФ «Промприлад».

Актуальной проблеме подготовки, аттестации и сертификации специалистов НКТД, аккредитации испытательных лабораторий была посвящена работа секции, которой руководил В. И. Радько. В работе секции приняли участие представители девяти органов по сертификации из Украины, России, Белоруссии, Словакии и Германии. Состоялся заинтересованный обмен опытом между преподавателями и экзаменаторами учебных и аттестационных центров разных стран. О том, что Центр сертификации при Украинском обществе НКТД успешно прошел процедуру аккредитации в Национальном агентстве аккредитации Украины на соответствие требованиям ДСТУ ISO/IEC 17024-2003 и ДСТУ EN 473-2001 как

независимого органа по сертификации персонала в области НК, сообщил в своем докладе канд. техн. наук Н. Г. Белый (г. Киев).

Работа секции «Нормативные документы по вопросам обследования и оценки технического состояния и паспортизация жилых, общественных и производственных зданий и сооружений» прошла под руководством А. Д. Есипенко, директора НИЦ по вопросам проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений (г. Киев) и В. А. Гаврилова — главного метролога НПП «Интерприбор» (г. Челябинск), ведущего разработчика и изготовителя средств НКТД строительных конструкций.

Тезисы докладов были опубликованы в сборнике материалов конференции (печатный и электронный варианты), ознакомиться с которым можно в секретариате Украинского общества НКТД и в Украинском информационном центре «Наука. Техника. Технология».

По единодушному мнению участников, конференция прошла успешно. Оргкомитет сделал все возможное для того, чтобы все могли плодотворно поработать, обменяться информацией и мнениями. Эффективность конференции обеспечивается возможностью общения ее участников практически все время не только на заседаниях, но и после них, поскольку все проживали в гостинице «Дружба». В свободное время участники конференции могли отдохнуть у моря, совершив экскурсии в любимые уголки Крыма.

Оргкомитет ждет вас в начале октября 2008 г. на 16-й конференции.

З. Ю. Главацкая, А. В. Мозговой,  
Ю. Н. Посыпайко, инженеры

УДК 621.791:061.2/4

## МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «НАНОРАЗМЕРНЫЕ СИСТЕМЫ. СТРОЕНИЕ–СВОЙСТВА–ТЕХНОЛОГИИ»

21–23 ноября в Институте металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАН Украины состоялась Международная конференция «Наноразмерные системы. Строение–свойства–технологии». В ее работе принял участие более 300 ученых из 65 академических и отраслевых институтов, предприятий и фирм Украины и стран СНГ, соавторами работ были ученые из 25 стран дальнего зарубежья. Научные центры Украины были представлены учеными и специалистами из Киева, Харькова, Донецка, Ивано-Франковска, Днепропетровска и др. В работе конференции также приняли участие ученые из России, Белоруссии, Польши, Словакии, Чехии, Великобритании, Германии, Италии, Бельгии и других промышленно-

развитых стран. Работа конференции осуществлялась по инициативе Национальной академии наук Украины.

Целью конференции являлось представление новейших достижений в области наносистем, изучение которых является одним из приоритетных направлений развития науки и техники XXI столетия. Эти представления отражают результаты фундаментальных и прикладных исследований новых материалов, а также практические примеры промышленного освоения новых технологий. В ходе проведения конференции проходил обмен информацией и научная дискуссия по различным аспектам развития нанотехнологий, включая перспективные

магнитные, функциональные и биофункциональные материалы, новые защитные покрытия, полупроводниковые системы и т. д. На их основе были сформулированы современные приоритеты, выработаны общие вопросы стратегии и организации специализированных исследовательских групп, а также определена возможность координации дальнейшего развития работ. Особое внимание участникам конференции уделили следующим наиболее актуальным научным направлениям:

размерные эффекты и самоорганизация наноструктур и наносистем;

структура и свойства низкоразмерных систем; металлические и углеродные наноматериалы; полупроводниковые наносистемы; пленки, покрытия и поверхностные наносистемы; биофункциональные наноматериалы, наносистемы в биологии и медицине;

супрамолекулярные структуры, аэрогели, коллоидные системы;

диагностика и моделирование наноструктур и наноразмерных систем;

технологии получения наноматериалов; практическое использование наноматериалов.

В ходе выработки основных решений конференции было отмечено, что за последние годы во всех развитых странах определены национальные приоритеты в области нанотехнологий, а также утверждены связанные с этим научно-технические и образовательные программы. Это свидетельствует о широком признании значимости новой области науки и высокой оценке ее потенциальных возможностей для промышленности и общественной жизни.

В Украине развитию нанотехнологий также уделяется большое внимание. Исследования в данной области выполняются в рамках целевой комплексной программы фундаментальных исследований «Наноструктурные системы, наноматериалы, нанотехнологии» НАН Украины, программы фундаментальных исследований МОН Украины, совместной Украинско-Российской научно-технической программы «Нанофизика и наноэлектроника». Приоритетными направлениями являются изучение процессов самоорганизации, диагностики и моделирования наносистем, поверхностных явлений, катализа,nanoэлектрохимии, соединения элементов конструкций, создание материалов электронной техники, полупроводниковых структур, гибридных нанокомпозитов, коллоидных наносистем, супрамолекулярных структур, биосовмещенных керамик и т. д. В результате проведенного комплекса исследовательских работ по изучению процессов самоорганизации, размерных эффектов, структуры и свойств наносистем в настоящее время создан ряд новых материалов с прогнозируемыми свойствами, которые нашли применение в народном хозяйстве Украины.

Работу конференции открыл первый вице-президент Национальной академии наук Украины академик НАНУ А. П. Шпак. В своем приветственном слове он подчеркнул, что согласно многочисленным прогнозам XXI столетие будут определять нанотехнологии подобно тому, как открытие атомной энергии, изобретение лазера и транзистора определяли XX столетие. По мнению ведущих специалистов, в ближайшее десятилетие именно развитие нанотехнологий станет основой будущей промышленной революции. Согласно прогнозам изготовленная с использованием нанотехнологий продукция найдет широкое применение в энергетике, авиационно-космических системах, средствах наземной и спутниковой связи и информации, системах безопасности и обороны и т. д. Это подтверждают ежегодные инвестиции, которые вкладываются в развитие нанотехнологии. Докладчик отметил, что в настоящее время более чем в 50 странах мира делаются подобные капиталовложения, что служит научно-техническому прогрессу текущего периода, а также является фактором развития инновационной составной экономик многих стран. В конце своего выступления академик НАНУ А. П. Шпак пожелал участникам конференции интересной, плодотворной и успешной работы, направленной на обсуждение новейших результатов, обмен знаниями и опытом, формирования новых научных концепций. Он высказал надежду, что непосредственное общение ученых разных стран будет способствовать координации выполнения дальнейших исследований, кооперации научных работ, общему прикладному использованию инструментальной инфраструктуры Украины, что даст начало интересным проектам и программам.

В многочисленных пленарных и стеновых докладах, представленных на конференции, отмечалась прежде всего широта и разнообразие технических и технологических возможностей, создаваемых новым направлением науки. Приведенные результаты исследований были преимущественно посвящены фундаментальным аспектам реализации нанотехнологии. Как показывают результаты, представленные учеными различных научных центров, в настоящее время исследователи переходят от наблюдения и открытия новых явлений к конструированию и изготовлению некоторых функциональных материалов и соединений на основе наноструктур. Уже сейчас очевидны некоторые диапазоны применения нанотехнологий: новое поколение химических и биологических сенсоров с мономолекулярными покрытиями; наноразмерные переключатели, позволяющие увеличить память компьютеров; принципиально новая система введения лекарств; создание керамических, полимерных, металлических и других материалов с nanoструктурой, что значительно повышает их механические характеристики; создание соединений, абсорбирующих многие

вещества, загрязняющие окружающую среду. Развитие методов синтеза и сборки наноразмерных структурных элементов в сочетании с методами регулирования их состава и размеров позволяет уже получать новые типы консолидированных наноструктур и нанокомпозитов, обладающих уникальными характеристиками. Ожидается, что такие методы и материалы должны привести к революционным преобразованиям во многих промышленных технологиях.

Несмотря на убедительные успехи, в ходе дискуссии были отмечено, что существуют и проблемы, сдерживающие развитие нанотехнологий и использование ее результатов на практике. По мнению большинства участников конференции, основной проблемой является разработка новых методов исследования наноматериалов и современных научных теорий в материаловедении, позволяющих более глубоко и обстоятельно изучить особенности и характер поведения вещества и различных соединений в нанометровом масштабе.

Большой интерес у участников конференции вызвал доклад академика РАН Ю. Д. Третьякова «Создание функциональных композитных материалов на основе твердофазных нанореакторов». Он дал феноменологическое определение понятий «нанонаука», «физическое» и «химическое» модифицирование и на их основе предложил современную интерпретацию новой методологии, которая уже используется учеными МГУ им. М. В. Ломоносова при изучении слоистой упорядоченной структуры. Докладчик также отметил преимущества новых функциональных композитных материалов, позволяющие их использовать в информационных устройствах с высокой плотностью записи информации. Им же было предложено выработать современный системный подход к нанотехнологии, основанный на организации междисциплинарных исследований — физики, химии, материаловедения, биологии, электронной и компьютерной техники.

Об особенностях электронно-лучевой гибридной технологии осаждения неорганических материалов в вакууме рассказал академик НАН Украины Б. А. Мовчан. Он раскрыл новые подходы проведения регулируемой сборки (синтеза) атомов и молекул по методу осаждения компонентов на подложку для получения новых наноматериалов. Отметил, что при реализации различных технологических схем необходимо уделять внимание таким параметрам, как температура подложки, а также скорость осаждения компонентов, которые обеспечивают четкое регулирование состава и размеров элементов, что позволяет получать разнообразные типы консолидированных наноструктур и нанокомпозитов, обладающих уникальными характеристиками. Эти достижения уже привели к промышленному изготовлению многослойных тонких пленок и фольг.

Новым подходам к созданию перспективных фторполимерных наноматериалов уделено внимание В. М. Бузник — представитель Института физико-химических проблем керамических материалов (Россия). Он отметил, что в настоящее время достигнуты значительные успехи в изготовлении наноразмерных полимерных материалов. Открытие новых топологических особенностей полимеров (в частности, дендримеров) привело к созданию новых классов наноразмерных компонентов, обладающих механическими и оптическими характеристиками. Удалось успешно синтезировать соединения со сложной нанометровой архитектурой в диапазоне 10...100 нм. Уровень свойств таких наноматериалов определяется размером, формой, расположением атомов. На основе результатов исследования структуры и свойств был создан новый фторполимерный материал — «чернофлан», который можно использовать в виде покрытий.

Академик НАН Украины В. Г. Барьятар в своем докладе уделил внимание проблемам разработки уникальных магнитомягких и магнитотвердых наноструктурных материалов, которые могут применяться в различных областях, включая информационную технику. Плотная упаковка и малые размеры наноструктур обусловливают появление многообразных электрических и магнитных взаимодействий между смежными (а иногда и удаленными) элементами структур. Физическая природа таких материалов заключается в том, что в присутствии внешнего поля спины в чередующихся нанослоях ориентируются вдоль действия объемных и поверхностных магнитных сил. Это позволяет создавать магнитные преципраты, частицы и структуры, получаемые управляемой самосборкой на органических шаблонах.

Академик НАН Украины С. А. Фирстов в своем докладе развил представления о «теоретической» прочности и пластичности наноструктур, основываясь на новом методе исследования — наноиндентировании. Он отметил, что изменения характеристик веществ и материалов, образованных структурными элементами с размерами в нанометровом диапазоне, обусловлены не только уменьшением их размеров, но и проявлением квантово-механических эффектов, волновой природой процессов переноса и доминирующей ролью поверхностей раздела — границами зерен. Благодаря интенсивным граничным процессам такие материалы могут обладать не только высокой прочностью, но и значительной пластичностью, что существенно отличает наноструктурные материалы от современных конструкционных материалов.

Ряд докладов был посвящен прочным углеродным наноматериалам, которые могут служить в качестве термоизоляционных и износостойких покрытий. Основой таких материалов являются углеродные нанотрубки или наночастицы разного диаметра

и спиральности, а также нанопористый углерод. Особая топология таких материалов позволяет им не иметь свободных химических связей, поэтому, несмотря на малые размеры, они не проявляют «поверхностных эффектов» и обладают уникальными электрическими и механическими свойствами. Многообразиеnanoструктур в углеродных наноматериалах делает их весьма перспективными для изготовления элементов электронных схем. В некоторых докладах показаны пути эволюции и синтеза упорядоченной структуры в процессе различных технологий: интенсивной пластической деформации, полимеризации и т. д.

В докладе З. Р. Ульберга «Взаимодействие наночастиц металлов с клетками бактерий в биотехнологии конструирования высокоэффективных пробиотиков» была наглядно проиллюстрирована возможность повышения эффективности лекарственных препаратов с помощью введения малых концентраций наноразмерных соединений золота и серебра. Помимо оптимизации назначения лекарственных препаратов, представленная в докладе нанотехнология позволяет на основе селективного взаимодействия получить новые методы доставки лекарств к больным органам, тем самым значительно усилить степень их лечебного воздействия. Перспективным является также создание физико-химических технологий в нанофармакологии в части введения и распределения лекарств к определенным местам в организме. Вступая во взаимодействие с живыми клетками (гистонами и протеосомами) полезные для здоровья лекарственные наночастицы (пробиотики) участвуют в процессах восстановления организма наряду с биологическими компонентами клеточных структур (хлоропластов, рибосом, митохондрий).

Стендовые доклады осветили не только новейшие результаты исследований, но и стали основой для производства некоторых nanoструктурных материалов и продуктов на их основе. К их числу можно отнести: производство многослойных пленок и фольг с толщиной слоев, регулируемых на атомном уровне точности, что позволяет использовать их в устройствах магнитной записи на основе магниторезистивного эффекта; разработка процессов изготовления нанокерамики и нанокомпозитов с мелкозернистой структурой, обладающих уникальными функциональными характеристиками; разработка технологий обработки и получения поверхностей с nanoструктурой для создания высококачественных режущих инструментов с повышенной износостойкостью и ударной вязкостью; разработка методов нанесения nanoструктурных защитных покрытий с



повышенной стойкостью к электрическим, химическим, термическим, механическим и внешним (природным) воздействиям; разработка темпланов (шаблонов, матриц) для направленного выращивания и копирования nanoструктур, которые могут быть использованы в биомедицине и электронике; разработка методов диагностики nanoструктур для их оценки в реальном времени и точные стандарты надежности изделий из них. Некоторая часть докладов раскрывает технологические процессы создания новых материалов путем спекания оксидных керамик, что в дальнейшем позволит использовать трудноспекаемую керамику в различных отраслях промышленности. Представленные на конференции доклады предлагают промышленности принципиально новые методы формирования материалов и изделий из таких структур.

К началу работы конференции был издан объемный сборник докладов, распространенный среди участников. Подводя итоги конференции, ее участники отметили значимость данного направления науки для жизнедеятельности человека. Достижения в области нанотехнологий не только сделали nanoструктурные материалы более доступными для исследования и описания, но и привели в ряде случаев к промышленным испытаниям и применению, способствующим активному развитию рынка наноматериалов. Интерес к нанотехнологиям продолжает расти, поскольку они обещают в будущем огромную практическую пользу, но не менее важно и то, что нанонаука способна изменить стиль научного мышления и дать мощный импульс развитию фундаментальной науки, а также найти новые подходы к решению актуальных проблем сегодняшнего дня.

Т. М. Лабур, д-р техн. наук

## МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СВАРОЧНЫЕ И РОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ, РЕКОНСТРУКЦИИ И РЕМОНТЕ ТРУБОПРОВОДОВ»

**22–23 ноября** 2007 г. в Подмосковье состоялась Международная конференция «Сварочные и родственные технологии при строительстве, реконструкции и ремонте трубопроводов». Конференция была организована журналом «Территория НЕФТЕГАЗ», генеральным спонсором выступил ЗАО «ОКТБ Юнифос», руководил работой президент Российской научно-технической сварочной общества профессор О. И. Стеклов. В работе конференции приняли участие представители научно-исследовательских центров, промышленных предприятий, осуществляющих изготовление и поставку сварочных, изоляционных материалов, оборудования для строительства, реконструкции и ремонта трубопроводов, а также организаций, отвечающих за эксплуатацию магистральных трубопроводов. Ниже приведен перечень докладов, вызвавших интерес у специалистов-сварщиков.

1. *Состояние и перспективы сварочного производства в России.* О. И. Стеклов, д-р техн. наук, профессор, Президент РНТСО.

2. *Организация сварочного производства в ОАО «Газпром».* Нормативные документы по сварке и контролю качества сварных соединений при строительстве, эксплуатации и ремонте промысловых и магистральных газопроводов. Е. М. Вышемирский, начальник отдела главного сварщика, Департамент по транспортировке, подземному хранению и использованию газа ОАО «Газпром».

3. *Программа по обеспечению качества в сварочном производстве ОАО Газпром.* Научно-исследовательские работы ООО «ВНИИГАЗ» в области сварки и неразрушающего контроля сварных соединений промысловых и магистральных газопроводов. В. И. Беспалов, начальник лаборатории сварки и контроля, ООО «ВНИИГАЗ»; Т. В. Артеменко, старший научный сотрудник лаборатории сварки и контроля, ООО «ВНИИГАЗ».

4. *Особенности сварки трубопроводов высокого давления.* С. В. Головин, директор Центра сварки и испытаний, ООО «ВНИИСТ».

5. *Требования нормативных документов ОАО «Газпром» к технологиям, материалам и оборудованию для сварки газопроводов высокого давления из сталей повышенного прочностного класса.* Д. Г. Будревич, ведущий научный сотрудник лаборатории сварки и контроля, ООО «ВНИИГАЗ».

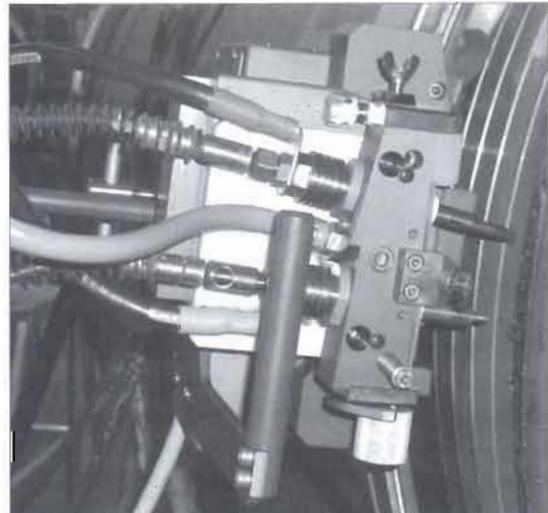
6. *Сварка по технологиям T.D. WILLIAMSON на действующих газонефтепроводах.* Павел Якубек (Pavel Jakoubek), А. А. Жердев, О. Т. Кондратьева, С. А. Williamson.

7. *Опыт выполнения работ с применением технологий и оборудования врезки под давлением на действующих газопроводах ОАО «Газпром».* Е. М. Вышемирский, начальник отдела главного сварщика, Департамент по транспортировке, подземному хранению и использованию газа ОАО «Газпром».

8. *Методы ремонта сваркой несквозных и сквозных дефектов труб и сварных соединений газопроводов, временно выведенных из эксплуатации или находящихся в эксплуатации.* В. И. Беспалов, начальник лаборатории сварки и контроля, ООО «ВНИИГАЗ».

9. *Опыт эксплуатации мобильных труборезных и кромкострогальных станков SUPER CUTTER при строительстве трубопроводного транспорта.* А. Д. Щедро, генеральный директор ЗАО «СКТБ Юнифос».

10. *Подводно-технические работы при ремонте подводных переходов газопроводов. Ремонт сваркой дефектов труб и сварных соединений подводных переходов газопроводов в специализированном кессоне.* В. В. Насхин, генеральный директор ООО «Подводсервис»; С. А. Курланов, ведущий научный сотрудник лаборатории сварки и контроля ООО «ВНИИГАЗ».



Система Saturnax для сварки двухдуговыми головками



Автоматическая сварка неповоротных стыков — система Orbital Railtrac

11. Ремонт дефектных участков магистральных газонефтепроводов стальными сварными муфтами на подводных переходах через водные преграды с использованием универсальной камеры (кессона). Н. В. Лузанов, начальник ОЭФ ЗАО «Подводнику».

12. Автоматическая сварка труб из высокопрочных сталей и квалификационные испытания совместно с ООО «ВНИИГАЗ» оборудования Serimax на трубах класса X80. А. Walczak, L. Laurent, «Serimax».

13. Новое поколение сварочного оборудования «Искра» для сварки газонефтепроводов. И. А. Замятин, генеральный директор ООО «Завод сварочного оборудования «Искра».

14. ESAB в нефтегазовом строительстве: настоящее и будущее. Д. Н. Бирюлин, зам. начальника отдела по направлению ТЭК, ООО «Эсаб».

15. Синергетические агломерированные флюсы для сварки труб. В. В. Головко, В. И. Галинин, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАНУ, Н. Я. Осипов, В. И. Нетяга, ОАО «Запорожстеклофлюс».

16. Особенности производства и применения бесшовных порошковых проволок. И. Г. Самородов, заместитель генерального директора по техническому развитию ООО «Драгстуг Штайн СПб».

17. Новое поколение сварочного оборудования НПП «Технотрон» для неповоротной механизированной и автоматической сварки газонефтепроводов. Б. Л. Гецкин, технический директор, НПП «Технотрон».

18. Проект «ПРОТЕУС» — оборудование и технология неповоротной автоматической сварки газонефтепроводов. Д. Н. Работинский, технический директор, ЗАО НПФ «ИТС».

19. Новое поколение оборудования ЗАО «Уралтермосвар» для воздушно-плазменной резки и сварки газонефтепроводов. Ю. Б. Ездаков, генеральный директор, ЗАО «Уралтермосвар».

В своих выступлениях участники конференции отмечали, что в России и в других странах-членах

СНГ рыночная экономика способствовала возникновению динамичных негосударственных предприятий и фирм-производителей сварочной продукции и технологий. Определенное влияние на это положение оказывают конверсионные процессы — использование достижений оборонного комплекса для гражданских целей. Было обращено внимание на возрастание значимости стандартизации и сертификации, адаптированных с международной системой.

С большим интересом были заслушаны доклады, в которых приведены основные положения Программы по обеспечению качества в сварочном производстве ОАО «Газпром», разработанной с учетом требований к основным элементам системы менеджмента качества международных стандартов ISO, европейских норм EN, российских стандартов серии ГОСТ Р, руководящих документов Ростехнадзора и методических документов Национальной ассоциации контроля и сварки, а также нормативные документы, разработанные ОАО «АК Транснефть» на трубы и соединительные детали магистральных нефтепроводов.

Фирмы «Serimax» (совместно с ООО «ВНИИГАЗ»), НПП «Технотрон», ЗАО НПФ «ИТС», ESAB, Rotoweld, ЗАО «ПИИ СИТ Нефтегазстройизоляция» представили информацию о своих разработках по технологии автоматической сварки неповоротных стыков магистральных трубопроводов из низколегированных сталей категории прочности X70 и X80.

Кроме того, был представлен ряд докладов, посвященных проблемам ремонта сухогутных и подводных участков трубопроводов, врезки обводящих участков в действующие магистральные трубопроводы. Большое внимание участники конференции уделили вопросам борьбы с коррозией труб, контролю качества сварных соединений неразрушающими методами контроля, повышению безопасности и охране труда при выполнении сварочных работ в полевых условиях Сибири и Дальнего Востока.

В дискуссиях по докладам и сообщениям приняли участие представители России, Украины, США, Великобритании, Германии, Казахстана и Эстонии.

По результатам работы конференции было принято решение, в котором отмечена актуальность и высокая эффективность конференций, высказано желание сделать ее регулярной с целью дальнейшей интенсификации процессов обмена информацией об изменениях нормативно-технической документации в этой отрасли, о проблемах, возникающих при строительстве, реконструкции и ремонте магистральных трубопроводов, а также об инновационных технологиях и новых образцах оборудования, предназначенных для их решения.

В. В. Головко, д-р техн. наук

УДК 621.791:061.2/4

## СЕМИНАР-ФОРУМ ПИИ «БИНЦЕЛЬ УКРАИНА ГмбХ» В КИЕВЕ

**22 ноября 2007 г.** в Киеве на предприятии группы ABICOR — ПИИ «Бинцель Украина ГмбХ» — состоялся ежегодный семинар на тему «Стратегические аспекты сбыта продукции «ABICOR BINZEL» в 2006–2007 гг. в Украине». Его проведение было приурочено к 10-й годовщине деятельности Киевского предприятия на украинском рынке. Семинар был организован директором Ю. А. Дидусом и менеджерами предприятия. В работе семинара приняли участие около 50 специалистов, представлявших дочерние предприятия ПИИ «Бинцель Украина ГмбХ», а также экспозиционных партнеров из 19 городов различных регионов Украины и Киева.

Программа семинара включала как анализ сбыта продукции в 2006–2007 гг. по основным группам товаров, так и характерные особенности и отличия сбыта по регионам; перспективы развития предприятия ПИИ «Бинцель Украина ГмбХ» в 2008 г.; демонстрацию в работе установок для плазменной



Выступает директор ПИИ «Бинцель Украина» Ю. А. Дидус



Во время работы семинара

и воздушно-плазменной резки и МIG сварки с использованием сварочных горелок и резаков «ABICOR BINZEL».

В начале работы семинара Ю. А. Дидус провел исторический экскурс в зарождение, становление и развитие немецкой фирмы. Действительно ее достижения и успехи за чуть более 60 лет работы в области сварки и резки весьма впечатляют. Вхождение «ABICOR BINZEL» в число наиболее известных в сварочном производстве мировых брендов обусловили следующие этапные вехи:

**1945** — основание предприятия в г. Гиссен, Германия;

**1963** — разработка и производство сварочных горелок для сварки в среде защитных газов (MIG/MAG);

**1969** — начало производства ВИГ сварочных горелок;

**1973** — разработка и внедрение принятой в дальнейшем за европрому системы центральных разъемов и штекеров;

**1973/1974** — первое поколение горелок с жидким охлаждением (серия «MB»);

**1974** — ввод на рынок горелок с системой удаления из зоны формирования шва вредных аэрозолей (серия «RAS»);

**1975** — шланговый пакет ВIKOX вместе с горелкой серии «MB» покоряют мир;

**1976** — разработка первой серии Binzel-горелок Push-Pull (на длинном 8–12-м шланге; подающий механизм в рукоятке);

**1978/1979** — начало разработки систем для роботизированной сварки параллельно с использованием первых роботов в автомобилестроении;

**1984** — плазменные резаки пополняют производственную программу;

**1997** — сварочная горелка с подачей двух сварочных проволок;

**1998/1999** — разработка системы подачи проволоки «MFS», позволяющая освоить сварку алюминия в промышленном производстве;

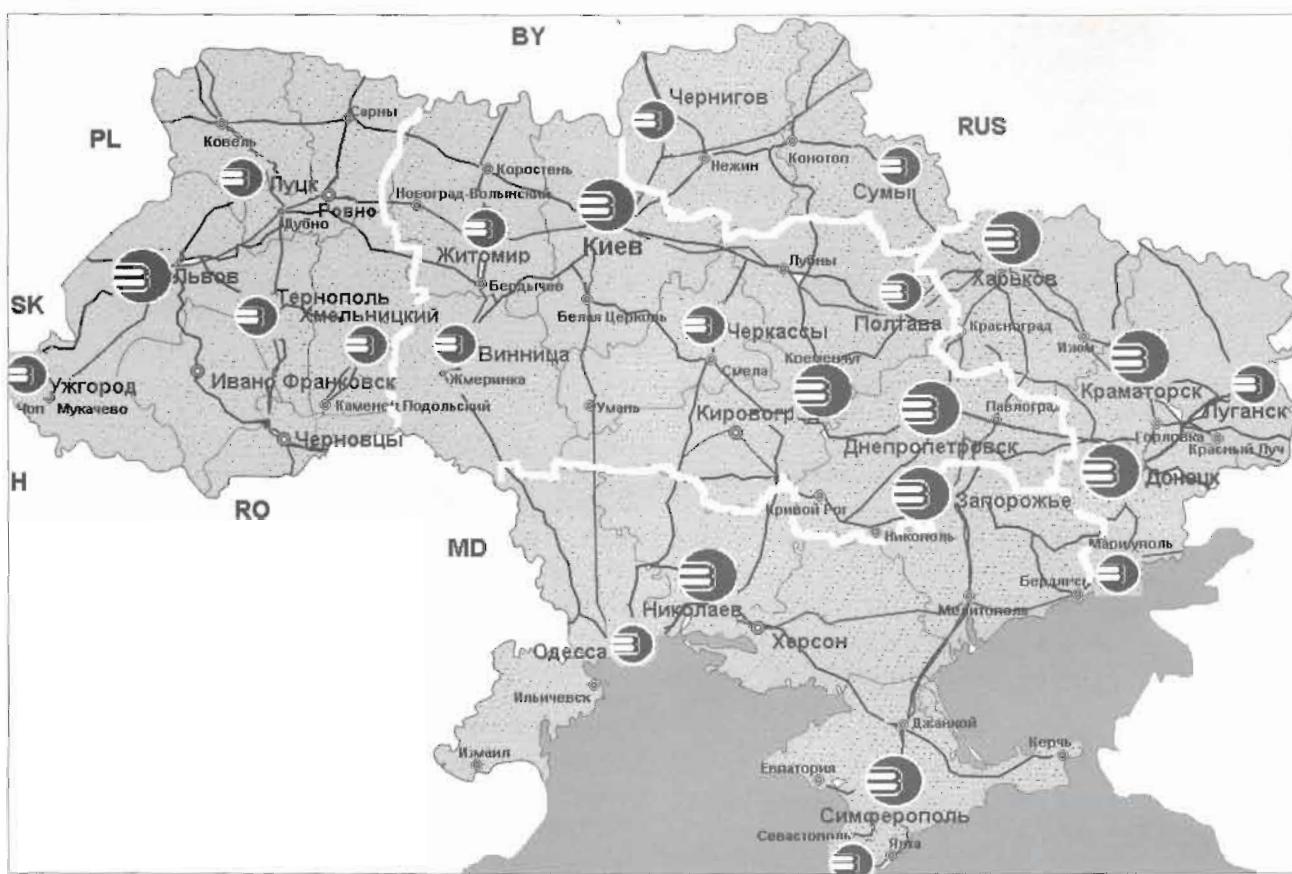
**2001** — новое поколение сварочных горелок и плазмотронов — ABIMIG/ABITIG/ABIPLAS CUT;

**2004** — новая линия роботизированных горелок ABIROB;

**2005** — сварочные горелки MB GRIP — подтверждение статуса «законодателя моды»;

**2006/2007** — объем производства достигает около 650 тыс. горелок в год.

Сегодня на предприятиях группы «ABICOR BINZEL» работает чуть более 1000 специалистов (при-



Карта-схема расположения дистрибутеров и потребителей продукции «ABICOR BINZEL» в Украине

мерно половина в Германии). ABICOR имеет 30 дочерних предприятий и 20 эксклюзивных партнеров. В ближайшее время намечается открытие предприятия в Казахстане. Производство продукции налажено в Германии, Китае, Индии, Бразилии, Швейцарии, США. Структура сбыта охватывает Северную и Южную Америки, Европу, Азию, Африку и Австралию. Благодаря развитой сети дочерних предприятий и партнеров доля реализации продукции через них составляет 93, а в результате прямых поставок — 7 %.

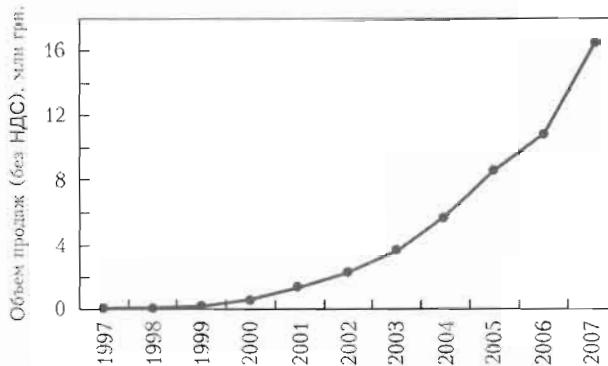
За десятилетний период существенно выросли объемы продаж продукции «ABICOR BINZEL» в Украине. Причем рост реализации за последний год составил более 50 %. Распределение (%) по группам товара в 2007 г. таково: группа МИГ/МАГ составляет 51, ВИГ/ТИГ — 14, плазма — 8, принадлежности — 27.

Структура сбыта продукции в Украине на сегодня следующая: конечных потребителей более 200, региональных дистрибутеров — 120, производителей сварочного оборудования — 20.

Следует отметить, что успешная деятельность «Бинцель Украина ГмбХ» состоялась благодаря тому, что развитие предприятия происходило с немецкой точностью и использованием накопленного головным предприятием опыта, а также с учетом ментальности украинского потребителя. Большое внимание уделяется корректности подачи продукта

конечному потребителю. Ведь для последующего продвижения и расширения объемов товарной продукции важно изначально в необходимом объеме информировать покупателя как грамотно подобрать необходимое изделие и квалифицированно эксплуатировать его. В этом же цель и проводимых «Бинцель Украина ГмбХ» семинаров. После каждого семинара предприятие ощущает в виде обратной связи (роста объемов продаж) важную роль информационного «клика» и убеждается в росте производственной культуры на сварочных участках посещаемых заводов-потребителей.

Отрадным является факт стабилизации в 2006–2007 гг. объемов потребления продукции хоббисектором (сварочный ток до 170 А) — 40...45 % и



Динамика реализации продукции «ABICOR BINZEL» в Украине



Демонстрация сварочного оборудования «ABICOR BINZEL»

рост потребления до 55 % индустриальным сектором. Эти изменения работают на стабилизацию партнерских взаимоотношений.

В 2006–2007 гг. значительный рост реализации (%) продукции «ABICOR BINZEL» наблюдался по всем группам товаров: группа МИГ/МАГ сварки на 53, ВИГ/ТИГ — на 20, в том числе по вольфрамовым электродам — на 61, плазме — на 77, принадлежностям — на 66. Возросло потребление в Украине электрододержателей для MMA сварки (штучным электродом) — более 25 тыс. шт., производимых предприятиями группы «ABICOR KURT

HAUFE», г. Дрезден. Растет потребление Бинцель спрея (для орошения сопел и наконечников горелок), жидкости Protec (для предотвращения налипания брызг на свариваемые детали), редукторов.

Основным потребителем горелок для робототехники в Украине ранее было лишь предприятие «НАВКО-ТЕХ», поставляющее оборудование в Украину и Россию. В последнее время возросли объемы потребления сварочных роботов в Западной Украине, что, вероятно, связано с реализацией инновационных проектов в этом регионе. Есть перспективы использования системы «AbirobTwin» (подача двух проволок), «ArcRoto» — интеллектуальной системы автоматической смены сварочных головок.

В заключение семинара состоялась демонстрация МИГ сварки и воздушно-плазменной резки с использованием плазменного и сварочного оборудования фирм-партнеров. Технический эксперт «Бинцель Украина ГмбХ» А. В. Колумбет продемонстрировал в работе комплектующие к сварочному оборудованию торговой марки «ABICOR BINZEL» и ответил на многочисленные вопросы, связанные с особенностями их эксплуатации.

Участники семинара выразили благодарность ее организаторам за прекрасные условия и эффективную программу мероприятия.

В. Н. Липодаев, д-р техн. наук

## К 100-летию В. И. ДЯТЛОВА

Владимир Иванович Дятлов родился 28 ноября 1907 г. в Киеве в семье инженера. Его отроческие и юношеские годы пришлись на время войн и революционных переворотов, однако родители сумели дать ему хорошее образование. В 1930 г. Владимир Иванович закончил КПИ и как металлург получил направление на работу на Алтайский металлургический комбинат. На Златоустовских заводах он освоил тонкости производства специальных сталей, изучил труды П. П. Аносова, воссоздавшего булатную сталь, и методы исследования Д. К. Чернова — основоположника металлографии. В 1932 г. В. И. Дятлов возвращается в Киев, работает в Украинском НИИ химического машиностроения, участвует в деятельности организованного Е. О. Патоном Сварочного комитета.

В 1935 г. Е. О. Патон приглашает В. И. Дятлова на работу в Институт электросварки и поручает ему разработку новых технологий и сварочных материалов. Первым успехом было создание электродов с высококачественной обмазкой для ручной дуговой сварки нержавеющих сталей.

В конце 1930-х годов одним из основных направлений работы института стала автоматизация дуговой сварки. Были предложены и даже внедрены в производство автоматы для сварки штучными электродами, проволокой с намотанным бумажным шнуром, который обмазан меловым раствором, проволокой крестообразного сечения с обмазкой в пазах и др., создан отечественный способ автоматической дуговой сварки голым электродом под слоем флюса, которым занимались также ведущие в области сварки фирмы и институты за рубежом. К концу 1939 г. были разработаны первый флюс, кремнемарганцевистая проволока и сварочная головка для подачи плавящегося электрода. В 1940 г. В. И. Дятлов становится первым заведующим технологическим отделом института (до 20.10.1943 г.). В этом же году вышло постановление о внедрении новой технологии Института электросварки и к середине 1941 г. автоматическую сварку под флюсом начали применять уже на 20 крупнейших заводах страны при изготовлении котлов, вагонов и ряда других ответственных изделий.

Работу в институте В. И. Дятлов совмещал с преподавательской деятельностью. Со дня основания сварочного факультета (1935 г.) в Киевском политехническом институте он преподает студентам ряд дисциплин, которые можно отнести к металлургическим основам сварки, разработке технологий дуговых процессов и создания материалов.

С приближением немецко-фашистских войск к Киеву В. И. Дятлов руководит эвакуацией имущества института и сотрудников с семьями. Опытный грузовой вагон, сваренный в ИЭС и не имевший никаких «разрешительных» документов, все же благополучно прибыл в Нижний Тагил. Сюда, на «Уралвагонзавод», определенный Е. О. Патоном для размещения института, вскоре эвакуировался и Харьковский завод им. Коминтерна, где изготавливали танки Т-34. Здесь под руководством Е. О. Патона развернулось внедрение автоматической сварки. В. И. Дятловым и сотрудником лаборатории харьковского завода Б. А. Ивановым впервые была решена проблема дуговой сварки под флюсом броневых сталей. Открытие в 1942 г. В. И. Дятловым явления саморегулирования дуговых процессов с плавящимся электродом дало возможность упростить конструкцию подающих механизмов и создать одномоторные сварочные головки. В октябре 1943 г. В. И. Дятлов возглавляет лабораторию сварки «Уралмашзавода» в Свердловске, где конструирует сварочные головки с учетом явления саморегулирования и совершенствует технологию производства тяжелых танков КВ, ИС и самоходных артиллерийских установок. Вместе с судостроителями, которые во время войны были эвакуированы на Урал, он в 1944 г. переезжает в Ленинград.

Отдел сварки, который В. И. Дятлов возглавил в ЦНИИ ТС («Прометей»), стал одним из ведущих в стране по освоению новых материалов для инженерных конструкций, работающих в экстремальных условиях. Здесь были разработаны технологии изготовления реактора первого в мире атомного ледокола «Ленин» и реакторов для атомных подводных лодок, проведены систематические исследования высокопрочных сталей. В частности, сварка броневой стали толщиной до 300 мм (борта, боевые рубки и башни) была внедрена в производство ракетных крейсеров, атомных подводных лодок и др. В. И. Дятлов начинает разрабатывать технологии сварки алюминиевых и титановых сплавов, заинтересовавших судостроителей.

В 1954 г. В. И. Дятлов возвращается в Киев и до конца жизни работает в КПИ — читает лекции, проводит исследования, руководит аспирантами. Он преподавал металлургические основы сварки, тепловые основы сварки, технологию сварки плавле-

ниям. Он был непревзойденным лектором, слушать его приходили не только студенты-сварщики, но и будущие металлурги, специалисты по обработке давлением. Выпускники берегли конспекты его лекций многие годы и обращались к ним при решении научных и производственных задач. Еще в 1935–1939 гг., в период работы над первым способом автосварки под флюсом, В. И. Дятлов начал рассматривать сварочные процессы как металлургические, которые протекают иногда за доли секунды. Поэтому В. И. Дятлов неоднократно предлагал перевести кафедры сварки на металлургические факультеты или хотя бы усилить преподавание физико-химических предметов. Он написал большую книгу по металлургическим основам сварки, однако издать ее не удалось. Она была переписана на кальку и растиражирована.

На кафедре сварки КПИ В. И. Дятлов продолжил выполнять заказ судостроителей — разрабатывать оптимальную технологию сварки алюминиевых сплавов. Аналогичная задача стояла и перед ракетостроителями. Вместе с аспирантом Ю. А. Деминским В. И. Дятлов, исследовав несколько способов сварки, подтвердил перспективность дуговой сварки в инертных газах и магнитного управления сварочными процессами. Под руководством В. И. Дятлова аспирант Н. И. Коперсак исследовал особенности сварки жаропрочных хромоникелевых сплавов. Результаты исследований послужили существенным вкладом в научные основы металлургии сварки. Позже в 1961–1963 гг. аспирант из КНД Жень Дзя Ле под руководством В. И. Дятлова разработал технологию сварки жаропрочных сталей в азоте, внедренную в ракетостроение республики.

В. И. Дятлов отличался интеллигентностью и обаянием, спокойным, доброжелательным и ровным отношением с коллегами, студентами. К нему за консультациями обращались специалисты со всей страны; его работы по физике дуги, теории переноса, термодинамическим процессам, плавлению и кристаллизации ванны, плавлению электрода, конструированию сварочных автоматов и другие знают во всем мире. Ему удавалось решать сложнейшие задачи, стоявшие на пути развития сварочного производства. Найденные им решения не имели аналогов в мире. Так, явление саморегулирования процесса плавления электрода было использовано впервые в США спустя 10 лет после открытия его В. И. Дятловым.

За вклад в развитие судо- и ракетостроения, а также подготовку специалистов он был награжден двумя орденами «Знак Почета».

Скончался Владимир Иванович Дятлов 29 марта 1969 г.