

# Информационно-технический журнал **Сварщик**

Технологии  
Производство  
Сервис



№ 1 (17) 2001

Свидетельство о регистрации КВ № 3102 от 09.03.98

Журнал выходит 6 раз в год.

Издается с апреля 1998 г.

Подписной индекс **22405**

**Учредители:** Институт электросварки  
им. Е. О. Патона НАН Украины,  
Государственное внедренческое  
предприятие «Экотехнология»

**Издатель:** ГВП «Экотехнология»

**Издание журнала поддерживают:** Общество сварщиков Украины,  
Национальный технический  
университет Украины «КПИ»

ундп проон



Журнал издается при содействии  
Проекта УКР/98/006 «Обмен  
технологической информацией  
в Украине для поддержки экономических  
преобразований» Программы Развития  
Организации Объединенных Наций

**Редакционная коллегия:** В. Н. Бернадский, Ю. К. Бондаренко  
Ю. Я. Грецкий, Л. Н. Горбань,  
В. М. Илюшенко, В. Ф. Квасницкий,  
Н. М. Кононов, П. А. Косенко,  
В. Н. Липодаев, А. А. Мазур,  
В. А. Метлицкий, Я. И. Микитин,  
Г. В. Павленко, В. Н. Проскудин,  
П. П. Проценко, В. Н. Радзиевский,  
И. А. Рябцев, А. М. Сливинский,  
Г. М. Шеленков, А. В. Щербак,  
Я. М. Юзькив

**Главный редактор** К. А. Ющенко

**Заместители главного редактора:** Б. В. Юрлов, В. Г. Фартушный

**Редакционная группа:**

**Литературный редактор** А. Л. Берзина

**Ответственный секретарь** Т. Н. Мишина

**Реклама:** В. А. Никитенко, Т. Н. Мишина,  
Н. В. Кильчевский

**Компьютерный набор** А. Е. Рублева

**Верстка и компьютерная обработка** Роман Марковец

**Адрес редакции:** 252150 Киев, ул. Горького, 62

**Телефон:** (044) 268-3523, 227-6502

**Факс:** (044) 227-6502

**E-mail:** welder@svitonline.com

**Http:** //www.enteco.kiev.ua/welder/

**Представительство в Беларуси:** Минск, Вячеслав Дмитриевич Сиваков  
(017) 213-1991, 246-4245

За достоверность информации и рекламы ответственность несут авторы  
и рекламодатели.

Мнение авторов статей не всегда совпадает с позицией редакции.

Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

Предоставленные материалы должны быть напечатаны с указанием авторов,  
адреса, телефона. Редакция сохраняет за собой право редактировать и сокращать  
содержание статей. Переписка с читателями только на страницах журнала.  
При использовании материалов в любой форме ссылка на «Сварщик» обязательна.

Подписано в печать 00.00.2001. Формат 60x84 1/8. Печать офсетная.

Бумага офсетная №1. Гарнитура HeliosCondLight. Усл. печ. л. 5,0.

Уч.-изд. л. 5,2. Зак. № 1-149. Тираж 3000 экз.

Печать ДП «Экспресс-Полиграф», 2001  
04080 Киев, ул. Фрунзе, 47Б. Тел. (044) 462-5574, 417-2593

© «Экотехнология», «Сварщик», 2001

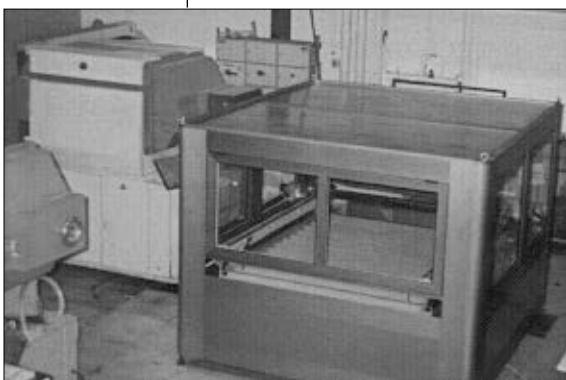
## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Новости техники и технологии</b> .....	<b>2</b>
<b>Производственный опыт</b>	
■ Ремонтная сварка и местная термообработка парового барабана в условиях эксплуатации. <i>А. Е. Анохов, Е. А. Гринь, П. М. Корольков</i> .....	<b>4</b>
■ Опыт применения обработки взрывом сварных соединений металлоконструкций. <i>В. А. Петушков, В. Г. Титов, А. Г. Брызгалин</i> .....	<b>6</b>
■ Технология ремонта рабочих лопаток паровых турбин. Часть 2. Ремонт комбинированным способом сварки и наплавки. <i>Ф. А. Хромченко</i> .....	<b>13</b>
■ Двухдуговая наплавка поршней из алюминиевых сплавов. <i>Н. М. Воропай, В. В. Лесных, В. А. Мищенко</i> .....	<b>16</b>
<b>Наши консультации</b> .....	<b>24</b>
<b>Практикум сварщика</b>	
■ Электрошлаковая наплавка. Часть 2. Примеры промышленного применения ЭШН. <i>И. А. Рябцев, Ю. М. Кусков</i> .....	<b>26</b>
<b>Техника и технологии</b>	
■ Ремонт трещин корпусных деталей двигателя .....	<b>29</b>
<b>Сертификация и качество</b>	
■ Производители сварочных материалов, имеющие сертификат соответствия в системе УкрСЕПРО, выданный НТЦ «СЕПРОЗ» .....	<b>36</b>
<b>Вышло из печати</b>	
■ «Сварочное производство Украины — 2000» .....	<b>37</b>
<b>Подготовка кадров</b>	
■ Учебные программы на 2001 г. Межотраслевого учебно-аттестационного центра ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины .....	<b>38</b>

# 2001

## Лазерные станки для резки

ЗАО «ТехноЛазер» производит лазерные станки для резки листовых материалов на базе технологических CO<sub>2</sub>-лазеров мощностью от 700 до 7500 Вт и двухкоординатных столов с разными полями обработки. Лазерный станок по заданной программе вырезает



детали сложной формы. Размер рабочей зоны резки 1200–6000×840–1600 мм, скорость резки до 6 м/мин, точность резки ±0,1 мм.

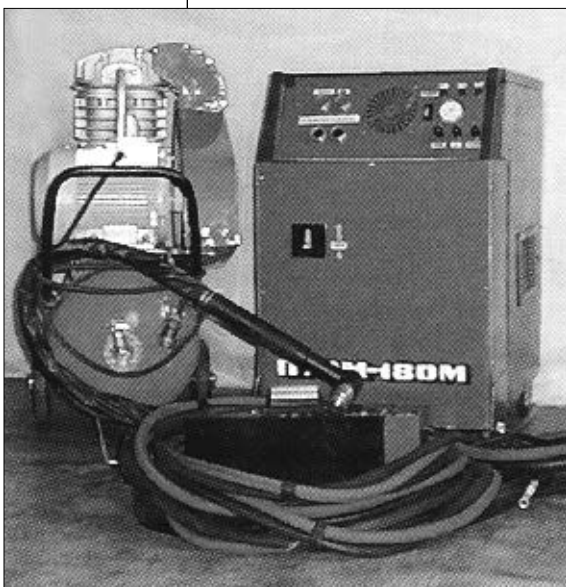
Лазерные станки комплектуют лазерами средней мощности ТЛ–1,5Z (1,5 кВт), ТЛ–2,5 (3,0 кВт), ТЛ–4 (4,0 кВт) и большой мощности ТЛ–5М (5,0 кВт) и ТЛ–7,5 (7,5 кВт). Лазеры средней мощности позволяют производить «холодную» резку углеродистых и нержавеющей сталей, алюминия с минимальным термическим воздействием на материал.

### Максимальная толщина металла, разрезаемого лазерами средней мощности, мм:

Металл	ТЛ–1,5Z	ТЛ–2,5	ТЛ–4
Углеродистая сталь	.....8	.....14	.....18
Нержавеющая сталь	.....4	.....8	.....10
Алюминиевые сплавы	.....3	.....6	.....8

## Установка «ПУРМ» для воздушно-плазменной резки металлов

ООО «КСТ-Авиа» разработало оборудование для воздушно-плазменной резки стали, чугуна и цветных метал-



лов толщиной до 56 мм. В состав установки «ПУРМ–180М» входят источник питания, резак с кабель–шланговым пакетом, плазматрон воздушного охлаждения, компрессор, расходные материалы.

Установка имеет высокий ресурс работы за счет оригинальной конструкции плазматрона, обеспечивает низкую себестоимость резки (не используются дорогостоящие газы — кислород, ацетилен и т. п.), надежную защиту оператора от поражения электрическим током.

### Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В	.....380
Потребляемая мощность, кВт	.....30
Напряжение холостого хода, В, не более	.....300
Номинальный рабочий ток, А	.....180
Номинальный режим ПВ, %	.....100
Масса источника питания, кг	.....270
Габаритные размеры источника питания, мм	.....1000x830x520

При разделке металлолома производительность составляет: при резке стали — 10–15 т/смену (8 ч), при резке алюминия — 5–7 т/смену.

## Электроды марки АНО–12С с покрытием основного вида

Электроды марки АНО–12С типа Э50А по ГОСТ 9467–75 (тип Е7018 по AWSA 5.1; тип Е424В12Н10 по EN499) предназначены для сварки конструкций из углеродистых и низколегированных сталей. Пригодны для сварки швов во всех пространственных положениях на постоянном токе обратной полярности или на переменном токе от источников с напряжением холостого хода не менее 70 В. В отличие от широко применяемых электродов УОНИ–13/55 данные электроды характеризуются спокойным горением дуги, малым разбрызгиванием, обеспечивают мелкочешуйчатое формирование металла шва, легкую отделяемость шлаковой корки. Электроды обеспечивают высокую стойкость металла шва против образования трещин. По комплексу свойств они не уступают электродам ОК 48.80, ОК 53.04 фирмы «ESAB».

### Химический состав

наплавленного металла (масс. %):	
C	.....0,07
Si	.....0,4
Mn	.....1,2
S	.....0,018
P	.....0,023

### Механические свойства

наплавленного металла:	
Предел текучести, Н/мм <sup>2</sup>	.....490
Предел прочности, Н/мм <sup>2</sup>	.....580
Относительное удлинение, %	.....28
Ударная вязкость KCV, Дж/см <sup>2</sup> , при температуре испытания, °С:	

плюс 20	.....160
минус 40	.....70

АНО–12С — электроды многоцелевого назначения. Рекомендуются для сварки конструкций, эксплуатирующихся в морских условиях и требующих обеспечения высокой ударной вязкости при низких температурах вплоть до минус 40 °С, для сварки судовых сталей классов А, D, E. Покрытие электродов отличается низкой гигроскопичностью.

**И. Р. Явдоцин,**

НПФ «Патон–электрод»

## Сварочный выпрямитель ВД-506ДК

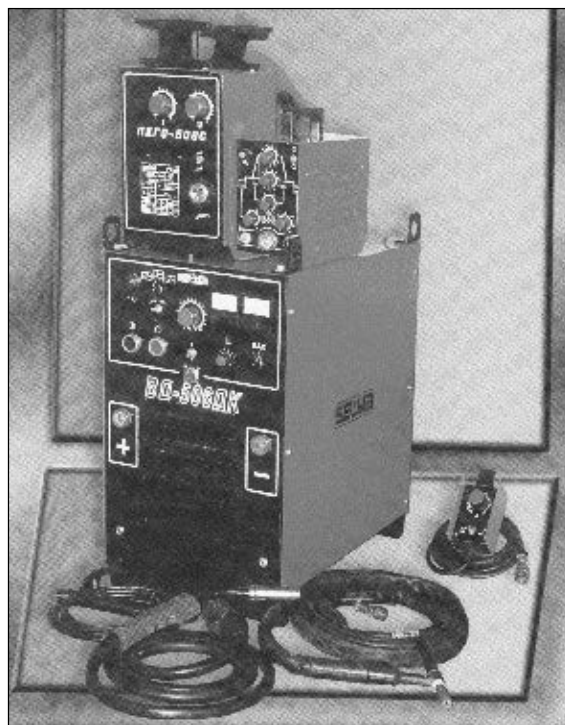
ОАО «Электромашиностроительный завод» разработало и освоило производство нового выпрямителя ВД-506ДК, предназначенного для сварки на постоянном токе электродами (ММА-DC) с основным и целлюлозным покрытием, механизированной сварки в среде углекислого газа или газовых смесях (MAG, MIG) при дополнительной комплектации подающим механизмом ПДГО-508С и блоком питания БП-01, сварки неплавящимся электродом в среде аргона (TIG-DC) при комплектации блоком управления сварочным процессом БУСП-ТИГ.

Выпрямитель ВД-506ДК обеспечивает плавную регулировку сварочного тока, легкое зажигание дуги, стабильное горение дуги, низкое разбрызгивание электродного металла. Применение ВД-506ДК позволяет заменить много-

постовые выпрямители, а также универсальные выпрямители ВДУ-506, ВДУ-601 и т. п. Рекомендуется для сварки при строительстве и ремонте магистральных, промышленных и прочих трубопроводов. Эксплуатация выпрямителя возможна при температурах от минус 40 °С до плюс 50 °С.

### Техническая характеристика:

Напряжение питающей сети, В	..3х380
Номинальный сварочный ток (при ПВ=60%), А	.....500
Пределы регулирования сварочного тока, А, при способах сварки:	
ММА	.....50-500
TIG	.....12-500
MIG, MAG	.....50-500
Напряжение холостого хода, В, не более	.....95
Потребляемая мощность, кВт, не более	.....96
Масса, кг, не более	.....190
Габаритные размеры, мм, не более	
	.....390x730x690



## Малоамперный дуговой тренажер сварщика

Малоамперный дуговой тренажер сварщика МДТС (далее — тренажер) предназначен для начального обучения, профессионального отбора, допускового контроля и тренировки сварщиков. Тренажер позволяет освоить различные психомоторные навыки ведения сварочного процесса.

Объективный контроль параметров имитируемого сварочного процесса, наличие обратной связи по этим параметрам и регистрация результатов позволяют сократить сроки обучения и повысить его качество при экономии расходных материалов и электроэнергии.

Использование в тренажере малоамперного дугowego сварочного источника тока обеспечивает максимальную адекватность имитируемого сварочного процесса реальному, что значительно сокращает период адаптации при переходе к работе на реальном оборудовании.

Тренажер целесообразно применять в учебно-тренировочных центрах системы профессионально-технического обучения сварщиков.

**Тренажер позволяет проводить начальное обучение ручной**

### дуговой сварке и формировать следующие навыки:

- поджиг и поддержание устойчивого горения дуги;
- поддержание правильного угла наклона электрода;
- поддержание заданной скорости сварки и тепловложения.

### Простота и удобство применения тренажера обеспечены за счет следующих возможностей:

- ввода исходных данных по имитируемым и контролируемым параметрам сварочного процесса;
- контроля текущих значений параметров сварки на мониторе в числовом и графическом виде;
- индирования выхода текущих значений параметров сварочного процесса за установленные граничные значения (ошибки сварщика) на мониторе и звуковым сигналом;
- звукового оповещения сварщика об ошибках в процессе сварки;
- оценки проведенного сеанса сварки по пятибальной шкале;
- документирования результатов тренировочного сеанса;
- изменения сложности тренировочного задания по мере освоения навыков сварочного процесса;
- статистической обработки резуль-

татов тренажа с вычислением математического ожидания и дисперсии измеренных значений контролируемых параметров.

### На тренажере можно имитировать и контролировать следующие параметры сварочного процесса:

длину дугowego промежутка, мм	...1-8
напряжение на дуге, В	.....5-45
сварочный ток, А	.....5±0,5
скорость сварки, мм/с	.....2-12
скорость плавления электрода, см/мин	.....15-45
тепловложение, Дж	.....до 200
угол наклона электрода, град.	...до 15
продолжительность сеанса тренажа, мин	.....до 10
длину сварного шва, см	.....30

### В состав тренажера входят:

- IBM совместимый компьютер на базе процессора i386 и выше;
- программное обеспечение;
- принтер;
- малоамперный сварочный источник;
- имитатор сварного соединения;
- защитная шлем-маска сварщика со встроенными головными телефонами;
- имитаторы ручного инструмента (2 шт.).

**В. М. Гавва,**  
НИЦСКАЭ ИЭС им. Е. О. Патона,  
**П. П. Проценко,**  
МУАЦ ИЭС им. Е. О. Патона

# Ремонтная сварка и местная термообработка парового барабана в условиях эксплуатации

А. Е. Анохов, Е. А. Гринь, кандидаты техн. наук, ОАО ВТИ, П. М. Корольков, инж., ОАО ВНИИмонтажспецстрой

**В** 1999 г. на ТЭС «Нассирия» (Ирак) при регламентном контроле металла барабана парового котла типа ТГМЕ-206 были обнаружены трещины в зоне отверстия диаметром 158 мм под трубу рециркуляции и смежного с ним отверстия диаметром 95 мм под водоотпускную трубу. Трещины располагались на внутренней поверхности барабана на кромках отверстий и распространялись по образующей (некоторые из них проходили насквозь) и далее в тело барабана (рис. 1).

Паровой котел ТГМЕ-206 представляет собой вертикальный водоструйный однобарабанный котел с естественной циркуляцией. Котел изготовлен на Заводе «Красный котельщик» (Таганрог) и сдан в эксплуатацию в 1979 г.

Основные технические характеристики барабана: расчетное давление 15,8 МПа, рабочая температура 345 °С, внутренний диаметр 160 мм, толщина стенки 115 мм, длина 24,31 м, марка стали 16ГНМА. Нарботка котла на время капитального ремонта (01.11.1999 г.) составила около 125 тыс. ч при 317 пусках.

По характеру и расположению трещин причиной их возникновения могли быть нарушения в работе линии рециркуляции в результате заброса охлажденной воды в барабан через трубу рециркуляции. Заброс воды приводит к локальному охлаждению прилегающей к отверстиям зоны барабана и к появлению значительных термических напряжений и трещин.

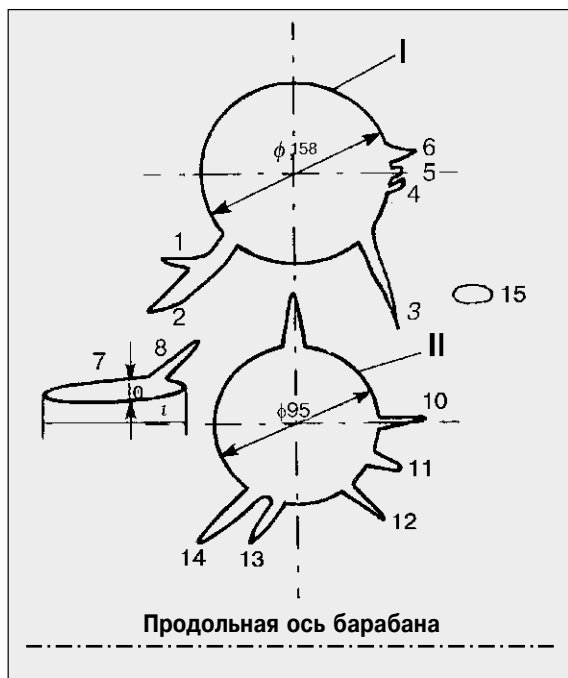
В целях восстановления работоспособности барабана и обеспечения его дальнейшей эксплуатации было принято решение полностью удалить трещины, заварить ремонтные выборки перлитными электродами типа Э-50А и выполнить местную термообработку в зоне ремонта по режиму высокого отпуска в соответствии с требованиями нормативных документов.

Удаление дефектов выполняли механическим способом. После полного удаления трещин вокруг отверстий образовалось 15 выборок, две из которых проходили вдоль образу-

ющей отверстия отпусковой трубы на всю толщину стенки барабана. Протяженность выборок колебалась от 20 до 120 мм (таблица). Все ремонтные выборки под сварку имели профиль с плавными очертаниями. Радиус скругления мелких выборок был не менее 5 мм, глубоких — не менее 25 мм. Выборки 4–6 и 10–12 (см. рис. 1) для удобства сварки были обработаны под одну выборку соответственно в отверстия рециркуляции и отпусковой трубки. Сварку выполняли с предварительным и сопутствующим подогревом до 200–250 °С. Для подогрева и последующей термообработки с наружной поверхности барабана по кольцу шириной 1 м была удалена стационарная теплоизоляция, установлена временная теплоизоляция из асбестового картона, асбестовой ткани, намотан электронагреватель — 13 витков индуктора из оголенного медного провода марки МГ сечением 70 мм<sup>2</sup> (рис. 2). Установку индуктора выполняли без демонтажа труб, приваренных к барабану в зоне намотки медного провода, витки которого располагали между этими трубами. Для подогрева использовали индукционный нагрев токами средней частоты 2500 Гц от установки МИГ-100. Внутреннюю поверхность барабана закрывали базальтовыми теплоизоляционными матами на ширину 3 м в обе стороны от места сварки. Температуру в зоне проведения сварки контролировали с внутренней стороны барабана тремя термоэлектрическими преобразователями (термопарами). Подогрев осуществляли до 250 °С со скоростью 25 °С/ч.

Наплавку выполняли электродами марки УОНИ-13/55 диаметром 3–4 мм. Сварку начинали с восстановления поверхности отверстий под трубу рециркуляции и отпусковую трубу. Затем осуществляли наплавку выборок вокруг отвер-

Рис. 1. Расположение трещин на внутренней поверхности барабана: I — отверстие рециркуляции; II — отверстие под водоотпускную трубу; 1–15 — выборки



Геометрические размеры выборок, мм

Номера выборок по рис. 1	Геометрические размеры выборок, мм		
	Длина l	Ширина b	Глубина h
1	78	11	26
2	120	15	14
3	105	15	15
4	8	13	65
5	22	9	8
6	21	23	75
7	135	12	17
8	72	12	6
9	55	10	4
10	48	10	8
11	35	25	Насквозь
12	75	10	10
13	85	12	10
14	77	20	Насквозь
15	75	34	5

стий и на участке между отверстиями.

Заполнение выборок было по-слойным с усилением сварного шва не менее 2 мм. При сварке электродами диаметром 3 и 4 мм сила тока была соответственно 90–100 и 150–170 А. В процессе сварки непрерывно контролировали температуру, а также проводили визуальный контроль, нет ли в наплавленном металле видимых трещин, пор, шлаковых включений и газовых пустот. Процесс сварки с пятью подогревами (один предварительный и четыре сопутствующие) длился 11,5 ч при этом общее время сварки составило 5 ч. Сварку выполняли два высококвалифицированных сварщика, которые сменяли друг друга через каждые 40–60 мин. По окончании сварки барабан охладили со скоростью не более 30 °С/ч до температуры окружающего воздуха, зачистили ремонтные заварки за подлицо с основным металлом, а также выполнили контроль методом цветной дефектоскопии зоны наплавленного металла и прилегающих к ней участков основного металла барабана на ширине 100 мм. При контроле дефектов обнаружено не было.

При выборе технологии местной термообработки учитывали опыт проведения аналогичных работ на других объектах, а также наличие оборудования для термообработки на площадке. Расчет необходимой электрической мощности для термообработки, проведенный в ОАО «ВНИИМонтажспецстрой», показал, что она составляет 300 кВт. Была принята схема двухстороннего нагрева в четырех автономных зонах, при которой снаружи барабана (зона № 1) выполнили индукционный нагрев токами средней частоты 2500 Гц от установки МИТ–100 с использованием индуктора, установленного ранее для подогрева при сварке (рис. 2). С внутренней стороны было установлено девять электронагревателей комбинированного действия КЭН–4–3М длиной по 6,5 м и единичной мощностью 25 кВт. Эти электронагреватели были разделены на три автономных зоны нагрева.

В зоне № 2 в верхней части барабана были размещены два КЭН–4–3М, подключенные к сварочному преобразователю ВДМ–1200. Зоны № 3 и 4 (со-

ответственно три и четыре КЭН–4–3М) занимали участок внутренней поверхности барабана размером 1,5×1,5 м, внутри которого находилась отремонтированная зона размером 0,6×0,6 м. Электронагреватели зон № 3 и 4 получали питание от двух отдельных секций японского трансформатора для термообработки общей мощностью 200 кВт. Общая мощность установленных электронагревателей составляла 325 кВт. После установки электронагревателей КЭН–4–3М во внутренней полости барабана на длине 2 м была размещена теплоизоляция из базальтовых матов. Разрыв между операцией сварки и началом термообработки составил 24 ч.

Термообработку по режиму высокого отпуска проводили с нагревом до 620–650 °С со скоростью 50 °С/ч, выдержкой в течение 5 ч, последующим охлаждением со скоростью не более 30 °С/ч до 150 °С, далее естественное охлаждение под слоем теплоизоляции. Цикл термообработки с начала нагрева до охлаждения при 150 °С занял 36 ч, в том числе 11 ч нагрев, 2,5 ч выдержка (с выравниванием температуры), охлаждение до 150 °С в течение 19,5 ч, далее естественное охлаждение до температуры окружающего воздуха. Контроль температуры осуществляли с помощью термопар, установленных на внутренней и наружной поверхностях барабана (рис. 3). Каждая из этих термопар была продублирована резервной термопарой, устанавливаемой рядом. Нагрев барабана перед выдержкой производили таким образом, чтобы перепад температуры между зоной сварки (термопары 4 и 5) и остальной поверхностью барабана по периметру (термопара 6) не превышал 200 °С, а по толщине стенки — 30 °С (рис. 2 и 4).

Максимально используемая при термообработке мощность составила 220 кВт.

После завершения местной термообработки барабана повторно была выполнена цветная дефектоскопия в зоне ремонтной сварки. Дефектов после термообработки не обнаружено. Кроме того, была проведена ультразвуковая дефектоскопия зоны наплавленного металла и прилегающих участков основного металла шириной 100 мм в районе расположения отверстия рециркуляции. Дефектов также не обнаружено.

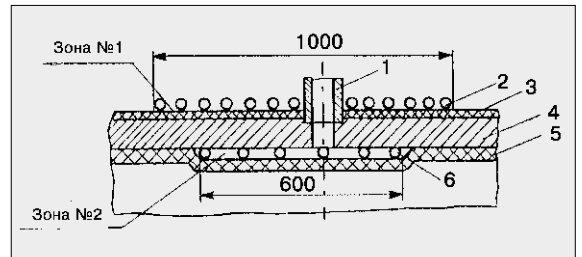


Рис. 2. Схема установки электронагревателей в зонах нагрева: 1 — штуцер пароводящей трубы размером 133×18 мм; 2 — индуктор в зоне нагрева №1; 3 — асбестовая теплоизоляция; 4 — стенка барабана; 5 — теплоизоляция базальтовыми матами; 6 — электронагреватель КЭН–4–3М в зоне нагрева

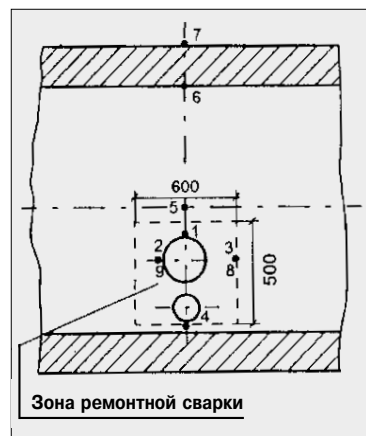


Рис. 3. Схема размещения термопар для контроля температуры термообработки: 1–6 — внутри барабана; 7–9 — на наружной поверхности барабана

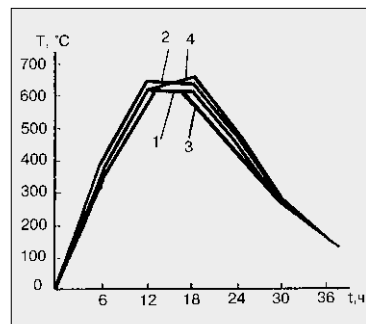


Рис. 4. Температурный цикл термообработки зоны наплавки: 1–4 — кривые нагрева точек соответственно 1, 2, 9, 4 (см. рис. 3)

Качество термообработки дополнительно проверяли измерением твердости металла шва и основного металла, прилегающего к зоне наплавки. Результаты контроля показали, что твердость металла шва не превышает 180 НВ, а основного металла находится на уровне 150–160 НВ, что соответствует требованиям нормативных документов.

Использование технологии термообработки с несколькими независимыми зонами нагрева позволяет обеспечивать качественный заданный режим нагрева толстостенных (более 100 мм) барабанов как по периметру, так и по толщине стенки, и значительно повысить их эксплуатационную надежность. ■ #91

# Опыт применения обработки взрывом сварных соединений металлоконструкций

В. А. Петушков, д-р техн. наук, В. Г. Титов, А. Г. Брызгалин, инженеры, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

**П**рактическое применение обработки взрывом (ВзО) сварных соединений металлоконструкций, как и других технологических операций металлообработки взрывом (сварки, резки, упрочнения и т. д.), встречает ряд специфических трудностей. Прежде всего они сопряжены с необходимостью специальной подготовки персонала для выполнения взрывных работ; решения организационных вопросов получения, транспортировки и хранения взрывчатых материалов; обеспечения безопасности производства взрывных работ в условиях насыщенных людьми цехов или строительно-монтажных площадок; принятия мер, исключающих повреждения при взрывах зданий, сооружений и т. п.

Важным условием рациональной организации взрывных работ является также то, что они должны естественным образом вписаться в технологический процесс строительно-монтажных или ремонтных работ, не задерживая их графика. Наконец, серьезным фактором, все еще сдерживающим широкое использование обработки взрывом, является далеко не преодоленный психологический барьер, обусловленный традиционно сложившимся мнением о разрушающей функции взрыва. Важным вопросом является оценка эффективности обработки взрывом, которую традиционно осуществляют путем измерения остаточных напряжений. В ИЭС им. Е. О. Патона разработаны два варианта неразрушающей тензометрии остаточных напряжений:

- неразрушающий способ определения снижения остаточных напряжений в результате ВзО, основанный на измерении механическим деформометром специальной конструкции приращенная упругой деформации металла в исследуемой зоне соединения;

- усовершенствованный способ магнитоупругой тензометрии с помощью портативного прибора SMMT-2 конструкции ИЭС.

Рассмотрим некоторые примеры практического использования обработки взрывом.

**Декомпозиеры и другая крупногабаритная баковая аппаратура глиноземного производства.** На глиноземных и алюминиевых заводах, перерабатывающих сырье способом Байера, технологическое оборудование эксплуатируется в контакте с концентрированными растворами щелочей и подвержено коррозионному растрескиванию под напряжением. Особенно остро проблема предотвращения этого вида разрушения стоит для декомпозиеров — крупногабаритных сварных баков, заполненных раствором алюмината натрия.

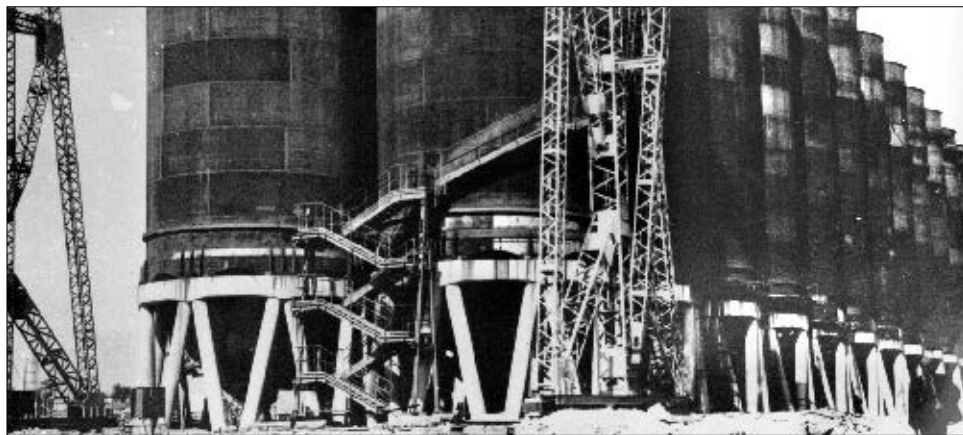
Современный декомпозиер представляет собой сварной цилиндрический сосуд (рис. 1, 2), изготовленный из углеродистой стали ВСтЗсп диаметром 8–12 м и высотой до 35 м с толщиной свариваемо-

го металла 8–24 мм. Особенности этих аппаратов регламентируют специальными «Техническими условиями», которыми предусматривают обязательное проведение термообработки всех сварных швов с целью снятия остаточных напряжений. В каждом, уникальном по габариту декомпозиере вместимостью до 3000 м<sup>3</sup> Николаевского глиноземного завода насчитывается до 20 кольцевых (в том числе более 5 монтажных) и до 150 вертикальных швов. Протяженность сварных швов в декомпозиерах и других баках на указанном заводе, в которых необходимо было снять остаточное напряжение, превышала 200 тыс. погонных метров.

Энергетической основой коррозионного растрескивания металлов в щелочах служат остаточные напряжения растяжения, устранение которых или снижение до уровня, ниже пороговых, является радикальной мерой его предотвращения. Для сварных баков главную опасность представляют сварочные остаточные напряжения растяжения, наличие которых обуславливает растрескивание швов, приводящее к возникновению значительных течей и к появлению опасности крупных аварий. Снятие остаточных напряжений в крупногабаритных металлоконструкциях термообработкой, в том числе местной или с использованием перемещающихся нагревательных устройств, — операция весьма трудоемкая, дорогостоящая и малопродуктивная.

На протяжении уже почти 30 лет ВзО была успешно использована при строительстве всех новых и расширении производства действующих алюминиевых и глиноземных заводов. Эта технология оказалась по существу безальтернативным способом обеспечения эксплуатационной надежности баковой аппаратуры и технологических трубопроводов глиноземного производства. Достаточно сказать, что около 200 декомпозиеров и других резервуаров, сварные швы которых обработаны взрывом (более 30 тыс. по-

Рис. 1. Блок декомпозиеров завода «Бирач» (Югославия), при строительстве которого использована ВзО всех сварных швов



гонных метров), работают без поврежденный уже более 25 лет, а по оценкам югославских специалистов экономический эффект от замены термообработки на ВЗО при строительстве глиноземного завода «Бирач» превысил 4 млн. долларов.

### Кольцевые швы трубопроводов.

Технология ВЗО кольцевых швов труб может быть успешно применена для повышения устойчивости к сульфидному растрескиванию технологических трубопроводов, транспортирующих природный газ с примесями сероводорода или конденсата. Сварные швы трубопроводов, например, использовавшихся при строительстве Оренбургского газоконденсатного комплекса (ОГКК), подвергали термообработке: продольные — общей на заводе-изготовителе труб, кольцевые — местной при монтаже трубопроводов.

Длительность термообработки одного кольцевого стыка трубопроводов диаметром 168–720 мм на трассе в условиях ОГКК могла в 4–7 раз превышать продолжительность монтажно-сварочных работ. Серьезные трудности при термообработке трубопроводов возникают в связи с проблемами энергообеспечения, дефицитом термического оборудования, необходимостью тщательного соблюдения режимов нагрева, охлаждения и т. д.

Сульфидная коррозия под напряжением, по мнению многих исследователей, — явление более сложное и менее изученное, чем растрескивание металлов в щелочных средах. До настоящего времени не разработаны достоверные лабораторные методы ускоренных испытаний крупномасштабных объектов, в том числе сварных труб с остаточными напряжениями, на склонность к растрескиванию в сероводородосодержащих средах, так что единственным путем оценки действенности того или иного способа послесварочной обработки сварных швов трубопроводов является испытание их в натуральных условиях. При этом возможно возникновение лавинообразных разрушений с катастрофическими последствиями, поэтому любой заменяющий регламентированную ВСН, СНиП и другой документацией термообработку метод послесварочной обработки сварных соединений трубопроводов, транспортируемых не ингибированный газ с примесями влажного сероводорода, подвергают тщательному и всестороннему исследованию.

Исследования ИЭС им. Е. О. Патона



Рис. 2. Момент ВЗО сварных швов монтажного блока декомпрессора (Николаевский глиноземный завод)

совместно с ВНИИСТ, его Оренбургским филиалом и ВПО «Оренбурггазпром» показали, что ВЗО кольцевых соединений труб наружными контактными зарядами взрывчатого вещества (ВВ) создает в районе шва более благоприятное, чем после термообработки, напряженно-деформированное состояние металла и распределение электрохимического потенциала и, таким образом, препятствует растрескиванию швов в растворах сероводорода. Об эффективности обработки взрывом свидетельствуют также результаты испытаний опытного байпаса, включенного в обвязку действующей скважины №539 ОГКМ, 12 сварных стыков которого были подвергнуты ВЗО. Они послужили основанием для расширения масштабов опытно-промышленных испытаний технологии ВЗО при строительстве ОГКК. На полигоне ОГКК были проведены сравнительные стендовые испытания натуральных образцов труб из стали контролируемой прокатки класса прочности Х46 (Япония) диаметром 720x17,2 мм, длиной 1,5 м с кольцевыми швами, подвергнутыми термической и взрывной обработке, а также в исходном состоянии.

Образцы труб снабжали днищами, полученные емкости заполняли водным раствором 5% массовых долей хлористого натрия и 0,5% массовых долей ледяной уксусной кислоты, насыщенным сероводородосодержащим природным газом и подвергали действию внутреннего давления 13 МПа (тангенциальные напряжения в трубе около  $0,6 \sigma_{\text{т}}$ ) в течение 30 сут. Затем, увеличивая внутреннее давление, образцы доводили до разрушения. Давление, при котором произошло разрушение, для всех образцов оказалось примерно одинаковым

(26,5 МПа), причем оно зарождалось в основном металле. Примечательно, что подвергнутый ВЗО шов не разрушился: трещина «увязла» в зоне обработки. Это указывает на то, что ВЗО по эффективности предупреждения сероводородного растрескивания по меньшей мере не уступает традиционной термообработке по режиму высокого отпуска.

Высокая производительность и экономичность технологии ВЗО дают возможность использовать ее не только для замены термообработки, но и для снижения остаточных напряжений в кольцевых швах на отремонтированных или на наиболее ответственных участках газопроводов, а также на газопроводах, прокладываемых в сложных природно-климатических условиях. Деформирование газопроводов, происходящее в результате значительного перепада температуры в течение года и оседания грунта в болотистых и песчаных местах, вызывает образование локальных перенапряжений участков стенки трубы. Напряженное состояние усугубляется наличием сварных швов с высоким уровнем остаточных напряжений, особенно, ремонтных и кольцевых монтажных швов. Кратковременное интенсивное воздействие взрыва на металл трубы приводит к образованию целого комплекса его новых свойств, характерных только для данного вида обработки. Появляется возможность не только существенно уменьшать максимальные остаточные напряжения растяжения в сварном шве, но и полностью снимать их или при необходимости наводить в определенных зонах напряжения сжатия, благоприятные с точки зрения несущей способности соединений.

## Опыт применения обработки взрывом сварных соединений металлоконструкций

Создаваемые ВЗО в поверхностных слоях трубы зоны упрочнения и локальные поля остаточных напряжений сжатия, изменение тонкой структуры металла, выражающееся в резком увеличении количества дислокаций, двойников и других дефектов кристаллической решетки металла, вызывают повышение сопротивляемости сварных соединений местным пластическим деформациям при сохранении общего уровня пластичности. Простота технологии дает возможность применять ее в любых условиях на трассе, в том числе на труднопроходимых участках.

**Опорная рама радиотелескопа** (рис. 3). Конструкция диаметром 70 м представляла собой ряд сварных элементов коробчатой формы, изготовленных из стали 09Г2С. Длина каждого элемента около 10 м. Проведение заложенной в проект термообработки в целях обеспечения размерной стабильности оказалось невозможным. Кроме того, к данной конструкции предъявляли высокие требования по обеспечению выносливости в многоциклового области под действием циклической ветровой нагрузки. ВЗО проводили как в целях обес-

печения размерной стабильности (за счет снятия остаточных напряжений), так и для повышения усталостной долговечности путем наведения в зонах концентраторов остаточных напряжений сжатия. В результате обработки остаточные напряжения были снижены до заданного уровня 50–80 МПа, а в местах концентраторов наведены остаточные напряжения сжатия, достигающие 460 МПа.

**Строительно-дорожные машины.** Проблема хрупких разрушений весьма актуальна для машин и строительных конструкций. Анализ причин выхода из строя металлоконструкций указывает на то, что разрушения в подавляющем большинстве случаев зарождаются в местах геометрических концентраторов напряжений и технологических дефектов сварных соединений под действием приложенных растягивающих усилий и сварочных остаточных напряжений. ВЗО этих зон является эффективным средством предупреждения подобных разрушений. Поскольку ВЗО — локальный процесс, то его эффективность зависит от правильного выбора тех сварных узлов и их элементов, от которых зависит надежная работа конструкции в целом. Решение этой задачи может быть облегчено путем обработки статических данных частоты и характера разрушений конструкций, анализа напряженного состояния отдельных элементов, на основании которых могут быть обоснованно назначены схемы и режимы ВЗО. Опытнo-промышленная проверка применения локальной ВЗО для повышения сопротивляемости сварных узлов хрупким разрушениям была проведена совместно с ИФТПС в управлении механизации «Якутавтодор». ВЗО подвергали сварные соединения толкающих брусьев бульдозеров Д-572 и Д-687 на основании выполненного обследования характерных мест зарождения и развития трещин разрушения. После ВЗО брусья были установлены на бульдозеры для эксплуатационных испытаний. Разрушений этих брусьев при работе бульдозеров в наиболее холодный период года не наблюдалось.

**Трелевочные тракторы.** Проведена ВЗО сварных соединений тяжело нагруженных рамных конструкций заднего моста нескольких трелевочных тракторов с целью повышения сопротивляемости усталостным разрушениям. Трехлетние эксплуатационные испыта-

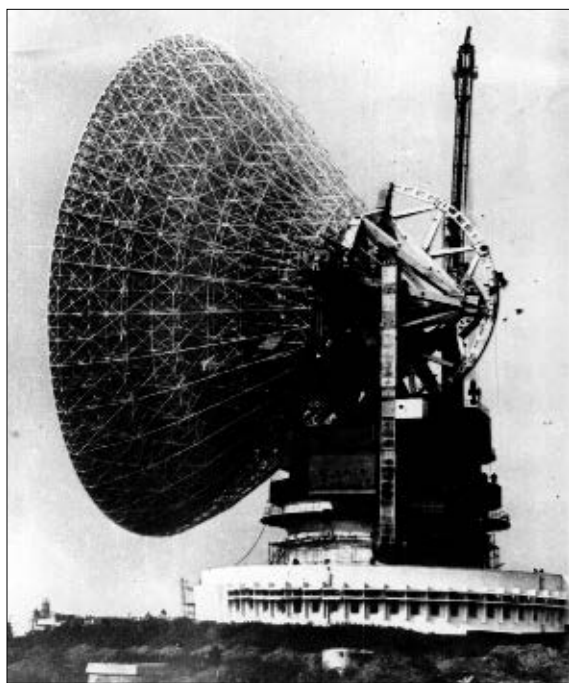
ния показали, что долговечность рам повышается в 7,5–2,3 раза.

**Ободья колес и рамы большегрузных самосвалов БелАЗ-75211.** Значительный уровень высоких напряжений в сочетании с остаточными напряжениями, а также суровые климатические условия, при которых эксплуатируются большегрузные самосвалы БелАЗ-75211 грузоподъемностью 180 т, сокращают ресурс работы ободьев колес. В 1987–1988 гг. ВЗО подвергали крупную партию (сотни штук) ободьев колес. Все технологические операции по ВЗО проводили в условиях действующего кузнечного производства на открытой площадке.

На основании лабораторных испытаний показано, что ВЗО ободьев колес большегрузных самосвалов, работающих в режиме многоциклового нагружения, позволяет повысить их долговечность в 4–6 раз. Одним из наиболее интересных объектов для ВЗО с целью повышения усталостных свойств сварных соединений являются рамы большегрузных самосвалов БелАЗ. Большой габарит конструкции, стесненность доступа, многообразие различных конструктивных элементов и большие толщины сваренных деталей делают ВЗО перспективной технологией повышения их несущей способности и долговечности.

**Штамповые стали.** Износостойкость штамповых хромистых сталей может быть заметно повышена путем замены сложной многоступенчатой термообработки и продолжительного азотирования взрывотермической обработкой. Нагружение стали взрывом вызывает пластическую деформацию кристаллической решетки путем двойникования и множественного скольжения. При последующем нагреве металла на образовавшихся дефектах структуры зарождаются и растут зерна аустенита, что способствует при последующем охлаждении резкому измельчению микроструктуры металла. Это не только повышает примерно в три раза износостойкость, но и позволяет сместить диапазон оптимальных режимов штамповки в область более низких температур — 680–620 °С после взрывo-термической обработки (ВЗТО). Данная технология может быть использована для упрочнения штампов, матриц и других изделий, подвергающихся истиранию при повышенных температурах.

Рис. 3. Радиотелескоп с обработанными взрывом швами опорной рамы

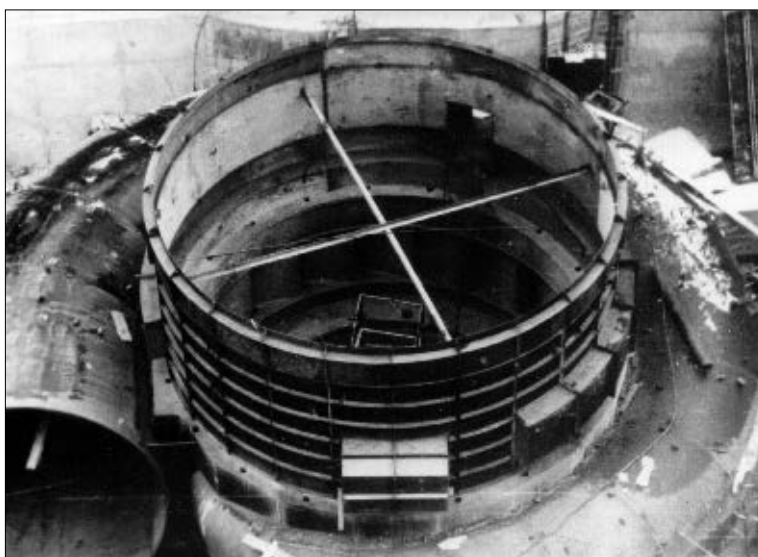




**Сварные соединения технического титана ВТ-1-0.** В некоторых сварных изделиях из технического титана требуется идентичная структура металла во всех зонах соединений. Иницируемая взрывным нагружением пластическая деформация, как оказывается, наиболее интенсивно протекает в зоне крупного зерна (шов и ЗТВ). Последующая термобработка обеспечивает полную рекристаллизацию в этой зоне, приводя к резкому измельчению зерен, а следовательно, варьированию их размеров в соединении в целом и стабилизации его физико-механических и служебных свойств.

**Пролетные строения железнодорожных мостов.** Для таких конструкций весьма актуальна разработка мер, обеспечивающих повышение их несущей способности при циклических нагружениях. На одном из мостовых заводов Минтрансстроя СССР была произведена ВЗО сварных соединений с высокой концентрацией напряжений при изготовлении экспериментального пролетного строения железнодорожного моста длиной 23 м. Такая обработка способна повысить примерно на порядок циклическую долговечность сварных узлов, не сказываясь отрицательно на их сопротивляемости хрупким разрушениям при низких температурах. ВЗО проводили в условиях цеха. Пролетное строение испытывали на экспериментальном кольце ЦНИИМПС. Были получены положительные результаты.

**Водоводы гидроаккумулирующей электростанции (ГАЭС).** На Ташлыкской ГАЭС водовод, представляющий собой трубопровод диаметром 6 м с толщиной стенки 20 мм (рис. 4), соединяется с «улиткой» генератора замыкающим стыком, имеющим вследствие сложных условий монтажа большой объем наплавленного металла (ширина шва достигает 50 мм). Высокие требования к точности взаимного расположения генератора и «улитки» не допускали возможности релаксации сварочных остаточных напряжений в процессе эксплуатации ГАЭС. Снятие этих напряжений было проведено путем ВЗО замыкающих сварных швов в процессе строительства ГАЭС. Работы по снятию и измерению остаточных напряжений (снижены в 5–8 раз) были выполнены бригадой из трех человек, причем время на один стык составило около 4 ч.



**Рис. 4.** Подготовленная к ВЗО «Улитка» водовода Ташлыкской ГАЭС

#### **Побочное действие взрыва и защита от ударных волн.**

Взрыв конденсированных ВВ сопровождается образованием в окружающей среде ударных волн, разлетом осколков и продуктов детонации. Традиционным решением вопросов, связанных с обеспечением безопасности при применении конденсированных ВВ в технологических процессах металлообработки взрывом, является использование для локализации действия взрыва специальных взрывных камер или проведение взрывных работ на открытых полигонах, удаленных на значительное расстояние от населенных пунктов, жилых и промышленных объектов. Вместе с тем с каждым годом возрастает объем работ по металлообработке взрывом, которые необходимо проводить непосредственно в цехах, в населенной местности и т. п.

В отечественной практике проведение взрывных работ регламентируется «Едиными правилами безопасности при взрывных работах» (ЕПБВР). Эти правила обобщают многолетний опыт проведения взрывных работ на карьерах, стройплощадках и специально оборудованных полигонах.

При проведении взрывных работ в черте города, в цехах и подобных местах ЕПБВР и другие подобные руководства и рекомендации должны быть дополнены ограничениями, основанными на общепринятых допустимых нормах уровня шума от «невзрывных» импульсных источников энергии, химического загрязнения атмосферы и т. п. Накладываемые ограничения на применение энергии

взрыва в подобных условиях связаны прежде всего с сопутствующими взрыву воздушными ударными волнами, являющимися с точки зрения экологической безопасности физическим загрязнением окружающей среды. Одним из наиболее чувствительных к ударно-волновому воздействию объектов являются человек и остекление зданий. Даже квазиакустические ударные волны с избыточным давлением на фронте в несколько килопаскалей приводят к разрушению остекления зданий и нарушению нормального функционирования органов слуха человека. Как показывает опыт ведения взрывных работ, вероятность поражения зависит как от индивидуальных характеристик объекта, так и от не контролируемых на практике факторов (угол падения на объект ударной волны, способ закрепления стекол в оконных рамах и т. п.), влияющих на параметры ударно-волнового воздействия и на восприимчивость объектов нагрузке в конкретных условиях проведения взрывных работ. Поскольку практически любое воздействие даже слабых ударных волн связано с вероятностью появления нежелательных эффектов, основным принципом безопасности взрывных работ является создание таких условий использования энергии взрыва, при которых не достигался бы порог возникновения нестохастических эффектов, обусловленных ударными волнами, а уровень ударно-волнового воздействия был бы настолько низким, насколько это разумно и достижимо с учетом экономических и социальных факторов.

## Опыт применения обработки взрывом сварных соединений металлоконструкций

Иными словами, при обеспечении экологической безопасности взрывных работ предельно допустимые уровни воздействия ударных волн на объект должны выбираться по критерию приемлемого риска, который, в частности, может быть определен путем сравнения с риском от воздействия аналогичных природных факторов или других видов импульсных источников энергии, применяемых на практике.

Перспективным направлением, связанным с решением задач локализации побочного действия взрыва и получившим развитие в ИЭС им. Е. О. Патона, является использование в качестве средств защиты от ударных волн двухфазных сред. При взрыве в двухфазных средах, имеющих развитую поверхность раздела между конденсированной и газовой фазами, значительная часть энергии, выделяющейся при взрыве, расходуется на нагрев конденсированной фазы, не вносящей вклад в давление. Это обеспечивает увеличение диссипативных потерь в среде по сравнению с газом и приводит к резкому снижению параметров ударных волн. Рас-

смотрим некоторые практические аспекты использования двухфазных сред в качестве мобильных средств защиты от ударных волн.

При локализации действия взрыва накладных зарядов ВВ в воздухе и под водой на практике обычно используют различные газосодержащие среды. К ним, прежде всего, следует отнести газо-жидкостные и полиуретановые пены, пузырьковые среды, распылы, пористые теплоизоляционные материалы. При ведении взрывных работ в атмосфере газо-жидкостные пены обладают рядом преимуществ по сравнению с остальными двухфазными средами. Прежде всего это связано с высокой эффективностью затухания ударных волн при взрыве в пене и простотой ее получения с помощью серийно изготавливаемых пеногенераторов, широко используемых в технике пожаротушения. Для получения пены используют выпускаемые промышленностью пенообразователи.

При 3–5%–й объемной концентрации пенообразователя в воде стойкость пены, определяемая по истечению из ячеек пены 50% жидкости, составляет от нескольких минут до получаса и зависит от концентрации жидкости в пене, типа поверхностно-активных веществ и структуры пены. Это обстоятельство накладывает ограничения на допустимый интервал времени между созданием

пенной защиты и инициированием заряда ВВ. При использовании пенообразователей типа ПО-6 этот интервал не должен превышать 3–5 мин. К числу преимуществ использования газо-жидкостных пен следует также отнести их способность поглощать продукты детонации, снижая концентрацию окислов азота и других токсичных газов при ведении взрывных работ, в частности в условиях цеха.

При необходимости снижения параметров ударных волн от зарядов, расположенных не на горизонтальных поверхностях, удобно использовать полимерные пены и другие пористые материалы. Эти средства демпфирования ударных волн относительно просто укрепляются на различных поверхностях. Например, при гашении ударных волн от детонирующего шнура для крепления защиты можно использовать изоляционную ленту. Преимущества таких пористых средств в полной мере проявляются при ведении взрывных работ на труднодоступных объектах, например при снятии остаточных напряжений в сварных швах металлоконструкций.

В качестве защитной оболочки среды можно также использовать водные распылы, которые, как и пены, наряду со снижением параметров ударных волн поглощают продукты детонации. Применение форсунок для распыления воды позволяет достаточно просто создать завесу около зарядов ВВ, расположенных на любой поверхности, однако из-за низкой массовой концентрации жидкости в распылах они имеют относительно невысокую удельную эффективность гашения ударных волн на единицу объема локализирующей среды. Вследствие этого для получения заданной степени гашения ударной волны необходимо создавать завесы значительно больших размеров, чем при использовании средств защиты на основе газо-жидкостных пен или пористых материалов.

В настоящее время в ИЭС им. Е. О. Патона для целого ряда технологий разработаны мобильные средства защиты на основе двухфазных сред, что позволило расширить область применения металлообработки взрывом и обеспечить экологическую чистоту технологических процессов.

**ПУГАНСКИЙ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ ДОМ**

**ВЕЛДИНГ РЕАЛИЗУЕТ ДЛЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

- ▲ редукторы ацетиленовые, углекислотные, пропановые кислородные,
- ▲ карбид кальция,
- ▲ электроды,
- ▲ кабель АВВГ,
- ▲ генераторы ацетилена АСП-10,
- ▲ горелки ацетиленовые, пропановые
- ▲ провод АПВ, АППВ,
- ▲ керосинорезы РК-02
- ▲ сварочные п/автоматы 380, 220В
- ▲ вентили кислородные, пропановые
- ▲ сварочная проволока 0,8-4,0мм,
- ▲ трансформаторы сварочные
- ▲ рукав МБС 6;9 кислородный,
- ▲ резак ацетиленовые,
- ▲ кабель сварочный КГ,
- ▲ бензорезы РБК-1,
- ▲ маски, очки, стекла,
- ▲ костюмы сварщика и х/б,
- ▲ рукавицы х/б и брезентовые,

Украина, 91056, г. Луганск, ул. В. Пятёркина, 8, к. 220, тел. 52-32-70, т/факс 42-02-45

# Технология ремонта рабочих лопаток паровых турбин

## Часть 2. Ремонт комбинированным способом сварки и наплавки\*

Ф. А. Хромченко, д-р техн. наук, Всероссийский теплотехнический институт (Москва)

**В**сероссийский теплотехнический институт совместно с ЦРМЗ АО «Мосэнерго» разработали и внедрили в производство технологию ремонта эксплуатационных повреждений глубиной до 10 мм входной кромки рабочих лопаток последних ступеней паровых турбин.

Комбинированный способ восстановления работоспособности рабочих лопаток заключается в приварке вставок из высокохромистой стали к телу лопатки и последующем нанесении высокохромистой наплавки на входную кромку в зоне аустенитного шва (рис. 1) и проведении послесварочной термической обработки по режиму высокого отпуска.

Такой вариант ремонтной технологии обеспечивает высокую стойкость стыкового соединения против образования холодных трещин в ЗТВ высокохромистой мартенситно-ферритной стали до проведения высокого отпуска за счет

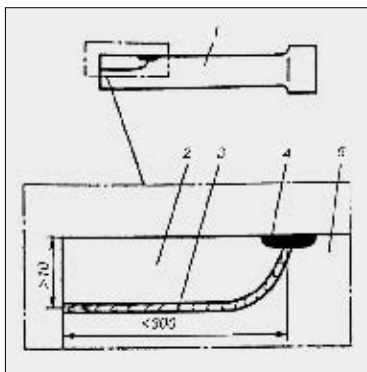
наличия аустенитного высоконикелевого шва, высокую эрозионную стойкость (и усталостную прочность) входной кромки лопаток за счет получения на всей протяженности кромки однородного по структурному классу металла — высокохромистой стали.

При разработке технологии ремонта исследовали влияние техники сварки на качество формирования многослойных швов и наплавки, а также тепловых условий сварки и послесварочной термической обработки на структуру и свойства получаемых соединений. Эксперименты проводили на фрагментах и целых полноразмерных рабочих лопатках из стали 15X11МФ с использованием листовых вставок толщиной 3–4 мм из стали 20X13. В качестве присадочного материала применяли сварочные проволоки Св–06X14 и Св–06X15Н60М15 диаметром 1,2–2,2 мм. Химический состав сталей и наплавляемого металла присадки приведен в табл. 1. Ток изменяли в диапазоне 55–120 А, погонную энергию сварки — от 2,52 до 1,2 кДж/см, при ручной аргонодуговой сварке температура предварительного подогрева составляла от 20 до 300 °С. Для выполнения угловых швов в местах приварки стеллитовых защитных пластинок без подогрева ток варьировали в диапазоне 65–100 А при изменении погонной энергии сварки от 1,68 до 2,94 кДж/см. Послесварочную термическую обработку проводили по режиму высокого отпуска в диапазоне температур 600–700 °С с выдержкой в течение 0,5 ч.

Металлографические исследования проводили на микрошлифах в соответствии с ОСТ 84–70–690–84. Установили, что в стыковом соединении сталей 20X13 и 15X11МФ в исходном состоянии высоконикелевый металл шва (06X15Н60М15) характеризуется литой аустенитной структурой с укрупненными кристаллитами; зона сплавления аустенитного шва с высокохромистым основным металлом имеет резкую границу раздела разнородных по структурному классу материалов; в ЗТВ сварного соединения стали 20X13 присутствует белая полоса в виде ферритных зерен в структуре сорбита, а со стороны стали 15X11МФ — мелкозернистая структура троосто-сорбита с отдельными ферритными зернами и карбидами; основной металл из стали 20X13 имеет мелкозернистую троосто-сорбитную структуру с размером зерна 10 по шкале ГОСТ 5639–82, стали 15X11МФ — структуру мартенсита с 10% феррита игольчатого строения. После отпуска при 700 °С с выдержкой в течение 0,5 ч металл высоконикелевого шва сохраняет литую аустенитную структуру, но с выделением карбидной фазы; зона сплавления размыта (за счет протекания диффузионных процессов).

ЗТВ сварного соединения стали 20X13 приобрела вид расширенного участка с ферритной структурой, а со стороны стали 15X11МФ трансформировалась в структуру сорбита с карбидами и участками феррита.

**Рис. 1.** Вариант ремонта входной кромки рабочей лопатки комбинированным способом сварки и наплавки:  
1 — ремонтируемая рабочая лопатка;  
2 — привариваемая листовая вставка;  
3 — аустенитный высоконикелевый шов;  
4 — многослойная высокохромистая наплавка;  
5 — тело рабочей лопатки



\* Окончание. Начало см. «Сварщик», № 6 (16), 2000

Таблица 1. Содержание элементов, % масс.

Материал	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	S	P	Cr <sub>э</sub>	Ni <sub>э</sub>
Сталь 15X11МФ — основной металл лопаток	0,15	0,35	0,6	10,0	—	0,7	0,35	0,003	0,008	12,5	5,1
Сталь 20X13 — металл вставок	0,20	0,40	0,6	12,0	—	—	—	0,013	0,010	13,9	6,6
Присадочная проволока Св–06X14 диаметром 2,2 мм	0,08	0,45	0,6	13,0	—	—	—	0,016	0,010	14,7	1,5
Присадочная проволока Св–06X15Н60М15 диаметром 1,6 мм	0,04	0,20	1,2	14,0	Основа	14,0	—	0,003	0,004	30,5	63–66

## Технология ремонта рабочих лопаток паровых турбин. Часть 2. Ремонт комбинированным способом сварки и наплавки

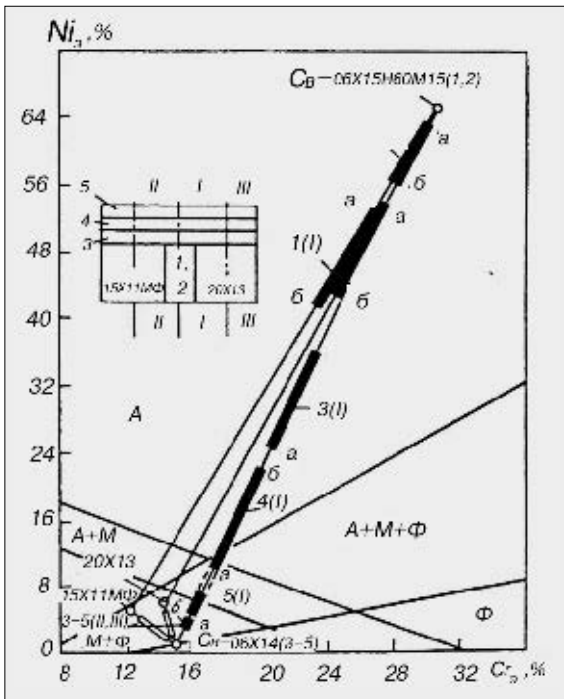


Рис. 2. Схема оценки микроструктуры в сечениях I-I, II-II и III-III многослойной наплавки (слои 3-6) присадочной проволокой Sv-06X14 на аустенитный шов 06X15H60M15 (слои 1-2) и высокохромистые стали 15X11MF и 20X13 по структурной диаграмме Шеффлера: расплавление металла 40-60% (а, б), для слоев аустенитного шва — около 20-40% (а, б)

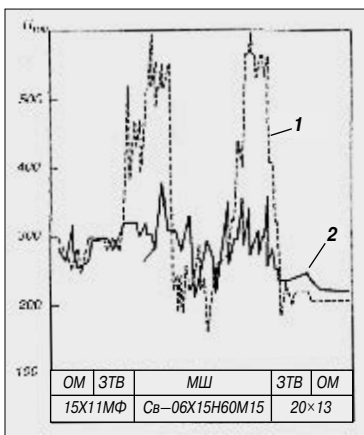


Рис. 4. Распределение микротвердости в зонах сварного соединения стали 20X13 с многослойной наплавкой 06X14 (а) и с наплавкой комбинированного типа 06X15H60M15+06X14 (б) до проведения высокого отпуска

Рис. 3. Распределение микротвердости в зонах стыкового сварного соединения сталей 20X13 и 15X11MF с аустенитным высоконикелевым швом 06X15H60M15: 1, 2 — соответственно до и после высокого отпуска при 700 °С с выдержкой в течение 0,5 ч

В основном металле стали 20X13 произошло преобразование сорбита в структуру зернистого перлита и выделение феррита с карбидами при сохранении трооститной составляющей, а основной металл стали 15X11MF приобрел троосто-сорбитную структуру с карбидами за счет распада мартенсита.

В соединении многослойной высокохромистой наплавки с аустенитным высоконикелевым швом структура зон сплавления характеризуется большим разнообразием: от аустенитной (А) и аустенитно-мартенситной (А+М) до мартенситно-ферритной (М+Ф). Ее предварительно оценивали по структурной диаграмме Шеффлера (рис. 2). Степень проплавления металла определяли экспериментально с учетом тепловложения при нанесении многослойной наплавки. Она составила 20-60%. Так, согласно диаграммам структурных изменений, необходимую мартенситно-ферритную структуру можно получить, только начиная с четвертого слоя высокохромистой наплавки, наносимой на аустенитный высоконикелевый шов (см. рис. 2, сечение I-I, слой б), что подтверждено экспериментально. Это послужило основанием для выбора размера глубины наплавки на входной кромке рабочих лопаток в районе торцевого участка аустенитного высоконикелевого шва при толщине до 1 мм каждого наплавляемого слоя.

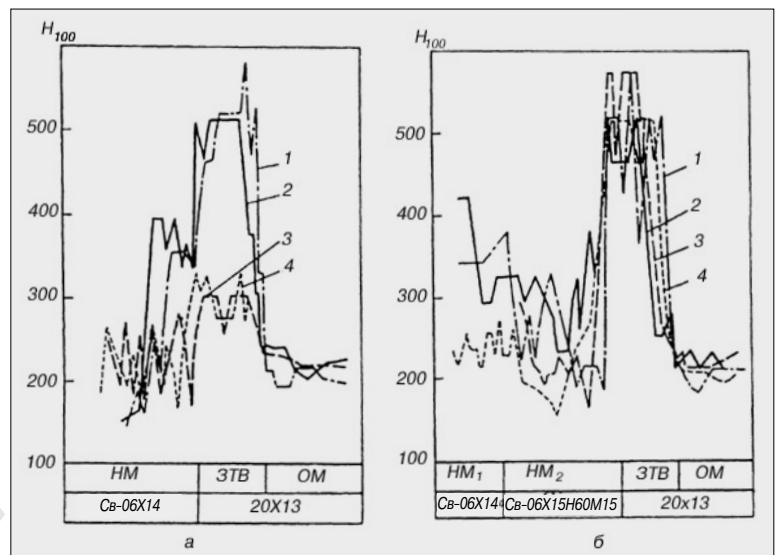
В соединениях многослойных наплавки 06X14 и 06X15H60M15+06X14 с основным металлом сталей 15X11MF

и 20X13 (см. рис. 2, сечения II-II и III-III) микроструктура зон идентична описанной выше и отвечает результатам предыдущих исследований.

Оптимальной является структура зон соединений, подвергнутых после сварочной термической обработки по режиму высокого отпуска при 700 °С с выдержкой в течение 0,5 ч.

При измерении микротвердости (рис. 3, 4) установили, что зоны соединений в исходном (до термической обработки) состоянии характеризуются неоднородностью свойств, при этом более высокая твердость вплоть до 500-580 Н<sub>100</sub> отмечается в ЗТВ при микротвердости аустенитного высоконикелевого шва 200-300 Н<sub>100</sub>, до 350-400 Н<sub>100</sub> — для высокохромистой наплавки и примерно 200-230 Н<sub>100</sub> и 250-300 Н<sub>100</sub> — соответственно для сталей 20X13 и 15X11MF. Одновременно отмечается умеренная микротвердость (280-320 Н<sub>100</sub>) ЗТВ стали 20X13 в соединениях с наплавкой 06X14 и высокая микротвердость (500-520 Н<sub>100</sub>) ЗТВ в соединениях этой стали с наплавкой 06X15H60M15+06X14 при сварке с подогревом до 300 °С.

Различная реакция основного металла стали 20X13 на термический цикл сварки при одинаковой температуре подогрева 300 °С может быть связана с различным уровнем тепловложения при нанесении наплавки из материалов разного структурного класса, в частности, при нанесении высокохромистой многослойной наплавки 06X14.



Самоотпуск ЗТВ в процессе сварки реализуется более эффективно за счет повышенных токовых режимов. Выявленная неоднородность микротвердости металла в зонах соединений обусловлена их микроструктурными особенностями, рассмотренными выше.

Высокий отпуск в диапазоне температур 600–700 °С с выдержкой 0,5 ч заметно снижает микротвердость металла в зонах соединений до уровня приблизительно 200–300 Н<sub>100</sub>, при этом основной металл стали 15Х11МФ сохраняет микротвердость 250–300 Н<sub>100</sub>, а стали 20Х13 — на уровне 220–240 Н<sub>100</sub>. Изменение микротвердости, включая устранение охрупченной прослойки металла ЗТВ, обусловлено эволюцией микроструктуры в процессе проведения послесварочной термической обработки и связано с распадом мартенситной составляющей и получением промежуточных структур сорбита и перлита, выделением и коагуляцией карбидной фазы, появлением структурно-свободного феррита и сфероидизацией продуктов распада. Кинетика микротвердости металла в зависимости от температуры высокого отпуска соответствует полученным ранее результатам, при этом оптимальным (по параметру равнопрочности зон соединений основному металлу) является температурный режим высокого отпуска 700 °С с выдержкой в течение 0,5 ч. Это дополнительно подтверждают результаты исследований микротвердости зон соединений сталей 20Х13 и 15Х11МФ с аустенитным высоконикелевым стыковым швом (рис. 3, 4).

Согласно результатам испытаний образцов с надрезом на статический изгиб при 20 °С по оригинальной методике (табл. 2), статическая трещиностойкость зон сплавления в соединениях с многослойными наплавками независимо от их типов и состояния (до и после термической обработки), как правило, заметно выше, чем у основного металла сталей 20Х13 и 15Х11МФ. Без термической обработки статическая трещиностойкость соединений с наплавкой комбинированного типа 06Х15Н60М15+06Х14 выше, чем у соединений с наплавкой 06Х14. Высокий отпуск повышает приблизительно на 30–50% статическую трещиностойкость соединений стали 20Х13 и в 1,5–2 ра-

**Таблица 2. Результаты испытаний образцов на трещиностойкость, МДж/м<sup>2</sup>**

	Номер сечения на рис. 2	До высокого отпуска			После отпуска		
		a <sub>з</sub>	a <sub>p</sub>	a <sub>n</sub>	a <sub>з</sub>	a <sub>p</sub>	a <sub>n</sub>
Наплавка 06Х14 на сталь 20Х13	III–III	0,14–0,45 0,31	0,62–1,08 0,85	1,07–1,26 1,17	0,44–1,09 0,77	0,53–0,56 0,55	0,97–1,65 1,31
Наплавка 06Х15Н60М15+06Х14 на сталь 20Х13	III–III	0,61–1,21 0,84	0,27–0,55 0,45	1,16–1,58 1,32	0,62–0,82 0,72	0,50–0,53 0,52	1,15–1,31 1,23
Наплавка 06Х14 на сталь 15Х11МФ	II–II	0,78–0,83 0,81	0,47–0,65 0,56	1,30–1,43 1,37	0,64–0,92 0,78	0,41–0,57 0,49	1,05–1,49 1,27
Сталь 20Х13 без наплавки	—	0,32–0,42 0,37	0,50–0,55 0,53	0,87–0,92 0,90	0,37	0,63	1,00

за — соединений стали 15Х11МФ с наплавкой 06Х14 и не повышает статическую трещиностойкость соединений этих сталей с наплавками комбинированного типа 06Х15Н60М15+06Х14. Соединения, подвергнутые термической обработке с наплавкой 06Х14, отличаются более высокой статической трещиностойкостью по сравнению с соединениями с комбинированной наплавкой 06Х15Н60М15+06Х14. Статическая трещиностойкость основного металла стали 20Х13 выше приблизительно в 1,5–2 раза, чем стали 15Х11МФ в состоянии до и после высокого отпуска.

Сравнительный анализ подтверждает необходимость и целесообразность обязательного проведения послесварочного высокого отпуска при 700 °С с выдержкой в течение 0,5 ч соединений с наплавками типа 06Х14.

Анализ результатов комплексных исследований микроструктуры и свойств с учетом ранее полученных результатов позволил обосновать и разработать технологию ремонта входной кромки рабочих лопаток из высокохромистой стали при эксплуатационных повреждениях металла на глубину более 10 мм.

Ремонту подвергают рабочие лопатки, снятые с ротора (рис. 5). Входную кромку лопаток механически обрабатывают (фрезерование, шлифование), предварительно удалив оставшиеся стеллитовые защитные пластинки, затем обработанные места обезжиривают спиртом. Одновременно из листовой высокохромистой стали готовят вставки, профиль и размер которых совпадают с глубиной и контуром углубления рабочей лопатки со стороны входной кромки (в зоне ремонта).

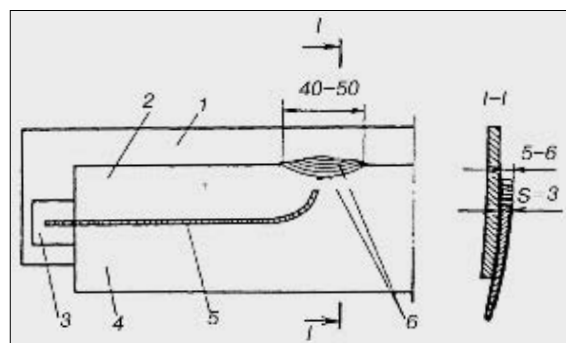
Ремонтируемую лопатку с установленной в углублении листовой вставкой и формирующей медной подкладкой помещают в специальный поворотный кондуктор-манипулятор, при этом с торцевой стороны входной кромки лопатки прихватывают технологическими выводными планками. Фиксируют необходимый зазор в стыке с V-образной разделкой кромок на 80–90°. Ручной аргонодуговой сваркой без подогрева выполняют двусторонний стыковой шов (сварочный ток 100–110 А) высоконикелевой присадочной проволокой Св–06Х15Н60М15.

После сварки первого слоя (прохода) со стороны разделки кромок удаляют формирующую медную подкладку. Корневую часть шва с противоположной стороны шлифуют на необходимую глубину, после чего выполняют второй слой. Концы двухслойного шва выводят на технологические планки.

Затем удаляют одну технологическую выводную планку со стороны входной кромки лопатки и участок этой кромки в районе торцевого аустенитного высоконикелевого шва шлифуют на глубину 4–6 мм до получения выборки шириной около 40–50 мм.

(Окончание на стр. 17)

**Рис. 5. Схема технологии ремонта рабочей лопатки:**  
**1** — формирующая медная подкладка; **2** — привариваемая листовая вставка из стали 20Х13; **3** — технологическая выводная планка из стали 20Х13; **4** — ремонтируемая лопатка из стали 15Х11МФ; **5** — аустенитный шов 06Х15Н60М15; **6** — наплавка 06Х14



# Двухдуговая наплавка поршней из алюминиевых сплавов

Н. М. Воропай, д-р техн. наук, В. В. Лесных, В. А. Мищенко, инженеры, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

**Р**есурс автомобильных, тракторных, тепловозных, судовых и авиационных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) определяют долговечностью работы поршней из литейных алюминиевых сплавов, эксплуатирующихся в условиях высоких температур, знакопеременных динамических нагрузок и интенсивного абразивного изнашивания. Основная причина преждевременного выхода поршней из строя — изнашивание тела поршня в зоне сопряжения поверхности кольцевой канавки с первым компрессионным стальным кольцом.

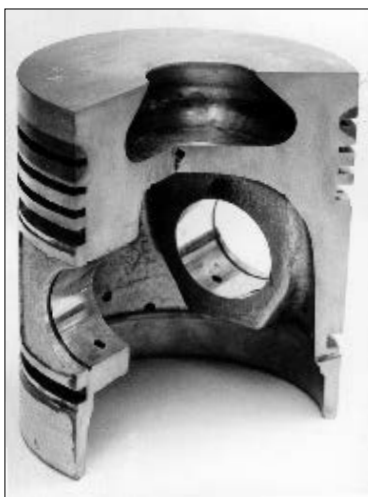


Рис. 1. Внешний вид поршня после наплавки и проточки канавки в зоне сопряжения с первым компрессионным кольцом

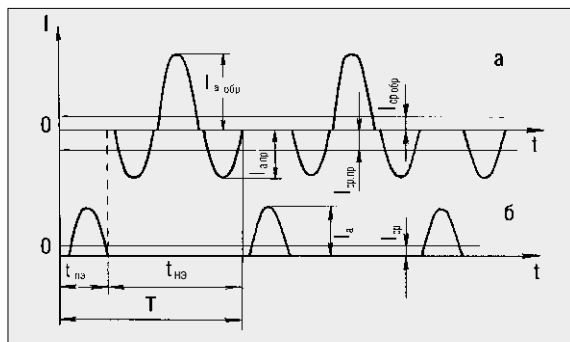


Рис. 2. Диаграммы токов на неплавящемся (а) и плавящемся (б) электродах:  $t_{на}$  и  $t_{но}$  — время прохождения импульсов тока соответственно на неплавящемся и плавящемся электродах;  $T = t_{на} + t_{но}$  — период повторения импульсов тока;  $I_{а пр}$  и  $I_{а обр}$  — амплитудные значения импульсов тока соответственно прямой и обратной полярности на неплавящемся электроде;  $I_a$  — амплитудное значение импульсов тока обратной полярности на плавящемся электроде;  $I_{а ср}$ ,  $I_{а пр}$ ,  $I_{а обр}$  — средние значения соответствующих токов

В ИЭС им. Е. О. Патона разработана новая технология локального упрочнения поверхности поршней из алюминиевых сплавов. Высоколегированный износостойкий слой получают способом двухдуговой наплавки с использованием неплавящегося и плавящегося электродов. Затем в наплавленном слое выполняют проточку кольцевой канавки заданных размеров (рис. 1).

Способ двухдуговой наплавки предусматривает поочередное и раздельное формирование дуг на каждом электроде с образованием общей ванны расплавленного металла. Роль дуги при неплавящемся (вольфрамовом) электроде сводится к проплавлению тела изделия на необходимую глубину и ширину. Плавящийся электрод служит для комплексного легирования расплавленного металла сварочной ванны элементами, способствующими его упрочнению и повышению износостойкости. Неплавящийся электрод питают разнополярными импульсами тока с преобладанием импульсов тока прямой полярности (рис. 2). В перерывах между ними на плавящийся электрод подают импульсы которых в 1,5–2,0 раза превышает амплитуду критического тока перехода к струйному переносу электродного металла. В результате последний поступает в сварочную ванну в виде перегретой парометаллической струи, что способствует получению благоприятной мелкозернистой структуры наплавленного высоколегированного сплава. Раздельное и поочередное питание дуг каждого из электродов импульсами тока оптимальных параметров позволяет полностью исключить электромагнитное взаимодействие между дугами даже при близком расположении электродов (2–3 мм).

Для реализации способа двухдуговой упрочняющей наплавки применительно к изготовлению алюминиевых поршней различного назначения разра-

ботано специализированное оборудование — многофункциональный источник питания ОИ-126, двухэлектродная горелка, вращатель, пульт программного управления и шкаф управления. Источник питания (рис. 3) состоит из сварочного трансформатора 1 с секционированными обмотками, блока тиристорного преобразователя 2, формирователя и распределителя управляющих импульсов 3, стабилизатора повторного возбуждения дуг 4 и высокочастотных дросселей 5 и 6. Двухэлектродная горелка (рис. 4) выполнена на базе водоохлаждаемого корпуса 1, в котором закреплены цанговый держатель для вольфрамового электрода 2, токоподводящий направляющий мундштук для плавящегося электрода 3 и общее сопло 4 для подачи защитного газа (аргона). Вращатель обеспечивает фиксацию поршня в пневматическом цанговом зажиме, вращение его с заданной скоростью при синхронизации движения поршня с другими технологическими операциями наплавки, освобождение наплавленного поршня от зажимов и транспортировку его в приемный бункер готовой продукции.

Технология механизированной двухдуговой наплавки поршней включает три стадии. На первой стадии (выход на режим) возбуждают дугу между вольфрамовым электродом и неподвижным поршнем при малых значениях тока. Предварительную разделку кромок на теле поршня не производят. После выхода на режим и определенной выдержки, в течение которой образуется ванна необходимой глубины, включают вращение поршня. На второй стадии осуществляют подачу тока и электродной проволоки в течение времени, соответствующего полному обороту поршня. На третьей стадии прекращают подачу электродной проволоки и заваривают кратер плавным снижением тока на неплавящемся электроде до полной остановки вращения

поршня. Все операции выполняют в автоматическом режиме, задаваемом блоком программного управления.

В лабораторных и производственных условиях отработана технология двухдуговой наплавки поршней из алюминиевых сплавов различных систем легирования, применяемых в автомобильных, тракторных и судовых ДВС. В зависимости от химического состава сплава и предъявляемых к поршню технических требований в качестве электродного материала используют высоколегированные проволоки сплошного сечения и композитные полиметаллические проволоки на основе железа, никеля, хрома и кремния. Так, при двухдуговой наплавке поршней из жаропрочного литейного алюминиевого сплава АК-19 (18,5% Si, 1,3% Cu, 1,2% Mg, 1,1% Ni, 0,6% Fe, Al — остальное) легирование наплавленного металла производят электродной проволокой марки Св-06Х19Н9Т диаметром 1,2 мм.

Металлографические исследования показали, что при использовании данной технологии в результате интенсивного воздействия импульсов тока на сварочную ванну обеспечиваются высокая плот-

ность наплавленного металла, его мелкокристаллическая структура и равномерное распределение интерметаллидных и карбидных фаз в пластичной матрице алюминия. Твердость металла упрочненного слоя составляет 140–150 НВ при 85–90 НВ у основного металла. При этом последующая механическая обработка наплавленного металла при проточке канавки и чистовой обработке поршня не вызывает особых затруднений.

Испытания при комнатной и высокой температурах (300 °С) показали, что ударная вязкость и временное сопротивление разрыву у наплавленного металла соответственно на 20–30% и 15–20% выше, чем у основного металла. Износостойкость металла упрочненного слоя увеличивается не менее чем в 2,5 раза. Стендовые и эксплуатационные испытания наплавленных поршней свидетельствуют о повышении их моторесурса в 2,0–2,5 раза.

Описанная технология и оборудование для двухдуговой наплавки поршней прошли широкую опытно-промышленную проверку на ряде предприятий Украины и России. ■ #94

### Режимы двухдуговой наплавки поршня плавящимся и неплавящимся электродом из сплава АК-19 для ДВС автомобиля ГАЗ-61:

Эффективное значение тока наплавки на неплавящемся электроде, А	460
Среднее значение составляющей тока прямой полярности на неплавящемся электроде, А	210
Среднее значение составляющей тока обратной полярности на неплавящемся электроде, А	180
Среднее значение импульсного тока на плавящемся электроде	120
Скорость подачи электродной проволоки, м/ч	80
Скорость наплавки, м/ч	20
Расход аргона, л/мин	22

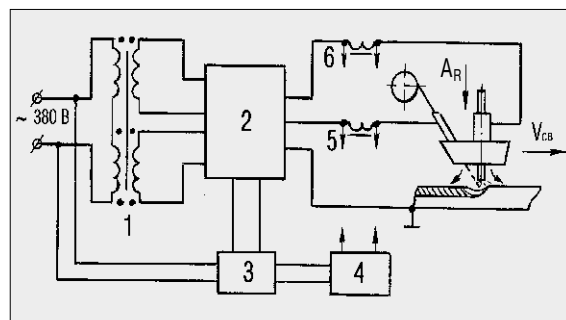


Рис. 3. Функциональная схема источника питания для двухдуговой наплавки поршней



Рис. 4. Горелка для двухдуговой наплавки

## Технология ремонта рабочих лопаток паровых турбин. Часть 2. Ремонт комбинированным способом сварки и наплавки

(Окончание. Начало на стр. 15)

В зоне выборки входной кромки рабочей лопатки, которую предварительно вместе с формирующей медной подкладкой устанавливают в кондуктор-манипулятор, выполняют многослойную наплавку ручной аргонодуговой сваркой без подогрева (сварочный ток 70–80 А) присадочной проволо-

кой Св-06Х14. При выполнении всех сварочных операций для принудительного подслоного охлаждения металла до 20–50 °С используют сухой очищенный воздух.

Высокий отпуск проводят при 700 °С с выдержкой в течение 0,5 ч в камерной печи с общим нагревом одновременно нескольких рабочих лопаток с приваренными вставками и наплавками.

После термической обработки отремонтированные рабочие лопатки шлифуют, полируют до получения необходимой формы, размеров и чистоты поверхности с последующим контролем качества металла методом цветной дефектоскопии, измеряют твердость на образцах-свидетелях, подвергаемых

термической обработке вместе с отремонтированными лопатками. Приварку стеллитовых защитных пластинок к входной кромке рабочих лопаток выполняют ручной аргонодуговой сваркой (сварочный ток 65–70 А, погонная энергия 1,7–2,1 кДж/см) без подогрева с использованием присадочной проволоки Св-06Х15Н60М15. Результаты испытаний на усталостную прочность отремонтированных по данной технологии рабочих лопаток выявили равнопрочность соединений с многослойной наплавкой 06Х14 основному металлу (сталь 15Х11МФ). Ремонтная технология рабочих лопаток последних ступеней паровых турбин внедрена на ряде ТЭС в системе Мосэнерго. ■ #93

# НАШИ КОНСУЛЬТАЦИИ

Если у Вас возникли вопросы по технологии сварки, организации рабочих мест сварщиков, правильному выбору сварочных материалов и оборудования, Вы можете отправить письмо в редакцию журнала по адресу: 03150 Киев, а/я 52 или позвонить по телефону (044) 261—0839.

**К** каким способом осуществить сварку встык медных стержней марки М1 диаметром 16—18 мм? Допускается ли незначительное отличие механических свойств сварного соединения от свойств основного металла?

**С. В. Базулько** (С.-Петербург)

Сварку встык медных стержней можно осуществить способом оплавления или сопротивления. Сварка сопротивлением требует особой техники из-за трудности поддержания на торцах свариваемых стержней слоя жид-

кого металла, а также при прогреве их на значительную глубину для последующей осадки. Хорошие результаты получают при осадке под током. Установочная длина вылета стержней  $L_B=(2,0...2,5) d$ , где  $d$  – диаметр свариваемых стержней.

Скорость оплавления ориентировочно равна 10 мм/с. Цикл сварки не должен превышать 1–2 с. Прочность сварного соединения стержней из меди марки М1 составляет примерно 206—216 МПа.

Сварку оплавлением медных стержней диаметром 16—18 мм следует выполнять при плотности тока 380 А/мм<sup>2</sup> и средней температуре нагрева (0,7—0,75)  $T_{пл}$ . Начальное давление составляет 0,98—2,9 МПа, а конечное 3,43—3,92 МПа.

Концентрированный нагрев контактной зоны и большая скорость осадки (150—250 м/с) исключают разупрочнение металла и обеспечивают высокие свойства сварных соединений.

**М**ожно ли изготовить из листовой стали 08Х17Т толщиной 6 мм в условиях строительной площадки емкость диаметром 7500 мм при температуре окружающего воздуха минус 30 °С? Если можно, то сообщите условия сварки и марку электродов?

**А. В. Зиновьев** (Москва)

В связи с высокой хрупкостью ферритной стали 08Х17Т даже при нормальной температуре ГОСТ 5632 не регламентирует ее ударную вязкость, а оговаривает лишь минимально допустимые значения прочности и

пластичности. Высокая чувствительность стали к надрезу затрудняет ее применение для изготовления металлоконструкций и оборудования, работающего в условиях ударного и низкочастотного нагружения, низких климатических температур.

Такие стали могут быть использованы лишь для изготовления металлоконструкций внутренних устройств, не подлежащих Госгортехнадзору РФ, в том числе, аппаратов, работающих при незначительном внутреннем давлении. При сварке под

воздействием термического цикла сталь 08Х17Т дополнительно может охрупчиваться в зоне термического влияния.

Это вызывает необходимость усложнения техники и технологии сварки: предварительный подогрев кромок и последующую термическую обработку сварных соединений, что делает практически непригодной использование данной стали в вашем случае.

Рекомендуем применять аустенитные стали с хорошей свариваемостью.

**К**аковы правила хранения и использования баллонов с газами? Как осуществлять подготовку металла к резке? От чего зависит точность и качество резки?

**Л. Новицкий** (Норильск)

Баллоны — один из наиболее распространенных источников питания газопламенного оборудования, применяемый для газоснабжения индивидуальных рабочих (сварочных) постов. Баллоны должны соответствовать требованиям Правил устройства и безопасности эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

В зависимости от рода газа должны быть окрашены в разные цвета (см. табл.).

**Ацетиленовые баллоны.** В отличие от всех других сжатых газов ацетилен хранят в цельнотянутых баллонах типа 100 вместимостью 40 л, заполненных пористой массой. В качестве пористой массы применяют активированный уголь БАУ по ГОСТ 6217 или литую массу, изготовляемую по специальной технологии. Среднее количество растворенного ацетилена в 40-литровом баллоне составляет 5,5 м<sup>3</sup>, или 6 кг.

Максимальный отбор газа из баллона с пористой массой 1,0 м<sup>3</sup>/ч, а с литой — 1,5 м<sup>3</sup>/ч.

Остаточное давление в баллоне, поступающем от потребителя для наполнения, не должно превышать 0,1 МПа (1 кгс/см<sup>2</sup>) и не должно быть ниже 0,05 МПа (0,5 кгс/см<sup>2</sup>).

**Кислородные баллоны.** Сжатый газообразный кислород хранят и транспортируют в пустотелых цельнотянутых баллонах по ГОСТ 949 типа 150Л вместимостью 40 дм<sup>3</sup>. Максимальное количество кислорода в баллоне такого типа при наибольшем



давлении равно 6 м<sup>3</sup>, или 8 кг. Кислородные баллоны должны быть обезжирены. Остаточное давление в баллоне должно составлять не менее 0,05–0,1 МПа (0,5–1,0 кгс/см<sup>2</sup>).

**Баллоны для пропан–бутана** изготавливают сварными трех типов по ГОСТ 15860–84. Для газопламенной обработки применяют главным образом баллоны типа 3.

Предельное рабочее давление в баллонах различно для каждого сжиженного газа. Так, для пропана предельное рабочее давление не должно превышать 1,6 МПа (16 кгс/см<sup>2</sup>), а для бутана — 0,45 МПа (4,5 кгс/см<sup>2</sup>). Сжиженные газы обладают высоким коэффициентом объемного расширения, поэтому баллоны наполняют с таким расчетом, чтобы в них паровая подушка была достаточной для поглощения жидкости, расширяющейся при нагреве.

**Баллоны для других газов (водорода, азота, аргона природного и др.)** изготавливают цельнотянутыми в соответствии с ГОСТ 949. Для указанных газов используют баллоны типа 150 и 150Л, а для метана и сжатого воздуха — баллоны типа 200 или 200Л.

**Подготовка поверхности металла к резке.** Перед резкой поверхность разрезаемого металла должна быть тщательно очищена от окалины, ржавчины, краски и грязи. Для ручной резки достаточно очистить пламенем резака узкую полосу (не более 30–50 мм) и зачистить ее металлической щеткой.

Перед механизированной резкой на стационарных машинах листы

обычно правят на листопрямительных вальцах и очищают всю поверхность либо химическим, либо механическим (дробеструйкой) способом. Листы нужно укладывать горизонтально на опоры. Свободное пространство под листом должно быть равно половине толщины разрезаемого металла плюс 100 мм.

**Точность и качество резки.** Точность резки и качество поверхности реза зависят от типа используемого оборудования, режимов резки, требований, предъявляемых к детали, и ее назначения.

По назначению различают кислородную резку заготовок с припуском под механическую обработку и резку деталей, т. е. без последующей обработки.

Точность устанавливают по предельным отклонениям размеров вырезаемых деталей и заготовок от номинальных размеров.

Отклонения происходят из–за смещения оси резака при его перемещении по заданному контуру или вследствие деформации листа под влиянием теплового воздействия подогревающего пламени и внутренних напряжений в разрезаемом металле. На точность резки влияние оказывает также расширение режущей струи и изменение угла наклона резака.

Предельные отклонения вырезаемых деталей и заготовок устанавливают в зависимости от их номинальных размеров и толщины разрезаемого металла. ГОСТ 14792 предусматривает три класса точности резки металла толщиной от 5 до 100 мм: для первого класса предельные отклоне-

ния составляют +1...±3 мм, для второго — +2...±4,5 мм и для третьего — ±3,5...±5,5 мм.

Качество поверхности реза для кислородной резки определяют сочетанием таких показателей, как отклонение поверхности от перпендикуляра и шероховатость поверхности реза. По обоим показателям устанавливают три класса качества. Норма отклонения поверхности от перпендикуляра при толщине разрезаемого металла 5–100 мм составляет 0,2–2,5 мм. Шероховатость определяют средней глубиной бороздок (неровностей), оставляемых режущей струей на поверхности реза. Норма глубины бороздок для этого же диапазона толщины составляет от 0,05 до 1 мм.

Глубина бороздок для определенной конструкции мундштука зависит от давления режущего кислорода, скорости перемещения резака и вида горючего.

Наилучшее качество поверхности реза с наименьшей глубиной бороздок получают при резке с использованием жидкого горючего.

При резке на природном газе поверхность реза более ровная, чем при кислородно–ацетиленовой резке. Отсутствует оплавление верхней кромки, радиус закругления которой не превышает 2 мм.

На величину оплавления влияет мощность подогревающего пламени (при данной скорости резки) и род горючего газа.

*На вопросы отвечает  
канд. техн. наук  
Ю. В. Демченко,*

**Данные о баллонах для газов, используемых при газопламенной обработке**

Газ	Состояние газа в баллоне	Предельное рабочее давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	Цвет баллона	Резьба присоединительного штуцера
Ацетилен	Растворенный	2,5 (25)	Белый	Присоединяется хомутом
Водород	Сжатый	15 (150)	Темно–зеленый	Диаметр 21, 8 мм, 14 ниток на 1" левая (профиль резьбы по ГОСТ 6357)
Горючий газ	—	15 (150)	Красный	То же
Коксовый газ	—	15 (150)	Красный	«
Метан	—	15 (150)	—	«
Кислород	—	15 (150)	Голубой	3/4 трубная правая
Пропан	Сжиженный	1,6 (16)	—	—
Природный газ	Сжатый	15 (150)	—	—
Сланцевый газ	То же	15 (150)	—	—

# Электрошлаковая наплавка

## Часть 2. Примеры промышленного применения ЭШН\*

И. А. Рябцев, Ю. М. Кусков, кандидаты техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

**З**а годы, прошедшие после изобретения электрошлаковой наплавки, практически были опробованы все способы ЭШН. В рамках настоящей публикации будут рассмотрены лишь некоторые из них.

**ЭШН электродными проволоками.** Электрошлаковым способом электродными проволоками можно наплавлять плоские поверхности и тела вращения при вертикальном или горизонтальном расположении наплавляе-

мой поверхности. На *рис. 1* показана схема традиционного процесса ЭШН электродными проволоками плоской поверхности в вертикальном положении с помощью трех составных ползунов (вместо ползунов можно использовать подвижный кристаллизатор). Наплавку производят в зазор, образуемый наплавляемой поверхностью заготовки *1* и ползунами *2*. Электроды при наплавке могут совершать возвратно-поступательное движение вдоль зазора. Скорость поперечных колебаний электрода *3* должна быть такой, чтобы шлак не успевал затвердеть до момента возвращения электрода в исходное положение. Процесс начинают на подкладке или в специальном кристаллизаторе. Режимы наплавки (количество электродов, ток, напряжение, скорость поперечного перемещения электродов, глубина ванны и т. д.) устанавливают в зависимости от размеров наплавляемого слоя.

При ЭШН электродными проволоками плоской поверхности в горизонтальном положении для формирования наплавленного слоя используют неохлаждаемые медные пластины или водоохлаждаемые медные кристаллизаторы. Наплавку производят одним или несколькими электродами с поперечными колебаниями электродов или без них. Применение нескольких электродов обеспечивает быструю стабилизацию электрошлакового процесса и высокое качество зоны сплавления и наплавленного слоя.

Наплавку наружных цилиндрических поверхностей с относительно небольшой длиной образующей (200–300 мм) при вертикальном расположении оси выполняют в стационарных кристаллизаторах. Процесс начинают на графитовых или стальных подкладках. После разведения шлаковой ванны обеспечивают синхронное вращение заготовки и кристаллизатора; мундштуки, через которые подают проволоку, в процессе наплавки передвигают только вверх. Ко-

личество электродов и режимы наплавки выбирают в зависимости от диаметра заготовки и величины зазора.

При необходимости наплавки цилиндрической заготовки большой длины ЭШН можно производить, используя подвижный кристаллизатор, неподвижную заготовку и электроды, которые вместе с мундштуками совершают колебательные движения по окружности заготовки (*рис. 2*). Такую технологию и технику наплавки применяют при восстановлении и упрочнении прокатных валков. Возможны другие варианты технологии и техники ЭШН наружных цилиндрических поверхностей.

Схема ЭШН внутренней цилиндрической поверхности представлена на *рис. 3*. В процессе наплавки стержень-кристаллизатор и заготовка синхронно вращаются, а подающие мундштуки с проволокой только поднимаются вверх по мере наплавки.

Разработана технология и техника ЭШН горизонтально расположенных цилиндрических поверхностей, однако из-за сложности осуществления она в промышленности практически не применяется.

### ЭШН электродными лентами.

Электрошлаковая наплавка одной или двумя электродными лентами (ЭШНЛ) при горизонтальном расположении наплавляемых поверхностей и свободном формировании наплавляемого металла была разработана в 70-х годах. Схема процесса показана на *рис. 4*. Флюс подают только с одной стороны — перед лентой, в направлении наплавки. Процесс, начинающийся как дуговой, быстро переходит в электрошлаковый. За лентой остается сварочная ванна, защищенная слоем расплавленного шлака, и закристаллизовавшийся наплавленный металл, покрытый шлаковой коркой. Основные преимущества ЭШНЛ — вы-

Рис. 1. ЭШН электродными проволоками плоской поверхности в вертикальном положении

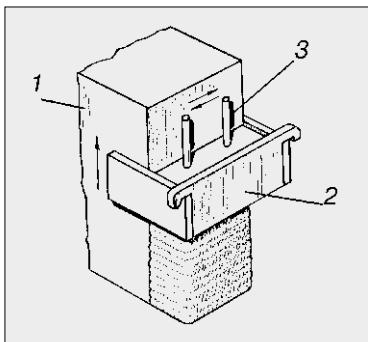


Рис. 2. ЭШН цилиндрической наружной поверхности большой длины образующей: 1 — наплавляемая заготовка; 2 — электродная проволока; 3 — кристаллизатор; 4 — наплавленный слой; 5 — стартовая подкладка

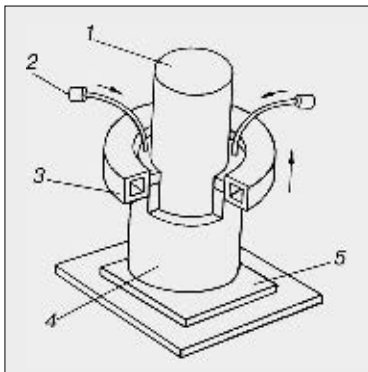
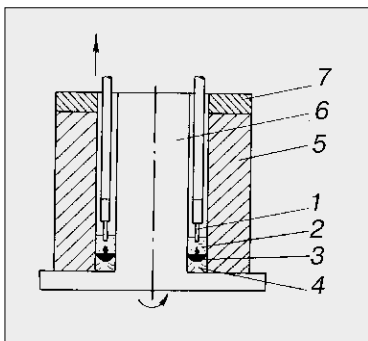


Рис. 3. Схема ЭШН внутренней цилиндрической поверхности: 1 — электрод; 2 — шлаковая ванна; 3 — металлическая ванна; 4 — наплавленный слой; 5 — заготовка; 6 — медный охлаждаемый стержень; 7 — выводная втулка



\* Окончание. Начало см. «Сварщик», № 6 (16), 2000

сокая производительность (22 кг/ч для ленты размерами 60x0,5 мм) при малом проплавлении основного металла (5–10%).

Для ЭШНЛ необходимо применять флюсы системы  $\text{CaF}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  (АН–72, АН–90) с повышенной электропроводностью в расплавленном состоянии.

При ЭШН лентой шириной более 80 мм проявляется вредное влияние магнитного дутья, сказывающееся на качестве зоны сплавления и формировании наплавленного металла. Для борьбы с этим явлением существуют методы магнитного управления процессом ЭШНЛ.

С использованием ЭШНЛ разработаны технологические процессы изготовления следующих деталей: коррозионностойких биметаллических листов общей толщиной 12–30 мм; слябов для последующей прокатки в биметаллические листы, корпусных деталей и узлов для атомного и химического машиностроения, прокатных валков, ножей горячей резки металла, роликов моталок и т. д.

**ЭШН электродами большого сечения.** ЭШН наиболее эффективна в тех случаях, когда необходимо наплавить за короткое время большие массы металла слоями значительной толщины. Именно по этой причине получила распространение ЭШН электродами большого сечения в виде труб: квадратных, круглых, прямоугольных прутков и др.

В металлургии производили наплавку прокатных валков электродами-трубами (рис. 5). Например, для наплавки стальных и чугунных прокатных валков горячей прокатки стана 300 использовали чугунные электроды-трубы диаметром 370 мм с толщиной стенки 15–20 мм. Никаких дефектов в виде трещин, пор, неметаллических включений в наплавленном слое не обнаружили.

Отсутствие трещин при наплавке малопластичных материалов (чугунов) связано с особенностями кольцевой ЭШН, позволяющей существенно уменьшать остаточные растягивающие напряжения, а в ряде случаев получать даже сжимающие напряжения в наплавленном слое.

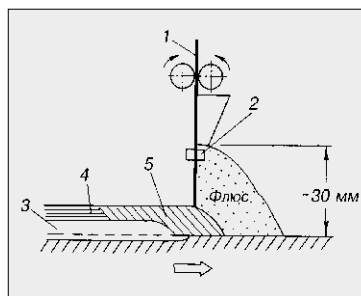
Электродами большого сечения на-

плавляли заготовки для прокатки сортового и листового биметалла. При изготовлении некоторых быстроизнашивающихся деталей (лемехи плугов и культиваторов, рабочие органы строительного-дорожных машин и т. д.) эффективно производить наплавку не в конце цикла изготовления, а в начале, т. е. наплавлять заготовки, из которых прокатывают соответствующие профили. Схема процесса выглядит следующим образом. В наплавляемой заготовке (блуксе) предварительно выполняют соответствующей формы паз. Затем этот паз заправляют электрошлаковым способом, используя электроды квадратного, прямоугольного или круглого сечения. При наплавке электроды подают вертикально вниз; ползун, ограничивающий шлаковую и металлическую ванны, остается неподвижным, а блукс, расположенный под углом 15–35° к горизонтали, перемещается вдоль оси наклона. После прокатки такой заготовки получается соответствующей формы профиль, из которого изготавливают биметаллические детали с расположением износостойкого плакирующего слоя в местах наибольшего износа.

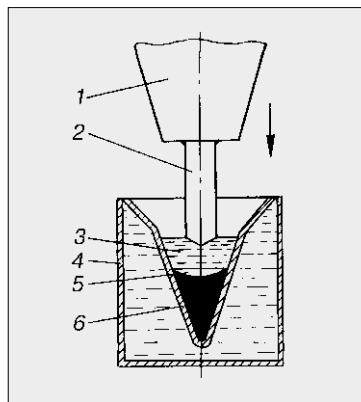
По аналогичной технологии, используя несколько электродов, расположенных в ряд, наплавляют с одной или с двух сторон заготовки (слябы) для последующей прокатки на двух- или трехслойные коррозионностойкие листы.

ЭШН электродами большого сечения можно восстанавливать и упрочнять зубья ковшей экскаваторов, била дробилок различных типов, шарошки для роторного бурения шахтных стволов и т. п.

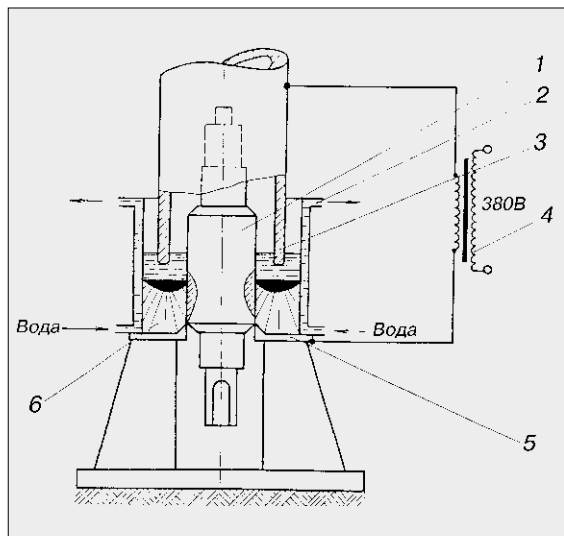
Один из вариантов технологии восстановления и упрочнения зубьев ковшей экскаваторов с помощью стыкошлаковой наплавки электродом большого сечения приведен на рис. 6. По этой технологии изношенный зуб 1 с приваренным встык к его торцу расходуемым электродом из высокоизносостойкого материала 2 подают вертикально в жидкую шлаковую ванну 3 глубиной 50–60 мм, находящуюся в кристаллизаторе 4, воспроизводящем геометрию рабочей части зуба. После расплавления расходуемого электрода образуется металлическая ванна 5 и одновременно



**Рис. 4.** ЭШН одной электродной лентой: 1 — электродная лента; 2 — токоподвод; 3 — наплавленный металл; 4 — затвердевший шлак; 5 — жидкий шлак; 6 — флюс; 7 — основной металл



**Рис. 5.** Схема наплавки прокатных валков электродами-трубой: 1 — наплавляемый прокатный валок; 2 — кристаллизатор; 3 — электрод-труба; 4 — трансформатор; 5 — стартовое кольцо; 6 — наплавленный слой



**Рис. 6.** Стыкошлаковая наплавка зубьев ковшей экскаваторов

формируется рабочая часть зуба. После оплавления торца изношенного зуба последний погружают в шлак и сплавляют с новой рабочей частью 6.

**ЭШН зернистым присадочным материалом.** В принципе использовать зернисто присадочный материал можно во многих способах ЭШН, необходимо лишь соответствующее оборудование для его подачи. Однако наиболее успешно этот вид присадочного материала используют при наплавке в токоподводящем кристаллизаторе, разработанном Г. В. Ксендзыком в ИЭС им. Е. О. Патона.

## Электрошлаковая наплавка. Часть 2.

### Примеры промышленного применения ЭШН

**Рис. 7.** ЭШН прокатных валков в токоподводящем кристаллизаторе дробью: 1 — прокатный валок; 2 — шлаковая ванна; 3 — токоподводящий кристаллизатор; 4 — металлическая ванна; 5 — наплавленный слой; 6 — дозатор с дробью

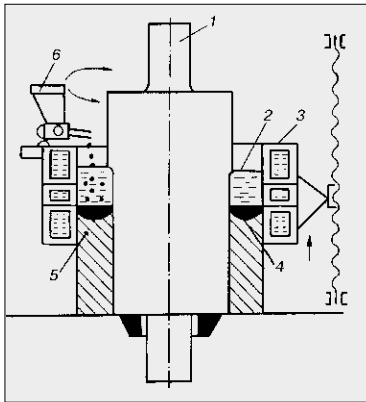


Схема электрошлаковой наплавки зернистыми присадочными материалами (дробью) в токоподводящем кристаллизаторе показана на рис. 7. Электрическая цепь проходит от токоподводящей секции кристаллизатора через шлаковую ванну к наплавляемой заготовке. Металлическая ванна образуется при расплавлении подаваемых в шлак частиц дробы (стружки). Дробь можно подавать с помощью нескольких стационарных дозаторов или одним дозатором, совершающим возвратно-вращательное движение по периметру кристаллизатора.

В процессе наплавки металлическая ванна постепенно кристаллизуется, формируя наплавленный слой. При этом заготовка валка остается неподвижной, а кристаллизатор поднимается вверх (возможен вариант, когда кристаллизатор неподвижен, а заготовка вытягивается из него).

Производительность наплавки при использовании этого способа составляет от десятков до сотен килограммов наплавленного металла в час. Наиболее успешно этим способом наплавляли прокатные валки с гладкой бочкой.

Разработана технология ЭШН нерасходуемым электродом штамповых кубиков с применением в качестве присадки стружки штамповой стали (рис. 8). В кристаллизатор 3 на поддон 1 устанавливают изношенный штамп 2 и наливают на его поверхность шлак 4. В шлак погружают графитовые электроды 5 и начинают электрошлаковый процесс. За счет теплоты, выделяемой в шлаковой ванне,

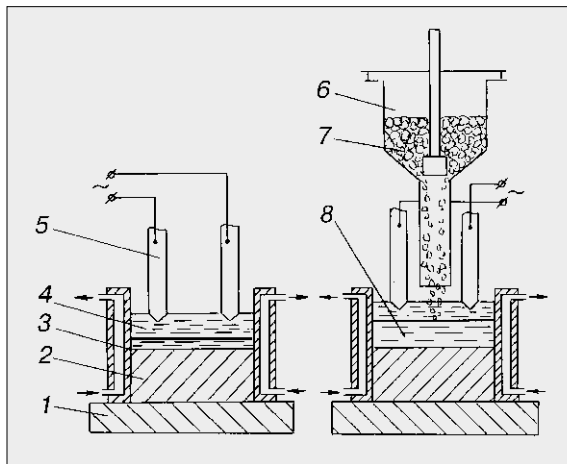
расплавляют ручки штампа. Затем в шлаковую ванну из бункера 6 подают стружку штамповой стали 7, которая по мере расплавления поступает в металлическую ванну 8 подплавленного штампа. Эксплуатационные испытания показали, что стойкость наплавленных таким способом штампов в 1,5–4,0 раза выше стойкости штампов из ковального металла.

Вместо стружки для наплавки штампов можно успешно использовать присадочный материал достаточно больших размеров (обрез проката, отходы мелкого инструмента и т. п.).

**ЭШН жидким присадочным металлом.** Использование при ЭШН жидкого присадочного металла рационально по нескольким причинам: исключаются технологические операции по превращению жидкого металла в различного вида твердые присадки; имеется возможность применения для наплавки металла практически любого состава; значительно повышается скорость наплавки благодаря отсутствию этапа плавления в шлаковой ванне твердой присадки.

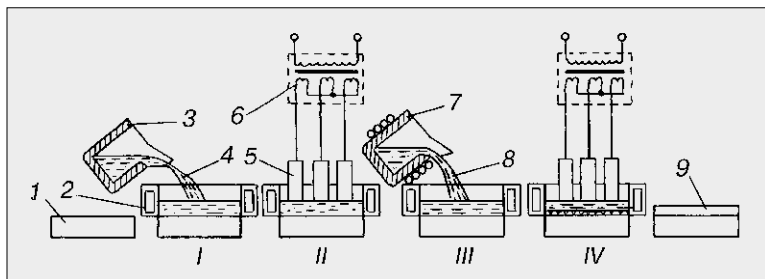
На рис. 9 показана одна из схем разработанного в 70-е годы в ИЭС им. Е. О. Патона электрошлакового процесса получения биметаллических заготовок путем заливки жидкого металла на твердую подложку. Заготовку 1 устанавливают в кристаллизатор 2. Шлак 4, выплавленный в шлакоплавильной печи 3, наливают на поверхность заготовки 1 и начинают электрошлаковый процесс нерасходуемыми электродами 5.

(Окончание на стр. 32)

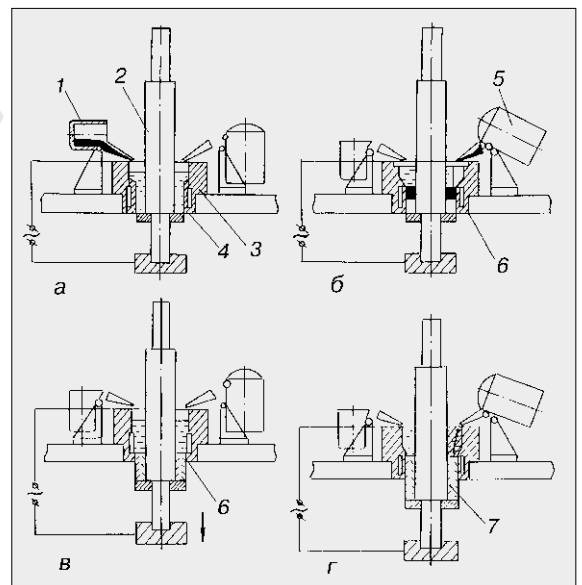


**Рис. 8.** ЭШН нерасходуемым электродом штамповых кубиков

**Рис. 10.** ЭШН жидким присадочным металлом в токоподводящем кристаллизаторе: а — заливка жидкого шлака; б — заливка порции жидкого металла; в — вытягивание наплавляемой заготовки; г — заливка очередной порции жидкого металла (1 — емкость для жидкого шлака; 2 — наплавляемая заготовка; 3 — кристаллизатор; 4 — жидкий шлак; 5 — емкость для жидкого металла; 6 — металлическая ванна; 7 — наплавленный слой)



**Рис. 9.** ЭШН заливкой жидкого металла на твердую подложку для получения многослойных заготовок



---

## **Электрошлаковая наплавка. Часть 2. Примеры промышленного применения ЭШН**

*(Окончание. Начало на стр. 28)*

После нагрева поверхности заготовки до требуемой температуры на нее выливают металл 8 второго слоя из сталеразливочного ковша 7, кристаллизуют его, применяя электрошлаковый процесс, и получают двухслойную заготов-

ку. По этой технологии можно также восстанавливать изношенные по высоте штампы.

В последние годы в ИЭС им. Е. О. Патона под руководством академика Б. И. Медовара активно развивалась ЭШН жидким присадочным материалом в токоподводящем кристаллизаторе. При этом способе наплавки в шлаковую ванну, находящуюся в токоподводящем кристаллизаторе (ТПК), порционно или постоянно подают жидкий присадочный материал. Схема наплавки жидким присадочным материалом в ТПК показана на *рис. 10*. Конструкция кристаллизатора такая же, как и при использо-

вании зернистого присадочного материала. Технология ЭШН жидким присадочным материалом позволяет наплавлять наружные поверхности цилиндрических заготовок при толщине наплавленного слоя 20–100 мм и более. Технология обеспечивает высокую производительность, которая в зависимости от размеров наплавливаемых деталей и применяемых материалов, составляет от десятков до сотен килограммов наплавленного металла в час.

В настоящее время на НКМЗ создан комплекс ЭШН жидким присадочным металлом рабочих валков горячей прокатки. ■ #95

# Ремонт трещин корпусных деталей двигателя\*

**Н**еобходимость ремонта литых деталей сложной формы связана с их высокой стоимостью. Целесообразность использования при этом того или иного способа зависит от материала корпуса, степени и характера повреждения, толщины стенок, технической оснащённости мастерской, экономических соображений и т. п. Конечный результат определяется правильным выбором применяемого способа ремонта, а также опытом и знаниями специалиста-авторемонтника.

Наиболее вероятны две причины образования трещин в корпусных деталях двигателя. Первая — аварийное соударение деталей (шатун-блок, клапан-поршень), вторая — нарушение теплового режима двигателя. В обоих случаях происходит разгерметизация системы охлаждения или смазки.

От ударов шатуном при обрыве болтов его крышки происходит значительное разрушение блока цилиндров двигателя. В большинстве случаев этому предшествуют стук, предупреждающие о появлении аварийного зазора. Стрем-

ление водителя «дотянуть» до стоянки прибавит к затратам на буксировку затраты на сложные ремонтные операции.

Соударение поршня с клапаном в одном или более цилиндрах могут образовывать видимые проломы стенок камеры сгорания и микротрещины в районе клапанных втулок. Такая ситуация возникает мгновенно при обрыве ремня газораспределительного механизма или при обламывании тарелки клапана, его стержня, выпадении фиксирующих сухарей. Если последние причины не зависят от автовладельца, то обрыв ремня — следствие несвоевременной его замены.

Трещины от замерзания охлаждающей жидкости могут возникнуть, если в системе охлаждения используют воду или сильно разбавленный антифриз, а автомобиль длительное время находится под открытым небом.

Трещины от перегрева двигателя появляются и летом, и зимой. Летом чаще всего перегрев происходит в жаркий день в плотном медленно движущемся потоке автомобилей в городе, когда радиатор и вентилятор не справляются с отводом теплоты в атмосферу. Подобная ситуация возникает при езде по бездорожью (песок, грязь), при неисправности термостата, датчика электровентилятора, ослабленном приводном ремне, загрязнённых ячейках радиатора, пониженном уровне охлаждающей жидкости, её закипании и образовании паровоздушных пробок. Зимой перегрев вероятен при продолжительном буксовании в снегу, в случае применения загрязняющих радиатор всевозможных дополнительных утеплителей. От перегрева первой страдает головка блока цилиндров, так как она расположена в верхней части двигателя, и при закипании жидкости в её каналах образуются паровоздушные пробки, нарушающие циркуляцию. Происходит неравномерный нагрев, коробление, приводящие к образованию одной или нескольких трещин.

Усталостные трещины появляются на поверхности камеры сгорания в процессе работы двигателя. Периодические колебания температуры и механических

нагрузок от действия расширяющихся газов вызывают температурные и механические напряжения в металле. Трещины образуются в поверхностных слоях и постепенно разрастаются на всю толщину стенки камеры сгорания. Им наиболее подвержены головки дизелей в перемычках между седлами клапанов или седлом и форкамерой.

Существует несколько способов обнаружения дефектов скрытых трещин в литых деталях сложной конфигурации.

В авторемонтных мастерских чаще всего используют метод пневматической опрессовки, реже — гидравлические испытания и магнитный контроль.

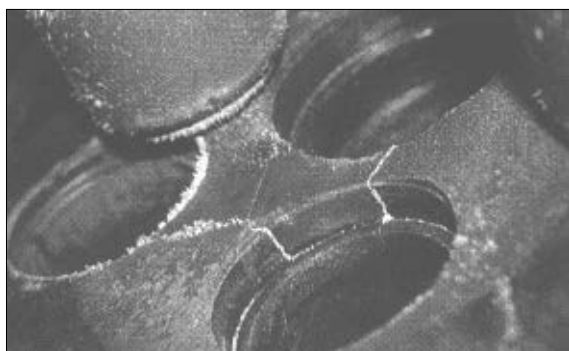
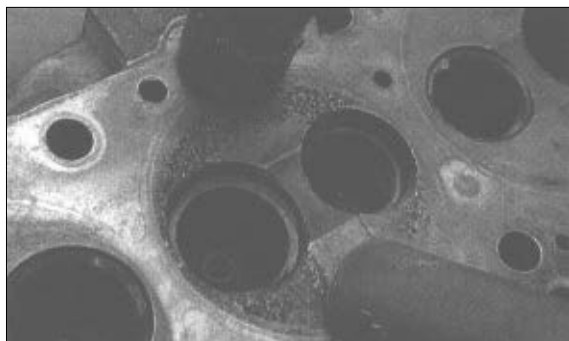
Пневматическая опрессовка — это создание в корпусе избыточного давления воздуха 0,3–0,5 МПа (3–5 кг/см<sup>2</sup>). С помощью приспособлений герметизируют все отверстия детали, кроме одного, в которое компрессором подают сжатый воздух. Опрессовку проводят в ванне с подогреваемой водой, где температура проверяемой детали повышается до 80–90 °С. Это необходимо для выявления тех микротрещин, которые проявляют себя только при тепловом расширении. Полностью погружённую в воду деталь поворачивают для облегчения поиска места появления пузырьков воздуха.

Гидравлическое испытание аналогично пневматическому, только в корпус под высоким давлением вместо воздуха нагнетают воду, которая, вытекая из трещин, указывает место дефекта.

Магнитный контроль основан на принципе магнитного рассеивания, возникающего над дефектом проверяемой детали. Этим методом выявляют трещины глубиной 5–6 мм преимущественно на гладких поверхностях и только в деталях из черных (намагничиваемых) металлов. Между двумя мощными магнитами (рис. 1) наносят сухой металлический порошок. Силовые линии магнитного поля «обтекают» трещину, собирая вдоль нее частицы порошка и делая дефект видимым (рис. 2).

После выполнения ремонтных работ корпусные детали обязательно подвергают испытанию на герметичность.

**Рис. 1.** Мощные магниты установлены на головку цилиндров рядом с контролируемой поверхностью

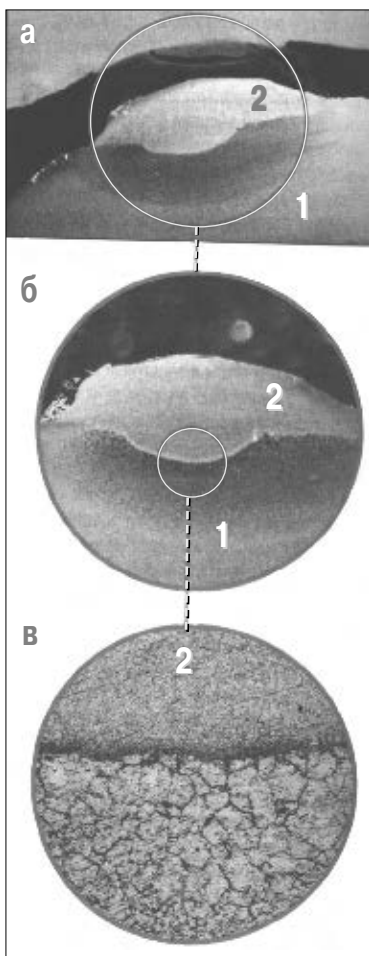


**Рис. 2.** Сухой металлический порошок делает видимой скрытую трещину

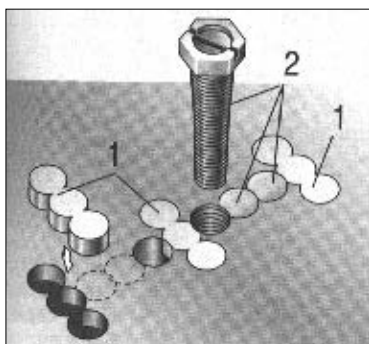
\* *Полезные советы.* — Вып. 7, 2000 — С. 259.

## Ремонт трещин корпусных деталей двигателя

**Рис. 3.** Разрез сварного шва: а — отшлифованный образец, вырезанный из сварного шва (микрошлиф); б — граница между металлом литой детали и металлом шва; в — зона структурных изменений, прилегающая к сварному шву (1 — деталь; 2 — сварной шов)



**Рис. 4.** Схема установки скрепок и болтов при заделке трещины: 1 — скрепку устанавливают поперек трещины; 2 — болт (конический) вворачивают в резьбовое отверстие вдоль всей длины между скрепками



Распространенным способом ремонта литых чугунных и легкоплавких корпусных деталей двигателя является электродуговая и газовая сварка.

При сварке плавлением кромки деталей и присадочный материал расплавляются теплотой газового пламени или электрической дуги, образуя сварочную ванну, а после кристаллизации — сварочный шов.

Электродуговая сварка по сравнению с газовой обладает более высокими скоростями нагрева и остывания металла. Происходит это благодаря высокой энергии сварочной дуги и небольшому объему прогреваемого металла.

Присадочный материал вводят в зону сварки (сварочную ванну) в виде металлических стержней или проволоки для образования шва, по свойствам близкого к основному металлу. Для защиты расплавленного металла в зоне сварки от атмосферного воздействия применяют флюсы и защитные газы. Наиболее часто применяют углекислый газ и азот, а также инертные газы — аргон и гелий.

Для получения качественного шва необходима чистота металла в зоне сварки. Масло, окислы металлов (ржавчина и т. д.) ухудшают свариваемость основного и присадочного металлов, шов получается пористым, а соединение непрочным и негерметичным.

Зачищаемое место сварки должно быть в 2–3 раза шире накладываемого шва. Малозаметные трещины накернивают по всей длине для лучшей различимости. Концы трещин засверливают для предотвращения их развития при нагревании. Если дефект устраняют в стенке толщиной более 5 мм, ее разделяют для гарантированного проплавления. Ремонтируемые места деталей из алюминия и его сплавов протравливают кислотой, осветляют и сушат до полного удаления влаги. Все операции по подготовке трещин производят непосредственно перед сваркой.

Трудности при сварке чугуна связаны с низкой стойкостью металла свар-

ного соединения (шва) к образованию трещин и плохой обрабатываемостью на металлорежущих станках.

Сварку производят как с предварительным подогревом детали, так и без него, но первый способ является более надежным. Предварительный подогрев может быть местным (350–450 °С) или общим (500–700 °С), который применяют для сложных деталей.

Местный нагрев получают с помощью газовой горелки. При общем нагреве деталь помещают в печь, а во время сварки накрывают асбестовыми листами, оставляя только место шва. Затем ее снова помещают в печь и охлаждают вместе с ней. Сварку без предварительного нагрева применяют для деталей простой конструкции. При электродуговой сварке в качестве присадочного материала используют специальный электрод.

Газовую сварку производят ацетилено-кислородным пламенем под слоем флюса с введением в сварочную ванну чугунных прутков, диаметр которых равен половине толщины свариваемой стенки корпуса. В качестве присадочного материала иногда используют предварительно подготовленные обломки чугунных поршневых колец.

При увеличении скорости сварки выше оптимальной (для уменьшения нагрева детали) шов получается узким, высоким и пористым, что требует его переплавки.

Алюминиевые сплавы обладают рядом специфических свойств, затрудняющих их сварку в условиях авторемонтной мастерской. На поверхности алюминия постоянно находится оксидная пленка, температура плавления которой 2000 °С, а основного металла 650–670 °С. При сварке это мешает образованию нормальной сварочной ванны шва. Момент, когда алюминиевый сплав расплавится, заметить очень трудно, так как он всегда остается серебристо-белым. Ошибка во время сварки может привести к проваливанию металла стенки под собственным весом.

**Рукава напорные, всасывающие Б, В, ВГ, КШ, Ш Ø 16 - 150 мм**

**Тел.: (044) 220-8515, 227-8832**

Детали из литейных алюминиевых сплавов сваривают с общим предварительным подогревом до температуры 150 °С, используя присадочный материал в виде прутков или проволоки из того же сплава, что и ремонтируемая деталь.

При восстановлении алюминиевых деталей газовой сваркой применяют те же газы, что и при ремонте чугунных, но флюсы используют другие.

Хорошее качество и герметичность сварных швов получают аргодуговой сваркой, когда расплавленный алюминий защищают от атмосферного азота и кислорода инертным газом — аргоном. Образуется светлый шов с четко выраженной мелкой чешуйчатостью. Затемнение или закопченность свидетельствуют о недостаточной газовой защите или низким качестве аргона.

Сварка любого вида металлических отливок (особенно из чугуна) не может гарантировать 100%-й надежности во всех случаях. Граница сплавления основного и присадочного металлов является зоной структурных изменений (рис. 3), поэтому рядом со сварным швом в процессе работы двигателя не исключено образование новых трещин.

Существует способ заделки трещин в литых деталях без использования сварки. Эта технология известна в России давно, она была предназначена для восстановления деталей автомобилей и сельхозтехники в условиях технической слабо оснащенных мастерских. Разработки в этой области проводились специалистами НИИ «Ремдеталь» (Москва) еще в начале 70-х годов. Основа способа — скрепление трещины установкой поперечных вставок-скрепок из пластичного металла в предварительно просверленные несквозные отверстия. После проковки скрепок пневматическим молотком происходит стягивание трещины и восстановление герметичности.

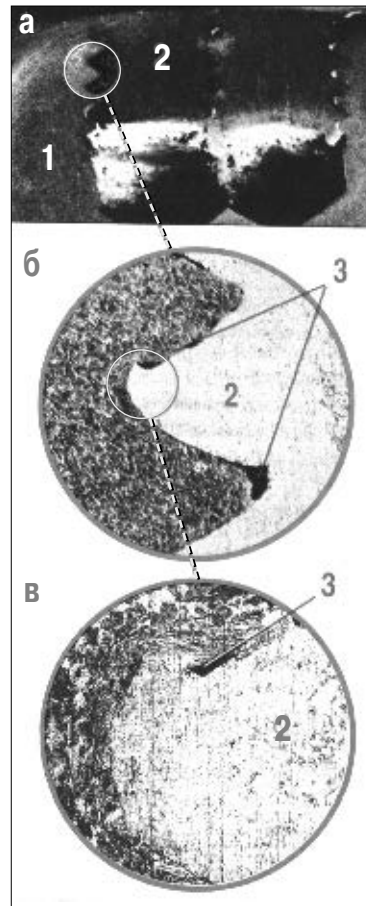
Дальнейшее развитие этого способа в мире привело к использованию в настоящее время конических болтов, заворачиваемых в резьбовые отверстия, просверленные вдоль всей трещины (рис. 4).

При ремонте таким способом важна последовательность выполнения операций. Количество боковых отверстий и соответствующие им скрепки выбирают в зависимости от размеров и характера

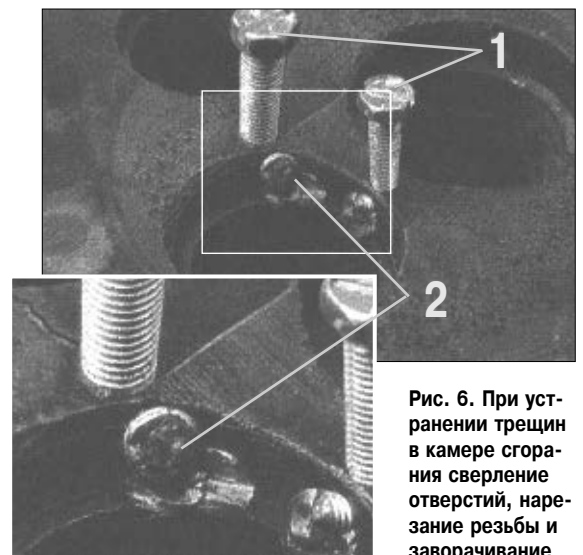
трещины. Расстояние от скрепки к скрепке может быть разным и определяется местом расположения трещины, а также количеством и диаметром предполагаемых к заворачиванию между ними болтов.

После предварительной проковки скрепок последовательно сверлят отверстия, нарезают резьбу и заворачивают болты вдоль всей трещины между скрепками. Каждый болт заворачивают с усилием, необходимым для надежного заклинивания металла его витков в металле ремонтируемой детали. Затем болт срезают, оставляя небольшую выступающую часть, и только после этого заворачивают следующий, витки которого обязательно должны захватить металл болта, завернутого ранее. Поскольку болты конические, они стремятся раздвинуть трещину, но скрепки и жесткость детали препятствуют этому. На границе металлов (скрепка-болт-деталь) создаются напряжения, сохраняющиеся при их тепловом расширении. Для гарантированного соединения пластичным деформированием металла скрепок и болтов между собой и ремонтируемой деталью полученный шов проковывают специальным пневматическим молотком (рис. 5). Данный способ в некоторых случаях (при условии доступа) позволяет заделать трещину на блоке цилиндров, не снимая двигатель с автомобиля.

Трещины в камерах сгорания чугуных головок устраняют без использования поперечных скрепок. На болты наносят термостойкий полимер, и их также заворачивают по всей длине трещины. Сверлят отверстия в большинстве случаев под разными углами друг к другу, так как трещины проходят по разным поверхностям камеры сгорания (рис. 6). При ремонте такой трещины требуется извлечение корпуса форкамеры и седел клапанов. В некоторых случаях конфигурация и расположение трещины позволяют обойтись без сложных работ по замене и восстановлению седел. После проковки (рис. 7) и зачистки места ремонта окончательно сформированный шов неразличим на поверхности камеры сгорания (рис. 8). Однако этот способ дает положительные результаты при ремонте корпусных деталей из чугуна и имеет ограничения, если они из сплава алюминия.



**Рис. 5.** Разрез шва, полученного проковкой завернутых конических болтов-заглушек: а — отшлифованный образец, вырезанный из шва; б — граница уплотнения металла ремонтируемой литой детали и металла резьбовой заглушки; в — зона пластической деформации, прилегающая к границе уплотнения (1 — деталь; 2 — конический болт-заглушка; 3 — термостойкий полимер)



**Рис. 6.** При устранении трещин в камере сгорания сверление отверстий, нарезание резьбы и заворачивание болтов-заглушек производят под разными углами: 1 — верхняя часть болтов, срезаемая после заворачивания; 2 — нижняя часть болтов с припуском для проковки пневмомолотком

Способ установки скрепок и конических болтов требует хороших навыков сверления отверстий ручным инструментом, умения использовать различные приспособления, соблюдения последовательности проведения операций и высокого качества применяемых материалов.



## Ремонт трещин корпусных деталей двигателя

В большинстве случаев для ремонта корпусных деталей требуются металло-режущие станки. До ремонта для обеспечения доступа к трещине часто необходимо удалить сверлением или расточкой втулки и седла клапанов, технологические заглушки и т. д. После ремонта (особенно с использованием сварки) требуется восстановление геометрии и соосности различных отверстий, привалочных плоскостей, толщин и формы перегородок и т. д.

Чаще сварка является единственным способом восстановления корпусных деталей, но при этом не исключены дефекты, вызванные нагревом. Неравномерный нагрев всегда имеет место — более интенсивный в зоне шва и меньший при удалении от него. Это вызывает временные механические напряжения в процессе сварки и остаточные после него, которые приводят к деформации детали (искривлению, скручиванию и т. д.) и образованию трещин.

Трещины являются наиболее опасным сварочным дефектом. Если они образовались в процессе сварки, их называют горячими, если после остывания металла — холодными.

При газовой сварке возникают значительно большие деформации, чем при электродуговой, но внутренние механи-

ческие напряжения на границе шва и основного металла меньше. Для проверки технологии сварки используют метод изучения микрошлифов с помощью микроскопов с большим увеличением.

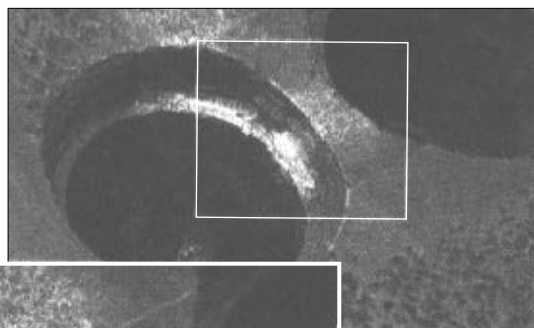
Микрошлиф — отшлифованный образец (см. рис. 3, а; 4, а), вырезанный из сварного шва и протравленный 25%-м водным раствором азотной кислоты.

Устранение трещин в корпусных литых деталях двигателя сложной формы — наиболее ответственный вид ремонта. Специализируются на нем мастерские, осваивающие ту или иную технологию восстановления, имеющие необходимое оборудование и опытный персонал.

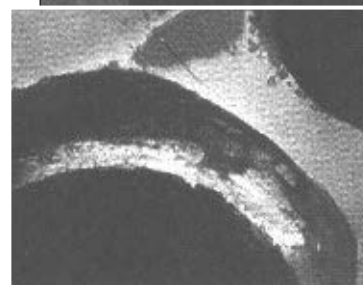
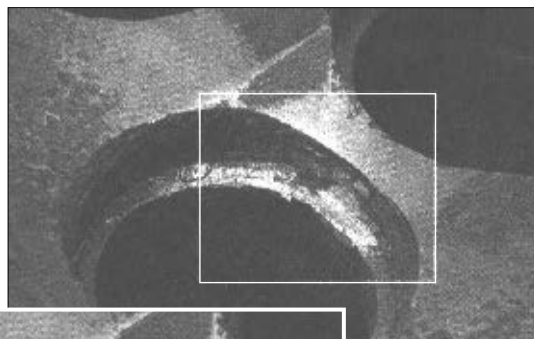
Во многих автосервисах используют сварочные полуавтоматы для ремонта алюминиевых кузовов автомобилей. Даже успешно проведенный ремонт проломов в картерах двигателей не может однозначно гарантировать положительный результат при сварке головки или блока. Любой способ ремонта трещин имеет принципиальные технологические ограничения. Это связано с местом расположения дефекта, и с материалом детали, и с той механической обработкой, которая может потребоваться после ремонта.

Последнее слово остается за специалистами, которые, понимая ответственность, возьмутся за работу только будучи уверенными в успехе. ■ #96

*Редакция благодарит за помощь в подготовке материала специалистов фирмы «Мотортехнология»*



**Рис. 7.** Шов, полученный после проковки специальным пневмомолотком



**Рис. 8.** Окончательно зачищенное место ремонта готово к обработке посадочных мест под запрессовку седел клапанов

## Электрошлаковая наплавка. Часть 2.

### Примеры промышленного применения ЭШН

*(Окончание. Начало на стр. 28)*

После нагрева поверхности заготовки до требуемой температуры на нее выливают металл 8 второго слоя из сталеразливочного ковша 7, кристаллизуют его, применяя электрошлаковый процесс, и получают двухслойную заготов-

ку. По этой технологии можно также восстанавливать изношенные по высоте штампы.

В последние годы в ИЭС им. Е. О. Патона под руководством академика Б. И. Медовара активно развивалась ЭШН жидким присадочным материалом в токоподводящем кристаллизаторе. При этом способе наплавки в шлаковую ванну, находящуюся в токоподводящем кристаллизаторе (ТПК), порционно или постоянно подают жидкий присадочный материал. Схема наплавки жидким присадочным материалом в ТПК показана на рис. 10. Конструкция кристаллизатора такая же, как и при использо-

вании зернистого присадочного материала. Технология ЭШН жидким присадочным материалом позволяет наплавлять наружные поверхности цилиндрических заготовок при толщине наплавленного слоя 20–100 мм и более. Технология обеспечивает высокую производительность, которая в зависимости от размеров наплавливаемых деталей и применяемых материалов, составляет от десятков до сотен килограммов наплавленного металла в час.

В настоящее время на НКМЗ создан комплекс ЭШН жидким присадочным металлом рабочих валков горячей про-

катки. ■ #95

# Производители сварочных материалов,

имеющие сертификат соответствия в системе УкрСЕПРО, выданный НТЦ «СЕПРОЗ» (по состоянию на 10.01.2001 г.)

Предприятие	Адрес	Сертифицированная продукция
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ОАО «Запорожский сталепрокатный завод»</li> <li>■ ДП «ЭЛМЕР»</li> <li>■ ЗАО «Стальметиз»</li> <li>■ ОАО «ЗВАРМЕТ»</li> </ul>	<p>Запорожье, ГСП-1086, тел.: (0612) 39-2323</p> <p>Одесса, ул. Известковая, 52, тел.: (0482) 23-4085</p> <p>Одесса, ул. Известковая, 52, тел.: (0482) 23-4085</p>	<p><b>Проволоки:</b> Св-08, Св-08А, Св-08Г2С, Св-08Г2С-0</p> <p><b>Электроды:</b> АНО-4, АНО-21, МР-3</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ОАО «Артемковский машиностроительный завод «Победа труда»</li> <li>■ Запорожский завод сварочных флюсов и стеклоизделий</li> </ul>	<p>Артемовск, Донецкой обл., ул. Артема, 6, тел.: (06274) 6-4046</p> <p>Запорожье, ГСП-356, тел.: (0612) 34-8162</p>	<p><b>Проволоки:</b> Св-08, Св-08А</p> <p><b>Электроды:</b> АНО-4, АНО-6, МР-3</p> <p><b>Флюсы:</b> АН-348-А, АН-348-АМ, АН-348-АД, АН-348-АДМ, АН-348АП, АН-348-АПМ, АН-348-В, АН-348-ВМ, АН-348-ВД, АН-348-ВДМ, АН-348-ВП, АН-348-ВПМ, АН-47, АН-47М, АН-47Д, АН-47ДМ, АН-47П, АН-47ПМ, ОСЦ-45, ОСЦ-45М, ОСЦ-45ДМ, ОСЦ-45Д, ОСЦ-45П, ОСЦ-45ПМ, АНЦ-1А, АНЦ-1АМ, АНЦ-1АД, АНЦ-1АДМ, АНЦ-1АП, АНЦ-1АПМ</p> <p><b>Силикаты:</b> К-Na, Na-K</p> <p><b>Электроды:</b> УОНИ-13/55ФК, ДСК-55/ФК, МР-3, УОНИ-13/55С</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ОАО «Днепропетровский экспериментально-исследовательский завод сварочных материалов»</li> <li>■ Опытный завод сварочных материалов ИЭС им. Е. О. Патона</li> </ul>	<p>Днепропетровск, Запорожское шоссе, 37, тел.: (0562) 65-8075</p> <p>Киев, ул. Е. Телиги, 2, тел.: (044) 446-6369</p>	<p><b>Электроды:</b> АНО-4, АНО-4 об. кач., АНО-6, АНО-6У, АНО-6Р, АНО-21, АНО-27, АНО-ТМ, АНО-ТМ/СХ, АНО-ТМ60, АНР-2, ВН-48, МР-3, ОЗЛ-6, ОЗЛ-8, Т-590, ЦУ-5, ЦЧ-4, УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, Комсомолец-100</p> <p><b>Порошковые проволоки:</b> ПП-АН63, ПП-АНВ2у</p> <p><b>Порошковые проволоки:</b> ПП-АН1, ПП-АН163М, ПП-Нп-30Х2М2НСГФ, ПП-Нп30Х20МН, ПП-Нп-35В9Х3СФ, ПП-Нп-25Х5МСГФ, ПП-Нп-15Х13Н2Г2ВТ (ПП-АН134Г)</p> <p><b>Электроды:</b> АНО-29М, МР-3, УОНИ-13/45, УОНИ-13/55</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Экспериментальное производство ИЭС им. Е. О. Патона</li> </ul>	<p>Киев, ул. Горького, 56, тел./факс: (044) 227-5511</p>	<p><b>Электроды:</b> АНО-29М, МР-3, УОНИ-13/45, УОНИ-13/55</p> <p><b>Порошковые проволоки:</b> ПП-АН1, ПП-АН163М, ПП-Нп-30Х2М2НСГФ, ПП-Нп30Х20МН, ПП-Нп-35В9Х3СФ, ПП-Нп-25Х5МСГФ, ПП-Нп-15Х13Н2Г2ВТ (ПП-АН134Г)</p> <p><b>Электроды:</b> АНО-29М, МР-3, УОНИ-13/45, УОНИ-13/55</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ АО «СМНПО им. М. В. Фрунзе»</li> </ul>	<p>Сумы, ул. Горького, 58, тел.: (0542) 25-4172</p>	<p><b>Электроды:</b> ЗИО-8, МНЧ-2, НЖ-13, НИИ-48Г, ОЗЛ-6, ОЗЛ-8, ОЗЛ-17У, ТМЛ-1У, ТМЛ-3У, ТМУ-21У, УОНИИ-13/55, ЦЛ-11, ЦЛ-20, ЦЛ-39, ЦЛ-51, ЦН-6Л, ЦН-12М, ЦТ-15, ЦУ-5, ЭА-400/10У, ЭА-395/9, ЭА-981/15, ЭН-60М</p> <p><b>Электроды:</b> АНО-21, АНО-24</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ АО «Электрод»</li> </ul>	<p>Полтава, ул. Зенковская, 55, тел.: (05322) 7-3559</p>	<p><b>Электроды:</b> АНО-1, АНО-4, АНО-19М, АНО-24, МР-3, УОНИ-13/45СМ, УОНИ-13/55СМ, УОНИ-13/45, УОНИ-13/55</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ООО «Кременчугский электродный завод»</li> <li>■ СП «ТМ Велдтек»</li> </ul>	<p>Кременчуг, Полтавской обл., ул. И. Приходько, 139, тел.: (05366) 6-1155</p> <p>Киев, Оболонский проспект, 30, кв. 66, тел.: (044) 446-0209</p>	<p><b>Порошковые проволоки:</b> ПП-АН1, ПП-АН8, ПП-АН29, ПП-АН39, ППС-ТМВ6, ППС-ТМВ7, ВеТ ППС-ТМВ57, ВеТ ППВ-ТМВ11, ВеТ ПП-Нп14ГСТ, ВеТ ПП-Нп15Х144ГНН2М1ФБ, ВеТ ПП-Нп-35В9Х3СФ, ВеТ ПП-Нп-80Х20Р3Т, ВеТ ПП-Нп-200Х15С1ГРТ</p> <p><b>Электроды:</b> АНО-1, АНО-4, АНО-19М, АНО-24, МР-3, УОНИ-13/45СМ, УОНИ-13/55СМ, УОНИ-13/45, УОНИ-13/55</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Частное предприятие «Наташа»</li> </ul>	<p>Антрацит, Луганской обл., ул. Кальницкой, 4/41А, тел./факс: (06431) 3-8222</p>	<p><b>Электроды:</b> АНО-6</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ВАТ «Новомосковский трубный завод»</li> </ul>	<p>Новомосковск-1, Днепропетровская обл., ул. Сучкова, 115, тел./факс: (05612) 4-2392</p>	<p><b>Флюсы:</b> АН-60, АН-68, АН-67, ОСЦ-45М</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ОАО «Торезтвердосплав»</li> </ul>	<p>Торез, Донецкой обл., ул. Трудовая, 83, тел./факс: (06254) 32-133</p>	<p><b>Электроды:</b> АНВНп-2</p> <p><b>Порошковые проволоки:</b> ПП-Нп-35В9Х3СФ, ПП-Нп-12Х13</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ЧП «Электродный завод «Индустрия»</li> </ul>	<p>Луганск, ул. К. Либкнехта, 38, тел./факс: (0642) 52-1252</p>	<p><b>Электроды:</b> АНО-4, АНО-21, МР-3, УОНИ-13/55</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ЧНПП фирма «Алтей»</li> </ul>	<p>Днепропетровск, ул. Каруны, 16, тел.: (0562) 34-8201</p>	<p><b>Электроды:</b> МР-3</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ООО «ЮМИС»</li> </ul>	<p>Днепропетровск, ул. Мандрыковская, 171/114, тел./факс: (0562) 34-0697</p>	<p><b>Электроды:</b> МР-3</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ООО «Сбормаш»</li> </ul>	<p>Краматорск, Донецкой обл., пос. Коксострой, 1, тел. (06264) 6-0366</p>	<p><b>Электроды:</b> МР-3, УОНИ-13/55</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Исследовательское частное предприятие «Электрод»</li> </ul>	<p>Киев, ул. Васильковская, 14, тел./факс: (044) 263-4033</p>	<p><b>Электроды:</b> АНО-6В, МР-3В,</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ООО «Электродмаш»</li> </ul>	<p>Стаханов, Луганской обл., ул. Коперника, 25, тел.: (06444) 4-3315</p>	<p><b>Электроды:</b> АНО-4</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ООО «СЭЛ»</li> </ul>	<p>Запорожье, ул. Героев Сталинграда, 2а, тел.: (0612) 62-5333</p>	<p><b>Электроды:</b> МР-3Э</p>

<u>Предприятие</u>	<u>Адрес</u>	<u>Сертифицированная продукция</u>
■ ООО «ТРУД»	пгт. Володарское, Донецкой обл., ..... ул. Вишневая, 123, тел.: (0629) 33-9460	<b>Электроды:</b> МР-3, ЦЛ-11
■ АО «Херсонкомплект»	Херсон, ул. Домостроительная, 14, ..... тел./факс: (0552) 29-1950	<b>Электроды</b> МР-3
■ ЗАО «Оргпромстрой»	Днепропетровск, пр. Гагарина, 131, кв. 122, ..... тел.: (056) 776-7546	<b>Электроды</b> МР-3
■ ООО ВТК «ЭРА»	Днепропетровск, ул. Пограничная, 44, ..... тел./факс: (0562) 37-7443	<b>Электроды</b> МР-3
■ ЧП «Потенциал»	Донецк, ул. Горького, 23/1, ..... тел.: (062) 337-1912	<b>Электроды</b> АНО-4
■ ЗАО «Промстройресурс»	Черкассы, ул. Первомайская, 68, ..... тел.: (0472) 43-7112	<b>Электроды</b> АНО-4
■ ОАО «Азовобщемаш»	Мариуполь, пр-т Ильича, 145/147, ..... тел.: (0629) 386-457	<b>Электроды:</b> УОНИ-13/45, УОНИ-13/55
■ ДП «ИСКРА» ОАО «Райагротехсервис»	Дубровицы, Ровенская обл., ..... ул. Гагарина, 88, тел.: (03658) 2-1201	<b>Электроды</b> АНО-4
■ АО «Электродный завод»	С.-Петербург, ул. Литовская, 12, ..... тел.: (812) 245-1450	<b>Электроды:</b> АНО-4, МР-3, ЗИО-8, НЖ-13, ОЗЛ-6, ОЗЛ-8, Т-590, ТМЛ-1У, ТМЛ-3У, ТМЛ-5, ТМУ-21У, УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, УОНИ-13/45А, УОНИ-13/НЖ, ЦЛ-11, ЦЛ-39, ЦН-6Л, ЦТ-15, ЦУ-5, ЦЧ-4, ЭА-395/9, ЭА-400/10Т, ЭА-400/10У, ЭА-981/15
■ ЗАО «Межгосметиз»	Орел, ул. Сурина Шаумяна, 37, ..... тел./факс: (0862) 47-3669	<b>Электроды:</b> АНО-ТМ, АНО-ТМ/Н, АНО-36, МР-3, УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, ОЗЛ-6, ОЗЛ-8, ОЗЛ-9А, Т-590, ЦЛ-11, ЦТ-15, ЦЧ-4, ЭА-395/9, ЭА-400/10У
■ ОАО «АО Спецэлектрод»	Москва, Волгоградский проспект, 41, ..... тел.: (095) 173-5030	<b>Электроды для сварки и наплавки</b>
■ Фирма «BOHLER SCHWEISSTECHNIK»	GMBH BOHLER WELDING STR. 1, ..... A-8605 KAPFENBERG POSTFACH 9 (Австрия)	<b>Электроды, порошковые проволоки, проволоки сплошного сечения, флюсы</b>
■ Фирма ESAB AB	Herkulesgatan 72 Box 8004 S-402 77 ..... Goteborg Sweden Nils Talberg, (Швеция)	<b>Электроды, порошковые проволоки, проволоки сплошного сечения, флюсы</b>
■ Фирма «HYUNDAI WELDING Co LTD»	Sung-Woo Building 10th Floor, 1424-2, ..... Seocho-Dong, Seocho-Ku, Seoul (Корея)	<b>Электроды:</b> S-7018G, S-7016LS. <b>Порошковая проволока</b> Supercored 71. <b>Проволоки сплошного сечения:</b> L-8, H-14, SM-70. <b>Флюсы:</b> S-707, Superflux 87, S-717ULT
■ Фирма UTP SchweiЯmaterial GmbH & Co. KG	Eldsser StraЯе 10 D-79189 ..... Bad Krozingen (Германия)	<b>Электроды, порошковые проволоки, проволоки сплошного сечения</b>
■ Фирма Drahtwarenfabrik Drahtzug, Stein GmbH & Co. KG	Drahtwarenfabrik Drahtzug, Stein GmbH & Co KG, ..... Talstrasse 2, D-67317 Altleiningen (Германия)	<b>Сварочная проволока</b> Megafil 713R, Megafil 731B, Megafil 710M, SDA 2, SDA S2

*Н. А. Проценко, аудитор, руководитель группы сертификации сварочных материалов, ГП НТЦ «СЕПРОЗ» НАН Украины*

## Уважаемые потребители сварочных материалов!

В случае поставки Вам некачественной продукции, изготовленной предприятиями приведенными в данной таблице, просим направлять претензии с приложением акта идентификации продукции и данных, подтверждающих претензии к качеству, в ГП НТЦ «СЕПРОЗ».

**Наш адрес: 03680, Киев, ул. Боженко, 11. Тел.: (044) 261-5306, факс: (044) 220-9495**

### ВЫШЛО ИЗ ПЕЧАТИ

#### «Сварочное производство Украины – 2000»

– К.: Экотехнология, 2000.–164 с.

В справочнике представлены названия, адреса, сферы деятельности предприятий и организаций, производящих и поставляющих продукцию для сварочного производства Украины, а также информация о научно-исследовательских, проектно-конструкторских институтах, учебных организациях всех уровней, занимающихся подготовкой и переподготовкой специалистов для сварочного производства, органах сертификации и стандартизации и т. п.

В справочник включены информационные материалы, которые могут потребоваться специалистам сварочного производства в их повседневной деятельности.

**По вопросу приобретения обращайтесь в редакцию журнала «Сварщик» по тел.: (044) 227-6502.**



# Учебные программы на 2001 г.

## Межотраслевого учебно-аттестационного центра ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

### 1. Повышение квалификации инженерно-технических работников (с аттестацией на право технического руководства работами по изготовлению ответственных сварных конструкций, в том числе подведомственных государственным надзорным органам)

№ п/п	Шифр курса	Наименование программы	Продолжительность	Сроки проведения
1.1		Организация и руководство сварочными работами на объектах, за которыми осуществляется государственный надзор (руководители сварочных работ):		
1.1.1	01	обучение	3 недели (112 ч)	10.09–28.09
1.1.2	02	переаттестация	3 дня (24 ч)	*
1.2	03	Подготовка руководителей сварочно-монтажных работ при строительстве и ремонте газопроводов из полимерных материалов	2 недели (72 ч)	12.03–23.03, 21.05–01.06 12.11–23.11
1.3	04	Подготовка и аттестация председателей комиссий по аттестации сварщиков-экспертов Украинского аттестационного комитета сварщиков (УАКС)	3 недели (112 ч)	09.04–27.04
1.4		Подготовка членов комиссий по аттестации сварщиков:		
1.4.1	05	специалистов технологических служб, отвечающих за организацию аттестации сварщиков (включая специальную подготовку к аттестации по визуально-оптическому методу контроля)	2 недели (76 ч)	12.11–23.11
1.4.2	06	специалистов служб технического контроля, отвечающих за контроль сварных соединений	2 недели (74 ч)	19.03–30.03, 05.11–16.11
1.4.3	07	специалистов служб охраны труда предприятий	2 недели (76 ч)	*
1.5	08	Организация и проведение аттестации сварщиков в соответствии с ДНАОП 0.00–1.16–96. Продление полномочий (расширение допусков) председателей комиссий	2 дня (16 ч)	**
1.6		Организация и проведение аттестации сварщиков в соответствии с ДНАОП 0.00–1.16–96. Продление полномочий, расширение допусков членов комиссий по аттестации сварщиков:		
1.6.1	09	специалистов по сварке, ответственных за работу комиссий	3 дня (24 ч)	**
1.6.2	10	специалистов по техническому контролю (включая специальную подготовку к аттестации по визуально-оптическому методу контроля)	4 дня (28 ч)	04.06–07.06, 24.09–27.09 03.12–06.12
1.6.3	11	специалистов по охране труда	3 дня (24 ч)	**
1.7	12	Технология и организация производства сварочных электродов	3 недели (112 ч)	04.06–22.06
1.8	13	Современные технологии нанесения упрочняющих и защитных покрытий	3 недели (112 ч)	*
1.9	14	Восстановление изношенных деталей машин и механизмов	2 недели (76 ч)	*
1.10	15	Металлография сварных соединений (твердометрия, дилатометрия, термический анализ)	2 недели (76 ч)	*
1.11	16	Эмиссионный и спектральный анализ металлов и сплавов	2 недели (76 ч)	*
1.12		Переподготовка специалистов сварочного производства по программам Международного института сварки: Очно-заочное обучение		
1.121	17	Международный инженер-сварщик (IWE)	13 недель	*
1.12.2	18	Международный технолог-сварщик (IWT)	9 недель	*
1.12.3	19	Международный специалист-сварщик (IWS)	6 недель	*
1.13	20	Подготовка менеджеров качества (с выдачей европейских сертификатов)	3 недели (112 ч)	*
1.14	21	Технология и оборудование для сварки в монтажных условиях	2 недели (76 ч)	*
1.15	22	Организация неразрушающего контроля на предприятиях железнодорожного транспорта	2 недели (70 ч)	26.02–09.03, 10.09–21.09
1.16	23	Ручная и механизированная воздушно-плазменная резка металлов	2 недели (72 ч)	*
1.17	24	Проведение специальных видов работ при ремонте магистральных трубопроводов	2 недели (76 ч)	14.05–01.06, 10.12–21.12
1.18	25	Системы обеспечения качества в электродном производстве	2 недели (76 ч)	10.09–28.09
1.19	26	Малогабаритная автоматическая сварочная аппаратура для сварки в строительстве, судостроении, металлургии, химической промышленности	2 недели (76 ч)	02.04–13.04
1.20	27	Малогабаритное оборудование для резки и подготовки труб под сварку	2 недели (72 ч)	19.03–30.03
1.21	28	Покрытия для высокотемпературного применения	2 недели (72 ч)	14.05–25.05

### 2. Подготовка и повышение квалификации инструкторов и преподавателей по сварке

2.1	29	Подготовка инструкторов по обучению сварщиков по модульным программам Международной организации труда	5 недель (192 ч)	*
2.2	30	Повышение квалификации преподавателей специальных дисциплин по сварке	3 недели (112 ч)	*

### 3. Профессиональная подготовка, переподготовка и повышение квалификации сварщиков и дефектоскопистов

(с присвоением квалификации в соответствии с национальными и международными стандартами)

3.1		Обучение сварщиков (на базе модульных учебных систем международной организации труда):		
3.1.1	31	ручной дуговой сварки покрытыми электродами	9 недель (348 ч)	*
3.1.2	32	механизированной дуговой сварки плавящимся металлическим электродом в защитных газах (MIG/MAG)	3 недели (112 ч)	*
3.1.3	33	ручной дуговой сварки неплавящимся металлическим электродом в инертных газах (TIG)	4 недели (152 ч)	*
3.1.4	34	газовой сварки	3 недели (112 ч)	Две группы в месяц
3.1.5	35	сварки трубопроводов из полимерных материалов	5 недель (192 ч)	15.01–16.02, 26.03–27.04 04.06–06.07, 01.10–02.11 26.11–28.12
3.1.6	36	контактной (прессовой) сварки (сварка рельсов; сварка промышленных и магистральных нефте- и газопроводов)	3 недели (112 ч)	12.03–30.03, 12.11–30.11
3.2		Обучение резчиков:		
3.2.1	37	газовой резки	2 недели (76 ч)	Две группы в месяц
3.2.2	38	ручной и механизированной воздушно-плазменной резки	2 недели (76 ч)	*

№ п/п	Шифр курса	Наименование программы	Продолжительность	Сроки проведения
3.3		Повышение квалификации сварщиков для выполнения:		
3.3.1	39	ручной дуговой сварки неплавящимся электродом в инертных газах легированных сталей и цветных металлов (переподготовка сварщиков, работающих с покрытыми электродами)	3 недели (112 ч)	Индивидуально
3.3.2	40	механизированной дуговой сварки в защитных газах тонколистового металла (автосервис)	2 недели (76 ч)	*
3.4	41	Нанесение упрочняющих и защитных покрытий	3 недели (112 ч)	*
3.5.		Обучение дефектоскопистов:		
3.5.1	42	ультразвукового контроля	4 недели (152 ч)	05.02–02.03, 04.06–29.06 24.09–19.10
3.5.2	43	радиационного контроля	4 недели (152 ч)	22.01–16.02, 11.06–06.07 01.10–26.10
3.5.3	44	магнитного контроля	4 недели (152 ч)	07.05–1.06, 03.12–28.12
3.5.4	45	газового и жидкостного контроля (капиллярный контроль)	4 недели (152 ч)	07.05–01.06, 05.11–30.11
3.6	46	Подготовка контролеров сварочных работ (визуально–оптический контроль)	3 недели (112 ч)	*
3.7	47	Целевая подготовка дефектоскопистов неразрушающего контроля для предприятий железнодорожного транспорта	4 недели (152 ч)	29.01–23.02, 05.10–23.10
3.8	48	Механические испытания сварных соединений	2 недели (76 ч)	02.07–13.07
3.9	49	Подготовка термистов–операторов для работы на установках высокотемпературной поверхностной закалки	3 недели (112 ч)	04.06–22.06
3.10	50	Повышение квалификации дефектоскопистов по ультразвуковому контролю колесных пар вагонов	3 недели (112 ч)	30.04–18.05, 3.12–21.12

#### 4. Аттестация персонала сварочного производства (в соответствии с национальными и международными стандартами и правилами)

4.1	51	Специальная подготовка и аттестация сварщиков в соответствии с ДСТУ 2944–94, ДСТУ 2945–94, правилами Госнадзорохрантруда (ДНАОП 0.00–1.16–96), правилами Госатомнадзора (ПНАЭГ–7–003–87)	1 неделя (32 ч)	Еженедельно
4.2	52	Периодическая аттестация сварщиков в соответствии с правилами Госнадзорохрантруда (ДНАОП 0.00–1.16–96), правилами Госатомнадзора (ПНАЭГ–7–003–87)	2 недели (76 ч)	Две группы в месяц
4.3	53	Специальная подготовка и аттестация сварщиков в соответствии с международными стандартами ISO 9606 и EN 287	1 неделя (32 ч)	Еженедельно
4.4	54	Периодическая аттестация сварщиков в соответствии с международными стандартами ISO 9606 и EN 287	2 недели (76 ч)	*
4.5	55	Специальная подготовка и аттестация сварщиков пластмасс (сварка газопроводов из полиэтиленовых труб) в соответствии с требованиями Госнадзорохрантруда	1 неделя (32 ч)	*
4.6	56	Периодическая аттестация сварщиков пластмасс (сварка газопроводов из полиэтиленовых труб)	1 неделя (32 ч)	26.02–02.03, 14.05–18.05 17.09–21.09, 05.11–09.11
4.7	57	Аттестация сварщиков на право выполнения работ при ремонте магистральных трубопроводов		*
4.8		Специальная подготовка к аттестации дефектоскопистов (1, 11 уровень квалификации) в соответствии с ДНАОП 0.00–1.27–97):	От 24 до 140 ч***	
4.8.1	58	ультразвуковой контроль	148 ч	05.02–01.03, 04.06–28.06 24.09–18.10
			74 ч	02.04–13.04
			64 ч	02.04–12.04
4.8.1	59	ультразвуковой контроль	28 ч	12.03–16.03, 14.05–18.05 02.07–06.07, 29.10–02.11 20.12–26.12
4.8.2	60	радиационный контроль	148 ч	22.01–15.02, 11.06–05.07 01.10–25.10
			74 ч	16.04–27.04
			64 ч	16.04–26.04
			28 ч	26.02–02.03, 21.05–25.05 09.07–13.07, 17.12–21.12
4.8.3	61	магнитный контроль	114 ч	07.05–30.05, 03.12–25.12
			64 ч	09.04–19.04
			40 ч	09.04–13.04
			28 ч	19.03–23.03, 02.07–06.07 19.11–23.11
4.8.4	62	капиллярный контроль	114 ч	07.05–30.05, 05.11–27.11
			64 ч	19.04–30.04
			40 ч	23.04–27.04
			28 ч	26.03–30.03, 09.07–13.07 26.11–30.11
4.8.5	63	визуально–оптический контроль	74 ч	19.03–30.03, 05.11–16.11
			34 ч	*
			24 ч	*
4.8.6	64	вихретоковый контроль	114 ч	*
			64 ч	*
			40 ч	*
			28 ч	*

\* По мере поступления заявок и комплектования учебных групп.

\*\* По согласованию с заказчиком.

\*\*\* В зависимости от уровня квалификации, по направлению ОСП (органа сертификации персонала)

■ По просьбе заказчиков возможно проведение обучения по другим программам, не вошедшим в данный перечень.

■ На период обучения слушателям предоставляется общежитие с оплатой за наличный расчет.

■ Стоимость обучения определяется в договоре на обучение.

■ Для решения вопроса о приеме на обучение необходимо направить заявку в адрес Центра не позднее, чем за 1,5 месяца до начала занятий.