



# СпецЭлектрод

*Искусство объединять...*

## **Сварочные электроды и сварочное оборудование.**

Генеральный дистрибьютер НПП "Сварка Евразии".

г. Москва  
Перовская ул., 71.  
+7(495)739-50-89  
+7(495)739-50-85  
+7(495)739-50-84  
+7(495)739-50-86

г. Санкт-Петербург  
наб. Обводного канала, 120  
+7(812)324-71-34  
+7(812)324-71-35

г. Екатеринбург  
ул. Черняховского, д. 68  
+7(343)258-2292  
+7(343)263-8633,

URL: [www.spetsselectrode.ru](http://www.spetsselectrode.ru) E-Mail: [postmaster@spetsselectrode.ru](mailto:postmaster@spetsselectrode.ru)



# Центр трансфера технологий Института электросварки им. Е.О.Патона



**ООО «Центр трансфера технологий Института электросварки им. Е.О.Патона»** — представитель Института электросварки им. Е.О.Патона (Украина) в России. Основной вид деятельности — внедрение научно-технических разработок и достижений прикладной науки в реальное производство.

Институт электросварки им. Е.О.Патона в советское время являлся ведущим институтом в области сварки и родственных технологий и до сих пор остается крупнейшим в мире центром создания ресурсосберегающих и конкурентоспособных технологий сварки, наплавки, резки, восстановления, нанесения защитных покрытий и специальной металлургии. Более чем за 70-летнюю историю существования Института лучшими учеными страны создан и накоплен значительный интеллектуальный, научно-технический и производственный потенциал, позволяющий на самом высоком уровне создавать современные технологии, материалы и оборудование для всех отраслей промышленности.

**ООО «Центр трансфера технологий Института электросварки им. Е.О.Патона»** предлагает технологии и услуги, направленные на оптимальное решение технических проблем с максимальным экономическим эффектом в условиях реального производства:

- технологии восстановления и продления ресурса уникальных металлоконструкций;
- проектирование и изготовление специализированного оборудования для сварочных и наплавочных работ;
- технический аудит, консалтинг применения сварочных технологий, материалов, оборудования;
- издание производственно-практического журнала «Сварщик в России», книги и брошюр по сварке и родственным технологиям.

4 (38) 2012

июль—август

Журнал выходит 6 раз в год.

Издается с мая 2006 г.

Подписной индекс **20994**  
в каталоге «Пресса России»

Подписной индекс **К0103** в каталоге российской  
прессы «Почта России» — персональная подписка

информационно-технический журнал

# Сварщик®

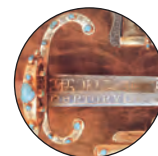
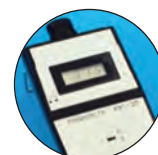
Технологии  
Производство  
Сервис

## В России

### 4—2012

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Новости техники и технологий</b> .....	6
<b>Технологии и оборудование</b>	
Разработка порошковых проволок для получения покрытий, стойких к изнашиванию и газовой коррозии. <i>Ю.С. Коробов, В.И. Шумяков, М.А. Филиппов, С.В. Невежин</i> .....	8
Применение ремонтной сварки, наплавки и упрочнения в промышленности. <i>В.А. Коротков</i> .....	11
Комплекс для плазменно-дугового упрочнения прокатных валков. <i>Д.В. Безносков, А.Г. Перин, А.В. Мезенцев, А.А. Бердников</i> .....	14
Системный подход к свариваемости массивных конструкций сложной формы. <i>В.И. Панов</i> .....	19
Наплавка деталей строительной и дорожной техники. <i>Я.П. Черняк</i> .....	24
PROTEC CE15L — экологичность и повышение качества обработки поверхности .....	28
Влияние добавок из различных материалов на физико-механические свойства покрытий на основе Ni-Cr при газотермическом напылении. <i>Е.К. Фень</i> .....	30
Комплекс РК755-К на базе робота FANUC для дуговой МИГ-сварки деталей железнодорожных стрелочных переводов .....	33
Концепция простейших систем роботизированной дуговой сварки. <i>В.В. Ишуткин</i> .....	34
Автомат для сварки балочных и листовых конструкций АДФГ-502 ШТОРМ. <i>М.А. Шолохов, А.М. Фивейский, А.Ю. Мельников</i> .....	36
Методы активизации решения творческих инженерных задач. <i>Г.И. Лашенко</i> ..	38
<b>Наши консультации</b> .....	44
<b>Зарубежные коллеги</b> .....	46
<b>Охрана труда</b>	
Оптическое излучение при сварке и родственных процессах. Часть 2. <i>О.Г. Левченко, А.Т. Малахов</i> .....	48
<b>Подготовка кадров</b>	
Международный конкурс молодых сварщиков в Чехии .....	52
Международный конкурс ARC Cup 2012 в Китае .....	55
<b>Выставки и конференции</b>	
Международная специализированная выставка «Оборудование, приборы и инструменты для металлообрабатывающей промышленности» «Металлообработка-2012». <i>А.В. Бернацкий</i> .....	58
<b>Страницы истории</b>	
Создание и покорение суперстали. Часть 1. Кузнечная сварка и загадка булатной стали. <i>А.Н. Корниенко</i> .....	62



<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:red; margin-right:5px;"></span>	<b>News of technique and technologies</b> .....	<b>6</b>
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:darkred; margin-right:5px;"></span>	<b>Technologies and equipment</b>	
	Development of flux cored wires in order to receive abrasion- and corrosion-proof covering. <i>Yu.S.Korobov, V.I.Shumiakov, A.A.Filippov, S.V.Nevzhin</i> .....	<b>8</b>
	Application of repair welding, cladding and hardening in industry. <i>V.A.Korotkov</i> .....	<b>11</b>
	Complex for plasm-arc hardening of forming rolls. <i>D.V.Beznoskov, A.G.Perin, A.V.Mezencev, A.A.Berdnikov</i> ....	<b>14</b>
	Systems approach to weldability of massive complex-form constructions. <i>V.I.Panov</i> .....	<b>19</b>
	Cladding of details of building and road technics. <i>Ya.P.Chernyak</i> .....	<b>24</b>
	PROTEC CE15L — ecological compatibility and increasing of surface finish quality .....	<b>28</b>
	Influence of the additives from various materials on physical-mechanical properties of coverings on a basis Ni-Cr at gas-thermal dispersing. <i>E.K.Fen'</i> .....	<b>30</b>
	PK755-K complex on the basis of FANUC robot for arc MIG-welding of railway pointworks .....	<b>33</b>
	The concept of the elementary systems of robotized arc welding. <i>V.V.Ishutkin</i> .....	<b>34</b>
	Automatic machine ADFG-502 Shtorm for welding of beam and steel-plate constructions. <i>M.A.Sholokhov, A.M.Fiveyskiy, A.Yu.Mel'nikov</i> .....	<b>36</b>
	Methods of activization of the decision of creative engineering tasks. <i>G.I.Lashchenko</i> .....	<b>38</b>
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:teal; margin-right:5px;"></span>	<b>Our consultations</b> .....	<b>44</b>
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:orange; margin-right:5px;"></span>	<b>The foreign colleagues</b> .....	<b>46</b>
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:lightorange; margin-right:5px;"></span>	<b>Labour protection</b>	
	Optical radiation at welding and related processes. Part 2. <i>O.G.Levchenko, A.T.Mikhaylov</i> .....	<b>48</b>
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:blue; margin-right:5px;"></span>	<b>Training of personnel</b>	
	The international competition of the young welders in Czechia .....	<b>52</b>
	The international competition ARC Cup 2012 in China ...	<b>55</b>
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:purple; margin-right:5px;"></span>	<b>Exhibitions and conferences</b>	
	The International specialized exhibition for equipment, instruments and tools for the metal-working industry «Metalloobrabotka-2012». <i>A.V.Bernackiy</i> .....	<b>58</b>
<span style="display:inline-block; width:15px; height:15px; background-color:darkorange; margin-right:5px;"></span>	<b>Pages of a history</b>	
	Creation and conquest of supersteel. Part 1. Forge welding and riddle of damask steel. <i>A.N.Kornienko</i> .....	<b>62</b>

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-24185 от 25.04.2006, выдано Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия

**Издатель** ООО «Центр трансфера технологий Института электросварки им. Е. О. Патона»

**Главный редактор** Б. В. Юрлов

**Зам. главного редактора** В. Г. Абрамишвили, Е. К. Доброхотова

**Маркетинг и реклама** А. Н. Храмчихина, Т. И. Коваленко

**Верстка и дизайн** Т. Д. Пашигорова

**Адрес редакции** 119991, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 6, стр. 7, оф. 19

**Телефон** +7 499 922 69 86

**Факс** +7 499 922 69 86

**E-mail** [ctt94@mail.ru](mailto:ctt94@mail.ru)

**URL** <http://www.welder.msk.ru>

За достоверность информации и содержание рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели. Мнение авторов статей не всегда совпадает с позицией редакции.

Рукописи не рецензируются и не возвращаются. Редакция оставляет за собой право редактировать и сокращать статьи. Переписка с читателями — только на страницах журнала.

При использовании материалов в любой форме ссылка на «Сварщик в России» обязательна.

© «ЦТТ ИЭС им. Е. О. Патона», 2012

Подписано в печать 07.08.2012. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура PetersburgC. Отпечатано в ЗАО «ТДДС-Столица-8». Тираж 3000 экз. Заказ № 7971 от 07.08.2012.

Издание выходит при содействии информационно-технического журнала «Сварщик»

**Учредители** Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, ООО «Экотехнология»

**Издатель** ООО «Экотехнология»

**Главный редактор** Б. В. Юрлов

**Редакционная коллегия** В. В. Андреев, Ю. К. Бондаренко, Ю. В. Демченко, В. М. Илюшенко, А. А. Кайдалов, О. Г. Левченко, П. П. Проценко, И. А. Рябцев

**Адрес редакции** 03150 Киев, ул. Горького, 66

**Телефон** +380 44 200 5361

**Тел./факс** +380 44 287 6502, 287 6602

**E-mail** [welder@welder.kiev.ua](mailto:welder@welder.kiev.ua), [welder.kiev@gmail.com](mailto:welder.kiev@gmail.com)

**URL** <http://www.welder.kiev.ua/>

**ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА**

**Подписной индекс 20994 в каталоге «Пресса России»**

**Подписной индекс K0103 в каталоге российской прессы «Почта России» — персональная подписка**

## ГЛАВНЫЕ ТЕМЫ НОМЕРА

### Разработка порошковых проволок для получения покрытий, стойких к изнашиванию и газовой коррозии

*Ю.С. Коробов, В.И. Шумяков, М.А. Филиппов, С.В. Невежин*

Представлены результаты разработки порошковых проволок, покрытия из которых отличаются износостойкостью и жаростойкостью. Рассмотрена технологичность процессов активированной дуговой и сверхзвуковой газовой металлизации и качество покрытий.

### Комплекс для плазменно-дугового упрочнения прокатных валков

*Д.В. Безносков, А.Г. Перин, А.В. Мезенцев, А.А. Бердников*

Рассмотрен технологический комплекс с автоматизированным управлением процесса поверхностной плазменной и электродуговой закалки калибров и шеек валков горячей прокатки с целью повышения их стойкости и продления ресурса работы.

### Системный подход к свариваемости массивных конструкций сложной формы

*В.И. Панов*

Приведена оценка свариваемости металла тяжело нагруженных массивных конструкций сложной формы трудно свариваемых сталей, в том числе и бывшем длительное время в эксплуатации. Это позволяет выполнять восстановительные работы на конструкциях с поврежденным металлом.

### Наплавка деталей строительной и дорожной техники

*Я.П. Черняк*

Изложен опыт разработки технологий и техники восстановительной дуговой наплавки деталей различных машин и механизмов строительной и дорожной техники. Основное внимание уделено восстановлению быстроизнашивающихся деталей — ведущих звездочек гусеничной техники, опорных и натяжных катков, шипов траков, опорно-поворотных устройств кранов и т.п. Предложены материалы и технологии, позволяющие выполнять наплавку деталей из углеродистых сталей.

### Влияние добавок из различных материалов на физико-механические свойства покрытий на основе Ni-Cr при газотермическом напылении

*Е.К. Фень*

Описаны перспективные методы нанесения покрытий на основе Ni-Cr на рабочие поверхности деталей и конструкций, работающих в значительном диапазоне температур. Детонационный и сверхзвуковой плазменный методы позволяют повысить износостойкость и жароизносостойкость покрытия. Рассмотрено влияние добавочных материалов на свойства покрытий.

### Концепция простейших систем роботизированной дуговой сварки

*В.В. Иштуткин*

Предложен простой по технологическому оснащению и доступный по стоимости вариант организации поточных систем роботизированной дуговой сварки, способствующий широкой роботизации сварочного производства, в частности, на предприятиях среднего и малого бизнеса. Рассмотрены возможные конфигурации систем и их технологические компоненты.

### Методы активизации решения творческих инженерных задач

*Г. И. Лашенко*

В продолжение ранее рассмотренных методов активизации решения творческих инженерных задач рассмотрен такой метод, как функционально-стоимостный анализ (ФСА). Даны сравнительные характеристики ТРИЗ и ФСА, этапы выполнения работ при использовании ФСА. Приведены общая схема исследования объекта, его функциональная модель и функционально-стоимостная диаграмма.

## В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ...

### Применение электрических параметров режима высокочастотной сварки спиральношовных труб для организации процессов управления и контроля

*Е.А. Пантелеймонов, М.В. Самофалов*

Рассмотрены возможность и целесообразность применения электрических параметров режима сварки для организации процессов управления и контроля в условиях действующих возмущений при производстве тонкостенных спиральношовных труб способом высокочастотной сварки.

### Механизированная линия PLAZER 30PL-W для плазменно-дугового проволочного напыления покрытий на крупногабаритные детали типа «вал»

*В.Н. Коржик, М.Ф. Короб*

Описана механизированная линия PLAZER 30PL-W для плазменно-дугового проволочного напыления покрытий, комплект входящего в нее оборудования. Приведены ее техническая характеристика, преимущества технологии нанесения покрытий с помощью данного оборудования.

### Гибридная сварка: сочетание лазерной и MAG сварки

*Ф. Kolenic, E. Lechovic*

Рассмотрена концепция гибридной сварки, представляющей собой комбинацию двух принципиально различных способов сварки — лазерной и дуговой (MIG/MAG, TIG и плазменная). Даны результаты экспериментальных исследований, описаны преимущества и особенности применения данного способа сварки.

### Наплавка валков центрифуг линий производства минерального утеплителя

*Л.Н. Орлов, А.А. Голякевич, А.В. Хилько, А.А. Кузубов, А.А. Кузубов*

Описаны разработанная сварочная порошковая проволока ППС-ТМВ11С и технология наплавки под флюсом АН26 взамен процесса наплавки импортной сплошной проволокой. Приведены преимущества применения проволоки этой марки — гарантированное бездефектное качество наплавленного металла, невысокая стоимость.

### Технологические форматы систем роботизированной дуговой сварки

*В.В. Иштуткин*

Рассмотрены технологические форматы и методы организации работы систем роботизированной дуговой сварки. Проведен сравнительный анализ производительности технологических схем форматов и представлены критерии их продуктивности.

... И МНОГОЕ ДРУГОЕ!

## Технология нанесения PVD покрытий



Компания Platit (Швейцария) разрабатывает и производит оборудование для нанесения покрытий методом PVD (физическое осаждение из паровой фазы). Покрытия Platit соответствуют высоким стандартам технологии нанесения современных покрытий для инстру-



### Техническая характеристика:

Напряжение титания, В.....	400
Сила тока (50–60 Гц), А.....	100
Время смены катода, мин.....	15
Габаритные размеры, мм.....	2350×1660×2300
Внутренние размеры камеры, мм.....	580×566×580

ментальных сталей и твердых сплавов. Толщина покрытий 1–10 мкм. Они характеризуются высокой однородностью, воспроизводимостью и высоким качеством.

Покрытия Platit снижают абразивный, адгезионный и луночный износ инструмента при «сухой», высокоскоростной обработке и при обработке с применением СОЖ. Покрытие Platit повышает стойкость инструмента и снижает коэффициент трения в пуансонах, матрицах и штампах.

Твердые покрытия Platit повышают производительность и качество поверхности форм для литья пластмасс и для изготовления деталей машин. Их можно наносить при температуре 200–500°C. Благодаря высокой твердости (до 36 ГПа) снижается абразивный износ, повышается надежность детали при «сухой» эксплуатации.

Установку Platit π<sup>300</sup> применяют для нанесения покрытий на инструментальные стали (230°C), высокоскоростные стали (HSS) (350–500°C), твердые сплавы и керметы (350–600°C). Действие установки базируется на технологиях Platit Larc® Cerc® (боковые вращающиеся катоды и центральный вращающийся катод).

С помощью установки могут быть нанесены однослойные, многослойные, нанослойные, наноградиентные, нанокompозитные покрытия, а также комбинация этих покрытий. Стандартные покрытия: TiN, TiAlN, AlTiN, nCo (nc-AlTiN/a-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>).

ООО «Технополис» (Киев) ● #598

## Новый вид сварки для железнодорожного полотна

На Енакиевском метзаводе Группы Метинвест освоена передовая технология сварки железнодорожного полотна.

Алюминотермитная сварка рельсов предназначена для удаления стыков железнодорожного полотна, которые в основном являются первопричиной «болезней» управления железнодорожного транспорта (УЖДТ). Неплотность, разноуровневость рельсовых соединений могут приводить к сходу подвижного состава, в результате чего возможны сбои в производственных процессах и повреждения подвижного состава. Новая же технология сварки позволяет создать бесстыковой путь. Это дает возможность увеличить скорость движения составов, сохраняя при этом безопасность для персонала.

Сварено уже 266 стыков на нескольких железнодорожных перегонах ЕМЗ. Апробация нового способа сварки на этих участках превзошла все ожидания. «Мы уже убеди-

лись на практике, что алюминотермитная сварка мобильна, экономична по времени и трудозатратам, — отметил директор по транспорту ПАО «ЕМЗ» Александр Забродин. — Минимальное количество персонала, используя малогабаритный переносной комплект оборудования, может сваривать рельсы любого профиля даже в труднодоступных местах, причем весь процесс (подготовка, сварка и обработка шва) занимает не более 40–50 минут».

Отметим, что ЕМЗ — единственное металлургическое предприятие страны, которое работает по новейшим технологиям. В ближайшее время УЖДТ ЕМЗ планирует приобрести сварочное оборудование и сырье, чтобы модернизировать железнодорожные магистрали предприятия своими силами. ● #599

www.metalinfo.ru

## Сварочные аппараты M-Pro

Серия сварочных аппаратов M-Pro компании Lorch (Германия) предназначена для MIG-MAG сварки тонколистовой стали с использованием газовых смесей и CO<sub>2</sub>. В аппаратах используют принцип управления «три шага до сварки»: установка необходимой характеристики, установка уровня напряжения, точная установка проволоки. При выборе комбинации «материал-проволока-газ» определяют оптимальные сварочные параметры, а подача проволоки автоматически устанавливается в соответствии с выбранным уровнем напряжения. Управление обеспечивает двух- и четырехтактный режимы, а также регулирование точечной интервальной сварки.

Подача проволоки осуществляется двумя и четырьмя роликами, протяжка проволоки — с помощью кнопки управления, расположенной на механизме подачи проволоки.

Тележка для перевозки баллонов вместимостью 50 л с небольшой погрузоч-



### Техническая характеристика сварочных аппаратов:

	M-Pro 170	M-Pro 300
Сила сварочного тока, А:		
при ПВ=100% .....	90	205
при ПВ=60% .....	110	235
ПВ при максимальной силе тока, % .....	25	35
Напряжение питающей сети, В ...	230–400	400
Сварочный газ .....	Смесь	Смесь+CO <sub>2</sub>
Сварочная проволока диаметр, мм:		
стальная .....	0,6–0,8	0,6–1,2
алюминиевая .....	1,0	1,0–1,2
Масса, кг .....	65	80
Габаритные размеры, мм .....	880×400×755	880×400×755

ной высотой оснащена двойным предохранительным устройством.

Высокую эффективность и малое потребление энергии аппаратов обеспечивает пониженное энергопотребление вентилятора.

Имеются также аппараты для пайки MIG (сила сварочного тока от 15 А для металлических листов толщиной от 0,5 мм).

Аппараты изготовлены и испытаны в соответствии с DIN EN 60974-1, маркированы знаками CE, S и IP 23.

● #600  
Компания Lorch (Германия)

## В Украине изготовили гигантский слиток

На предприятии «Энергомашспецсталь» впервые в истории отлит крупногабаритный слиток массой 415 т.

«Изготовление такого слитка — настоящий технологический прорыв и, бесспорно, новая веха в развитии предприятия. Возможность отливки слитков такого масштаба — это открытые двери к освоению новых типов продукции для атомной, металлургической, нефтехимической и других отраслей промышленности», — заявил генеральный директор ОАО «Энергомашспецсталь» Максим Ефимов.

«Энергомашспецсталь» является крупнейшим производителем литых и кованных

изделий на Украине, входит в машиностроительный дивизион Росатома «Атомэнергомаш». Предприятие уже устанавливало рекорд по массе залитого слитка. Это было в сентябре 2010 г., сообщает пресс-служба «Энергомашспецстали». Тогда по заказу французской фирмы Thyssen Krupp Materials был изготовлен слиток массой 355 т.

На заводе имеют дело не только с крупногабаритным литьем. В начале года на предприятии был введен в эксплуатацию новый станок «Геркулес», который позволяет обрабатывать детали вращения массой до 300 т. Раньше такие детали приходилось отправлять на другие заводы.

● #601

[www.rusmet.ru](http://www.rusmet.ru)

# Разработка порошковых проволок для получения покрытий, стойких к изнашиванию и газовой коррозии

Ю.С. Коробов, д-р техн. наук, В.И. Шумяков, канд. техн. наук, Уральский институт сварки, М.А. Филиппов, д-р техн. наук, С.В. Невежин, УрФУ (Екатеринбург)

*Для повышения ресурса машин различного назначения эффективно нанесение газотермических покрытий, стойких к изнашиванию и газовой коррозии. Нанесение покрытий из порошковых проволок (ПП) металлизацией отличается высокой технологичностью. Лучшее их качество при реализации этих процессов обеспечивает активированная дуговая и сверхзвуковая газовая металлизация. При сопоставимом качестве производительность первого процесса выше в 5–7 раз, до 15 кг/ч при напылении стали. Второй удобнее для работы в монтажных условиях, поскольку в качестве энергоносителей требует только газов. Ниже представлены результаты разработки порошковых проволок, покрытия из которых отличаются стойкостью к изнашиванию при температурах до 200 °С (износостойкие) и к газовой коррозии при температурах до 700 °С (жаростойкие).*

**Износостойкие порошковые проволоки.** Для получения износостойких покрытий используют сплошные и порошковые проволоки из сталей мартенситного класса (типа 40X13), ПП, в шихту которых введены карбиды бора, вольфрама, хрома, а также ПП, обеспечивающие в покрытии структуру метастабильного аустенита (МСА). Последние представляют особый интерес. Материалы, содержащие углеродистый МСА в качестве структурной составляющей, отличаются экономичностью легирования, показывают высокую стойкость в различных условиях механического изнашивания (абразивного, ударно-абразивного, гидро- и газоабра-

зивного, эрозионного, кавитационного, адгезионного, усталостного и др.). Это обусловлено тем, что при контактном нагружении поверхности энергия внешнего воздействия расходуется, в первую очередь, на преобразование микронеоднородной структуры МСА в дисперсный мартенсит. В результате при эксплуатации повышаются твердость и износостойкость таких материалов.

Исследование материалов со структурой МСА для применения в различных областях ведется в УрФУ (ранее УПИ) с середины 1950-х годов. В настоящее время в рамках этого направления разработана и запатентована ПП для металлизации марки ППМ-6.

Ниже представлены результаты анализа фазового состава и структуры покрытий, полученных методом активированной дуговой металлизации (АДМ) с помощью порошковой проволоки, состав которой близок к составу проволоки 150X8T2. Толщина покрытия 1,0 мм, основа – низкоуглеродистая сталь. Травление продольных и поперечных шлифов производили царской водкой, микротвердость измеряли на приборе ПМТ-3 при нагрузках 50 и 100 г.

Металлографический анализ поперечных шлифов покрытий показал (рис. 1), что структура покрытия имеет характерный волнообразный характер расположения структурных составляющих. Покрытие имеет хорошее соединение с основанием, трещин не обнаружено, оксидный слой тонкий, есть редкие утолщения или пустоты, граница между покрытием и основанием зигзагообразной конфигурации.

Согласно рентгеноструктурному анализу, фазовый состав напыленного покрытия с поверхности представляет собой совокупность металлической основы, первичных карбидов титана (TiC), карбидов хрома, а также оксидных фаз. Структура металлической основы представляет собой мартенсит и остаточный аустенит, количество последнего составляет около 50%. Микротвердость покрытия 620–820 МПа.

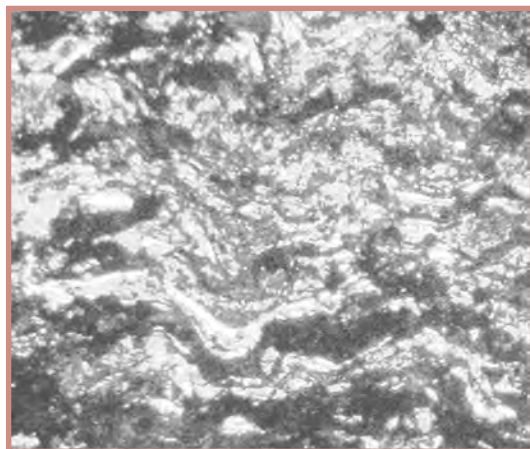


Рис. 1.  
Структура АДМ-покрытия из порошковой проволоки 150X8T2,  $\times 200$



Покрyтия были подвергнуты сорократной обкатке металлическим шариком диаметром 10 мм из стали ШХ15 при скорости движения 0,158 м/с. Нормальная нагрузка на образец составила 10 Н. После обкатки на рабочей поверхности количество остаточного аустенита уменьшилось до 20%, а мартенсита соответственно возросло, что указывает на метастабильность аустенита и его способность к мартенситному  $\gamma \rightarrow \alpha$  превращению при рабочем нагружении. Трещин и отколов на обкатанной поверхности не обнаружено.

Микротвердость поверхности ( $HV_{100}$ ) после обкатки возросла в среднем на 25–30%, до уровня 800–1100 МПа (рис. 2). Для сравнения, согласно нашим измерениям, микротвердость до/после обкатки составила 420/500 МПа для покрытий из стали У8, 250/300 МПа — из стали 08Г2С.

Адгезионная прочность составила 40–45 МПа, что соответствует уровню для никрома, типовому материалу для подслоя. Такое значение связано, очевидно, с повышением температуры частиц за счет тепла экзотермических реакций железа с компонентами шихты.

Полученные характеристики твердости и адгезионной прочности достаточны для обеспечения надежности покрытий на по-



верхностям деталей типового применения. Это шейки валов/осей под подшипники качения и скольжения, рабочие поверхности штоков гидроцилиндров, плоские направляющие. На рис. 3 показаны примеры применения покрытий со структурой МСА, полученных активированной дуговой металлизацией из проволоки ППМ-6.

**Жаростойкие порошковые проволоки.**

Для повышения жаростойкости деталей, работающих в условиях высокотемпературной газовой коррозии, например трубы топчных экранов и пароперегревателей бойлеров тепловых электростанций, применяют, в частности, нанесение защитных покрытий дуговой металлизацией системы

Рис. 2. Микротвердость поверхности напыленного покрытия из проволоки 150Х8Т2 до обкатки и после нее

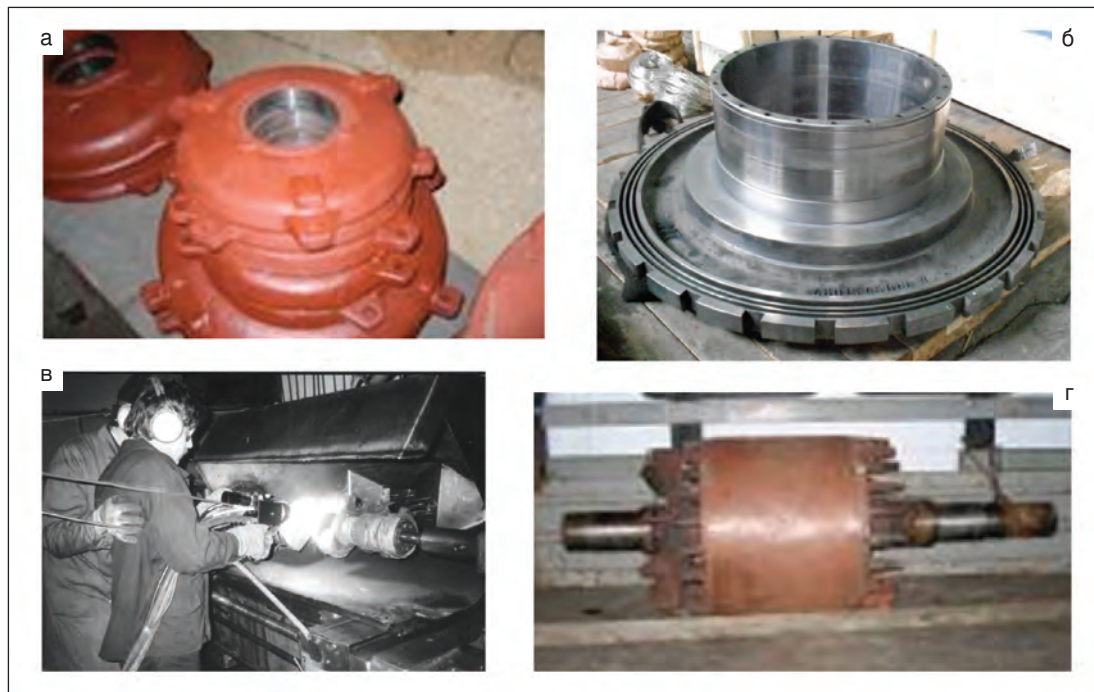


Рис. 3. Детали с покрытиями со структурой МСА: а — подшипниковые щиты электродвигателей диаметром 250–1200 мм («ТехНаМет», Магнитогорск); б — опора станка, на поверхности скольжения диаметром 500 мм покрытие толщиной 5 мм (Машпром, Екатеринбург); в — коленчатый вал двигателя «Камаза» (Авторемзавод, Красноярск); г — ротор электродвигателя, шейки под подшипники качения («ПермьГлобалстройсервис»)

Рис. 4. Результаты растровой электронной микроскопии Fe-Cr-Al-Ti покрытий: а — микро-структура; б — спектр; в — расшифровка спектра

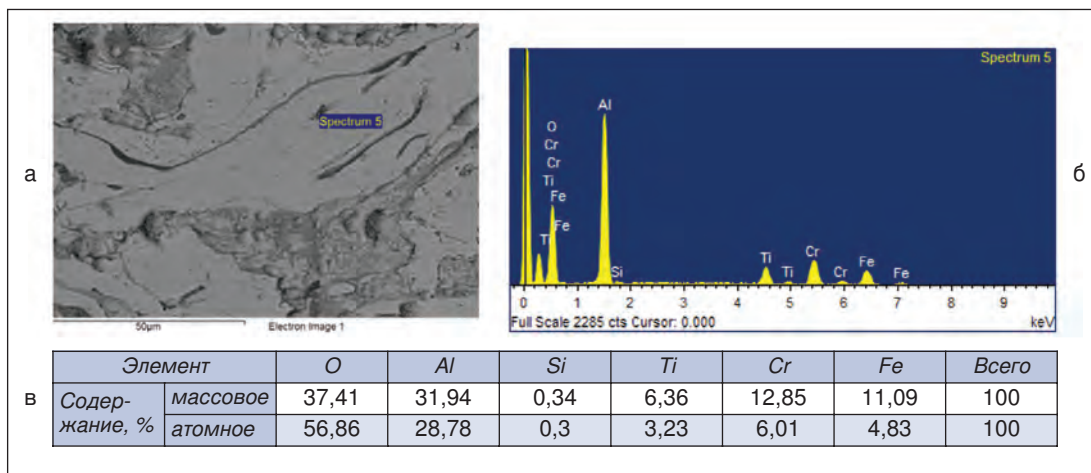
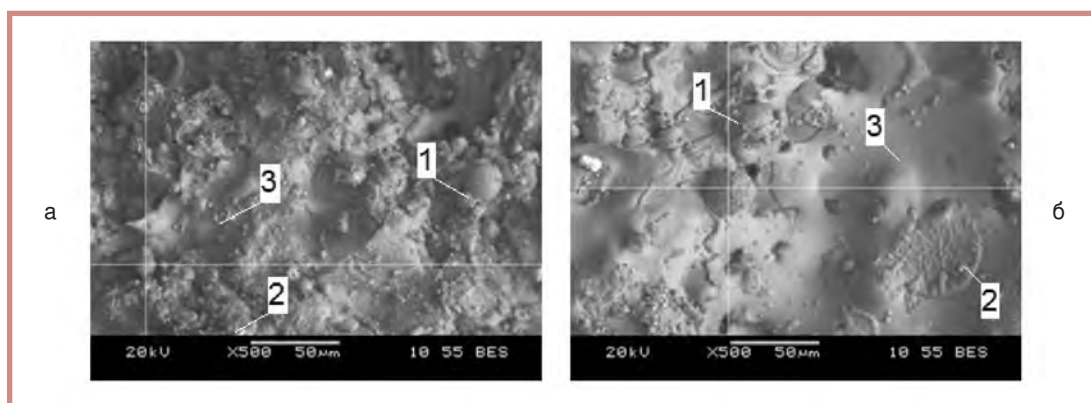


Рис. 5. Микро-структура поверхности покрытий из проволоки типа Fe-Cr-Al, выдержка 24 ч, 700 °С: а — Fe-Cr-Al; б — Fe-Cr-Al-Si-Ti (1 — Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 2 — Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 3 — Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)



легирования Fe-Cr-Al. Их жаростойкость обусловлена формированием на поверхности оксидной пленки Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, которая характеризуется высокой температурой плавления, химической и термической стабильностью. Однако протекание при нагреве покрытий процессов локальной высокотемпературной коррозии, диффузии кислорода и азота в подпокалинные слои приводят к снижению жаростойкости.

Авторами разработана жаростойкая ПП указанной системы легирования, марки ППМ-7, в состав которой дополнительно введены кремний и титан.

Исследования показали, что введение титана препятствует развитию локальной высокотемпературной коррозии. В покрытии при этом образуются термодинамически стабильные и жаростойкие карбиды TiC. При этом предотвращается формирование железохромистых карбидов (Fe,Cr)<sub>7</sub>C<sub>3</sub> и шпинелей (Fe,Cr)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, обладающих низкими защитными свойствами (рис. 4).

При нагреве за счет диффузии железа к поверхности окалины, а также диффузии кислорода и азота в подпокалинные слои происходит образование оксидов железа Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и нитридов алюминия AlN, что нега-

тивно сказывается на жаростойкости покрытий. Для торможения указанных диффузионных процессов в шихту разработанной ПП был введен кремний, в результате чего образовался подпокалинный диффузионно-барьерный слой оксида SiO<sub>2</sub>, при этом не формировались Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и AlN.

Для разработанных ПП после нагрева покрытий до 700 °С были проведены изучение структуры и испытания на жаростойкость. На рис. 5 видно, что в структуре преобладает оксид алюминия, его количество увеличивается при добавлении кремния и титана,

Испытания на жаростойкость проводили при выдержке в течение 24 ч при температуре 700 °С. Удельная потеря массы образцов с АДМ-покрытием составила 0,4 г/(м<sup>2</sup>·ч). Это на порядок ниже аналогичных значений для перлитных и мартенситно-ферритных сталей, широко используемых в котлостроении, таких как 12Х1МФ (ГОСТ 20072) и 1Х12В2МФ (ГОСТ 5632) — 10–80 г/(м<sup>2</sup>·ч), и сопоставимо с показателем для аустенитных сталей 1Х18Н12Т и Х23Н18 (ГОСТ 5632) — 0,1–0,4 г/(м<sup>2</sup>·ч).

Представленные износо- и жаростойкие проволоки освоены в серийном производстве.

● #602

# Применение ремонтной сварки, наплавки и упрочнения в промышленности

**В.А. Коротков**, д-р техн. наук, ООО «Композит», Нижнетагильский филиал УрФУ

*В середине 20-го века рост мощности и быстротей действия машин привел к активизации работ по увеличению износостойкости поверхностей трения. В Англии в 1960-х годах была учреждена новая учебная дисциплина «Трибология». В это же время в Уральском политехническом институте (УПИ) проф. М.И. Разиков создал Отраслевую лабораторию наплавки, в которой разрабатывали новые износостойкие наплавочные материалы.*

В 1970-80 гг. идеи проф. М.И. Разикова развивали в Нижнетагильском филиале УПИ под руководством его ученика — доцента И.А. Толстова. Здесь же одними из первых в стране последовали примеру Англии и в 1989 г. ввели в учебные планы новый курс «Износостойкость машин». В 1990 г. была создана хозрасчетная лаборатория наплавки, в середине 1990-х преобразованная в ООО «Композит». В настоящее время здесь работает около 100 чел., производственные площади — около 4000 м<sup>2</sup>. Предприятие выполняет заказы ведущих предприятий Урала: НТМК, ЧМК, ВСМПО-Ависма, КУМЗ, ЧТПЗ, КГОК, ВГОК, ПНТЗ и др.

Так, на НТМК, в коксохимическом производстве стыки кислотопроводов быстро давали течь, и тонны кислотосодержащей жидкости уходили в почву. В ООО «Композит» с применением аргонодуговой и механизированной сварки были выполнены

опытные швы высокой надежности, поэтому для этих работ «Композиту» выделили производственный участок, с которого началась его производственная деятельность.

В цехе широкополочных балок НТМК при выполнении экспортных заказов из-за быстрого износа роликов шел значительный брак. «Композит» разработал упрочняющую технологию, и для работ по новой технологии были выделены производственные площади.

Тогда же удалось выполнить наплавку роликов старой МНЛЗ (введенной на НТМК в эксплуатацию еще в 1968 г. и закрытой в 1992 г.), что вчетверо увеличило срок их службы. Это послужило основанием для передачи «Композиту» заказа, когда в 1996 г. Уралмашзавод отказался от наплавки (по техническим условиям австрийской фирмы) роликов МНЛЗ-2. В результате была разработана и освоена импортозамещающая наплавка роликов МНЛЗ.

В 1994 г. одна из трех дробилок крупного дробления Качканарского ГОКа из-за износа 100-тонного вала подлежала остановке, что вызвало бы потерю объемов производства всего комбината на 33,3%. Новый вал мог быть изготовлен не менее чем за 8–10 мес. Выход был найден: механики ГОКа собрали стенд для вращения вала, а «Композит» адаптировал к нему наплавочную головку и произвел наплавку. Задача по восстановле-

Производственные здания ООО «Композит»





Плазменная закалка конуса дробилки Сандвик



Штамп с плазменной закалкой



Плазменная закалка установкой УДГЗ-200  
лицевой плиты для прокатной клети

нию вала была решена, а потеря комбина- том объемов производства — предотвраще- на. По решению руководства КГОКа для «Композита» создали условия для органи- зации еще одного производственного участ- ка по восстановлению массивных валов дробилок крупного дробления и других быст- роизнашивающихся деталей оборудования.

Для восстановления шеек тяжелых вал- лов, помимо наплавки, применяли метод электроискрового легирования. С его помо- щью изношенную поверхность наращивали с точностью до сотых долей миллиметра, после чего шлифовка не требовалась. Валы подъемных шахтных машин восстанавлива- ли прямо по месту их эксплуатации, это со- кратило простой оборудования и ремонт- ные расходы. Эксцентровые валы щеко- вых дробилок после восстановления рабо- тали дольше, чем до него.

Работы по заварке глубоких трещин и восстановлению износа на станинах и кор- пусах оборудования обычно производят в условиях дефицита времени, так как дли- тельные ремонтные простои приносят боль- шие потери в объемах производства. В свя- зи с этим в ООО «Композит» в конце 1990-х были созданы передвижные посты механи- зированной сварки (наплавки) и разработа- ны технологии, существенно увеличившие производительность сварочных работ и со- кратившие время и трудоемкость ремонтов. Трещины в определенной мере характери- зуют недостатки в проектировании. Поэто- му во время ремонтной сварки применяют компьютерное моделирование напряженно- го состояния, разработанное проф. Ю.Б. Че- чулиным, и на основе его результатов вно- сят изменения в сварную конструкцию. Таким образом ремонтируют корпуса дро- билки, прессов, прокатных клетей и проч.

В период 2001–2004 гг. в ООО «Компо- зит» появились собственные производст- венные площади. Предприятие приняло участие во «втором рождении Уралвагонза- вода» — именно так охарактеризовал генди- ректор Н.А. Малых возобновление (после 10-летнего перерыва в 1990-х) массового производства вагонов по «госзаказу». Специа- листами «Композита» была восстанов- лена станина радиально-ковочной машины для производства колесных осей. В произ- водство внедрили износостойкую наплавку автосцепок как обязательное условие от- крытия «госзаказа» на поставку вагонов. И, наконец, была освоена плазменная за- калка штампов, в которых испытывалась

нехватка в связи с переходом по «госзаказу» на прочные сорта металлопроката. Эффективность проведенных работ в 2003 г. побудила руководство Уралвагонзавода к созданию у себя первого на предприятиях страны Бюро триботехники.

В 2004–2007 гг. «Композит» поставил оборудование и технологию износостойкой наплавки колес шахтных вагонеток для ВГОКа и БРУ; валов насосов — для Уралгидромаша; роликов МНЛЗ — для Ашинского металлургического завода. Для НТМК разработана и внедрена технология термообработки штампов импортной линии по производству железнодорожных колес.

Отечественная техника ремонтируется чаще, чем импортная. Это происходит из-за того, что многие детали не проходят закалку. Чтобы сделать ее более доступной, «Композитом» в 2002 г. разработана установка ручной плазменной закалки УДГЗ-200. Она позволяет сварщику выполнять работу в самых труднодоступных местах. В 2008 г. установка УДГЗ-200 отмечена медалью Женевского салона изобретений и инноваций. За ее разработку работники «Композита» удостоены премии губернатора Свердловской области для молодых ученых.

Первые опыты по закалке крупномодульных ( $m \geq 6$ ) зубьев шестерней, колес и венцов дали увеличение сроков их службы в 2–3 раза. Закалка рельсов на цеховых путях для передаточных тележек сократила их износ более чем в 10 раз. При плазменной закалке многократно возрастает стойкость разнообразных штампов (вырубных, формовочных, вытяжных).

**Характеристики установки УДГЗ-200.** В установку входят источник питания, закалочная горелка и блок ее водяного охлаждения. Масса 20+0,5+20 кг. Напряжение сети 380 В. Мощность 10 кВт.

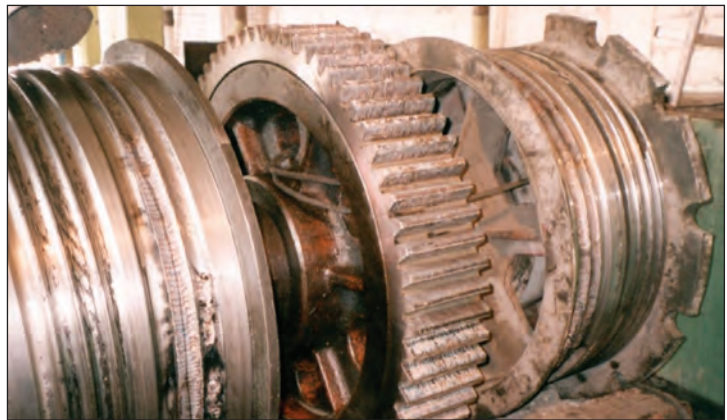
**Характеристики закаленных дорожек.** Ширина 7–14 мм. Твердость до 65 HRC (зависит от стали). Глубина 0,5–1,5 мм. На поверхности остаются цвета «побежалости», шероховатость сохраняется в диапазоне  $Ra = 0,63...3,2$ .

**Характеристики процесса.** Производительность 25–95 см<sup>2</sup>/мин. Рабочий газ — аргон (15 л/мин).

Продолжается сотрудничество «Композита» с Нижнетагильским филиалом Уральского федерального университета (УрФУ). Начиная с 2001 г., проводятся научно-практическая конференция «Сварка. Реновация. Триботехника» и семинар меха-



Закалка установкой УДГЗ-200 зубчатого колеса



Зубья шестерни и канатный ручей (1,5 витка) барабана «напора» экскаватора ЭКГ-10 с плазменной закалкой

ников «Износостойкость машин и проактивные ремонты», которые в последние несколько лет собирают по 70–100 участников. Приезжают специалисты из С.-Петербурга, Москвы, Ижевска, Кирова, Уфы, Алма-Аты, Петропавловска, Омска, Томска, Новосибирска, Иркутска и др. Очередная конференция «Сварка. Реновация. Триботехника» пройдет в феврале 2013 г., условия участия в ней размещены на сайте [www.oookompozit.ru](http://www.oookompozit.ru).

Инновационная и социальная деятельность «Композита» неоднократно получала одобрение на различном уровне: в 2004 г. — Почетная грамота Правительства РФ; 2006–2011 гг. — Лучшее малое промышленное предприятие Н. Тагила; 2008 г. — Диплом «Роспатента». В год своего 20-летия ООО «Композит» было включено в Национальный реестр «Ведущие промышленные предприятия России 2010 г.». ● #603

# Комплекс для плазменно-дугового упрочнения прокатных валков

Д.В. Безносков, НТИ(ф) УрФУ (Нижний Тагил), А.Г. Перин, А.В. Мезенцев, ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» (Новокузнецк), А.А. Бердников, ООО «Урал-Техно-Плазма НТ» (Нижний Тагил)

Модернизация имеющегося на предприятии оборудования, расширение его функциональных возможностей позволяют сократить затраты на приобретение дополнительного оборудования для реализации нового технологического процесса, не требуют увеличения или радикальной реконструкции производственных площадей и коммуникаций. Это в полной мере относится к участку изготовления прокатных валков рельсобалочного цеха ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», где был выполнен основной этап проекта «Внедрение системы упрочнения прокатных валков».

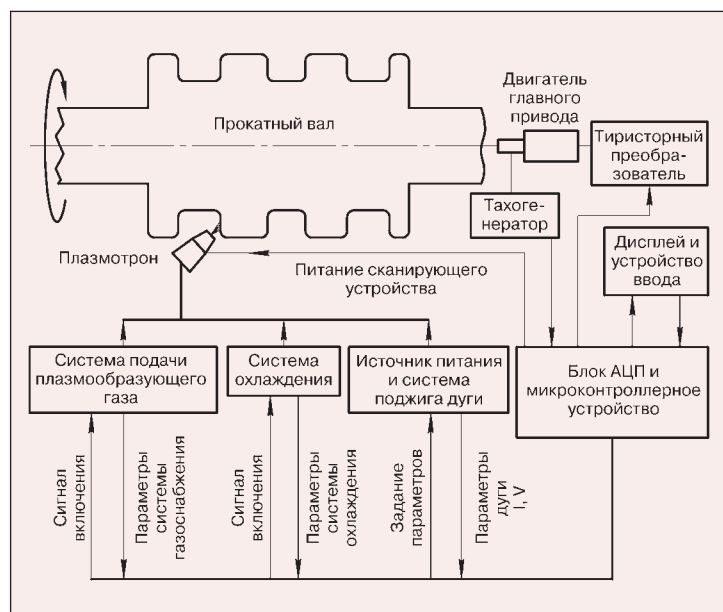
Совместно со специалистами ОАО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат», специалистами ООО «Урал-Техно-Плазма НТ» и лабораторией НИЧ НТИ(ф) УрФУ в сентябре 2011 г. был разработан, изготовлен, смонтирован и принят в эксплуатацию технологический комплекс поверхностного упрочнения чугуновых и стальных валков горячей прокатки сортовых профилей, шеек валков и бандажей роликоправильных машин. Он создан на базе вальцетокарного станка 1К826 и универсального двухрежимного модуля – поверхностной электродуговой (ЭДЗ) и плазменной закалки (ПЗ). При работе модуля в обоих режимах используется

дуга прямого действия. Ранее запланированное размещение установки ПЗ на отдельном вальцетокарном станке было заменено интегрированием ее в уже существующую и давно работающую установку аргонодуговой закалки. Радикальные изменения конструкции узлов и электрической схемы установки выполнены с целью получения нового модуля – установки «двойного» назначения. Были разработаны и изготовлены: новое устройство сканирования (отклонения) дуги для возможности попеременной работы на имеющихся аргоновых горелках и на поставляемых плазмотронах; универсальное устройство поджига дуги (осциллятор), отвечающее требованиям обоих технологических процессов; система блокировки по давлению аргона, позволяющая использовать этот плазмообразующий газ при существующих нормах безопасности в действующем производстве. Кроме вновь разработанной системы, сохранили и адаптировали к двухрежимной работе ранее использовавшуюся систему блокировок по расходу, давлению и температуре охлаждающей горелки жидкости.

Новое программное обеспечение блоков сканирующего устройства и системы блокировки по газу позволило интегрировать все узлы установки в автоматизированную систему управления комплексом на базе программируемого контроллера фирмы Siemens серии S7-300.

Из-за больших габаритных размеров и массы закаливаемые прокатные валки устанавливаются в вальцетокарном станке, мало приспособленном для проведения этого процесса. Для обеспечения качества закаленных участков и соблюдения всех технологических режимов от оператора ПЗ и ЭДЗ требуется определенная подготовка и опыт. Система автоматизированного управления комплексом индицирует и стабилизирует все технологические параметры, осуществляет все необходимые блокировки, своевременно останавливает работу комплекса в случае аварийных ситуаций, что

Рис. 1. Структурная схема закалочного комплекса



позволяет добиться более высоких производственных показателей и упрощает работу оператора.

Закалочный комплекс (рис. 1) состоит из генератора плазменной дуги – плазмотрона (аргодуговой горелки), источника питания электрической дуги, системы поджига и сканирования дуги (рис. 2), системы подачи и регулирования расхода газа (рис. 3), системы охлаждения узлов плазмотрона (горелки) и автоматизированной системы управления с устройством ввода и вывода параметров. Все узлы комплекса имеют двухстороннюю связь с контроллером автоматизированной системы управления. В процессе работы контроллер непрерывно следит за параметрами двухрежимного модуля и механизмов станка, предупреждает о возникновении нештатных ситуаций и при выходе параметров за допустимые пределы блокирует работу комплекса, предотвращая грубое оплавление поверхности упрочняемых калибров валка или выход из строя плазмотрона. Индикация и изменение параметров осуществляются с помощью операторской панели пульта управления. Вывод текстовых сообщений о неисправностях и их подтверждение выполняется с помощью второй операторской панели на шкафу управления комплексом.

В качестве примера рассмотрим влияние на качество закаленной полосы расстояния от сопла плазмотрона до изделия. Сила тока дуги обратно пропорциональна расстоянию (при разомкнутой системе управления силой тока дуги), а расстояние прямо пропорционально напряжению дуги. В процессе закалки оператору приходится вручную ориентировать плазмотрон относительно поверхности упрочняемого калибра при непрерывном вращении детали. Постоянно поддерживать точное расстояние от сопла до изделия проблематично, особенно при закалке валков со сложным профилем калибров. При уменьшении расстояния может произойти оплавление поверхности, а при увеличении – уменьшится глубина упрочненного слоя. Закаливая валок на данном комплексе, оператор задает с пульта управления режим закалки, предусмотренный технологической инструкцией для данного валкового материала и диаметра упрочняемого участка поверхности калибра. С помощью обратной связи по напряжению дуги и вычисляемой линейной скорости в данной точке поверхности калибра валка по его диаметру корректируется сила тока.

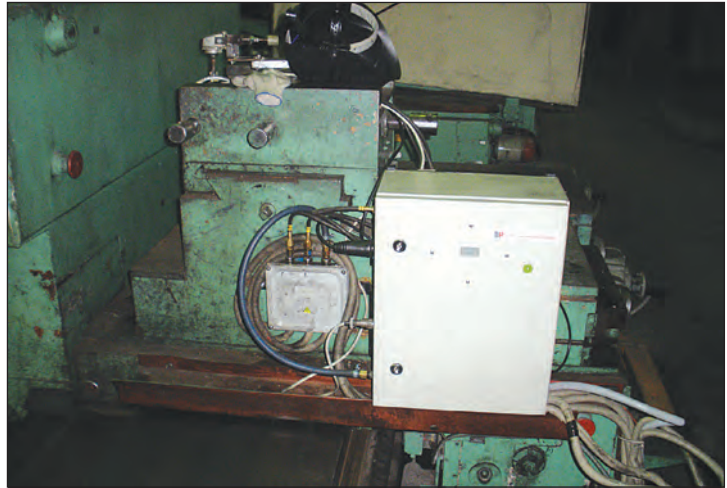


Рис. 2. Блок поджига и сканирования дуги, смонтированный на суппорте станка



Рис. 3. Блок системы подачи и регулирования расхода аргона

Значения напряжения и силы тока дуги поступают в аналого-цифровые преобразователи (АЦП) контроллера через модули гальванической развязки. При колебаниях длины дуги, связанных с изменением профиля закаливаемого калибра, контроллер изменяет силу тока, исключая опасность оплавления поверхности или снижения глубины упрочненного слоя. Оператор и визуально может судить о стабильности горения дуги, своевременно изменяя положение (ориентацию) плазмотрона.

Для получения участков с одинаковой глубиной упрочненного слоя линейная скорость перемещения плазмотрона или горелки относительно поверхности валка должна иметь определенное и стабилизированное значение. Это обеспечивают с помощью

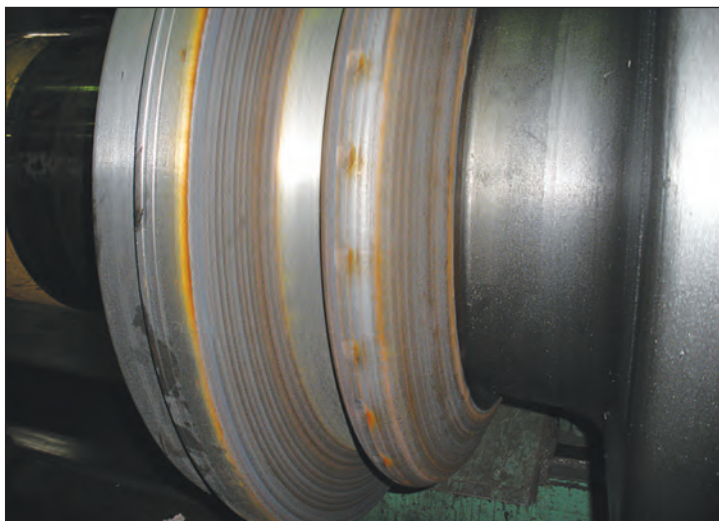


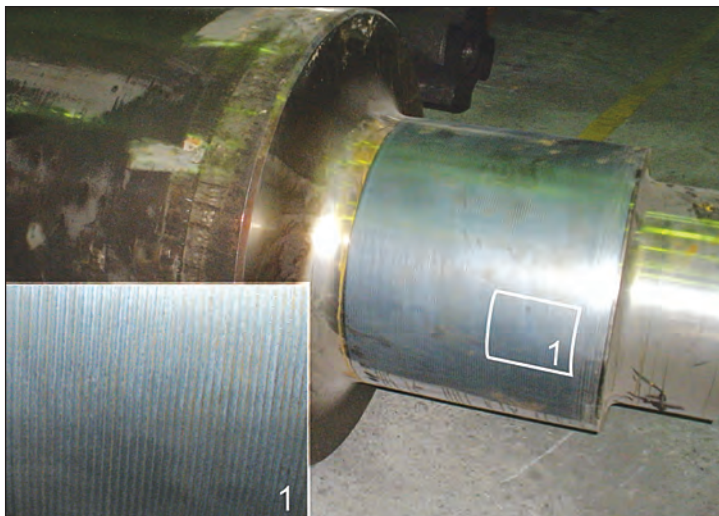
Рис. 4. Калибр валка после ПЗ

замкнутых систем регулирования скорости главного привода и скорости подачи суппорта. Оператор с пульта управления может плавно изменять скорость. К функциям контроллера относится также слежение за температурой и расходом охлаждающей жидкости, давлением и расходом аргона, заданной и фактической силой тока дуги.

Технологический комплекс позволяет закалять валки сразу после их токарной обработки. Грузоподъемность станка 1К826 обеспечивает установку на нем практически всех ремонтируемых (перетачиваемых) в УИПВ РБЦ валков. ПЗ опытных комплектов валков разных клетей для прокатки швеллеров и рельсов повысила их стойкость на 24–127% и наработку на 24–84%. На рис. 4 показаны упрочненные ПЗ участки сложной по конфигурации пятого калибра валка предчистовой клетки для прокатки рельсов Р65.

Электродуговая закалка по производительности уступает плазменной в 2–3 раза

Рис. 5. Шейка прокатного валка после ЭДЗ



из-за меньшей ширины упрочняемой полосы и затруднена при закалке фрагментов калибров сложной конфигурации. Однако локальность нагрева дает существенные преимущества. Меньший разброс значений твердости и меньшая зона частичного отпуска при наложении полос делает ЭДЗ предпочтительной при закалке ровных цилиндрических поверхностей, например, шеек валков (рис. 5). По глубине упрочнения она не уступает плазменной закалке. За счет высокой твердости на шейках предупреждаются поверхностные задиры и исключаются затраты на трудоемкую перешлифовку, в 2–3 раза снижается расход материалов опорных подшипников скольжения. Таким образом, использование двухрежимного модуля закалочного комплекса и техники и экономически оправданно. Для смены режима ЭДЗ на режим ПЗ необходимо только закрепить на суппорте станка вместо аргонодуговой горелки плазматрон и переключить режим (способ) закалки в специальном окне операторской панели. При производительности поверхностной закалки 0,2–2 м<sup>2</sup>/ч комплекс обеспечивает при двухсменном режиме работы операторов упрочнение всех комплектов валков площадки №2, необходимых для выполнения годовой программы проката. При необходимости комплекс может быть использован как обычный вальцетокарный станок для токарной обработки валков с использованием одного из двух суппортов.

Использование вальцетокарного станка в качестве базового минимизировало расходы на создание комплекса плазменно-дугового упрочнения прокатных валков. Кроме того, он спроектирован с учетом возможной малозатратной модернизации двухрежимного модуля. Совершенствование автоматизированной системы управления комплексом предполагает выполнение задания и поддержание нужной линейной скорости перемещения дуги путем ввода в систему номера чертежа валка или значений диаметров упрочняемого участка поверхности.

После окончания реконструкции ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» и перехода на новые технологические схемы передела в прокатном производстве с использованием новых валковых материалов планируется завершающий этап проекта «Внедрение системы упрочнения прокатных валков» — отработка технологии, перепрограммирование двухрежимного модуля и закалка 100% валков рельсовой площадки №2.

● #604



## OrbiMAG – ПРОСТАЯ ОРБИТАЛЬНАЯ СВАРКА



- Квалифицированные сварщики больше не требуются!
- Механизированная сварка методом MAG неповоротных труб диаметром более 100 мм
- Сварка корневого шва с зазором без подкладок по немецкой технологии EWM-pipeSolution®
- Сварка заполняющих и лицевых слоёв порошковой проволокой
- Широкий выбор стандартных присадочных материалов
- Цена комплекта оборудования от 20 тыс. €
- Plug & Weld. Подключай и Вари

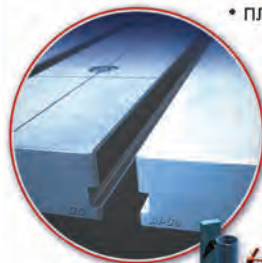


Больше информации:

[www.otm-co.net](http://www.otm-co.net)

тел./факс: +380 (57) 7807081

## Гибкая 3D система сварочных столов



- плавное перемещение креплений по T-образным пазам
- поверхность столов из серого чугуна устойчива к сварочным брызгам
- поверхность столов из Al/Si сплава для сварки нержавеющей стали
- поверхность столов может комбинироваться с подъемной, поворотной и наклонной функциями
- поверхность столов может видоизменяться



**FÖRSTER**  
WELDING SYSTEMS

Устройства для профессионалов  
[www.сварочные-столы.рф](http://www.сварочные-столы.рф)

## НАВКО-ТЕХ

Automatic machines and robots for arc welding

Автоматические установки и роботы для дуговой сварки и наплавки



УСТАНОВКИ ДЛЯ СВАРКИ ПРЯМОЛИНЕЙНЫХ ШВОВ

УСТАНОВКИ ДЛЯ СВАРКИ КОЛЬЦЕВЫХ ШВОВ

РОБОТТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ СВАРКИ

СВАРОЧНАЯ АППАРАТУРА



Украина, Киев  
Тел.: +38 044 456-40-20  
Факс: +38 044 456-83-53

<http://www.navko-teh.kiev.ua>

E-mail: [info@navko-teh.kiev.ua](mailto:info@navko-teh.kiev.ua)

ЧАО «АРТЕМОВСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

VISTEC

ВИСТЕК



- Производство электродов:  
АНО-4; АНО-21; АНО-36; VISWELD E6013  
MP-3; УОНИ 13/45; УОНИ 13/55

ул. Артема, 6, г. Артемовск,  
Донецкая область, 84500, Украина  
Тел.: +38 (062) 340-19-11, 341-13-42; (0627) 44-02-50  
Факс: +38 (062) 340-19-10; +38 (0627) 44-02-50  
e-mail: [office@vistec.dn.ua](mailto:office@vistec.dn.ua)

[www.vistec.com.ua](http://www.vistec.com.ua)





**Надежное оборудование для сварки и плазменной резки:**



**Установка плазменной резки  
УПР-151У3**

- бесконтактное (осцилляторное) зажигание дуги;
- резка металла толщиной до 50мм;
- три ступени тока резки - 50А, 90А и 150А;
- продолжительный режим работы.



**Выпрямитель для сварки  
и плазменной резки ВДПР-306У3**

- контактное зажигание дуги;
- резка металла толщиной до 25мм;
- резка тонких листов толщиной 0,5-1,5 мм;
- сварка постоянным током 70 - 315А.



**Агрегат для сварки и плазменной  
резки АДПР-2x2501ВУ1**

- контактное зажигание дуги;
- два поста ручной дуговой сварки по 250А или один пост плазменной резки;
- разделительная резка металлов толщиной до 25мм;
- встроенные компрессор с ресивером;
- вспомогательный генератор на 6кВт, 380В, 50Гц;
- встроенный термопепал на 8 кг электродов.

**Для механизированной резки труб  
с формированием разделки:**



**Машинка для резки труб МРТ-01**

- предназначена для газовой или плазменной резки стальных труб с наружным диаметром от 219 до 1420мм в полевых условиях;
- малогабаритная, вес 3,8кг;
- ручной привод от гибкого вала;
- перемещается по цепи;
- быстрая доставка к месту проведения работ и установка на трубу;
- резка под углом к поверхности трубы.

Все установки имеют систему подготовки воздуха: регулятор давления, фильтры очистки воздуха.  
**Температура эксплуатации от -40 до +40°C.**

**Учебный центр ЗАО "Уралтермосвар" предлагает свои услуги в обучении Ваших специалистов работе на выпускаемом заводе оборудовании.**

# Системный подход к свариваемости массивных конструкций сложной формы

**В.И. Панов**, д-р техн. наук, ОАО «Уралмашзавод» (Екатеринбург)

*Оценка свариваемости металла тяжело нагруженных массивных конструкций сложной формы трудносвариваемых сталей, в том числе и бывших длительное время в эксплуатации, позволяет выполнять восстановительные работы на конструкциях с поврежденным металлом.*

Анализ соответствующих документов Германии, США, Великобритании и других стран показывает, что общепринятое определение свариваемости в них отсутствует. В частности, рекомендация ISO R 581, разработанная IX Комиссией МИС «Поведение материалов при сварке», послужила основой для стандарта ISO R 581-1980. В нем отмечается, что свариваемость зависит от четырех факторов — материала, технологического процесса, типа конструкции и ее функционального назначения.

Тем не менее, общая суть понятия «свариваемость» одна — металл сварных соединений не должен иметь трещин, а его механические свойства должны соответствовать служебным характеристикам, определенным техническими требованиями чертежа, нормативно-технической документацией и т. п. Рассмотрим, насколько современное состояние понятия свариваемости отвечает требованиям ремонтной сварки массивных конструкций индивидуального тяжелого машиностроения

В подавляющем большинстве случаев восстановительные работы выполняют на конструкциях сталей, у которых  $C_{\text{экв}} > 0,8...0,9$ . Эти стали называют трудносвариваемыми и в сварных конструкциях не применяют, в связи с этим данных о их свариваемости в литературных источниках нет. Содержание углерода в этих сталях (60ХН, 75ХМ, 9Х2МФ и др.) превышает 0,45%, поэтому математические модели расчета свариваемости непригодны. В подавляющем большинстве случаев приходится пользоваться справочными данными по распаду переохлажденного аустенита.

Ремонтной сварке подвергают также металл, имеющий в силу масштабного фактора и технологической наследственности исходную поврежденность. Деграция металла увеличивается в процессе длительного производственного цикла, монтажа, при первом рабочем нагружении, эксплуатации. В некоторых случаях восстановление работоспособности разрушенных базовых деталей тяжело нагруженного оборудования необходимо выполнять при наличии трещин.

Принято считать, что при значении параметра трещинообразования  $P_{\omega} < 0,286$ , входящего в состав параметрических уравнений Ито — Бессею, образование трещин маловероятно. При ремонтной сварке швов большой толщины сварочными материалами типа Э50А (электроды марки УОНИ 13/55)  $P_{\omega}$  составляет менее 0,185. Многопроходный шов большой толщины является слабым местом. Вероятность образования трещин в нем исключительно велика.

Конструкторско-технологическое обеспечение ремонтной сварки конструкций индивидуального тяжелого машиностроения (прессового, дробильно-размольного, экскаваторного, прокатного и других видов оборудования и машин) представляет собой документ, содержащий большое количество требований (рис. 1), и каждый раз они носят индивидуальный характер.

Основной проблемой при принятии решения о выполнении ремонтной сварки конструкций индивидуального тяжелого машиностроения является обеспечение гарантированного результата. Под ним понимается эксплуатация восстановленного оборудования в течение установленного срока, что определяется, в первую очередь, свариваемостью металла. Поэтому была разработана методика критериального многофакторного подхода к свариваемости деталей с металлом, структура которого получила ту или иную степень деграции под влиянием масштабного фактора, а также в силу принципа конструкционной и техно-

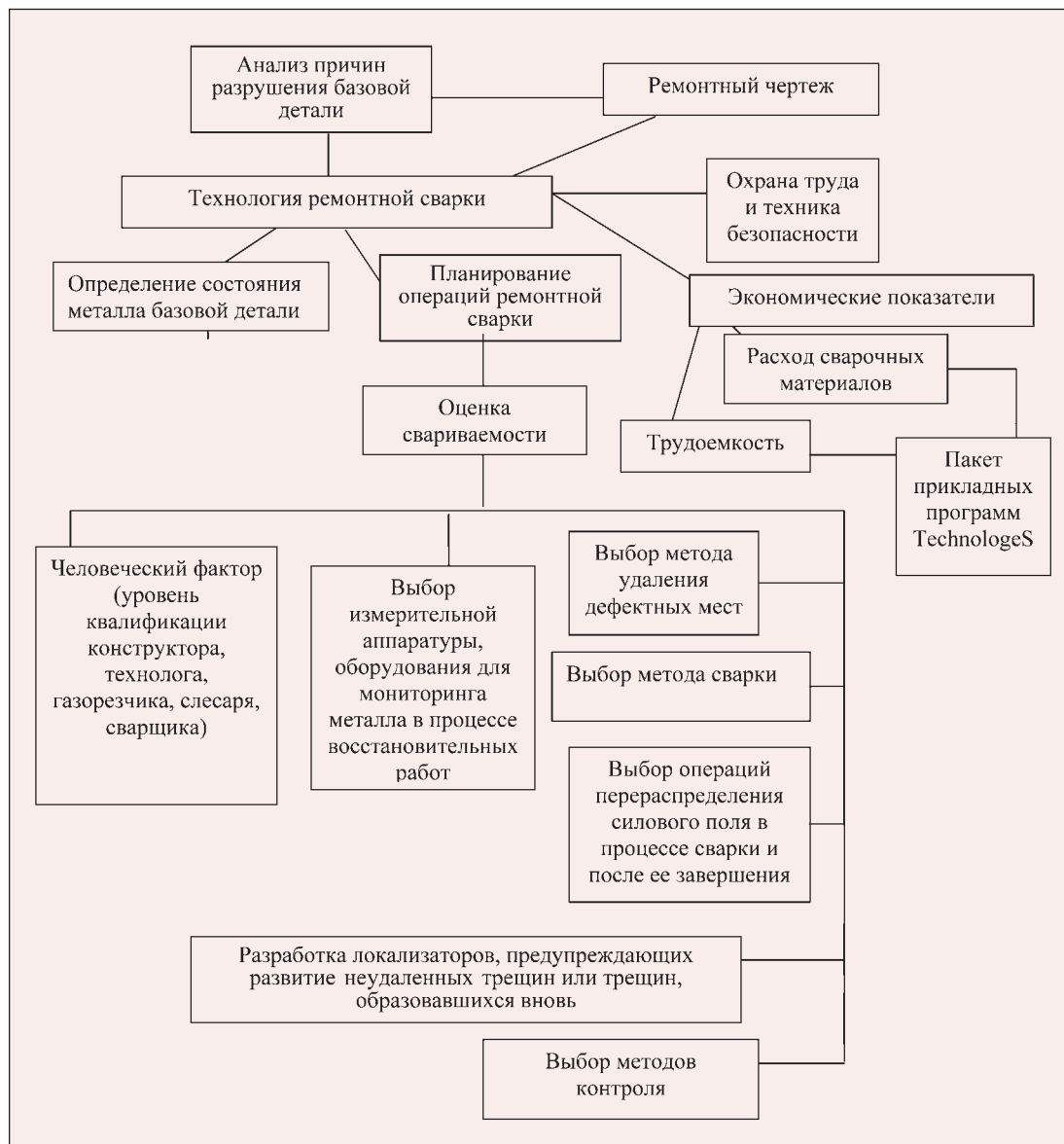


Рис. 1. Схема взаимосвязей показателей свариваемости ремонтной сваркой массивных конструкций сложной формы тяжело нагруженного оборудования

логической наследственности и эксплуатационного нагружения.

Для принятия управляющих конструкторско-технологических решений при выполнении ремонтной сварки базовых деталей тяжело нагруженных машин принят блочно-иерархический подход. Рассмотрим его на примере шагающего экскаватора.

Произведем декомпозицию: машина (шагающий экскаватор) — базовая конструкция — узел — деталь (рис. 2). Принцип иерархичности свариваемости означает структурирование представлений о ремонтируемой детали по степени детальности описаний, а принцип блочности (декомпозиции) — разбиение представлений каждого уровня на ряд составных блоков с воз-

можностью отдельного поблочного проектирования.

Для начала отметим, что напряженно-деформированное состояние массивной отливки будет значительно изменяться в процессе длительного производственного цикла. В итоге перед началом сварочных работ оно будет значительно отличаться от уровня, заложенного в чертеже. Релаксация напряжений может вызвать образование трещин.

В частности, ремонтную сварку базовых деталей экскаватора трудносвариваемых сталей придется выполнять в полевых условиях при низких температурах, когда предварительный подогрев или последующая термическая обработка практически невыполнимы.



Рис. 2. Декомпозиция базовых деталей на примере шагающего экскаватора

Сварке может подлежать металл, подвергнутый в процессе эксплуатации значительной деградации — деформационному (дробильно-размольное, прессовое и др. оборудование) или термдеформационному (прессовое оборудование, тормозные шкивы буровых установок и др.) старению. В каждом случае подход к вопросам свариваемости (технологической, конструкционной и эксплуатационной прочности) будет различным. Поэтому введено понятие «функциональной свариваемости» (рис. 3, 4).

На каждом иерархическом уровне используют свои понятия системы, подсистемы и элементов. На уровне 1 (верхнем уровне) конструкция, подвергаемая сварке, рассматривается как система  $S$ , состоящая из  $n$  взаимосвязанных и взаимодействующих подсистем  $S_i$  (рис. 5).

Каждый из элементов в описании уровня 1 также представляет собой сложный объект, который, в свою очередь, рассматривается как система  $S_i$  на уровне 2. Элементами систем  $S_i$  являются объекты  $S_{ij}$ .

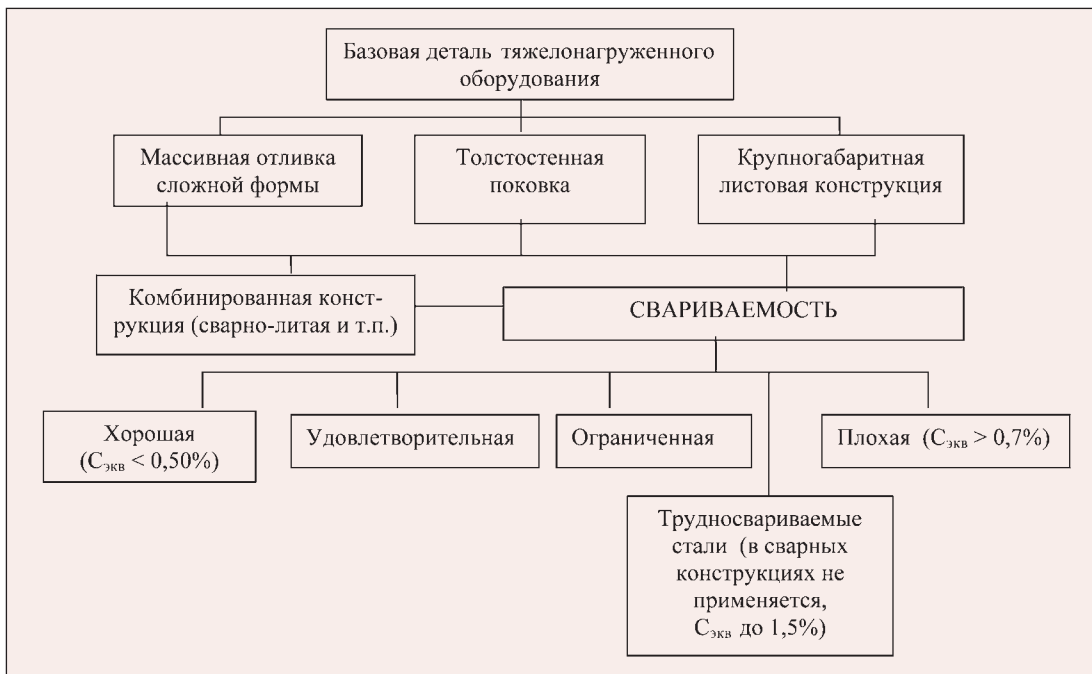


Рис. 3. Классификация групп свариваемости применительно к ремонтной сварке конструкций индивидуального тяжелого машиностроения

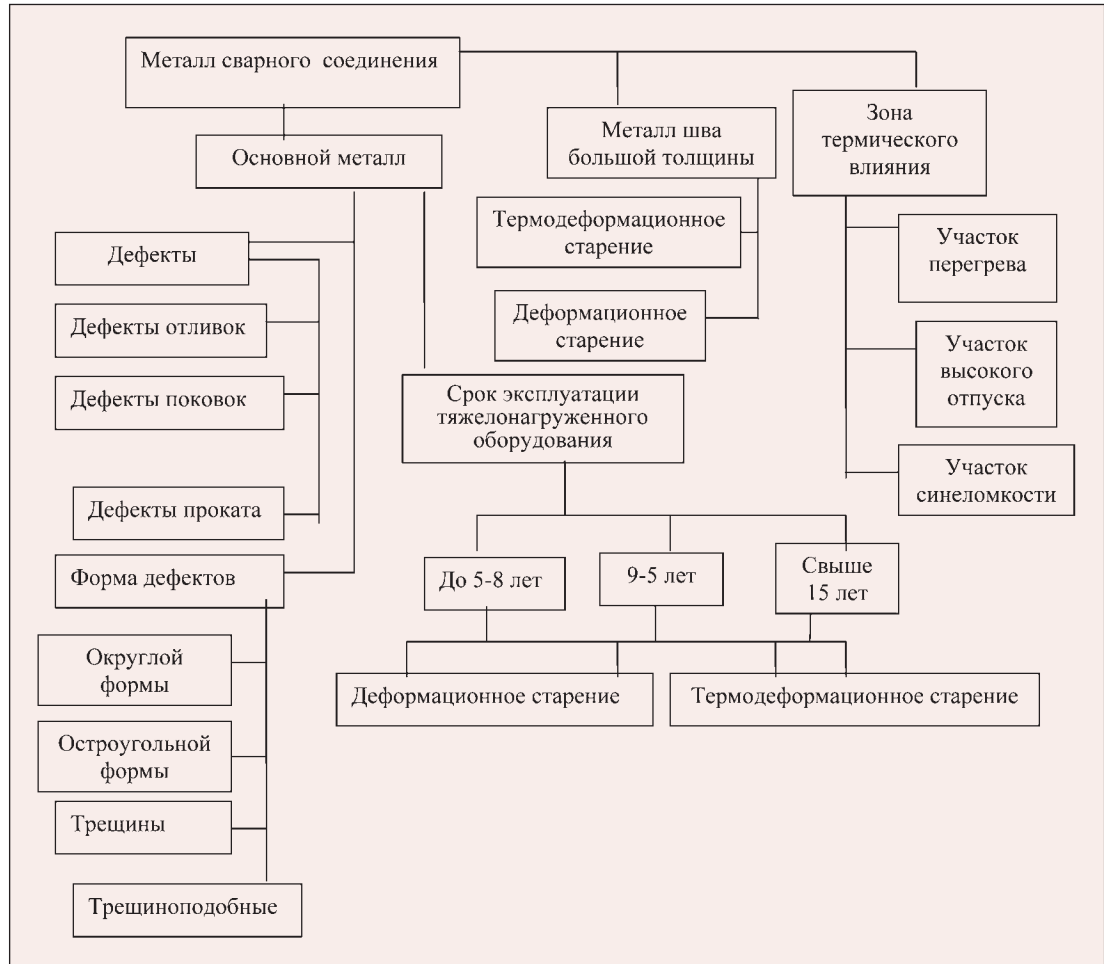


Рис. 4. Факторы, влияющие на образование холодных трещин в металле массивных конструкций сложной формы

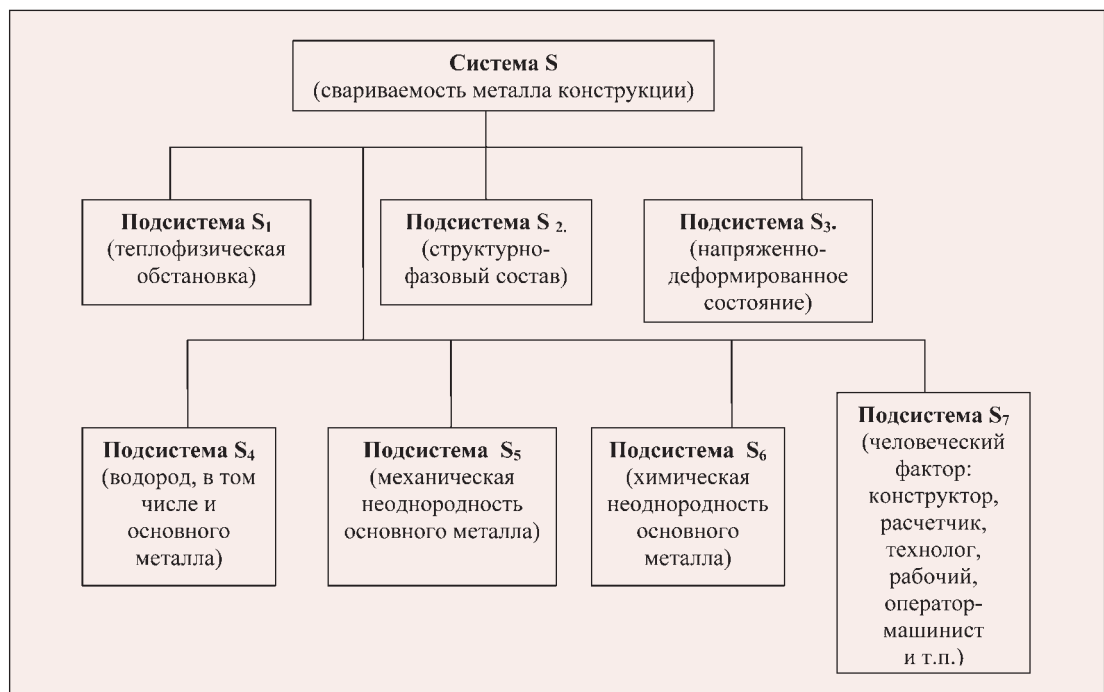


Рис. 5. Системно-иерархическая структура функциональной системы оценки свариваемости при ремонтной сварке массивных конструкций сложной формы

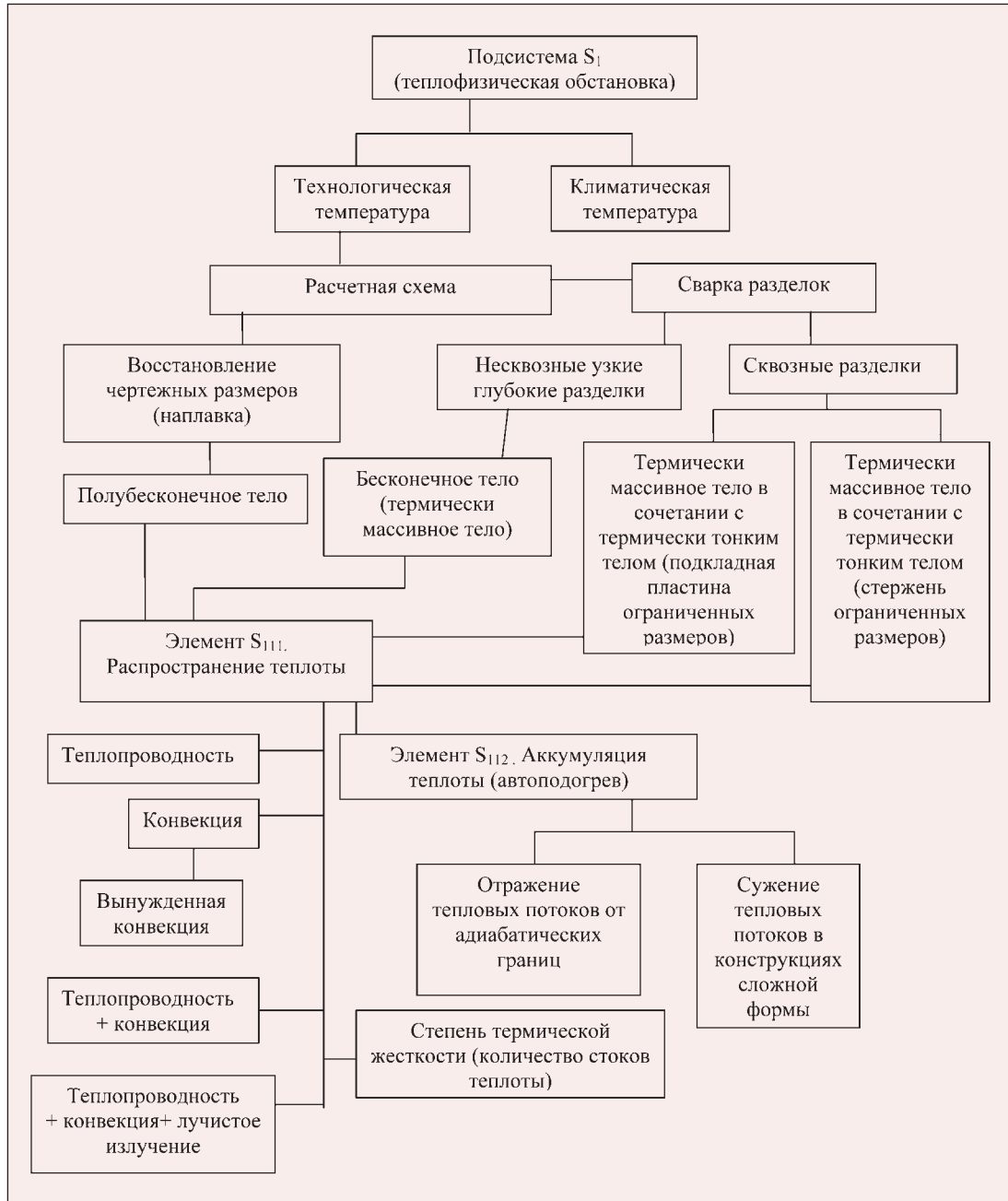


Рис. 6. Иерархический уровень теплового фактора свариваемости массивных конструкций сложной формы

$j = 1, 2, \dots, m_j$  (где  $m_j$  — количество элементов в описании системы  $S_j$ ). Элементы  $S_{ij}$  выделяют по функциональному признаку. Деление элементов на уровни происходит вплоть до появления элементов, которые дальнейшему делению не подлежат. Рассмотрим это положение на примере учета теплофизической обстановки выполнения восстановительных работ на массивных конструкциях сложной формы (рис. 6).

Ремонтную сварку конструкции тяжелонагруженного оборудования следует рассматривать как систему, имеющую иерар-

хический характер, состоящую из подсистем и элементов. Разработан универсальный подход и критерии оценки свариваемости металла массивных конструкций сложной формы тяжелонагруженного оборудования, подвергаемого ремонтной сварке. Характеристика материала «свариваемость» напрямую связана с изменением свойств (деградацией) на всех этапах его жизненного цикла, поэтому при разработке конструкторско-технологических решений целесообразно применение термина «функциональная свариваемость». ● #605

# Наплавка деталей строительной и дорожной техники

Я. П. Черняк, канд. техн. наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины

*Детали ходовой части транспортных гусеничных машин эксплуатируются в условиях интенсивного изнашивания при трении металла о металл и наличии абразива. В некоторых случаях значительные ударные нагрузки ускоряют процесс изнашивания. В ИЭС им. Е. О. Патона разработаны наплавочные материалы с высокими сварочно-технологическими свойствами, применение которых позволяет продлить ресурс работы быстроизнашивающихся деталей строительной и дорожной техники, таких как звездочки бульдозеров, тракторов, гусеничных кранов. Износ зубьев в этих деталях достигает 50% от их номинальных размеров. Ведущие звездочки изготавливают в основном из высокоуглеродистых литых сталей 55, 65Г, 110Г13Л, иногда для их изготовления используют чугун. В состоянии поставки рабочие поверхности звездочки должны быть закалены до твердости 50–60 HRC<sub>3</sub>. Но как показывает опыт, производители зачастую пренебрегают термической обработкой и поставляют звездочки в «сыром» состоянии с твердостью на контактных поверхностях 30–35 HRC<sub>3</sub>.*

Для восстановления зубьев ведущей звездочки крана КС 8165 грузоподъемностью 100 т, изготовленной из стали 55, разработана технология двухслойной наплавки зубьев (рис. 1). Для предотвращения образования трещин изношенную поверхность



Рис. 1. Внешний вид восстановленной ведущей звездочки крана КС8165

зуба облицовывали порошковой проволокой ПП-АН1, обеспечивающей получение пластичного подслоя. Для восстановления геометрии зубьев использовали порошковую проволоку ПП-АН199, обеспечивающую получение наплавленного металла с твердостью 43–52 HRC<sub>3</sub>. Износостойкость этого наплавленного металла при трении металл о металл и наличии абразива превосходит сталь 55 более чем в два раза. Наплавку производили механизированным способом самозащитной порошковой проволокой.

Разработана технология наплавки опорно-поворотных устройств (ОПУ) кранов любых модификаций (КБ-403, КБ-406, краны на колесном ходу и др.). Отечественные производители оснащают краны унифицированными опорно-поворотными устройствами ОПУ-1190 (ОПУ-2), ОПУ-1400 (ОПУ-3), ОПУ-1450 (ОПУ-4), ОПУ-1600 (ОПУ-5), ОПУ-2240 (ОПУ-6), ОПУ-2500 (ОПУ-7). По своей конструкции ОПУ представляет собой крупногабаритный радиально-упорный роликовый подшипник большой массы (до 1,3 т). Детали ОПУ изготавливают из высокоуглеродистых низколегированных сталей марок 50Х и 50ХГМ.

В ОПУ механическому и усталостному изнашиванию подвержены беговые дорожки зубчатого колеса, верхняя и нижняя полуобоймы вследствие многократного передоформирования одних и тех же объемов металла. Для их наплавки использовали самозащитную порошковую проволоку ПП-АН202 диаметром 2 мм (рис. 2). Порошковая проволока ПП-АН202 позволяет наплавлять беговые дорожки ОПУ без подогрева. Наплавленный металл, полученный с применением этой проволоки, соответствует низкоуглеродистой высоколегированной хромомарганцевой стали, для которой характерна высокая износостойкость в условиях трения металла о металл и наличия абразива. Наплавленный металл упрочняется в результате воздействия высоких контактных нагрузок, что еще больше увеличивает его износостойкость. Технология восстановле-



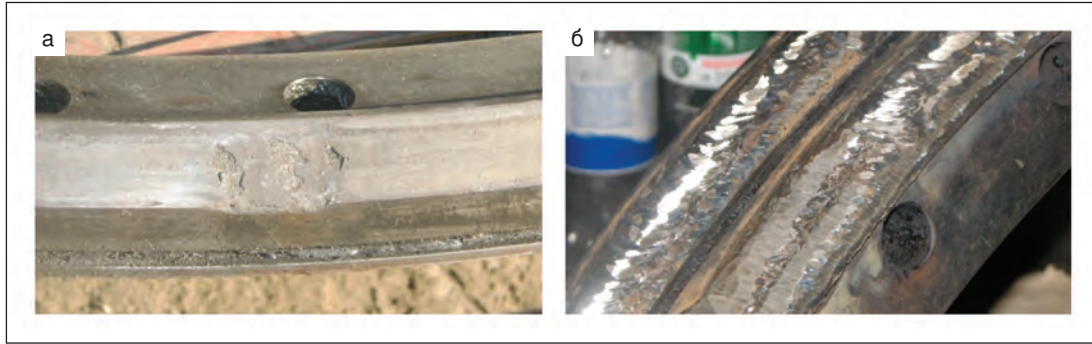


Рис. 2. Полуобойма крана КБ-308А: а — характерный износ беговых дорожек; б — полуобойма после наплавки

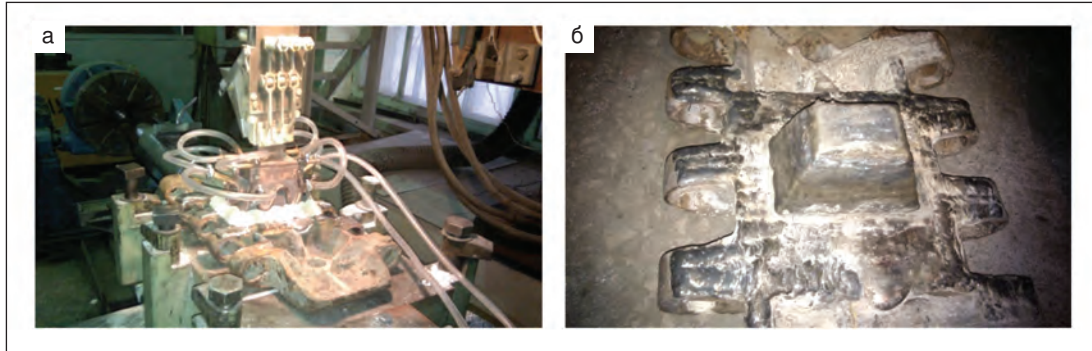


Рис. 3. Электрошлаковая наплавка шипа трака двумя лентами: а — процесс наплавки; б — восстановленный шип трака крана РДК-25

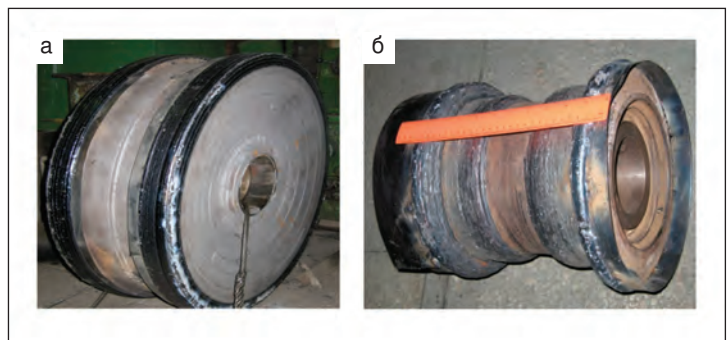


Рис. 4. Напавленные катки гусеничной техники: а — натяжной каток бульдозера диаметром 800 мм; б — поддерживающий каток экскаватора Akerman EC450

ния беговых дорожек позволяет получить номинальный типоразмер опоры без снижения ее несущей способности.

Одной из наиболее быстроизнашиваемых деталей гусеничной техники является трак гусеницы. В одной гусеничной ленте, в зависимости от модели, в среднем около 80 траков. Ручная дугая наплавка не позволяет эффективно восстанавливать траки из-за длительности процесса. Разработана эффективная технология восстановления шипа трака электрошлаковой наплавкой двумя лентами. Гусеничные траки отливают из стали 55, для их восстановления предложено использовать холоднокатаную ленту 60×0,6 мм из стали 65Г. Применение электрошлаковой наплавки двумя лентами с формированием формы шипа трака в медном водоохлаждаемом кристаллизаторе (рис. 3) позволило сократить время восстановления полностью изношенного шипа трака крана РДК-25 до 5 мин (чистое время

наплавки). Для наплавки одного шипа трака понадобилось 4 кг ленты. Себестоимость (без накладных расходов) восстановления шипа трака не превышает 20% стоимости нового трака.

В сопряжении с гусеничной лентой работают натяжные и поддерживающие катки, которые также подвержены интенсивному изнашиванию. Имеющиеся технологические возможности позволяют восстанавливать катки диаметром до 900 мм (рис. 4). Материал для наплавки выбирают в зависимости от материала катка. Наиболее часто для наплавки катков применяют такие наплавочные материалы: Нп-30ХГСА, ПП-АН194, ПП-АН198, ПП-АН199. Большой эффект дает восстановление катков импортной техники, так как стоимость запасных частей для нее высока.

В промышленности широкое распространение получила технология восстановления крановых колес дуговой наплавкой.



Рис. 5. Восстановленное колесо раздвижных ворот ангара

Для наплавки используют сплошную проволоку Нп-30ХГСА, которая дает твердость наплавленного металла 200–300 НВ. В ИЭС им. Е.О. Патона была разработана экономнолегированная порошковая проволока ПП-АН194 (20ХГСП). Введение в качестве легирующего элемента фосфора позволило

увеличить твердость наплавленного металла до 30–40 HRC<sub>3</sub> без увеличения степени легирования. Присутствие в наплавленном металле фосфидов, которые работают как твердая смазка, и увеличение твердости позволяют повысить износостойкость наплавленного металла более чем в два раза по сравнению с износостойкостью металла при наплавке проволокой Нп-30ХГСА.

Отработку технологии наплавки с применением проволоки ПП-АН194 проводили при восстановлении колес диаметром 710 мм, устанавливаемых на раздвижных ангарных воротах. Для предприятия ДП «Антонов» были восстановлены четыре ведущих и четыре ведомых колеса, устанавливаемых на ворота ангаров (рис. 5). Эксплуатация в течение двух лет подтвердила высокую износостойкость наплавленного металла.

Разработанные технологии и материалы для наплавки позволяют с высокой эффективностью восстанавливать быстроизнашиваемые детали дорожной и строительной техники. Применение наплавки дает возможность сократить расходы на ремонт и техническое обслуживание. ● #606

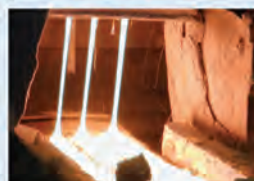


## ПАО «ЗАПОРОЖСТЕКЛОФЛЮС»

Украинское предприятие ПАО «Запорожский завод сварочных флюсов и стеклоизделий» является на протяжении многих лет одним из крупнейших в Европе производителей сварочных флюсов и силиката натрия. На сегодняшний день мы предлагаем более 20 марок сварочных флюсов.

На заводе разработана и внедрена Система управления качеством с получением Сертификатов TUV NORD CERT GmbH на соответствие требованиям стандарта ISO 9001:2008 и Государственного предприятия Научно-технический центр «СЕПРОЗ» при ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины на соответствие требованиям ДСТУ ISO 9001:2009 (ISO 9001:2008, IDT).

Благодаря тесному сотрудничеству с ИЭС им. Е. О. Патона завод освоил производство сварочных флюсов **двойным рафинированием расплава**. Этот наиболее прогрессивный способ варки флюсов, защищенный патентами, существенно улучшил сварочно-технологические свойства флюсов при сохранении благоприятного соотношения качества и цены.



**СВАРОЧНЫЕ ФЛЮСЫ** для автоматической и полуавтоматической сварки и наплавки углеродистых и низколегированных сталей.

АН-348-А, АН-348-АМ, АН-348-АД, АН-348-АП, АН-47, АН-47Д, АН-47П, АН-60, АН-60М, ОСЦ-45, АНЦ-1А, ОСЦ-45 мелкой фракции.

(ГОСТ 9087-81, ТУ У 05416923.049-99, ГОСТ Р 52222-2004).

**СИЛИКАТ НАТРИЯ РАСТВОРИМЫЙ, силикатный модуль от 2,0 до 3,5.** Широко применяется для изготовления жидкого стекла и сварочных электродов.

Производство сертифицировано в НАКС, УкрСЕПРО, Системе Российского Морского Регистра судоходства, Госстандарте России, TUV Nord.

Основные потребители — металлургические, машиностроительные, мостостроительные, судостроительные, вагоностроительные предприятия, нефтегазовый комплекс, которым мы всегда гарантируем стабильность поставок и самые низкие в СНГ цены.

**Наша цель — более полное удовлетворение Ваших потребностей в качественных и современных сварочных материалах.**

ПАО «Запорожстеклофлюс»  
Украина, 69035, г. Запорожье,  
ГСП-356, ул. Диагональная, 2.  
Отдел внешнеэкономических  
связей и маркетинга

Тел.: +380 (61) 289-0353; 289-0350  
Факс: +380 (61) 289-0350; 224-7041  
E-mail: market@steklo.zp.ua  
http://www.steklo-flus.com

Официальный представитель ПАО «Запорожстеклофлюс» по реализации флюсов сварочных на территории Российской Федерации  
**ЗАО «ЕвроЦентр», г. Москва.** Отгрузка со складов Москвы, Курска.  
Тел. (495) 646-2755, 988-3897 — Коваленко Людмила Викторовна,  
Кащавцев Владимир Викторович, Кащавцев Юрий Викторович

TECHNOLOGY FOR THE WELDER'S WORLD.

**PROTEC**<sup>®</sup>  
www.prottec-austria.com

# PROTEC ANTI-SPATTER

Средство защиты от сварочных брызг с эффектом самоочистки



ZINC  
approved

## METALLOTION PROTEC CE 15 L

- Функции защиты и очистки соединены в одном продукте
- Оптимально в процессе сварки, нет образования пор, нет проблем с остатками
- На базе растений (биотехнология), без силиконов
- Оптимальный результат покрытия (цинк, лаки и т.д.)
- Невозгораемый

**ABICOR  
BINZEL**<sup>®</sup>



ООО «АБИКОР БИНЦЕЛЬ Сварочная Техника»  
129343, г. Москва, ул. Уржумская, д. 4  
Тел.: (495) 221-84-81, 221-84-82, факс: 510-64-70

[www.binzel-abicor.com](http://www.binzel-abicor.com)



# PROTEC CE15L — ЭКОЛОГИЧНОСТЬ И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ



Защитный сварочный спрей (Anti-Spatter) используется для защиты сварочных горелок от налипания брызг при сварке. Для выполнения требований, предъявляемых предприятиями к повышению производительности и качеству поверхностей, такие спреи стали использовать также для защиты от брызг свариваемых деталей. Идея правильная, но продукт выбран некорректно — он не подходит для защиты свариваемой поверхности. Использование спреев-распылителей часто приводит к сбоям или трудностям при последующем нанесении покрытия, к тому же они в большинстве случаев небезопасны. PROTEC пошел по новому пути, разработав экологически чистые жидкости против налипания брызг при сварке Bio Anti-Spatter Fluids, которые обеспечивают как надежность процесса, так и безопасность для пользователя и окружающей среды.

распылители, которые уже имеются на рабочем месте, рискованно. Предназначение большинства защитных сварочных спреев ограничивается защитой газовых сопел и вставок под наконечник от налипания брызг при сварке.

Австрийское предприятие PROTEC ([www.protec-austria.com](http://www.protec-austria.com)) предлагает уни-

Все больше предприятий металлообработки открывают для себя значительные преимущества предварительной защиты деталей от налипания брызг при сварке. Избежать необходимости механической обработки возможно, если предварительно обработать поверхность подходящим «разделительным средством». Правильный выбор этого средства очень важен, поскольку качество сварного шва не должно ухудшаться, а в дальнейшем нанесенное покрытие должно на нем удерживаться. Использовать спреи-





версальный продукт для использования в сфере защиты поверхностей Metallotion PROTEC CE15L. Он обеспечивает идеальное защитное действие в течение длительного времени, содержит встроенный обезжиривающий компонент на растительной основе, pH-нейтрален и не оказывает отрицательного действия на сварочную ванну.

**Аргументы, говорящие в пользу продуктов PROTEC:**

- проверен и сертифицирован для сварочных работ, лакирования, нанесения катодоретических лакокрасочных покрытий, порошковых покрытий, горячего цинкования, гальванотехники и т. д.;
- повторная сварка выполняется без образования пор;
- защищает металлическую поверхность любого вида и растворяет остатки смазки и масла — после этого достаточно выполнить окончательную очистку;
- оптимально действует на оцинкованной листовой и нержавеющей стали;
- используется в автомобильной промышленности, транспортном машиностроении, при сооружении морских платформ, изготовлении резервуаров, металлоконструкций, производстве кранов и т. д.

**Преимущества:**

- снижение затрат и экономия (нет необходимости в механической обработке);
- повышение качества (отсутствие налипания брызг при сварке на поверхности металла);
- максимальная надежность процесса, безопасность для пользователя и окружающей среды.



PROTEC уже более десяти лет специализируется на производстве экологически чистых «разделительных средств» (негорючих, биоразлагаемых), которые разработаны и разрабатываются в сотрудничестве с известными предприятиями-пользователями. Особо примечательна при этом максимальная надежность процесса. Результат использования — повышение производительности за счет исключения процедур механической обработки и получения поверхностей высокого качества.

В линейке продуктов PROTEC акцент делается на средствах защиты поверхностей при сварке и резке таких, например, как средство Metallotion PROTEC CE15L (против налипания брызг при сварке), и на средствах для очистки и нанесения покрытий (PROTEC WLS). К числу клиентов PROTEC относятся многочисленные международные предприятия, от обычных слесарных мастерских до производителей оригинальных автомобильных деталей и самих автомобилей.

● #607

**Более подробную информацию вы получите у специалистов ООО «АБИКОР БИНЦЕЛЬ Сварочная Техника» или у официальных дистрибьюторов.**

ООО «АБИКОР БИНЦЕЛЬ Сварочная Техника»

тел.: (495) 221-84-81, 221-84-82  
факс: 510-64-70

129343, Москва, ул. Уржумская, д. 4  
www.binzel-abicor.com

Публикуется на правах рекламы.

# Влияние добавок из различных материалов на физико-механические свойства покрытий на основе Ni-Cr при газотермическом напылении

Е.К. Фень, канд. техн. наук, Национальный технический университет Украины «КПИ»

*Применение современных материалов для защитных покрытий — кардинальное и технологически эффективное решение проблем увеличения надежности и долговечности машин и механизмов. Защитные покрытия позволяют экономить металл изделий и конструкций, увеличивать их долговечность, сокращать затраты энергии для их производства, а также дают возможность создавать принципиально новые изделия.*

Для деталей и конструкций авиационной техники, работающих при значительных перепадах температур, знакопеременных нагрузок, агрессивных сред и т. п., требуется точный подбор химического состава исходного материала для покрытия и метода его нанесения при восстановлении изношенных и упрочнения новых изделий. Наиболее перспективными методами нанесения качественных покрытий из порошковых материалов являются детонационный и сверхзвуковой плазменный.

Детонационный метод нанесения покрытий применяют тогда, когда площадь напыляемой детали или конструкции не-

большая, чтобы расход напыляемого материала составлял не менее 80%. Для этого метода нанесения покрытий используют детонационные установки «Днепр», «Молния», АДУ-ЗСЛ и др. В качестве детонирующей смеси применяют ацетилен (или пропан-бутан) — кислород (или воздух) с отсекающим газом — азотом. Пористость покрытий не более 1%.

Сверхзвуковой плазменный метод позволяет наносить покрытия на большую площадь детали или конструкции с большой производительностью и коэффициентом использования напыляемого материала более 80%. Пористость покрытия не более 1%. Для нанесения таких покрытий применяют, как правило, установку «Киев-7» с модернизированным плазмотроном ПУН-1, в качестве плазмообразующего газа используют метан (или пропан-бутан) — воздух.

Химический состав покрытий на основе Ni-Cr и добавки других металлов и соединений для износостойких и жароизносостойких покрытий подобран так, чтобы при формировании структуры покрытий в ней содержалось не менее 20–25% упрочняющих фаз. Жаростойкость покрытий зависит от количества упрочняющих фаз. Если основной составляющей является  $\gamma$ -фаза, то рабочая температура покрытия будет более высокой.

Рассмотрим влияние добавок из различных материалов на свойства покрытий на основе Ni-Cr.

Впервые в качестве добавок были применены скандий, гидриды иттрия и лантана, гексаборид лантана, двойной карбид титана и хрома, нитрид алюминия, что зафиксировано авторскими свидетельствами СССР и патентами Украины, а также ТУ и ТИ ИПМ НАН Украины.

Перечень добавочных материалов, влияющих на свойства покрытий на основе Ni-Cr, приведен в *таблице*.

**Таблица. Добавочные материалы, влияющие на свойства покрытий**

Свойства покрытий	Добавочные материалы
Износостойкость	Cu, Si, TiC, Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> , WC, VC, TiC-Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> , AlN, SiN, BN, MoS <sub>2</sub>
Прочность сцепления	Y, La, Sc, Mo, Mn, V, Al, Ti, LaB <sub>6</sub> , SiN, YH <sub>2</sub> , LaH, MoSi <sub>2</sub>
Жаростойкость	Y, La, Sc, Hf, Ti, Zr, W, Co, Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> , TiB <sub>2</sub> , YH <sub>2</sub>
Коррозионная стойкость	Ta, W, Si, B, CrB
Коррозионная жаростойкость	SiN
Коррозионная износостойкость	SiC, TiB <sub>2</sub> -CrB <sub>2</sub> , TiB <sub>2</sub>
Термостойкость	Hf, TiB <sub>2</sub>
Стабильность структур	Mn, Nb, Hf
Окислительная стойкость	SiO <sub>2</sub> , YH <sub>2</sub>
Аморфизация структур	Mn, B, Si
Твердость	TiC, TiC-Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub> , B <sub>4</sub> C

Скандий был взят вместо иттрия, так как Украина имеет значительный запас руд с высоким содержанием в них скандия. Применение скандия или скандия вместе с иттрием позволяет значительно повысить жаростойкость, износостойкость и твердость покрытий, по сравнению с использованием только одного иттрия, это показали предварительные исследования автора. Кроме того, желательно использовать сплав AlSc, в котором массовое содержание скандия составляет 5%, что делает его относительно недорогим.

Гидриды вышеуказанных материалов обеспечивают повышение жаростойкости при высоких температурах и прочность сцепления с основой за счет уменьшения оксидных слоев покрытия с алюминием, т. е. они способствуют удалению кислорода из покрытия. Иттрий при повышенных температурах взаимодействует с углеродом и создает четыре стабильных карбида:  $Y_3C$ ,  $Y_2C_3$ ,  $YC_2$ ,  $Y_{15}C_{19}$ , а лантан —  $LaC_2$  и  $La_2C_3$ .

Введение гафния, тантала, ниобия, циркония, титана, молибдена, марганца, ванадия и вольфрама в состав материала на основе Ni-Cr, Ni-Cr-(Co)-Al-Y или Ni-Cr-B-Si способствует повышению износостойкости, жароокислительной стойкости и прочности сцепления покрытия с основой при высоких температурах. Кроме того, марганец и ванадий способствуют образованию микрокристаллической структуры покрытия, а гафний увеличивает термостойкость. Тантал с кремнием образует силициды типа TaSi, TaSi<sub>2</sub>, TaSi<sub>3</sub>, устойчивые против действия кислот и щелочей. Цирконий с алюминием и кремнием образуют сложный оксид, защищающий от воздействия кислот и щелочей при высоких температурах, а ниобий устраняет высокотемпературную нестабильность структур.

Металлоиды (бор и кремний) способствуют повышению коррозионной стойкости при высоких температурах за счет создания оксидов (при высоких температурах SiO<sub>2</sub>), а бор образует с алюминием соединение AlB<sub>2</sub> при температуре 800°C.

Гексаборид лантана намного увеличивает прочность сцепления покрытия с основой, а также износостойкость покрытий, образуя с никелем при температурах 1500–1600°C соединение типа LaNi<sub>12</sub>B<sub>6</sub>.

Двойной борид хрома и титана, а также борид титана способствуют повышению коррозионной стойкости покрытий, жаро- и термостойкости за счет создания твердых растворов бора в никеле.

Дисилицид молибдена увеличивает жаростойкость покрытий, образуя при высоких температурах соединения SiO и SiO<sub>2</sub>, и прочность сцепления.

Диоксид кремния при высоких температурах является изолирующим слоем покрытия от интенсивного их окисления внешней средой.

Карбиды хрома и титана, двойной карбид титана-хрома марки ПСТУХ, а также карбиды кремния, ванадия и вольфрама увеличивают износо- и жароизносостойкость как при комнатной температуре, так и при повышенных температурах, а карбид бора увеличивает твердость покрытия.

Нитрид алюминия повышает износо- и жаростойкость, а нитрид кремния — износо- и коррозионную стойкость при температурах выше 1000°C. Нитрид бора используется как сухая смазка.

Добавки алюминия и молибдена в составе самофлюсов (Ni-Cr-B-Si) позволяют получать повышенные характеристики прочности сцепления покрытий с основой за счет создания соединений никеля с алюминием NiAl с температурой плавления выше температуры плавления каждого из компонентов, а молибдена с никелем — за счет создания  $\gamma$ - и  $\beta$ -фаз (MoNi<sub>3</sub>, MoNi<sub>4</sub>), а также за счет выделения боридов никеля. Добавки марганца способствуют быстрому охлаждению расплава, получению аморфной структуры. Добавки титана увеличивают жаростойкость покрытия, а добавки меди и дисульфида молибдена — износостойкость.

Основные свойства покрытий на основе Ni-Cr достигаются за счет их легирования. Легирующие материалы подразделяются на три группы. К первой группе элементов, которые упрочняют твердый раствор на основе нихрома, относятся кобальт и молибден. Они образуют разные карбидные фазы типа M<sub>7</sub>C<sub>3</sub>, M<sub>23</sub>C<sub>6</sub>, M<sub>6</sub>C, имеющие тенденцию к упрочнению основы.

Во вторую группу входят алюминий, титан, ниобий, тантал, которые увеличивают прочность покрытия, а также образуют интерметаллидные соединения типа Ni<sub>3</sub>Al более сложного состава. Алюминий, как и хром, образуют защитные пленки, повышающие окислительную стойкость сплава, а также прочность сцепления с основой и уменьшают интенсивность изнашивания покрытия.

Третью группу элементов составляют углерод, бор, цирконий, иттрий, лантан, скандий. Их нужно применять в малом количестве в составе материала покрытия для

создания фаз внедрения, которые упрочняют границы зерен сплава.

Разработанные материалы получают методом расплавления самофлюсующихся сплавов и других металлов (с температурой плавания между собой не более 300°C) в индукционной печи в вакууме (кроме тугоплавких соединений) с последующим распылением их в защитной атмосфере на установке УРС-40. Распыленный материал смешивают механическим способом с тугоплавкими соединениями в специальных шнеках или подобно методу получения композиционных порошков на органических связках механическим способом. Аналогично получают материалы и соединения на основе Ni-Cr-(Co)-Al-Y с различными добавками как металлов, так и тугоплавких соединений.

Исследования показали, что для детонационного нанесения покрытий нужны порошки из сплавов с размером частиц 20–63 мкм, а из тугоплавких соединений — 20–40 мкм. Для сверхзвукового плазменного метода нанесения покрытий используют порошки из сплавов с размером частиц 40–100 мкм, а из тугоплавких соединений — 40–80 мкм.

Структура покрытий при сверхзвуковом плазменном методе их нанесения отличается от структуры, полученной при детонационном методе, тем, что она имеет слоистый характер, тогда как при детонационном методе она состоит из нескольких фаз и туго-

плавких включений, хотя основные физико-механические свойства покрытий почти идентичны независимо от метода их нанесения.

Для восстановления или упрочнения деталей авиационной техники были использованы следующие материалы: сталь 40Х, титановый сплав ВТЗ-1, сплавы ЭИ437, ЭИ598, ЭИ961, ЖС6У, ВЖЛ-12У, Х18Н10Т.

Создан целый ряд износо- и жароизносостойких порошковых материалов для газотермического напыления их на детали и конструкции авиационной техники. Такая широкая гамма материалов и методы их напыления обусловлены тем, что для восстановления или упрочнения деталей необходимо знать, при каких режимах и температурах работает конкретная деталь; каковы требования к физико-химическим свойствам как к детали, так и к покрытию данной детали. Нужно выбирать метод нанесения покрытия (детонационный или сверхзвуковой плазменный) с учетом расхода порошка, состава газов, экономии энергоресурсов, размера детали, себестоимости, необходимого оборудования и его эффективности. База полезных ископаемых страны также имеет влияние на производство материалов для покрытий.

Все это обуславливает возможность создания покрытий для деталей и конструкций более высокого класса, с высокими физико-механическими свойствами. ● #608

**ПЕТРАНЬЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ**

**II Международная научно-техническая конференция**  
**«Сварочные материалы–2012»**  
 (к столетию ЦНИИМ)  
**16–18 октября 2012 г. (Санкт-Петербург)**

*Организаторы: Комитет экономического развития, промышленной политики и торговли правительства Санкт-Петербурга, ОАО «Центральный научно-исследовательский институт материалов (ЦНИИМ)», ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей», Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (СПбГПУ), Ассоциация «Электрод», Национальное Агентство предприятий-производителей сварочных материалов, Региональный Северо-Западный межотраслевой аттестационный центр НАКС, Альянс сварщиков Санкт-Петербурга и Северо-Западного региона, Санкт-Петербургское Общество научно-технических знаний (СПбОНТЗ)*

**Основные направления работы конференции:**

- Сварочные материалы (электроды, флюсы, проволока сплошного сечения и порошковая, спеченая лента, защитные газы), технологические особенности их использования.
- Металлургические и химические процессы при сварке и наплавке, их моделирование.
- Экономические аспекты производства и применения сварочных материалов.
- Сырьевая база и производство компонентов для электродных покрытий, флюсов, порошковой проволоки.
- Оценка качества и сертификация сварочных материалов, аттестация их производств.
- Техническое регулирование в сварочном производстве.
- Подготовка и аттестация специалистов по сварке и производству сварочных материалов.
- Проведение конкурса на лучший доклад среди молодых ученых, аспирантов и специалистов (до 35 лет).

*В работе конференции предполагается участие специалистов из Украины, Белоруссии, Казахстана, Германии, Китая и других стран — разработчиков, производителей и потребителей сварочных материалов.*

**Ответственные за подготовку конференции:**

*Тихонова Лариса Борисовна, ученый секретарь конференции, тел./факс: 394-14-61, моб. 8-921-183-06-69, E-mail: tichonovaib@yandex.ru*  
*Баскина Татьяна Васильевна, исполнительный директор СПбОНТЗ, тел./ф.: 570-59-24, 570-07-84, моб. 8-921-955-01-47, E-mail: ontz@peterlink.ru*



# Комплекс РК755-К на базе робота FANUC для дуговой МИГ-сварки деталей железнодорожных стрелочных переводов

Для строящегося в Казахстане (г. Экибастуз) завода по производству железнодорожных стрелочных переводов фирма «НАВКО-ТЕХ» поставила роботизированный комплекс РК755-К для МИГ-сварки деталей этих изделий — «подкладка с упором» и «подкладка с подушкой».

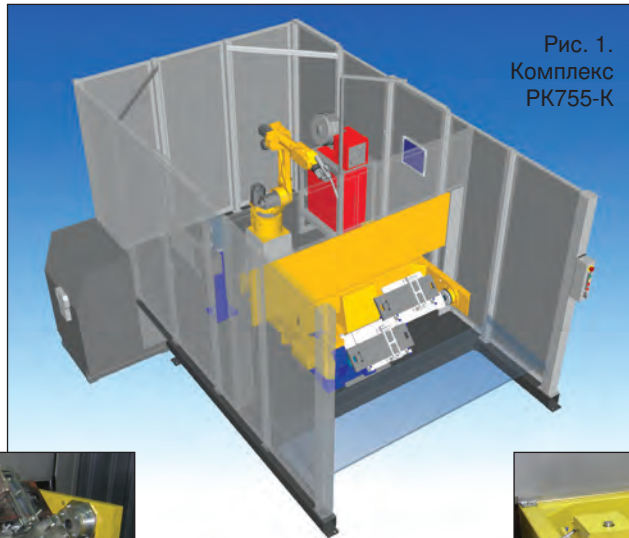
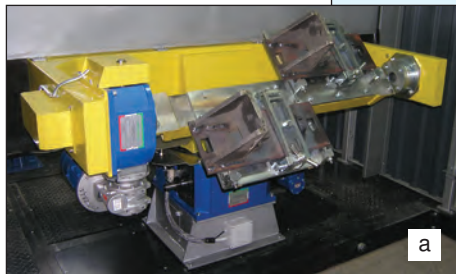


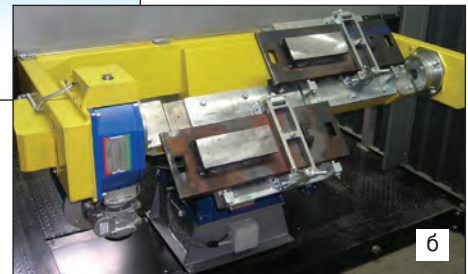
Рис. 1. Комплекс РК755-К

Принцип работы комплекса состоит в следующем. Сварщик-оператор устанавливает собранные на прихватках свариваемые детали в одной из двух позиций поворотного стола. После нажатия на пульте оператора кнопки «Пуск» планшайба стола поворачивается, и детали из позиции загрузки пере-



а

Рис. 2. Приспособления для сварки изделия типа «подкладка с упором» (а) и «подкладка с подушкой» (б)



б

Комплекс выполнен в виде закрытой кабины (рис. 1) с двухпозиционным поворотным столом, который позволяет совместить загрузку/выгрузку изделий в одной позиции с их сваркой в другой. На каждой позиции свариваются одновременно по два изделия (рис. 2) с их поворотом в четыре положения относительно горизонтальной оси. В комплект поставки входят два сборочно-сварочных приспособления для сборки (на прихватках) деталей перед их сваркой роботом.

В качестве промышленного робота применен робот АМ-100iС (рис. 3) с устройством управления R-30iA производства фирмы FANUC Robotics. Кроме него, в состав комплекса входят: высокоточный двухпозиционный поворотный стол с двумя четырехпозиционными кантователями, сварочная оснастка (горелка, устройства ее защиты, очистки и смазки противопригарной жидкостью), комплект сварочного оборудования, сборочно-сварочные приспособления, металлоконструкции комплекса и средства безопасности.



Рис. 3. Промышленный робот фирмы FANUC Robotics, устройство очистки и смазки горелки Binzel, комплект сварочного оборудования Fronius

мещаются в позицию сварки. Сварка роботом первой группы установленных деталей выполняется по программе, предварительно записанной при обучении робота. В процессе сварки детали кантуются в положение, наиболее удобное для сварки того или иного шва. Во время сварки первой группы деталей оператор на второй позиции стола выгружает сваренные изделия и устанавливает вторую группу деталей, по окончании сварки инициирует смену позиций поворотного стола. После сварки заданной партии изделий робот по отдельной программе перемещает горелку в позицию ее очистки и смазки.

Средства безопасности исключают возможность нахождения оператора в зоне действия подвижных частей комплекса (звенья робота и планшайба стола) во время их движения.

С более подробной информацией о предприятии «НАВКО-ТЕХ» и выпускаемом им оборудовании для автоматической и роботизированной дуговой сварки можно ознакомиться на сайте <http://www.navkotech.kiev.ua>.

● #609

# Концепция простейших систем роботизированной дуговой сварки

В.В. Иштукин, Инженерная фирма «ИНТО» (Запорожье)

В последнее время системы роботизированной дуговой сварки RAW (Robotic Arc Welding) представляют все больший интерес для отечественных производителей. Причина такого интереса — современные требования к качеству сварных швов, производительности технологических систем и растущий дефицит квалифицированной рабочей силы. Относительно высокая стоимость систем RAW, предлагаемых сегодня ведущими зарубежными фирмами, препятствует их широкому применению в первую очередь на предприятиях среднего и малого бизнеса.

Предлагаемая концепция представляет собой простой и доступный вариант организации систем RAW, позволяющий специалистам предприятия освоить программирование и технику сварки с помощью робота, проектирование технологической оснастки и создать условия для дальнейшей самостоятельной разработки систем любой конфигурации.

Концепция базируется на следующих положениях:

- при разработке технологических систем важно соблюдать оптимальное соотношение их технического уровня и стоимости;
- поточную роботизированную сварку большинства конструкций можно выполнять с заданной производительностью и без трансфера (межоперационной

передачи) изделий или сварочных роботов, т. е. без использования дорогостоящих программируемых позиционеров, порталов, сварочных колонн и треков;

- подавляющее большинство современных РТК дуговой сварки являются не автоматическими, а автоматизированными системами, работающими в «режиме оператора»;
- установку деталей и съем изделия осуществляют вручную, т.е. присутствие в системе человека неизбежно в связи с известными сложностями автоматизации сборки деталей под сварку.

Таким образом, простейшие системы роботизированной дуговой сварки SARS (Simplest Arc Robotics Systems) — это точные технологические системы, для которых характерно следующее:

- отсутствуют специальные транспортные средства для трансфера;
- смену позиций обработки выполняют сварочный робот (поворотом вокруг оси S) и оператор;
- сборку/съем изделий и позиционирование оснастки осуществляют вручную;
- сварочные роботы и технологическая оснастка установлены стационарно.

В отличие от традиционных модулей РТК элементарным технологическим форматом SARS является станция — стационарная система с двумя сварочными позициями (рис. 1).

Технологическую оснастку SARS и инфраструктуру системы проектируют и изготавливают силами предприятия. Покупные изделия — это сварочный робот и сварочное оборудование. Основа системы управле-

Рис. 1. Технологические схемы станций SARS: а — линейная; б — угловая; в — параллельная

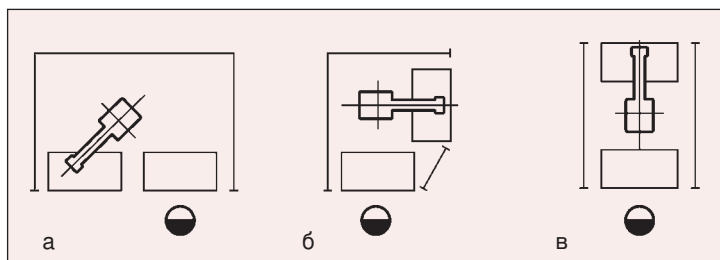
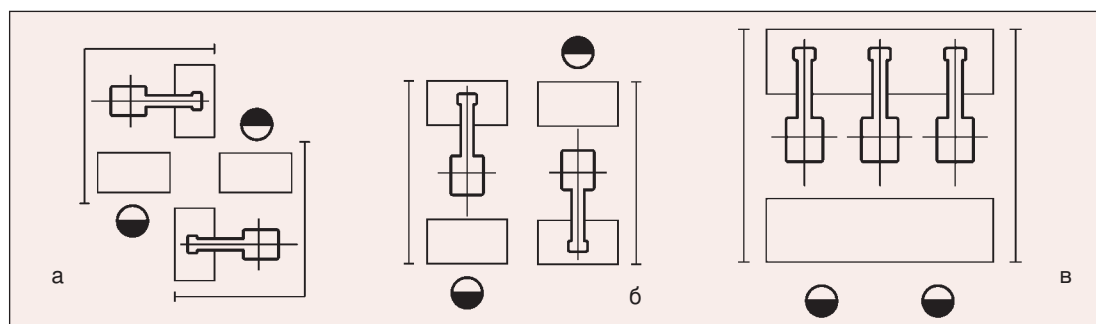


Рис. 2. Технологические схемы некоторых блоков SARS



ния — контроллер сварочного робота. Обучение специалистов программированию, обслуживанию и диагностике проводит фирма-поставщик роботов или ее региональные представители. Более крупным технологическим форматом SARS является блок (рис. 2). И, наконец, блоки, расположенные линейно или в другой конфигурации, образуют комплексы.

Факторами, ограничивающими применение SARS, являются размеры рабочей зоны робота, масса и размеры свариваемого изделия. Ширина свариваемых в SARS конструкций может достигать 3000 мм, длина — до 3000 мм в станциях и до 6000 мм в блоках. Сварку длинномерных конструкций производят несколькими роботам с перекрытием их рабочих зон. Широкие (более 1500 мм) изделия следует сваривать за две установки с разворотом изделия в горизонтальной плоскости на 180° перед второй установкой.

Технологическая оснастка SARS — стационарные или поворотные (с закреплением приспособления во вращающихся центрах) кондукторы. Для сварки различных изделий целесообразно создавать размерный ряд и унифицировать основные элементы конструкции кондукторов, что позволит значительно снизить затраты на подготовку производства. Нагрузка на пост не должна превышать 1000 кг, при этом усилие ручного поворота составит не более 20 Н на плече 0,5 м.

Скептики могут обратить внимание на факт применения ручного поворота позиционеров в самых современных системах RAW, например, в сварочных ячейках фирмы Panasonic (серия PA-MT, PA-MT-XL, PA-MT-XXL) смену позиций поворотного стола осуществляют вручную. Сварочный робот и кондуктор целесообразно устанавливать на общей платформе, являющейся также основанием для установки ограждения, разводов энергоносителей и других элементов системы. Для защиты оператора от воздействия сварочной дуги можно использовать технические решения, применяемые в системах ArcWorld, FabWorld фирмы Yaskawa Motoman или в системах PerformArc фирмы Panasonic. Несмотря на невысокий уровень механизации и кажущуюся примитивность, SARS является единственной системой среди всех технологических систем дуговой сварки, включая традиционные системы RAW, имеющей приоритеты по всем основным показателям (табл. 1, 2). Доказательством этому служат следующие преимущества SARS:

Таблица 1. Основные приоритеты систем дуговой сварки

Виды систем	Качество изделий	Производительность	Стоимость изделий	Эксплуатационная надежность	Гибкость системы
MMA	–	–	+	+	–
MIG-MAG	–	–	+	+	+
GMAW, SAW	+	+	–	–	–
RAW	+	+	–	–	+
SARS	+	+	+	+	+

Таблица 2. Сравнительные характеристики систем RAW

Характеристика	Конвейерные системы	Челночные системы	Поворотные столы	SARS
Такт выпуска $t$ $A = tW + tR$ $B = tt + tp$	$A + tt + tF$	$A + tt$	$A + B$	$A$
Наличие специальных транспортных средств для трансфера	+	+	+	–
Количество позиций, обслуживаемых сварочным роботом	1	1	1	2
Объект трансфера	Спутник	Спутник Оператор	Спутник	Робот Оператор

*Примечание.  $tW$  — время горения дуги;  $tR$  — время позиционирования робота;  $tt$  — время трансфера;  $tp$  — время позиционирования оснастки;  $tF$  — время фиксации оснастки.*

- при прочих равных условиях дополнительной гарантией получения качественного сварного соединения является наименьшее количество возможных отклонений линии сварного шва;
- высокая производительность за счет отсутствия на сварочных позициях затрат времени на фиксацию, позиционирование и трансфер;
- низкая стоимость системы (в зарубежных системах стоимость средств трансфера и позиционирования составляет обычно более 50% стоимости всей разработки);
- высокая эксплуатационная надежность благодаря отсутствию дополнительных приводов и механизмов, элементов системы управления;
- значительная гибкость системы, т. е. возможность варьирования последовательности сварки, сборки и позиционирования на разных позициях, а также возможность быстрой переналадки унифицированных компонентов технологического оснащения для сварки изделий широкой номенклатуры.

Внедрение SARS на отечественных предприятиях может стать шагом на пути освоения современных сварочных технологий и широкой роботизации сварочного производства.

● #610

# Автомат для сварки балочных и листовых конструкций АДФГ-502 ШТОРМ

М.А. Шолохов, А.М. Фивейский, кандидаты техн. наук, А.Ю. Мельников, ООО «ШТОРМ»

*Сварные балочные и листовые металлоконструкции различного типа, применяемые при строительстве зданий, мостов и других сооружений, занимают значительную долю в общем объеме свариваемых изделий. В связи с большой номенклатурой таких изделий сварочное оборудование должно, помимо основных требований, предъявляемых к такому оборудованию, быть универсальным, легко перенастраиваться. Для решения этой задачи многие предприятия как отечественные, так и зарубежные, предложили различные конструкции сварочных тракторов. Автомат для сварки балочных и листовых конструкций также представила фирма «ШТОРМ».*

Сварочный автомат АДФГ-502 ШТОРМ (рис. 1), разработанный и производимый предприятием «ШТОРМ», вносит в классификацию сварочных тракторов еще один тип оборудования. Он является универсальным аппаратом, главная особенность которого состоит в возможности автоматической односторонней или двусторонней сварки (рис. 2) как под флюсом (рис. 3), так и в защитных газах (рис. 4) сплошной сварочной проволокой диаметром 1,2–2,0 мм или порошковой сварочной проволокой диаметром 1,6–3,2 мм.

Модульная конструкция позволяет использовать автомат для сварки стыковых, угловых, нахлесточных соединений с разделкой и без разделки кромок, внутри и вне колеи автомата. Это дает воз-

можность использовать трактор для сварки большой номенклатуры изделий (двутавровых балок, балок коробчатого сечения, шпунтовых панелей, различных листовых конструкций).

Трактор в процессе работы передвигается непосредственно по изделию или по направляющей рейке. Точность движения обеспечивает механизм слежения с подпружиненными роликами, которые позволяют автомату проходить усиления сварных швов в стыках вертикальных стенок конструкций. Аппарат передвигается с помощью двух двухколесных синхронизированных тележек. Все четыре колеса автомата приводные, этим обеспечивается стабильность перемещения автомата по неровному листу. Имеется муфта для отключения двигателя и обеспечения свободного хода трактора, а также есть возможность изменения направления движения аппарата (реверс хода трактора).

При сварке в защитных газах могут быть использованы типовые водоохлаждаемые горелки (фирм Autogen Ritter, Abicor Binzel и др.) с повышением ПВ до 100% (при использовании с блоком охлаждения и циркуляции охлаждающей жидкости — опция).

Пульт управления автомата позволяет легко настраивать режимы сварки, включает в себя два амперметра и два вольтметра для настройки и контроля параметров каждой дуги и спидометр для настройки и контроля скорости перемещения автомата. Параметры каждой дуги регулируются отдельно.



Рис. 1. АДФГ-502 ШТОРМ

Рис. 2. Вариант исполнения аппарата для двусторонней сварки под флюсом

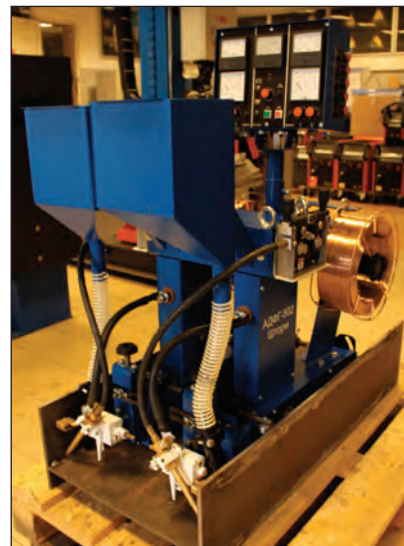
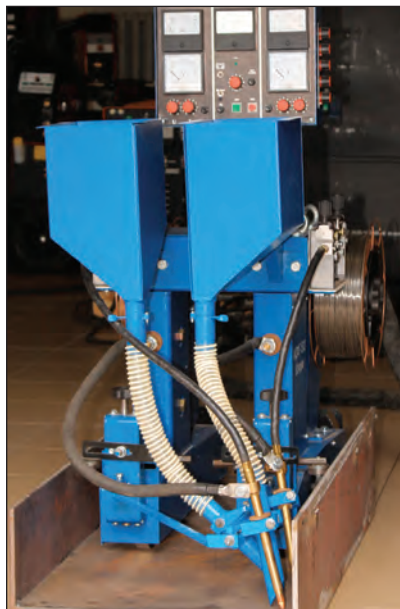


Рис. 3. Вариант исполнения автомата для сварки под флюсом

**Техническая характеристика сварочного автомата АДФГ-502 ШТОРМ:**

Номинальный сварочный ток при ПВ=100% (для одной горелки), А ... 500  
 Номинальное напряжение питающей сети (от источника питания), В ... 24/36  
 Диаметр электродной проволоки, мм:  
     сплошной ..... 1,2–2,0  
     порошковой ..... 1,6–3,2  
 Диапазон регулирования скорости подачи электродной проволоки, м/ч .. 25–510  
 Диапазон регулирования скорости сварки, м/ч ..... 10–60  
 Диапазон регулирования угла наклона сварочной горелки, ° ..... 130  
 Вместимость бункера для флюса, дм<sup>3</sup> .. 2×5,7  
 Масса автомата без электродной проволоки, флюса и без источников питания, кг ..... 95  
 Масса электродной проволоки в кассете, кг ..... 2×18  
 Габаритные размеры автомата, мм ..... 950×440...1100×880

Электрическая схема автомата обеспечивает настройку ряда параметров цикла сварки: продувки газа до сварки, задержки включения привода перемещения, заварки кратера, отжига проволоки, продувки газа после сварки.

Трактор может работать с источниками питания любого типа (ВДУ, ВС и др.).

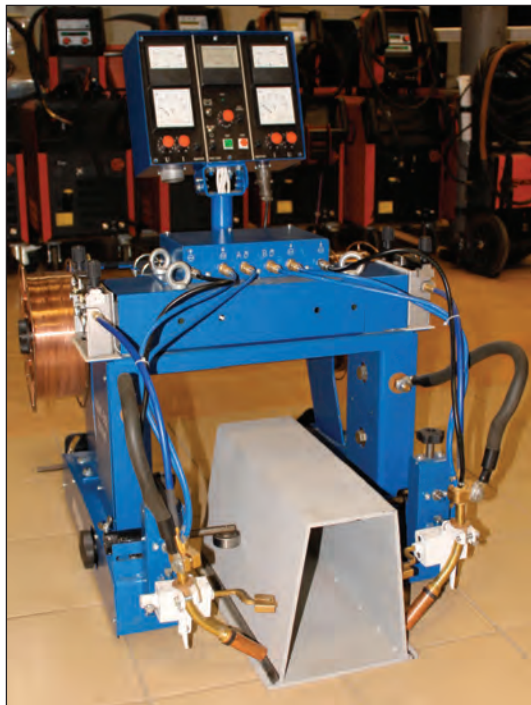


Рис. 4. Вариант исполнения автомата для сварки в защитных газах



Рис. 5. Патент и сертификаты на автомат АДФГ-502 ШТОРМ

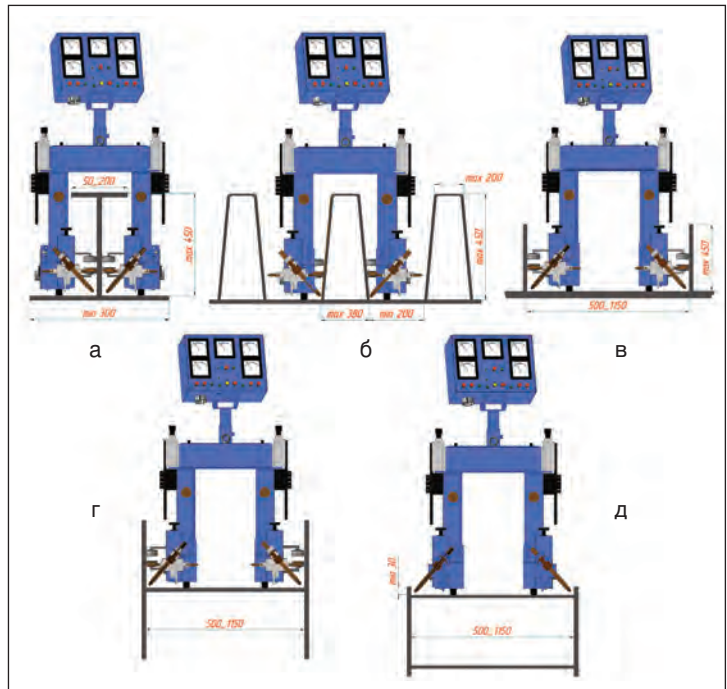


Рис. 6. Примеры использования сварочного трактора АДФГ-502 ШТОРМ для сварки различных конструкций: а — сварка тавровых и двутавровых балок с вертикальным расположением стенки балки; б — сварка шпунтовых панелей; в — приварка ребер жесткости; г — сварка двутавровых балок с горизонтальным расположением стенки балки; д — сварка балок коробчатого сечения

Данная разработка отмечена двумя патентами: на изобретение № 2430821 (рис. 5, а) и на полезную модель № 100009. Автомат АДФГ-502 ШТОРМ сертифицирован по системе сертификации ГОСТ Р Госстандарта России (рис. 5, б) и аттестован в соответствии с требованиями РД 03-614-03 (рис. 5, в). В настоящее время сварочный трактор АДФГ-502 ШТОРМ успешно внедряют на мостостроительных предприятиях для сварки под флюсом и для сварки в защитных газах в различных балочных и листовых конструкциях (рис. 6).

● #611

Публикуется на правах рекламы.

**ООО «ШТОРМ»**

г. Верхняя Пышма, Свердловская обл., ул. Бажова, 28  
 тел./факс: +7 (343) 284-00-50, 379-29-75  
 ekb@storm-its.ru www.shtorm-its.ru

# Методы активизации решения творческих инженерных задач\*

Г. И. Лащенко, канд. техн. наук, НТК «Институт электросварки им. Е.О. Патона»

**Функционально-стоимостный анализ.** В советской литературе функционально-стоимостный анализ (ФСА) определен как метод системного исследования объекта (изделия, процесса, структуры), направленный на оптимизацию соотношений между потребительскими свойствами и затратами на создание и использование объекта. Аналогичное определение ФСА дает и Американское общество специалистов по ФСА (Society of American Engineering): функционально-стоимостный анализ — это системное применение определенной техники, которая устанавливает стоимость функции в денежном отношении и обеспечивает необходимую надежность функции на основе минимальных полных затрат.

Появление ФСА связано с именами двух инженеров: американского Л.Д. Майела и советского Ю.М. Соболева. Именно их идеи, высказанные в конце 1940-х — начале 1950-х годов, легли в основу ФСА.

Конечной целью ФСА в общем виде можно считать разработку средств контроля над затратами на любой стадии жизненного цикла изделия. Эти средства должны обеспечить уменьшение затрат, сохраняя на требуемом уровне качество и надежность изделия. Технология применения этих средств дает возможность отделить нужное от ненужного. Это касается как функций, так и затрат на их выполнение.

Многие авторы считают методы ТРИЗ и ФСА идентичными, одни отдают предпо-

чтение ТРИЗ, другие — ФСА. Однако в самих определениях и характеристиках этих методов имеются различия (таблица).

ТРИЗ решает только определенный круг задач — технических. Функционально-стоимостный анализ выявляет и устраняет противоречия технико- и организационно-экономические, т. е. охватывает более широкий спектр задач. Если рассматривать ФСА применительно только к техническим системам, то и здесь можно найти существенные отличия его от ТРИЗ в методике и процедурах проведения.

Обычно техническая (инженерная) задача должна содержать указания на то, что дано, и на то, что требуется получить, т. е. должна отражать следующие требования:

- какую характеристику объекта нужно изменить;
- какие характеристики нельзя менять;
- какие расходы снизятся, если будет решена задача;
- каковы допустимые затраты;
- какой главный технико-экономический параметр нужно улучшить.

Три последних требования нельзя в полной мере сформулировать на основе ТРИЗ. Заключительным шагом в решении технической задачи является определение технического противоречия.

Таблица. Сравнительные характеристики ФСА и ТРИЗ

Сравниваемые положения	Характеристики	
	ФСА	ТРИЗ
Цель	Минимизация затрат при обеспечении (сохранении) функциональной полезности и качества изделий. Решение технико-экономических и организационно-экономических противоречий	Найти и устранить технические (физические) противоречия
Теоретическая основа	Принципы функциональной организации систем. Принципы ФСА, теория экономической эффективности	Результаты обобщения статистических данных, тенденции развития технических систем (ТС)
Объект исследования	Системы всех видов (технические, организационно-технические, социально-экономические)	ТС
Используемые методические инструменты	Социальный алгоритм, функциональное моделирование. Методы активизации творчества (мозговой штурм, морфологический анализ и т. д.). Экспертные методы. Аналитические методы. Методы приближенной оптимизации	Специальный алгоритм. Приемы и таблицы устранения технических противоречий (ТП). Вепольный анализ
Наличие оценочных операций и критериев выбора	Оценка степени совершенства решения с точки зрения функционально-структурной организации. Оценка сложности решения. Оценка решения по комплексному критерию с учетом функционально необходимых затрат и качества исполнения функций	Количественные и качественные критерии не имеют четко выраженной формы. Методы оценки не регламентированы

\*Окончание.  
Начало см.  
«Сварщик  
в России»  
№2, 3–2012.

Различие в построении моделей технических систем в ходе ТРИЗ и ФСА обусловлены самой природой этих методов. Созданию модели объекта по теории ФСА предшествует анализ внешних и внутренних связей объекта, в то время как в соответствии с ТРИЗ переходят сразу к выделению конфликтующих пар, минуя стадию тщательного анализа, что приводит к несколько одностороннему представлению об объекте и невозможности его полного логического описания.

Согласно ФАС, в любом объекте (системе) имеются затраты, необходимые и излишние. Необходимые затраты — это затраты на выполнение объектом его полезных функций. Излишние затраты — это результат конструктивной избыточности, допущенной в данной объекте (системе) при традиционном предметном подходе к его созданию.

Используя ФСА для совершенствования конкретного объекта (системы), выделяют такие последовательные этапы выполнения работ: подготовительный, информационный, аналитический, творческий, рекомендательный, этап внедрения.

Каждый этап состоит, в свою очередь, из работ и процедур, которые в совокупности могут быть представлены в виде рабочего плана ФСА.

**Подготовительный этап ФСА** предполагает проведение подготовки специалистов, формирование исследовательской (временной) рабочей группы (ИРГ), выбор объекта анализа и определение целей исследования, подготовку перечня требуемых информационных материалов, касающихся объекта анализа, составление, обсуждение и уточнение плана проведения исследований.

Основными задачами **информационно-го этапа** являются сбор, систематизация и всестороннее изучение информации об объекте ФСА. Данный этап нередко называют фундаментом ФСА, потому что от полноты и достоверности собираемой информации, правильности ее обработки и изучения во многом зависит успех последующих этапов функционально-стоимостного анализа.

На информационном этапе осуществляют построение структурной модели объекта, в которой раскрывают взаимосвязи его элементов; строят технологическую схему изготовления изделия; исследуют условия применения объекта; изучают патентную информацию. На этом же этапе может быть выполнено первичное формулирование

функций, построен первый вариант функциональной модели.

Объем и глубина проработки данных на информационном этапе определяются важностью задач, поставленных перед исследовательской группой, и накопленным опытом проведения ФСА. Информационный этап считают выполненным, если в результате проведенных работ получены:

- первые варианты структурно-элементной и функциональной моделей изучаемой системы;
- уточненная формулировка задачи на уровне «как она понята»;
- перечень предложений членов рабочей группы по детализации хода анализа и совершенствованию конструкции;
- реферат по результатам изучения литературных и патентных данных;
- структурная схема объекта;
- схема «система в надсистеме».

**Аналитический этап** создает предпосылки для последующего решения задачи на творческом этапе ФСА. Поэтому содержанием аналитического этапа является более глубокое изучение объекта и установление связей между его элементами, функциями, а также между объектом и окружающей средой в конкретных условиях его применения.

Исследование функций осуществляют в ходе структурно-функционального анализа объекта путем построения и изучения его моделей в форме таблиц, графиков и диаграмм. Глубина и доскональность исследования функциональной анатомии может быть различной и зависит от условий задачи, но общая схема исследования остается принципиально одинаковой (рис. 2).

При формулировании функций придерживаются трех правил:

- формулировка каждой функции должна быть по возможности изложена двумя словами — глаголом и существительным (прилагательным);
- в формулировках функций следует использовать понятия, которые обозначают величины, имеющие размерность;
- желательно указывать пространственную и временную характеристики функций как действие или проявление определенного свойства, имеющего направленность, весомость, продолжительность.

Соблюдение правил формулирования функций помогает расчленив проблему на простейшие элементы, определить, какие процедуры творческой деятельности необ-

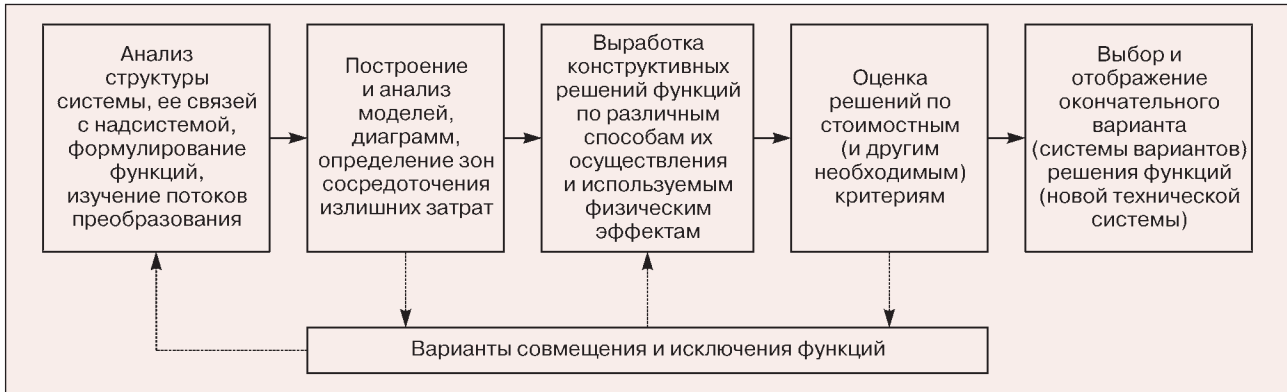


Рис. 2. Общая схема исследования объекта

ходимо осуществить на различных этапах анализа, а также позволяет оперировать качественными представлениями о функциональной структуре исследуемого объекта.

Определяя функции, фактически выполняемые объектом (станком, узлом, деталью), необходимо выявлять и указывать все функции, даже те, для осуществления которых объект не предназначался. Это помогает в дальнейшем выявить ненужные функции и свойства, а затем найти пути их устранения либо увеличить потребительскую стоимость изделия, расширив область его применения.

Процессы конструирования нового объекта формулирования и анализа функций идут параллельно. Их сопровождает процесс определения весомости (значимости) и стоимости функций.

Определение стоимости функций базируется на четырех принципах:

- основная цель любых затрат — это выполнение определенных функций;
- любые затраты сверх тех, которые обеспечивают выполнение объектом своих функций, являются ненужными;
- под затратами на функцию понимают минимальные затраты, при которых эта функция выполняется;

- затраты на функцию определяют путем прямого счета и сравнительного анализа. Стоимость функции — это затраты на изготовление и эксплуатацию ее материальных носителей.

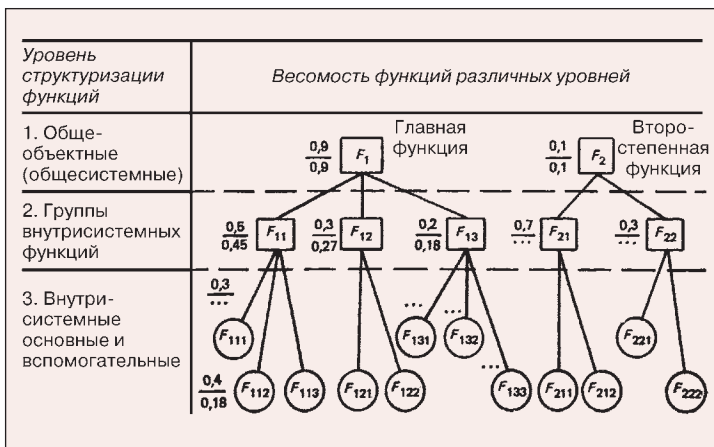
Обычно при проведении ФСА ограничиваются расчетом только прямых производственных затрат: материалы, заработная плата, покупные детали (изделия), расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.

Стоимостную оценку функций выполняют после их формулирования, и она сопровождает все этапы процесса поиска вариантов технических решений. Часто стоимостную оценку функций производят в долевых затратах. Долевые затраты — это стоимость функции, определяемая как часть общеобъективных затрат (на изделие, узел, деталь), отнесенная к данной функции. Если объект (деталь, узел, машина) участвует в выполнении нескольких функций, то его мысленно разрезают на части, которые относятся к той или иной функции.

Для определения долевых затрат на функции применяют экспертную оценку значимости (весомости) функций в виде значения коэффициента весомости. Тогда стоимость одной из функций данного уровня равна произведению стоимости объекта в целом и значения коэффициента общей весомости функции.

Оценку весомости функций выполняют для последующей увязки конструктивных и стоимостных параметров объекта с функциональными требованиями потребителей. Весомость функций определяют по уровням функциональной модели, начиная с верхнего (рис. 3). Значения коэффициента весомости устанавливают экспертно по важности данной функции в удовлетворении потребности. При этом сумма значений коэффициента весомости объединенных функций данного уровня должна быть рав-

Рис. 3. Пример оценки весомости элементов функциональной модели: числитель — частная весомость; знаменатель — общая весомость





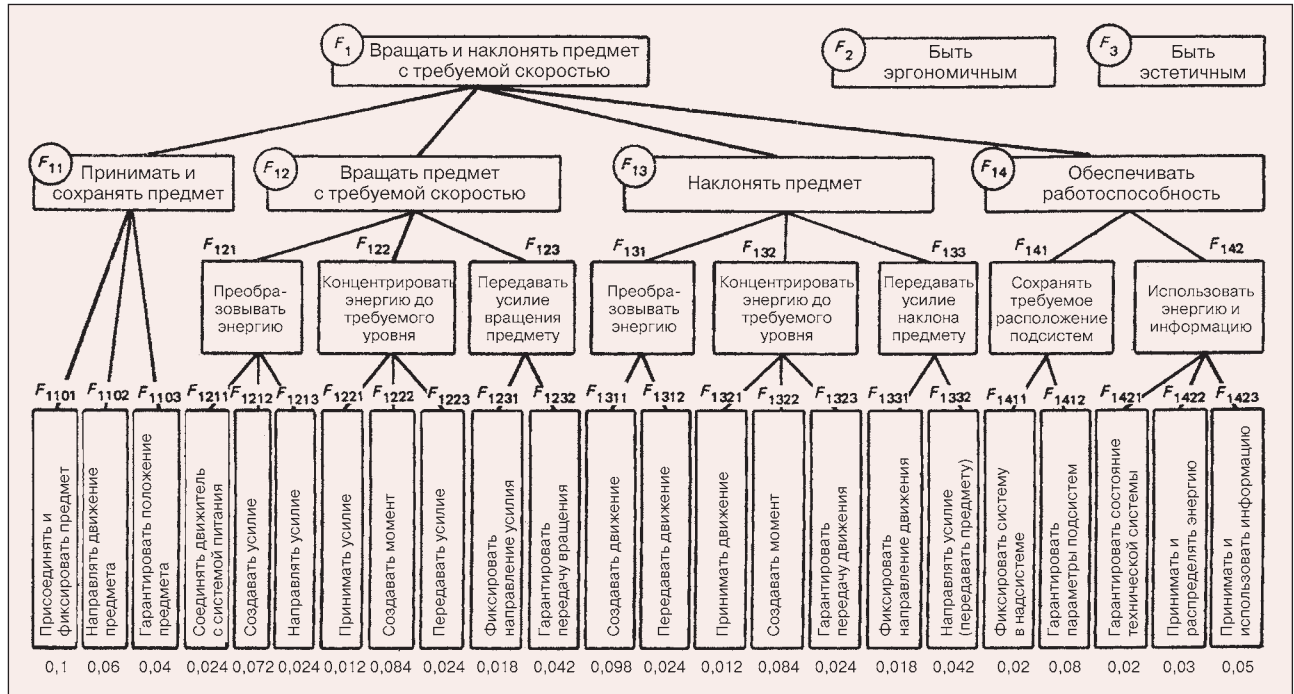


Рис. 4. Функциональная модель сварочного вращателя. На 4-м уровне структуризации цифрами показана весомость функций

на единицу, а сами значения определяют частную весомость функции в данной ветви.

Принципиальной основой рассуждений по поводу возможного совершенствования анализируемого объекта является функциональная модель. В качестве примера на рис. 4 приведена функциональная модель универсального сварочного вращателя.

Исследование функций направлено на ликвидацию или значительное уменьшение конструктивной избыточности изделия, возникающей при традиционном предметном подходе к его созданию, и находит свое предельное отражение в понятии «идеальная машина». По Г.С. Альтшуллеру, идеальной считают машину, которой нет, но функции которой выполняются.

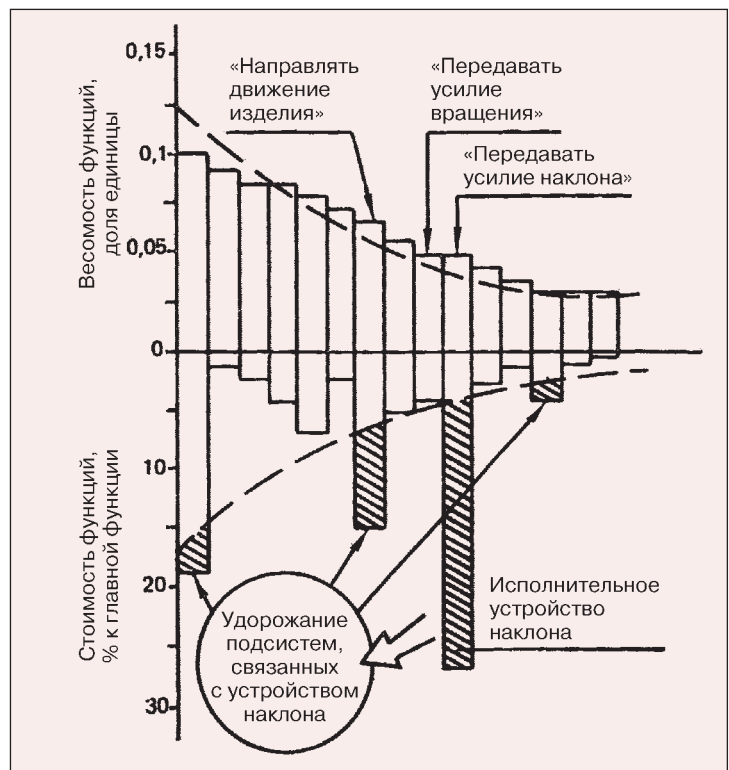
Для уменьшения конструктивной избыточности необходимо проанализировать функционирование объекта и его элементов с точки зрения их влияния на степень удовлетворения потребностей, ради которых создан данный объект.

Конструктивная гармония любой технической системы определяется, в конечном счете, сбалансированным и симметричным соответствием между стоимостью функций и их весомостью, что находит отражение в функционально-стоимостной диаграмме (ФСД). Приведенная на рис. 5 ФСД универсального сварочного вращателя большой грузоподъемности отражает избыточность конструктивных решений по тем

функциям (в частности, «передать усилие наклона»), стоимость которых превышает требуемый уровень, определяемый графиком соответствия их весомости.

Из диаграммы следует, что излишние затраты (на рисунке заштрихованы) составляют в данном случае порядка 40% стоимости машины.

Рис. 5. Функционально-стоимостная диаграмма сварочного вращателя



**Творческий этап ФСА** является ключевым. Работа, проведенная до него, позволяет выбрать и сформулировать технические задачи, от решения которых зависит общий результат работы. В целом структура действий здесь довольно сложна и включает в себя как организационно-управленческие, так и творческие процедуры, опирающиеся на методические средства поиска новых решений, включая рассмотренные выше методы мозгового штурма, морфологического анализа, алгоритм решения изобретательских задач и др.

После нахождения ряда возможных путей решения проблемы выбирается один из них как наиболее перспективный.

На следующем этапе ищут конкретное техническое средство, призванное реализовать конкретную функцию, т. е. проводится поиск конфигурации технического объекта. Как правило, находят несколько вариантов конфигураций, из которых впоследствии выбирают наиболее подходящий. Затем в данном объекте устраняют противоречия, возникшие при объединении элементов в единую систему. Работоспособный объект удовлетворяет потребность и снимает проблему.

Многие методы активизации решения творческих задач, применяемые в инженерной практике, реализуют описанные выше стратегии, не пересекаясь. Поэтому выявление более или менее эффективных методов лишено смысла, так как каждый из них имеет свою область рационального применения. Так, например, метод мозгового штурма, относящийся к методам случайного поиска, наиболее эффективен для поиска об-

щих направлений проблемы. Метод морфологического анализа, как правило, применяют для исследования и расширения поля поиска, а АРИЗ — для решения проблем, возникающих при согласовании работы элементов в технических объектах.

Работу на творческом этапе считают законченной, если оформлены несколько (5–6) вариантов технических решений с оценкой их экономической целесообразности, предварительной конструкторской и технологической проработкой и выбором наиболее вероятного варианта с точки зрения его осуществления.

**Исследовательский этап** является органическим продолжением творческого этапа. Основная цель его состоит в том, чтобы найти наиболее эффективные варианты решений, которые после соответствующей проработки можно представить в виде предложений-рекомендаций ФСА.

Дальнейшие работы по изготовлению, доводке опытных образцов, их испытанию, корректировке документации, технической подготовке к серийному выпуску изделий по результатам ФСА выполняют в соответствии с действующим на предприятии порядком.

Описанные выше методы активизации решения технических задач охватывают только часть известных разработок в этом направлении, но они являются основными. Овладение технологами и конструкторами, работающими в области сварочного производства, упомянутыми методами позволит существенно повысить качество решений инженерных задач. ● #612



### «Северсталь» поставила опытную партию новой марки стали для компании «КАМАЗ»

ОАО «Северсталь» в сжатые сроки разработала и согласовала технические стандарты на новые марки стали и сразу организовала опытные поставки партий для ОАО «КАМАЗ». Новая сталь S500MC является аналогом высококачественной шведской стали DOMEX-500, при этом стоимость новой марки стали, произведенной на Череповецком меткомбинате (входит в состав дивизиона «Северсталь Российская сталь»), значительно ниже стоимости шведского образца.

Кроме того, для ОАО «КАМАЗ» произвели принципиально новую двухфазную сталь марки DP600, которая обладает высокой прочностью, позволяет снизить металлоемкость автомобиля за счет снижения толщины деталей, а высокая пластичность обеспечивает хорошую штампуемость особо сложных деталей. Сталь технологична в металлургическом и машиностроительном производстве, сваривается всеми известными методами сварки, технологична при штамповке.

В настоящий момент ведется отработка технологии аналогичных марок для поставки на заводы «Евродиск», которые изготавливают диски колес для автомобилей Volkswagen и Renault. Освоение и внедрение новых перспективных марок металлопроката ведется в рамках совместной программы ОАО «Северсталь» — ОАО «КАМАЗ», рассчитанной на 2012–2013 гг.

Проведенный в ОАО «Северсталь» комплекс мероприятий, направленных на улучшение механических свойств и чистоту металла, позволил обеспечить штампуемость деталей рамы автомобилей марки «КАМАЗ» сложной формы.

Одновременно с разработкой и внедрением перспективных марок металлопроката на ЧерМК решили крайне важный для ОАО «КАМАЗ» вопрос резки полос для производства лонжеронов рам автомобиля «КАМАЗ» из стали 20ГЮТ.

Представители «КАМАЗа» высоко оценили организацию деятельности и профессионализм рабочей группы «Северстали».

[www.metalbulletin.ru](http://www.metalbulletin.ru)

# КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ЭКОТЕХНОЛОГИЯ»



**Г. И. Лащенко. Современные технологии сварочного производства.** 2012. — 720 с.

Изложены направления развития и совершенствования технического уровня сварочного производства и качества изготовления сварных конструкций. Дана характеристика современных конструкционных материалов, описаны пути повышения точности изготовления сварных конструкций, уровня механизации и автоматизации сварочного производства. Освещены принципы управления качеством сварных конструкций. Приведены современные электродуговые, плазменные, лазерные и фрикционные технологии сварки, наплавки, напыления и резки сталей, алюминиевых сплавов, титановых сплавов и пластмасс.

Рассчитана на инженерно-технических работников в области сварочного производства. Может быть полезна преподавателям, аспирантам и студентам технических университетов.

**З. А. Сидлин. Производство электродов для ручной дуговой сварки.** 2009. — 464 с.

Детально описаны все стадии технологического процесса производства металлических покрытых электродов для ручной дуговой сварки, применяемые материалы и оборудование. Даны теоретические основы процессов, протекающих как при изготовлении, так и при применении электродов. Особое внимание уделено вопросам обеспечения качества продукции.

Для инженерно-технического персонала, мастеров и рабочих электродных производств, может быть использована для индивидуальной подготовки и повышения квалификации.



**П. В. Гладкий, Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев. Плазменная наплавка.** 2007. — 292 с.

Рассмотрены основные способы плазменной наплавки. Особое внимание уделено плазменно-порошковой наплавке, позволяющей существенно расширить круг сплавов, наплавляемых механизированным способом. Приведены требования к наплавочным порошкам, рассмотрены основные способы их производства, технологические особенности плазменной наплавки и методика выбора режимов плазменно-порошковой наплавки, рассмотрены примеры наплавки ряда характерных деталей. Представлены также сведения об оборудовании для плазменной наплавки, рассмотрены конструкции основных узлов установок, даны их характеристики.

Рассчитана на инженерно-технических работников, занимающихся восстановлением и упрочнением деталей машин и механизмов. Может быть полезна студентам вузов.

**Г. И. Лащенко. Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом.** 2006. — 384 с.

Рассмотрены структурные схемы способов дуговой сварки сталей плавящимся электродом (ДСПЭ) и общие вопросы свариваемости сталей. Изложены современные представления об энергетической эффективности процесса, формировании швов, производительности и экологических показателях ДСПЭ. Приведены современные способы сварки с применением различных защитных сред, позволяющие регулировать тепловложение в свариваемое изделие, улучшающие формирование металла шва и повышающие производительность сварки. Приведены сведения о гибридных и комбинированных способах дуговой сварки плавящимся электродом.

Рассчитана на инженерно-технических работников, занятых в области сварочного производства. Может быть полезна преподавателям, аспирантам и студентам технических университетов.



**С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин. Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология.** 2006. — 360 с.

Рассмотрены физико-металлургические процессы при ручной дуговой сварке покрытыми электродами. Даны характеристики и классификация электродов, представлена номенклатура промышленных марок, источники питания и другое оборудование. Изложены рекомендуемые технологии сварки сталей, чугуна и цветных металлов и их особенности. Рассмотрены дефекты сварных соединений и причины их образования, а также вопросы ремонтной сварки.

Рассчитана на инженерно-технических работников сварочного производства. Может быть полезна учащимся технических учебных заведений и для повышения квалификации.

Заказы направлять по адресу: 380036 РФ, г. Белгород, б-р Юности, 2, к. 317.  
Тел./ф. (4722) 53-73-27; тел. (4722) 53-73-23; моб. тел. 8 (910) 736-26-79  
E-mail: mozgovovjv@rambler.ru. МОЗГОВОЙ Виктор Федорович



Если у Вас возникли вопросы по технологии сварки, организации рабочих мест сварщиков, правильному выбору сварочных материалов и оборудованию, Вы можете отправить письмо в редакцию журнала по адресу: 03150 Киев, а/я 52 или позвонить по телефону (044) 200 80 88. На Ваши вопросы ответит кандидат технических наук, Международный инженер-сварщик (IWE) Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

**Расскажите, пожалуйста, о сварке трением и ее практическом применении.**

*С.П. Коржик (Донецк)*

Сварка трением — особый вид сварки давлением, при котором местный нагрев материала заготовок происходит в результате трения их сопряженных поверхностей друг с другом или путем использования специального инструмента.

Практическому использованию сварки трением положили начало опыты токаря-новатора А.И. Чудикова (1956 г.), получившие развитие в работах ВНИИЭСО (Россия). Эти работы послужили толчком для начала исследований сварки трением в США, Японии, Великобритании, Германии и других странах.

В 1960–1990 гг. сварку трением интенсивно исследовали и внедрили в промыш-

ленность как в СССР, так и в других странах мира. В последние десятилетия интерес к сварке трением возрос.

**Классификация способов сварки трением.** Классификация способов в виде схемы показана на рис. 1. Наибольшее распространение получили способы 1 и 2. Сварку трением по способу 1 называют сваркой с непрерывным приводом или **конвенционной сваркой**. Конвенционная сварка — разновидность сварки трением, при которой механическая энергия, постоянно поступающая от источника, непосредственно преобразуется в тепловую в тонких приповерхностных слоях металла сопряженных и подлежащих соединению поверхностей свариваемых заготовок.

Наиболее распространенная схема выполнения конвенционной сварки трением (способ 1, А) показана на рис. 2. Технологический цикл этого способа состоит в следующем.

Рис. 1. Классификация способов сварки трением



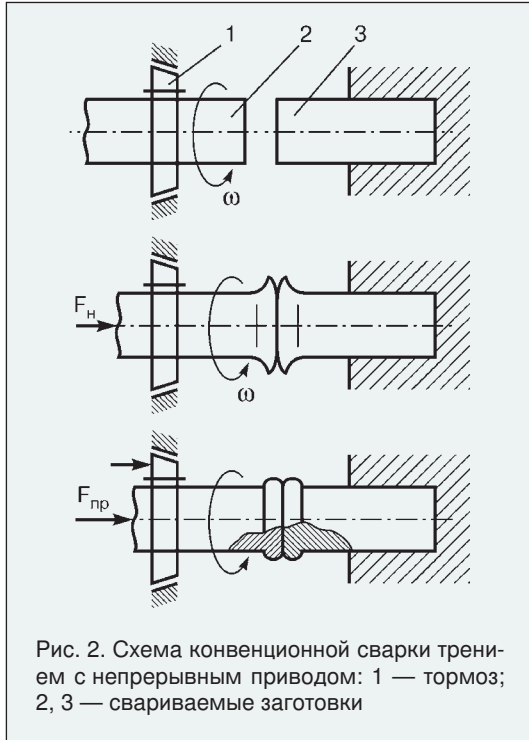


Рис. 2. Схема конвенциональной сварки трением с непрерывным приводом: 1 — тормоз; 2, 3 — свариваемые заготовки

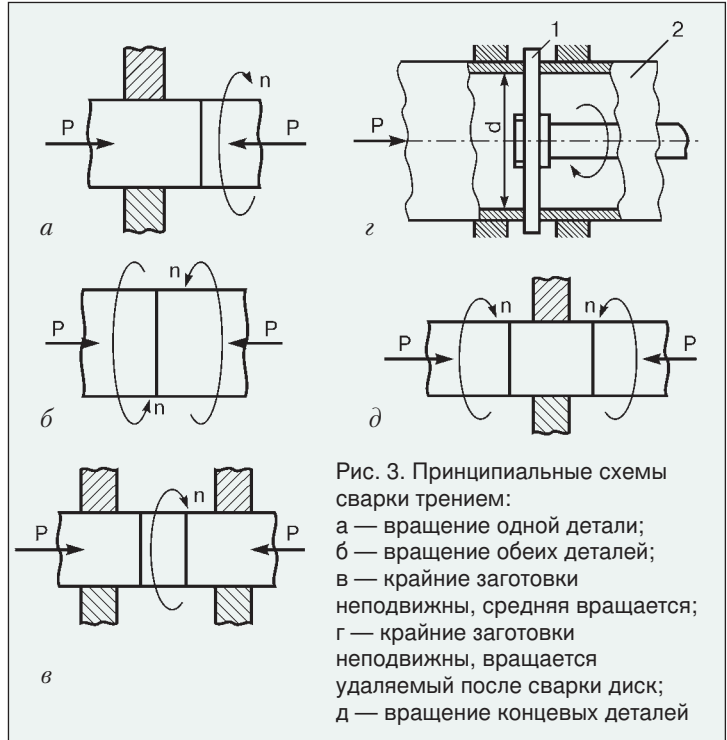


Рис. 3. Принципиальные схемы сварки трением: а — вращение одной детали; б — вращение обеих деталей; в — крайние заготовки неподвижны, средняя вращается; г — крайние заготовки неподвижны, вращается удаляемый после сварки диск; д — вращение концевых деталей

Одной из заготовок сообщают вращательное движение, затем заготовки сближают и прилагают к ним осевое усилие нагрева (в некоторых машинах для сварки трением предусмотрена предварительная притирка поверхностей). Стадию нагрева регламентируют в машинах или временем нагрева, или совместной деформацией заготовок. После торможения подвижной заготовки прилагают усилие проковки.

К основным достоинствам конвенциональной сварки трением относят:

- высокую производительность (35–450 сварок в час) и небольшие потери металла;
- стабильность качества сварного соединения в широком диапазоне режимов сварки;
- простоту подготовки деталей к сварке;
- уменьшение припусков на сварку по сравнению с припусками при стыковой контактной сварке;
- уменьшение расхода электроэнергии в 5–10 раз и снижение мощности сварочного оборудования по сравнению с этими же показателями при стыковой контактной сварке;
- простоту автоматизации и контроля параметров режима сварки;
- отсутствие ультрафиолетового излучения, мощных магнитных полей, вредных газовых выделений и разбрызгивания расплавленного металла.

В качестве недостатков упомянутого способа сварки следует выделить:

- ограниченность вида соединения деталей (только стыковое и Т-образное соединение);
- ограниченность формы и размера сечения деталей. По экономическим соображениям наиболее

целесообразным считается диапазон сечений  $10 - 5 \cdot 10^4 \text{ мм}^2$ .

Предлагают некоторые разновидности конвекционной сварки трением, которые позволяют в значительной мере преодолеть отмеченные выше недостатки.

На рис. 3 схематически представлены способы 1А–1Д (см. рис. 1). Общим для этих способов является то, что свариваемые поверхности значительным усилием прижимают друг к другу и, вращая, перемещают. При этом в начальный момент разрушаются и вытесняются из стыков различные загрязнения, а также стираются неровности на свариваемых поверхностях. В результате получается плотный контакт поверхностей и прекращается доступ воздуха к ним. В дальнейшем происходит быстрый нагрев тонких слоев металла свариваемых поверхностей. Часть нагретого металла с возможными остатками загрязнений вытесняется за пределы стыка.

После прекращения вращения деталей при их совместной пластической деформации образуется сварное соединение.

Отличительной особенностью способа 1Г является выполнение сварки длинных труб с помощью вращения зажатого между ними относительно тонкого диска. По этому способу сварки в результате износа и нагрева диск 1 становится тоньше и при осадке срезается по диаметру, близкому к внутреннему диаметру свариваемых труб 2, а его периферийная часть в виде шайбы остается вваренной между торцами.

● #613

Продолжение в следующих номерах журнала.



## Содержание журнала «Biuletyn Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach» (Польша) №2–2012

### Исследования

**M. ST. Weldowski.** Исследование электромагнитного излучения сварочной дуги при использовании TIG метода с точки зрения мониторинга процесса

**J. Czuchryj, S. Sikora, K. Staniszewski.** Оценка качества сварного соединения мостовых плит в соответствии с требованиями стандарта PN-EN 1090-2 по уровню качества «B+»

**E. Lisowski, W. Czyzycki, K. Jazarczyk.** Изготовление контейнерных цистерн для транспортировки и хранения сжиженного газа

**A. Weglowska, SZ. Kowieski.** Вибрационная сварка композитов на основе полиамида, усиленного волокнами стекла

**A. Kiszka, T. Pfeifer.** Сварка тонких стальных листов с защитным покрытием методом MAG с использованием тока переменной полярности

**A. Sawicki.** Моделирование сварочной дуги с помощью колонны, управляемой поперечным магнитным полем

### Новые книги

### Новое сварочное оборудование и материалы



## Содержание журнала «Przegląd Spawalnictwa» (Польша) №4–2012

**R. Banski, D. Rozumek.** Рост усталостных трещин в биметаллах сталь-титан, выполненных сваркой взрывом

**M. Prazmowski, H. Paul.** Характеристика биметалла цирконий-сталь, выполненного сваркой взрывом при использовании различных параметров процесса

**L. Mazur, A. Warsz.** Влияние содержания газов на свойства плит из титанового сплава 12, сваренных TIG методом

**R. Jachym, K. Kwiecinski, M. Lomozik, M. Urzyncok.** Сварка стыковых соединений из однородных и разнородных сталей Tempaloy A-3



## Содержание журнала «Przegląd Spawalnictwa» (Польша) №5–2012

**W. Gawrysiuk, A. Troszka.** Техничко-экономические аспекты лазерной сварки труб, используемых в котлах высокого давления

**L. Zadroga.** Аттестация технологии сварки в соответствии с требованиями немецких технических норм

**J. Laska, K. Mlynarz, T. Plak, D. Brulinski.** Ремонт LP корпуса турбины 330 МВт

**J. Stania, P. Urbanczyk.** Технология производства и план контроля качества паронагревателя парового котла в соответствии со стандартом PN EN 12952-5

**M. Nowak, D. Wisniewski, L. Czeladzinski, J. Buchowski.**

Программирование off-line и on-line на примере решений Panasonic

**K. Kudla, K. Wejsyk.** Методы улучшения эксплуатационных характеристик сварных соединений



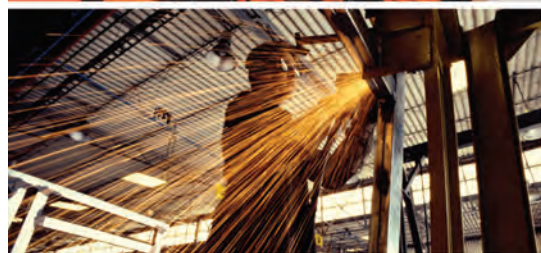
# weldex РОССВАРКА

12-я Международная специализированная выставка сварочных материалов, оборудования и технологий

23 – 26 октября 2012 года  
Москва, КВЦ «Сокольники»

+7 (495) 935 81 00

более 200 компаний из 15 стран мира!



промышленная выставка мирового уровня!

[www.weldex.ru](http://www.weldex.ru)

подайте заявку на участие на сайте [www.weldex.ru](http://www.weldex.ru)

Организатор:



При поддержке:

Министерства Промышленности и Торговли РФ  
Правительства Московской области  
Московской Межотраслевой Ассоциации Главных Сварщиков

Под патронатом:

Торгово-промышленной палаты РФ  
Правительства Москвы  
Московской Торгово-Промышленной палаты

Генеральный  
информационный  
партнер:



При содействии:



# Оптическое излучение при сварке и родственных процессах. Часть 2

О.Г. Левченко, д-р техн. наук, А.Т. Малахов, Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины

*Процессы сварки и резки характеризуются повышенными уровнями оптического излучения (ОИ) в видимой, ультрафиолетовой и инфракрасной областях спектра. В принципе, умеренное воздействие этих излучений не вредно и физиологически необходимо для человека, однако чрезмерное их воздействие вредно и даже опасно.*

**Видимые световые лучи** при сварке ослепляют, поскольку их яркость превышает физиологически допустимую дозу. Интенсивная световая радиация дуги воздействует на сварщиков, поэтому не вызывает сомнения необходимость использования защитных масок со светофильтрами. Примерно половина повреждений зрения приходится на персонал, непосредственно не участвующий в процессе сварки. Видимое излучение создает и общебиологическое действие через кожу. В своей красной части спектра эффект приближается к действию ИК лучей, а в фиолетовой — к действию УФ лучей и имеет выраженное фотохимическое действие. Видимое излучение вызывает пигментацию кожи (эффект загара), но для этого необходима значительно большая интенсивность и продолжительность действия, чем для УФ излучения.

**Ультрафиолетовые лучи** требуют особого внимания с точки зрения охраны труда. Их биологически активное излучение делится на три участка: первый — с длиной волны 400–315 нм; второй — 315–280 нм; третий — 280–200 нм. Лучи, относящиеся к первому участку, характеризуются слабым биологическим действием, лучи второго участка — сильным действием, лучи третьего оказывают выраженное влияние на белки тканей и липоиды, вызывают гемолиз, а также обладают бактерицидными свойствами. УФ излучение в диапазоне 200–100 нм сильно поглощается воздухом и относится к так называемой вакуумной области спектра, поэтому его обычно не рассматривают в качестве вредного фактора при выполнении сварочных работ на воздухе.

Даже кратковременное воздействие УФ лучей на незащищенный глаз способно вызвать ожог роговой оболочки — электроофтальмию. Неопытные сварщики чаще других страдают этим заболеванием из-за отсутствия навыков установки щитка со светофильтром в момент возбуждения сварочной дуги. УФ излучение с длиной волны менее 320 нм отрицательно влияет на сетчатку глаз, вызывая болезненные воспалительные процессы. Заболевание со-

провождается слезотечением, возможно поражение роговицы глаза и развитие светобоязни («снежная» болезнь). При прекращении воздействия УФ излучения на глаза симптомы светобоязни обычно проходят через 2–3 дня.

Воздействуя на открытые участки кожи, УФ излучение вызывает ожоги. Воздействие на кожу больших доз УФ излучения приводит к кожным заболеваниям (дерматитам). Частые и чрезмерные дозы в некоторых случаях могут оказывать канцерогенное действие на кожу. Повышенные дозы УФ излучения действуют и на центральную нервную систему: отклонения от нормы проявляются в виде тошноты, головной боли, быстрой утомляемости, повышения температуры тела и др.

УФ излучение может оказывать и не прямое (косвенное) вредное влияние на организм человека. Например, в результате воздействия УФ излучения сварочной дуги кислород и азот, находящиеся в воздухе, вступают в химические реакции, образуя озон и оксиды азота. Эти газы в больших дозах смертельны, а в малых могут вызывать раздражение слизистой оболочки носа, носоглотки и серьезные респираторные, а также легочные заболевания.

**Инфракрасные лучи** обладают, главным образом, тепловым эффектом. В зависимости от длины волны изменяется проникающая способность ИК излучения. Наибольшую проникающую способность имеет коротковолновое ИК-А излучение, которое проникает в ткани человека на глубину в несколько сантиметров. ИК лучи длинноволнового диапазона (9–420 мкм) задерживаются в поверхностных слоях кожи. При длинноволновом излучении повышается температура поверхности тела, а при коротковолновом — изменяется температура легких, головного мозга, почек и некоторых других органов человека. Значительное изменение общей температуры тела (1,5–2°С) происходит при ИК облучении большой интенсивности. Воздействуя на мозговую ткань, коротковолновое излучение вызывает «солнечный удар». Человек при этом ощущает головную боль, головокружение, учащение пульса и дыхания, потемнение в глазах, нарушение координации движений, возможна потеря сознания. При интенсивном облучении головы происходит отек оболочек и тканей мозга, проявляются симптомы менингита и энцефалита. Наибольшую опасность для глаз представляет коротковолновое излучение. Возможные последствия воздействия ИК излуче-



ния на глаза — появление инфракрасной катаракты (помутнение хрусталика глаза). Интенсивное ИК излучение приводит к ожогам кожи (например, при полуавтоматической сварке на токах 400 А сварщик «загорает» через рубашку). Кроме того, тепловая радиация повышает температуру окружающей среды, ухудшает микроклимат, что может привести к перегреву организма.

**Нормирование ОИ и основные действующие стандарты.** В качестве исходных данных для сравнения действия и нормирования ОИ приведем известные величины интенсивности солнечного излучения на земной поверхности в средних широтах на уровне моря. В отдельные летние дни при облачности, не закрывающей солнца, интенсивность солнечной радиации на площадке, перпендикулярной направлению солнечных лучей, может достигать  $1000 \text{ Вт/м}^2$ . Из них 50% энергии излучения приходится на ИК излучение, 47% — на видимый спектр и 3% — на УФ излучение. При этом следует отметить, что наиболее вредное для человека УФ-С излучение в спектре солнечного излучения на земной поверхности практически отсутствует, тогда как в ряде сварочных процессов может достигать заметных величин.

**Инфракрасное излучение.** В соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», интенсивность теплового облучения работающих от открытых источников (нагретый металл, стекло, «открытое» пламя и др.) не должна превышать  $140 \text{ Вт/м}^2$ , при этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела. Обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

Согласно ГОСТ 12.4.123-83 ССБТ «Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования», средства коллективной защиты от ИК излучений промышленных тепловых источников (в спектральном диапазоне от 0,75 до 25 мкм), расположенных в производственных помещениях, должны обеспечивать интегральную тепловую облученность на рабочих местах не более  $350 \text{ Вт/м}^2$ .

**Ультрафиолетовое излучение.** В соответствии с санитарными нормами (СН 4557-88. «Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях»), установлены следующие допустимые уровни интенсивности УФ излучения (облучения):

- допустимая интенсивность облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более  $0,2 \text{ м}^2$  и периода облучения до 5 мин, длительности пауз между ними не менее 30 мин и общей продолжительности воздействия за смену до 60 мин не должна превышать:

$50,0 \text{ Вт/м}^2$  — для области УФ-А;  $0,05 \text{ Вт/м}^2$  — для области УФ-В;  $0,001 \text{ Вт/м}^2$  — для области УФ-С;

- допустимая интенсивность УФ облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более  $0,2 \text{ м}^2$  (лицо, шея, кисти рук и др.), общей продолжительности воздействия излучения 50% рабочей смены и длительности однократного облучения свыше 5 мин и более не должна превышать:  $10,0 \text{ Вт/м}^2$  — для области УФ-А;  $0,01 \text{ Вт/м}^2$  — для области УФ-В; излучение в области УФ-С при указанной продолжительности не допускается.
- при использовании специальной одежды и средств защиты лица и рук, не пропускающих излучение (спилк, кожа, ткани с пленочным покрытием и т. п.), допустимая интенсивность облучения в области УФ-В + УФ-С (200–315 нм) не должна превышать  $1 \text{ Вт/м}^2$ .

Таким образом, сварщикам в специальной защитной одежде с защищенными лицом и руками следует ориентироваться на последнюю норму.

**Методы и измерительные приборы для контроля параметров ОИ.** В принципе, в некоторых случаях интенсивность ОИ можно оценить и рассчитать теоретически. В реальности из-за ряда осложняющих факторов (сложность геометрии источника ОИ и неоднородность его излучательных характеристик по поверхности и во времени, неопределенность спектральных характеристик излучения, запыленность и задымленность воздушной среды, наличие преград и отражающих поверхностей и др.) единственным достоверным способом получения необходимых данных является непосредственное измерение и контроль с помощью соответствующих приборов.

Уровни облучения рабочих мест, подвергаемых воздействию ОИ от обслуживаемого оборудования, должны измеряться периодически, но не более одного раза в год, в порядке текущего санитарного надзора. Такие измерительно-контрольные работы должны также проводиться на стадии разработки и приемки в эксплуатацию нового технологического оборудования, при внесении конструктивных изменений в действующее оборудование и при организации новых рабочих мест.

Для измерения энергетических характеристик ОИ используют приборы типа болометров, спектрофотометров, актинометров, дозиметров и радиометров. Освещенность в видимой части спектра измеряют люксметрами и яркометрами.

*ДАУ-81* — дозиметр автоматический. Предназначен для измерения энергетической освещенности в диапазоне до  $500 \text{ Вт/м}^2$  и дозы облучения в диапазоне от 10 до  $1,5 \cdot 10^7 \text{ Дж/м}^2$  в пределах углов падения потока излучения  $\pm 80^\circ$ . Комплектуется тремя первичными преобразователями (датчиками) для измерения в УФ-С (220–280 нм), УФ-А (320–400 нм) и видимом (380–710 нм) диапазонах. При-

бор одноканальный, т. е. позволяет проводить измерения одновременно только одним из датчиков. Ошибка измерений не превышает 15% и связана в основном с отличиями спектральных характеристик измеряемого и эталонного источников. Прибор в настоящее время не производится.

*АРГУС-06/1* — радиометр ультрафиолетовый. Разработан специально для сварщиков и предназначен для измерения энергетической освещенности УФ излучения в спектральном диапазоне 200–280 нм (зона С). Может использоваться для измерений в соответствии с СН 4557-88. Технические характеристики: энергетическая освещенность — 10–4000 мВт/м<sup>2</sup>; погрешность — ±10%; масса — 0,5 кг; питание — батарея типа «Крона».

*ТКА-ПКМ-12* — цифровой малогабаритный ручной прибор для измерения интенсивности УФ излучения одновременно в трех спектральных диапазонах УФ-А, УФ-В и УФ-С (200–280 нм). Диапазон измерения 1–40000 мВт/м<sup>2</sup>. Питание прибора автономное от батареи 9 В, продолжительность непрерывной работы которой в среднем 8 ч; масса 0,4 кг.

*ТКА-ПКМ-13* — прибор с аналогичными ТКА-ПКМ-12 характеристиками (рис. 1, а). Диапазон измерения — 200–40000 мВт/м<sup>2</sup>. Предназначен для измерений высоких значений облученности продолжительное время. Предел допускаемой основной относительной погрешности измерения — 25%.

*РАТ-2П* — измеритель тепловой облученности. Предназначен для обеспечения измерений интегральных характеристик облучения во всем спектральном диапазоне ОИ, в том числе в ИК области спектра (рис. 1, б). Применяется для проведения санитарно-гигиенических исследований при аттестации рабочих мест (рекомендованы Госстандартом и Министерством охраны здоровья Украины, России, Беларуси). Диапазон энергетической освещенности — 10–2·10<sup>4</sup> Вт/м<sup>2</sup>; спектральный диапазон — 0,2–25 мкм, с ИК фильтром — 1–15 мкм; пределы основной допустимой относительной погрешности ±6%; время установления показаний — 15 с; масса — 0,6 кг.

*Аргус-03* — радиометр для измерения световых и энергетических характеристик оптического излучения в ИК области спектра. Может использоваться для измерений тепловой облученности при оценке условий труда на рабочих местах. Диапазон энергетической освещенности — 1–2000 Вт/м<sup>2</sup>; погрешность измерения — 10%; спектральный диапазон — 0,5–20 мкм; время работы без замены элементов питания — 300 ч; масса — 0,35 кг.

Существует довольно много приборов для измерения освещенности и яркости света в видимом диапазоне. Среди них можно выделить, например, *Аргус-12* — люксметр-яркомер для измерения освещенности, создаваемой различными источниками света (1,0–200000 лк) и для измерения яркости самосветящихся объектов (0,1–200000 нт), спектральный диапазон — 0,38–0,8 мкм; погрешность — 8–10%; масса — 0,35 кг (рис. 1, в).

Измерительные приборы для контроля параметров ОИ должны проходить периодическую поверку.

**Методы и средства защиты от вредного воздействия ОИ на организм человека.** Основные мероприятия, направленные на снижение опасного воздействия **инфракрасного излучения**, следующие:

- снижение интенсивности излучения источника (замена устаревших технологий современными);
- защитное экранирование источника или рабочего места;
- использование средств индивидуальной защиты (щитков и очков со светофильтрами для защиты глаз и лица, спецодежды для защиты поверхности тела);
- лечебно-профилактические мероприятия (организация рационального режима труда и отдыха, организация периодических медосмотров и др.).

Все методы и средства защиты должны снижать воздействие оптического излучения до уровней, предусмотренных действующими стандартами и правилами охраны труда. Так, при тепловом облучении до нормируемого уровня 140 Вт/м<sup>2</sup> скорость движения воздуха на рабочих местах должна быть

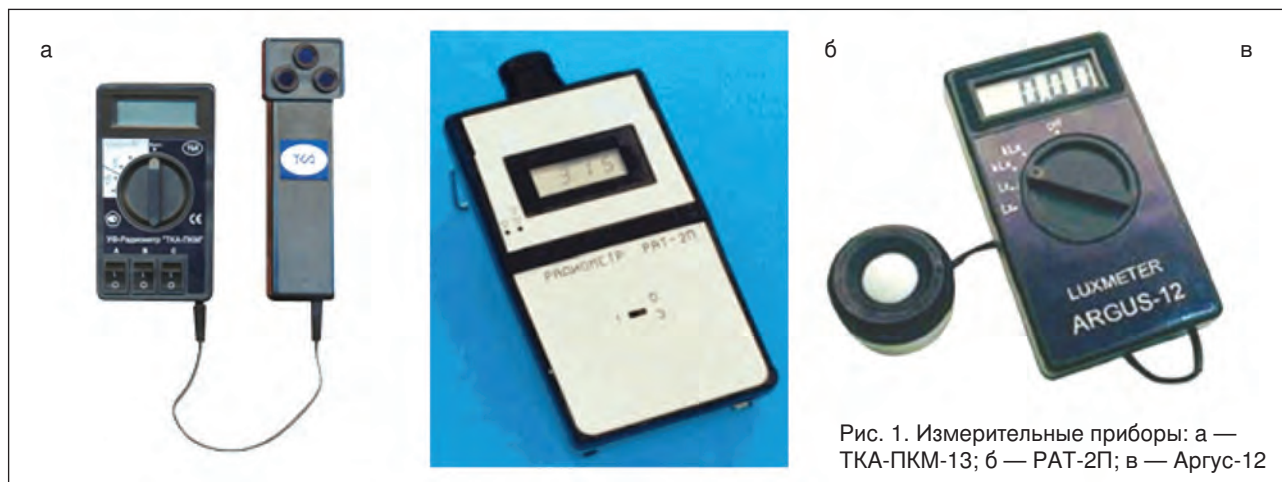


Рис. 1. Измерительные приборы: а — ТКА-ПКМ-13; б — РАТ-2П; в — Аргус-12

увеличена на 0,2 м/с по сравнению с требованиями технологии. При невозможности техническими способами обеспечить снижение теплового облучения рабочих до  $140 \text{ Вт/м}^2$  необходимо применение воздушного душа.

ГОСТ 12.1.005-88 и ДСН 3.3.6.042-99 регламентируют температуру воздуха на постоянных рабочих местах при наличии теплового облучения. Указывается, что в целях профилактики тепловых травм температура наружных поверхностей технологического оборудования или ограждающих его устройств не должна превышать  $45^\circ\text{C}$ .

В ДСН 3.3.6.042-99 даны детальные рекомендации по применению воздушного душа при интенсивности теплового облучения свыше  $140 \text{ Вт/м}^2$ ; при интенсивности свыше  $350 \text{ Вт/м}^2$  и облучении свыше 25% поверхности тела регламентируется продолжительность непрерывной работы и перерывов.

При превышении допустимой интенсивности **ультрафиолетового излучения** по СН 4557-88 должны быть предусмотрены мероприятия по уменьшению интенсивности излучения источника или защите рабочего места от облучения, а также по дополнительной защите поверхности тела работающих.

Для защиты от избытка УФ излучения применяют химические (химические вещества и покровные кремы, содержащие ингредиенты, поглощающие УФ излучения) и физические (преграды, отражающие, поглощающие или рассеивающие лучи) экраны. Хорошими средством защиты являются спецодежда (например, из поплина), рукавицы. Для защиты глаз используют очки, маски или шлемы со светофильтрами из темно-зеленого стекла. Практически полную защиту от УФ излучения всех длин волн обеспечивает флинтглас (стекло, содержащее окись свинца) толщиной 2 мм. При работе на стационарных сварочных установках для защиты сварщика-оператора от излучений дуги устанавливают откидные экраны со светофильтрами. Размер экрана должен быть не менее  $200 \times 200$  мм. Для защиты от излучений дуги сборщиков, непосредственно работающих со сварщиками, следует снабжать сварочными масками. Работающих вблизи места сварки следует защищать переносными щитами или экранами (ширмами). При работе вне цеха место сварки также следует оградить щитами из негорючего материала. Допускается применение ширм из брезентовой ткани.

При устройстве помещений для сварки необходимо учитывать, что на сварщика действует не только прямая УФ радиация, но и рассеянная, отраженная от окружающих поверхностей. Хорошо отражают УФ излучение полированный алюминий и меловая побелка, в то время как оксиды цинка и титана, краски на масляной основе отражают плохо. Учитывая это, необходимо окрашивать стены кабин и сварочных цехов, переносные ширмы в светлые матовые тона с применением цинковых белил, желтого крона или титановых белил.

Все сварщики и подсобные рабочие перед тем как приступить к работе должны пройти инструктаж по требованиям безопасности при сварочных работах. На сварочном участке во время выполнения сварочных работ не должны находиться посторонние люди. Ни в коем случае нельзя производить прихватку деталей, не закрывшись щитком. В местах производства сварочных работ надо вывешивать таблички с крупными надписями, предупреждающими об опасности лучей сварочной дуги для окружающих.

Защитные лицевые щитки для электросварщиков должны изготавливаться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.035-78 ССБТ «Щитки защитные лицевые для электросварщиков. Технические условия». Этот стандарт распространяется на щитки для индивидуальной защиты лица электросварщика от прямых излучений сварочной дуги, брызг расплавленного металла и искр. Не распространяется на специальные щитки, предназначенные для особых условий работы, например, для работы в помещениях с повышенной загазованностью, в помещениях ограниченного объема при интенсивных тепловыделениях и др., там, где требуется дополнительная защита органов дыхания, шеи или головы электросварщика. Стандарт до сих пор действует в Украине, но уже утратил силу в России, где вместо него введен ГОСТ Р 12.4.238-2007 ССБТ «Средства индивидуальной защиты глаз и лица при сварке и аналогичных процессах. Общие технические условия», который определяет уровень требований к современным средствам защиты.

Что касается светофильтров для защиты глаз, используемых в щитках и масках сварщиков, то в зависимости от того, какие фильтры используют (отечественные светофильтры класса «С» или европейские), их следует выбирать согласно требованиям соответствующих стандартов. ● #614

## Международный конкурс молодых сварщиков в Чехии

16-й Международный конкурс молодых (до 20 лет) сварщиков «Золотой кубок Линде» (Zlatý pohár Linde) состоялся в г. Фридек-Мистек (Frydek-Místek, Чешская Республика) с 16 по 18 апреля 2012 г. Организатором конкурса была средняя профессиональная школа города Фридек-Мистек в сотрудничестве с генеральным партнером фирмой Linde Gas a.s. Конкурс проводился на учебно-производственной базе средней профессиональной школы по следующим способам сварки: ручная дуговая сварка покрытыми электродами (111); дуговая сварка плавящимся электродом в активных газах (135); дуговая сварка неплавящимся электродом в инертных газах (141); газокислородная сварка (311). В конкурсе могли участвовать только ученики учебных или учебно-профессиональных дневных заведений, которые окончили или заканчивают начальный курс подготовки сварщиков.

Конкурс был рекомендован к проведению Министерством образования Чешской Республики (MSMT CR). Председатель оргкомитета конкурса — магистр Йозеф Пелуха (Josef Pelucha), секретарь — Кветослава Кубанёва (Kvetoslava Kubanova), директор школы-организатора — Павел Жезничек (Pavel Reznicek). Конкурс проходил в соответствии с объявленными условиями и программой и был разделен на две части: национальную и международную. В национальной части конкурса для чешских учеников

проводились также соревнования по теории указанных выше четырех методов сварки.

Программа практической части конкурса:

- метод 111, свариваемый материал 1.1 (углеродистая сталь), сварочный источник PEGAS 160E фирмы ALFA IN a.s. Соединение стыковое BW. 1-P12-PC — длина пластин 300 мм;
- метод 135, свариваемый материал 1.1 (углеродистая сталь), сварочный источник фирмы FRONIUS Ceska republika s.r.o. Transsteel 5000 и защитный газ фирмы Linde Gas a.s. — 82% Argon + 18% CO<sub>2</sub>. Соединение стыковое BW. 1-P12-PC — длина пластин 300 мм;
- метод 141, свариваемый материал 8 (аустенитная нержавеющая сталь), сварочный источник TETRIX 180 Comfort фирмы EWM Hightec Welding s.r.o. и защитный газ фирмы Linde Gas a.s. — Argon 4.6. Соединение стыковое BW. 1-P04-PC — длина пластин 300 мм;
- метод 311, свариваемый материал 1.1 (углеродистая сталь), сварочные комплекты фирмы GCE Trade s.r.o. и защитные газы фирмы Linde Gas a.s. Соединение стыковое BW. 1-P04-PC — длина пластин 300 мм.



Объявление результатов конкурсов

## Итоги международной части конкурса

Конкурсант	Оценка лицевой поверхности шва	Оценка поверхности корня шва	Общая сумма баллов	Место
Метод 111				
Spacil Jakub (Чехия)	48	46	94	1
Kana David (Чехия)	48	38	86	2
Fojtik Roman (Словакия)	43	42	85	3
Александр Бабич (Украина)	39	18	57	20
Tomas Sumsal (Чехия)	8	5	13	30 (последнее)
Метод 135				
Daniel Manak (Чехия)	49	49	98	1
Daniel Matejny (Чехия)	48	49	97	2
Ondrej Salaj (Словакия)	47	48	95	3
Метод 141				
Benjamin Adler (Германия)	47	48	95	1
Lubomir Krella (Чехия)	45	45	90	2
Ivo Sedlacek (Чехия)	42	40	82	3
Роман Апанчук (Украина)	38	34	72	5
Adam Leksa (Чехия)	20	18	38	11 (последнее)
Метод 311				
Lukas Ruzicka (Чехия)	49	46	95	1
Ruslan Melnichuk (Чехия)	49	45	94	2
Milan Pohunek (Чехия)	47	45	92	3
Александр Коломыя (Украина)	30	0	30	32 (последнее)

Для сварки были предоставлены присадочные материалы фирмы ESAB Vamberg s.r.o.:

Метод сварки      Присадочный материал  
 111 ..... E 42 4 B 42 H5 (EN ISO 25 60-A)  
 135 ..... G3Si1 (EN ISO 14 341-A)  
 141 ..... W3Si1 (EN ISO 636-A)  
 311 ..... 0 III (EN 12 536)

Подготовка свариваемых пластин при всех способах должна была выполняться по нормам CSN EN 29692. Технологические карты (WPS) для всех соединений были опубликованы на сайте www.sosfm.cz за три недели до конкурса. На подготовку и выполнение конкурсных сварных соединений было отведено 70 мин.

Условия для выполнения практической части конкурса следующие: соблюдение последовательности сварки; выполнение требований техники безопасности; не более одного нарушения и непопадания в стык в каждом сварном шве.

Сварные швы (под номерами, без указания фамилии исполнителя) жюри оценивало по балльной системе согласно нормам

CSN EN ISO 5817 и CSN EN 1320, за исключением использования неразрушающего контроля. Международное жюри практической части конкурсов возглавлял, как и в предыдущие годы, инж. Jiri Sindelka (DOM-ZO 13 s.r.o., Острава, Чехия). В состав жюри вошли опытные представители фирм: DOM-ZO 13 s.r.o., Прага (Чехия); TESHDO s.r.o., Брно (Чехия); Cech svareckych odborniku, Трнава (Словакия); Slovenske energeticke strojarne a.s., Тлмаче (Словакия); DVS Bezirksverband, Хемниц (Германия). Гарантом объективности оценок было Чешское сварочное общество ANB. В состав жюри теоретической части конкурса вошли преподаватели школы-организатора.

В конкурсе участвовали 130 молодых сварщиков из Чешской Республики, Словацкой Республики, Федеративной Республики Германии и Украины. Финансовую поддержку конкурсу оказали ESAB VAMBERK s.r.o., FRONIUS Ceska republika s.r.o., ABICOR BINZEL s.r.o., GCE Trade s.r.o., Huisman Konstruckce s.r.o., BLANCO CS CZ spol. s.r.o., EWM Hightec Welding s.r.o.,



Призы  
конкурса

NOVOGEAR s.r.o., ALFA IN a.s., Arcelor-Mittal a.s. Frydek-Mistek, 3M Cesko s.r.o., Lichna Trade CZ s.r.o., а также правительство Моравско-Силезского края.

В состав делегации Украины входили *сопровождающие лица*: А.А. Кайдалов, д-р техн. наук, вице-президент Общества сварщиков Украины, руководитель делегации (Киев), В.М. Мельник, директор Ярмолинского профессионального лицея (пос. Ярмолинцы Хмельницкой области), А.И. Крузер, директор Нетешинского профессионального лицея (Нетешин Хмельницкой области); *конкурсанты*: А. Бабич (метод 111), Нетешинский профессиональный лицей (Нетешин Хмельницкой области), Р. Апанчук (метод 141), Нетешинский профессиональный лицей (Нетешин Хмельницкой области), А. Коломыя (метод 311), Ярмолинский профессиональный лицей (пос. Ярмолинцы Хмельницкой обл.).

Основная организационно-техническая подготовка конкурсантов была проведена Советом Общества сварщиков Украины, Управлением профессионально-технического образования Хмельницкой областной администрации, Хмельницким и Одесским областными отделениями Общества сварщиков Украины.

На торжественном открытии конкурса присутствовали представители администрации Моравско-Силезского края и Чешского сварочного общества ANB, а также представители фирм-спонсоров и средств массовой информации. После выступлений организаторов и спонсоров конкурса состоялся небольшой концерт.

К месту проведения конкурса — производственный участок школы-организатора на заводе Valcoven plechu a.s. — конкурсантов в сопровождении переводчиков школы-организатора доставили автобусом. Сопровождающие лица туда не допускались.

На следующий день все сварные образцы участников конкурса (только под номерами) были выставлены перед участниками и гостями.

Во время конкурса были проведены презентации и доклады фирм-спонсоров, а также выставка их продукции.

Для сопровождающих лиц и участников конкурса была организована экскурсия на автозавод фирмы Hyundai, изготавливающий три модели легковых автомобилей серии *i*.

На торжественном закрытии были подведены итоги конкурса и награждены победители и призеры. Призы предоставили ESAB VAMBERK s.r.o., FRONIUS Ceska republika s.r.o., ABICOR BINZEL s.r.o., GCE Trade s.r.o., BLANCO CZ spol. s r.o., ALFA IN a.s., EWM Hightec Welding s.r.o., 3M Cesko s.r.o., Lichna Trade CZ s.r.o., правительство Моравско-Силезского края, средняя профессиональная школа города Фридек-Мистек и др. Состоялось также выступление танцевальной группы из Остравы.

Подготовка и проведение международного конкурса молодых сварщиков были организованы безукоризненно. Результаты конкурса и фотоотчет представлены на сайте школы-организатора [www.sosfm.cz](http://www.sosfm.cz). Состоявшийся конкурс будет отражен средствами массовой информации Чехии — медиа-партнерами конкурса. Это является серьезным вкладом в популяризацию профессии сварщика и поднятие ее престижа.

Следующий конкурс молодых сварщиков «Золотой кубок Линде» (Zlaty pohar Linde) состоится в апреле 2013 г.

● #615

**А. А. Кайдалов**, д-р техн. наук,  
вице-президент Общества  
сварщиков Украины,

**А.А. Абрамов**, канд. техн. наук,  
председатель Подольского регионального  
отделения Общества сварщиков Украины

# Международный конкурс ARC Cup 2012 в Китае

В июне в Пекине состоялся Международный конкурс сварщиков 2012 ARC Cup International Welding Competition. Всего в конкурсе приняли участие команды из 7 стран: Китая, Германии, Украины, Беларуси, Словакии, Болгарии, Южной Кореи. Хозяева конкурса, команда Китая, была представлена 11 командами различных организаций. Команды других участников состояли из четырех сварщиков по одному в каждой номинации.



После успешного завершения напряженного соревнования были определены команды-победители по общему баллу во всех номинациях:

- 1-е место — Китай (общий балл 545,45);
- 2-е место — Украина (общий балл 501);
- 3-е место — Беларусь (общий балл 496);
- 4-е место — Словакия (общий балл 397), Болгария (общий балл 397);
- 5-е место — Германия, ESS (общий балл 262,5);
- 6-е место — Южная Корея (общий балл 255).

По номинациям команда Украины заняла следующие места:

- Ручная аргоно-дуговая сварка* — 1-е место.
- Роботизированная сварка* — 3-е место.
- Механизированная сварка в активных газах* — 3-е место.
- Ручная дуговая сварка* — 4-е место.

В индивидуальном первенстве украинские участники показали неплохой результат:

**Сергей Тихонов** (АО «Одесский припортовый завод», Южный) (метод 111) — 11-е место.

**Олег Лущик** (АО «Одесский припортовый завод, Южный») (метод 141) — 5-е место.

**Алексей Волочай** (ПАО «Крюковский вагоностроительный завод», Кременчуг) (метод 135) — 7-е место.

**Юрий Эртман** (ООО НПФ «Техвагонмаш», Кременчуг) (роботизированная сварка) — 9-е место.

Более 200 гостей присутствовало на церемонии закрытия международного конкурса сварщиков. Итоги конкурса были подведены в общекомандном первенстве по всем номинациям суммарно и отдельно, а также в личном первенстве по каждой номинации. Результаты конкурса огласил директор по связям с общественностью государственной комиссии КНР SASAC господин Xie Jun.

Выступивший на закрытии конкурса сварщиков генеральный менеджер Немецкого сварочного общества (DVS) господин Klaus Middeldorf предложил сварщикам Китая принять участие в конкурсе Китай-Европа.

Следующий международный конкурс сварщиков ARC Cup International Welding Competition состоится в Пекине в 2014 г.

● #616

*Общество сварщиков Украины*

# Сварка

4 – 6 декабря  
2012

12-я специализированная выставка-конференция с международным участием

## Контроль и диагностика

7-я специализированная выставка

**4 декабря**

Научно-техническая конференция «Сварка и Диагностика»  
Конкурс «МИСС СВАРКА-2012»

**5 декабря**

«ДЕНЬ ГЛАВНОГО СВАРЩИКА»  
ТЕСТ-ДРАЙВ сварочного оборудования

**6 декабря**

«ДЕНЬ МОЛОДОГО СПЕЦИАЛИСТА»  
Ярмарка ВАКАНСИЙ  
Мастер-класс победителей конкурса сварщиков  
«СЛАВИМ ЧЕЛОВЕКА ТРУДА!»  
Конкурс «МОЛОДОЙ СВАРЩИК 2012»

**Место проведения:**

**МВЦ «Екатеринбург-ЭКСПО»**



Организатор:  
**УРАЛЬСКИЕ ВЫСТАВКИ**  
Тел. +7 (343) 310-03-30  
[www.uv66.ru](http://www.uv66.ru)

Под патронажем ТПП РФ:



При поддержке:





# XI МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2012

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ



**МЕТАЛЛО-  
ОБРАБОТКА**

МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИЕ  
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ



**УКРПЛАСТ  
ТЕХ**

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ  
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА  
И ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТМАСС



**ГИДРАВЛИКА  
ПНЕВМАТИКА**



**УКРПРОМ  
АВТОМАТИЗАЦИЯ**

ПРОМЫШЛЕННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ



**ОБРАЗЦЫ, СТАНДАРТЫ,  
ЭТАЛОНЫ, ПРИБОРЫ**

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ,  
ЛАБОРАТОРНОЕ И ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ



**БЕЗОПАСНОСТЬ  
ПРОИЗВОДСТВА**

СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ, БЕЗОПАСНОСТЬ  
РАБОЧЕЙ ЗОНЫ



**УКРМАШ  
ТЕХ**

ПРОМЫШЛЕННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ



**УКРВТОР  
ТЕХ**

КОМИССИОННАЯ ТЕХНИКА,  
ОБОРУДОВАНИЕ



**ПОДШИПНИКИ**



**УКРСВАРКА**

ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ  
И МАТЕРИАЛЫ



**ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ  
СКЛАДСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**



**СУБКОНТРАКТЫ**

РАЗМЕЩЕНИЕ ЗАКАЗОВ ПО КООПЕРАЦИИ

Генеральные  
информационные партнеры:



Технический партнер:



**ОРГАНИЗАТОР**

*Международный выставочный центр*

**ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:**

*Государственного агентства Украины по управлению  
государственными корпоративными правами и имуществом  
Украинской Национальной Компании "Укрстанкоинструмент"*

**20-23  
НОЯБРЯ 2012 г.**



+38 044 201-11-65, 201-11-56, 201-11-58

e-mail: [lilia@iec-expo.com.ua](mailto:lilia@iec-expo.com.ua)

[www.iec-expo.com.ua](http://www.iec-expo.com.ua)

[www.tech-expo.com.ua](http://www.tech-expo.com.ua)

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР**  
Украина, Киев, Броварской пр-т, 15  
М "Левобережная"

# Международная специализированная выставка «Оборудование, приборы и инструменты для металлообрабатывающей промышленности» «Металлообработка-2012»

**А.В. Бернацкий**, Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины

*С 28 мая по 1 июня 2012 г. при официальной поддержке Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, под патронатом Торгово-промышленной палаты РФ и Правительства Москвы в Центральном выставочном комплексе «Экспоцентр» (Москва) проходила 13-я Международная специализированная выставка «Оборудование, приборы и инструменты для металлообрабатывающей промышленности» – «Металлообработка-2012».*

За время работы выставки с экспозицией ознакомились более 21 000 специалистов отрасли. Организаторами выставки выступили «Российская ассоциация производителей станкоинструментальной продукции «Станкоинструмент» и ЦВК «Экспоцентр». Выставка стала смотрам достижений 968 крупнейших машиностроительных компаний из 36 стран, которые на экспозиционной площади более 34 000 м<sup>2</sup> продемонстрировали интеллектуальные станочные системы, высокотехнологичное металлорежущее, кузнечно-прессовое, сварочное оборудование нового поколения, передовой металлорежущий инструмент, технологическую оснастку и комплектующие, прогрессивные системы промышленной автоматизации предприятий машиностроительного комплекса, новейшее программное обеспечение и многое другое. Столь всеобъемлю-

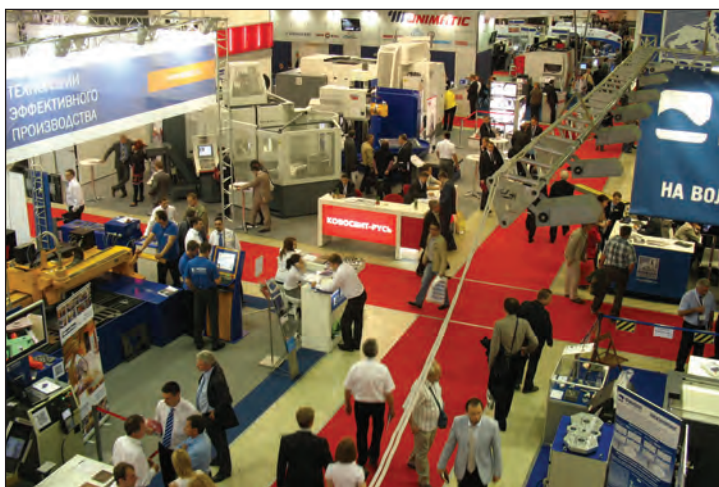
щая по своему тематическому охвату экспозиция предоставила специалистам и предпринимателям отрасли уникальную возможность познакомиться с последними разработками, технологиями, новейшим оборудованием и инновационными системами в области обработки металлов (рис. 1).

Доля иностранного участия составила около 43%. Коллективные экспозиции при поддержке национальных отраслевых ассоциаций представили компании из Белоруссии, Германии, Испании, Италии, Китая, Словакии, Тайваня, Франции, Чехии и Швейцарии.

Достойную конкуренцию крупнейшим станкостроительным компаниям мира – Alfleth, Amada, Balluff, Galika, Gertner, Grob-Werke, Handtmann, Emag-Gruppen, Junker Erwin, Mazak, Mueller Machines, Mori Seiki, Sandvik, Trumpf, Willemin Macodel составили 462 российских предприятия, среди которых ВНИИинструмент, Ивановский завод тяжелого станкостроения, Коломенский завод тяжелых станков, Московский инструментальный завод, «МСЗ-Салют», Савеловский машиностроительный завод, Стерлитамакский станкостроительный завод, «Тяжмехпресс», «Тяжпрессмаш», Рязанский станкостроительный завод, Санкт-Петербургский завод прецизионного станкостроения и многие другие. Украина, как и Великобритания и Япония, была представлена пятью компаниями.

Значительную часть экспозиции выставки занимали инженеринговые компании полного цикла, осуществляющие работы «под ключ». Как правило, инженеринговая компания включает несколько крупных предприятий, каждое из которых выполняет различную функцию: проектирование, строительство, поставка оборудования и его установка, монтажные работы, ведение проекта, технический надзор, инженерное сопровождение инвестиционных проектов, последующие работы (ремонт, сервис, обслуживание и т. д.). Они пользуются стату-

Рис. 1.  
Работа  
выставки  
«Металло-  
обработка-  
2012»



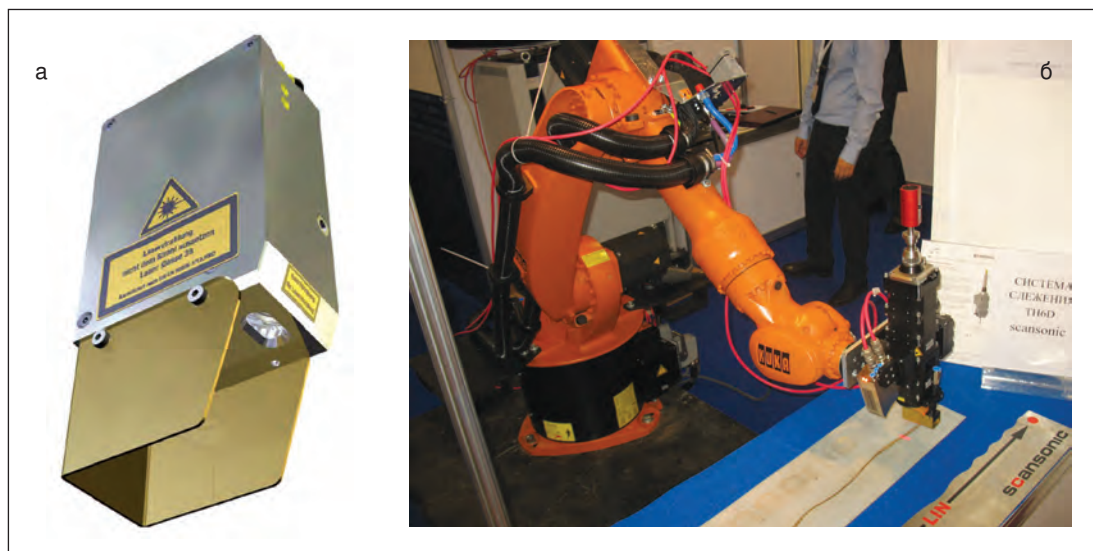


Рис. 2. Триангуляционный датчик слежения TH6D Scansonic (Германия) (а) и демонстрация его работы (б)

сом формально независимых, способны оказывать услуги одновременно в нескольких областях и привлекать к выполнению работ различных поставщиков оборудования, разные подрядные фирмы. Наиболее масштабные стенды были представлены компаниями Abamet, Deg-Rus, Kami-Service, Pumori, Robur, Weber, Сигас, Финвал. Всего в выставке приняли участие более 100 таких инжиниринговых компаний.

Около 70 компаний из разных стран представили новинки в области оборудования и технологической оснастки для сварки и родственных процессов. Среди них наибольшей популярностью у посетителей пользовались стенды компаний Hognas, Kuka, Motoman, Nuova S.M.M., Oerlikon, Sares S.P.A., Weil Engineering, ВНИИавтогенмаш, Контур, Обнинский Центр порошкового напыления, Совплим, Техносвар.

Более 60 компаний продемонстрировали на выставке оборудование для лазерной обработки (резки, сварки, маркировки и других применений), среди них компании Amada, Bystronic Laser, Ermaksan, LaserMark, Mitsubishi Electric, Precitec, Prima Power, Rofin-Sinar, Sisma, Trumpf, Vanad, Vniter, ЗАО «Лазерные комплексы», НТО «ИРЭ-Полус», ОКБ «Булат», ООО «ОКОиС», Юнимаш и другие.

В тематике выставки большое внимание было уделено вопросам специального образования и подготовки высокопрофессиональных кадров для предприятий станкостроительной отрасли. В рамках выставки была проведена 3-я профессиональная конференция «Основные направления и методы подготовки специалистов в области металлообработки». Ассоциация «Станкоинстру-

мент» при содействии дирекции выставки подготовила специальные разделы «Наука, профильное образование и производство» и «Учебное оборудование». В данном отдельном разделе выставки, помимо стендов промышленных компаний, предлагающих специализированное оборудование, были также представлены 9 высших технических университетов из разных регионов России и Московский политехнический колледж №8. Также были организованы специальные экспозиции «Инструменты», «Подшипник» и «Специализированные издания».

Успеху выставки «Металлообработка-2012» способствовала насыщенная программа научных и деловых мероприятий с участием представителей крупнейших отечественных предприятий Ассоциации «Станкоинструмент» (Россия), ведущих технических вузов и университетов, зарубежных компаний, видных ученых.

На организованном официальном представителем фирм Scansonic и Precitec в России и СНГ ООО «ОКОиС» мероприятии «Семинар — круглый стол «Современная автоматизация процессов сварки и резки материалов» были представлены два доклада, посвященные новейшим разработкам указанных компаний. В докладе «Повышение качества и скорости автоматизированной сварки благодаря использованию датчика TH6D» руководитель проекта от компании Scansonic (Германия) Мартин Арнольд представил новый триангуляционный датчик слежения TH6D (рис. 2, а), позволяющий выполнять отслеживание сварных швов всех типов на различных материалах. Триангуляционный датчик, не касаясь поверхности, определяет шов между дета-

Рис. 3.  
Головка  
для лазерной  
резки  
Precitec  
HP SSL



Рис. 4.  
Головка  
для лазерной  
резки Precitec  
SolidCutter



лами и передает информацию роботу о положении шва, размере зазоров, смещениях, а также ориентирует сварочную технику относительно обрабатываемой поверхности (рис. 2, б). Датчик TH6D имеет три контрольные полосы и нечувствителен к внешним электрическим полям, а благодаря встроенному фильтру, который отсекает посторонний свет и обеспечивает бесперебойную работу даже вблизи обрабатываемой поверхности, и к постороннему оптическому излучению. Диапазон измерения датчика TH6D (ширина × высота) 16×24 мм, разрешающая способность (ширина × высота) 0,03×0,07 мм, диапазон частот 60–240 Гц. Эффективная обработка сигналов позволяет надежно отслеживать швы на сложных, особенно на отражаемых поверхностях.

В докладе «Ультрасовременные головки лазерной резки с мониторингом процесса» руководитель отдела компании Precitec (Германия) Даниэль Вильдман представил информацию о самой компании Precitec и различных типах головок, производимых компанией для лазерных процессов резки, сварки и наплавки. Для каждого из названных процессов компания предлагает целую линейку обрабатывающих головок с различными характеристиками и возможностями. Так для резки, начав с «классической» лазерной головки Precitec HP SSL (рис. 3), в которой, по словам докладчика, воплощены все лучшие наработки компании (поддержание постоянного расстояния до заготовки при любой рабочей температуре с компенсацией неравномерностей материала; измерение мощности излучения; предоставление данных на интерфейс пользователя; автоматическое определение положения фокуса и его настройка; online мониторинг состояния защитного стекла и сменного картриджа; возможность резки материалов различных толщин в одном цикле; мониторинг температуры; измерение отраженного лазерного излучения и др.), г-н Вильдман продолжил доклад и перешел к 3D-резке и новому продукту компании Precitec Solid Cutter (рис. 4). В ее конструкцию заложен быстро реагирующий датчик контроля расстояния с интегрируемым контролем высоты, который обеспечивает высокое качество резки с большой скоростью даже сложных 3D-деталей. Данная головка может быть использована с диодными и твердотельными лазерами. Линзы защищены от пыли и ход лучей полностью герметизирован, что обеспечивает длительный срок службы оптики в грубых производственных условиях, свойственных предприятиям СНГ.

В последние годы во многих технологических операциях лазерной обработки волоконные лазеры все больше и больше вытесняют другие типы лазеров. В связи с этим участников семинара интересовало мнение компании Precitec — лидера в производстве головок для лазерной обработки — по данному вопросу. По информации Д. Вильдман, компания Precitec, используя свой опыт в разработке режущих головок, провела сравнительное исследование по характеристикам «производительность-качество», на основании полученных данных компания рекомендует при лазерной резке металлов толщиной до 4 мм использовать волоконные лазеры, а с ростом толщины об-

рабатываемых материалов отдавать предпочтение CO<sub>2</sub>-лазерам.

Большой интерес у слушателей семинара вызвала информация о новой сварочной модульной головке Precitec YW52, оснащенной системой WobbleTracker (рис. 5). Все функции, присущие лучшим разработкам компании Precitec (перечисленные выше), полностью интегрированы в эту новую сварочную головку, что избавляет от необходимости оснащения головки дополнительными внешними датчиками, камерами или внешними устройствами линейного позиционирования. Система WobbleTracker расширяет функциональные возможности головки YW52, позволяя, помимо других многочисленных функций, отслеживать безазорный («нулевой») и переменный по ширине стык, в ходе работы корректировать размер сфокусированного пятна, а в случае необходимости сканировать луч с амплитудой до 1,5 мм.

В рамках выставки состоялся семинар, посвященный итогам 6-летней российско-германской программы создания в регионах России демонстрационных центров лазерных технологий, организованный Лазерной ассоциацией и Лазерным центром Ганновера. В рамках специальной программы финансируемой Федеральным министерством образования и научных исследований Германии (BMBWF) и при поддержке немецких производителей лазерной техники были созданы пять региональных лазерных инновационно-технологических центров (ЛИТЦ) — в Москве, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, а также в Ростовской (Таганрог) и Калужской (Обнинск) областях. Созданные ЛИТЦ предлагают предприятиям России содействие в практическом освоении инновационных лазерных технологий с целью модернизации производства и повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции. ЛИТЦ организованы в форме некоммерческих партнерств и оснащены современным лазерным оборудованием немецкого производства, работающим в режиме 3D. Сотрудники центров обладают многолетним опытом работы в области лазерных технологий и техники. Проект поддерживается Министерством науки и образования Германии, Лазерной Ассоциацией, Лазерным Центром Ганновера, Баварским Лазерным Центром, германскими компаниями (Trumpf, KUKA, Scansonic, Jenoptik, Arnold, Rofin, CAM-Service, Mars-Lasertechnik, LIMO), а также правительственными



Рис. 5. Модульная головка для лазерной сварки Precitec YW52, оснащенная системой WobbleTracker

структурами Ростовской, Свердловской и Калужской областей, Москвы и Санкт-Петербурга. Подводя итоги реализации одного из самых успешных совместных российско-германских проектов, участники семинара основное внимание уделили опыту использования возможностей региональных ЛИТЦ для модернизации предприятий российской промышленности: 1) консультирование предприятий в вопросах практического применения лазерных технологий, включая технические и экономические аспекты; 2) демонстрация возможностей лазерной техники, помощь в установлении контактов с разработчиками лазерных технологий и производителями лазерной техники; 3) переподготовка специалистов в области использования лазерных технологий для различных отраслей промышленности, лазерной безопасности, менеджмента в Hi-Tech; 4) разработка и адаптация технологий лазерной обработки металлов и других материалов, в том числе на собственных образцах продукции предприятий.

Внедрение в промышленность высокоэффективного металлообрабатывающего оборудования, станков и инструментов, которые с успехом продвигает ежегодная международная выставка «Металлообработка», является решающим фактором технологической модернизации российской экономики, усиления ее инновационной составляющей.

● #617

# Создание и покорение суперстали

## Часть 1. Кузнечная сварка и загадка булатной стали

А.Н. Корниенко

*Несколько тысячелетий основой цивилизации являются железо и его сплавы. Из них изготовлено большинство современных металлоконструкций. Основная причина широкого применения — возможность путем легирования и специальной обработки изготавливать материалы с необходимыми для конкретного назначения свойствами — прочностью, твердостью, коррозионно-, жаро- и холодостойкостью, упругостью и др. Однако уже в первом тысячелетии был создан булат — сталь с необыкновенным сочетанием свойств. Воспроизвести булат до сих пор не удалось.*

Технология получения железа, разработанная в различных регионах еще в период позднего неолита, заключалась в том, что куски железной руды нагревали вместе с древесным углем. Полученные крицы — комки с частицами железа, шлака и остатками руды и угля проковывали в горячем состоянии. При этом включения выдавливались, а частицы железа соединялись между собой, т. е. сваривались, образуя относительно плотный металл. Такое железо получило название «сварочного». Нагрев и ковку повторяли неоднократно, благодаря чему сварочное железо становилось чище и плотнее. Измельчение зерна придавало металлу дополнительную прочность. Такие же технические приемы применяли и тогда, когда необходимо было сваривать отдельные куски для изготовления орудий труда и оружия. (Следует отметить, что термин «сварочное железо» сохранился до сих пор, подчеркивает особенность технологии изготовления его из крицы, и применять его по отношению к другим металлам и сплавам недопустимо). Такой кричный способ получения железа господствовал на Европейском, Азиатском и Африканском континентах тысячи лет. Многие народы почитали кузнецов наравне с шаманами, знахарями. Согласно греческой мифологии, кузнечным (а значит, и сварочным) ремеслом занимался один из олимпийских богов — Гефест. Именно в его честь «электрогефестом» назвал первый способ дуговой сварки Н.Н. Бенардос. (В древнем Риме кузнецом работал бог Вулкан). Во многих музеях мира хранятся коллекции железных изделий скифов, сарматов, киммерийцев, египтян, аланов и других племен, которые относятся к разным эпохам, начиная с VIII в. до н. э. Среди них встречаются длинные лезвия мечей, сваренные из нескольких частей.



Гефест за работой

Широко применялись наварка накладных деталей рукояток мечей; пайка заготовок на конической оправке и последующая сварка внахлест краев втулок копий и дротиков; сварка обушной части топоров. Еще более сложной являлась технология изготовления многослойных клинков, состоящих из чередующихся слоев мягкого железа и стали, в том числе с содержанием углерода до 0,6–0,7%. Поскольку выплавить такую сталь в печах того времени не представлялось возможным, применяли науглероживание металла путем длительной выдержки его в тлеющих углях. С использованием кузнечной сварки железных и стальных заготовок изготавливали достаточно сложные по конструкции и ответственные по назначению предметы. Успешно применяли кузнечную сварку для соединения железа с углеродистой (до 0,9% С) сталью. Сварка позволяла получать соединения из полосок железа и стали толщиной 0,8–2 мм, в том числе при изготовлении замочных пружин, кольчуг, высококачественных режущих или рубящих частей различных орудий труда и холодного оружия. Найдены многослойные сварные мечи, серпы и топоры различной конструкции. Современными методами металлографии установлено, что один из клинков имеет одиннадцать чередующихся стальных и железных слоев. С давних пор было замечено, что качество металла зависит от условий его обработки. В древние времена была известна и закалка стали с последующим отпуском. Достижения эмпирически найденных технологий объяснялись участием духовных сил. Так, «технологическая инструкция», содержащаяся в рукописи храма Балгала в Малой Азии, рекомендует следующим образом улучшать эксплуатационные качества кинжала: «Нагреть клинок до тех

пор, пока не засветится подобно утреннему солнцу в пустыне, потом охладить до цвета царского пурпура, втыкаячи в тело мускулистого раба... Сила раба, переходя в кинжал, придаст металлу твердости».

Особое место в истории производства и, в частности, сварки металлов занимает булатная сталь, из которой изготавливали клинки мечей и сабель. Вероятнее всего, первоначально технология производства булатной стали была разработана в Индии, откуда попала на Средний Восток, а затем — в Европу. Впервые булат упоминается Аристотелем. В летописях рассказывается об особых, почти мистических свойствах металла, о непревзойденной остроте клинков, о том, что мечи были настолько гибкими, что ими можно было опоясаться, согнув в кольцо, а также о том, что сталь клинков разного цвета и с узорами. Арабские ученые XI в. Ибн Руста и Ибн Хордадбед считали, что с булатной сталью были знакомы и русы. В минералогическом трактате, значительная часть которого посвящена вопросам производства металлов, выдающийся ученый-энциклопедист аль Бируни сообщает и о многослойных клинках славян, живших за Румейским (Черным) морем. Про булатные мечи упоминается в летописях и поэме времен Киевской Руси «Слово о полку Игореве».

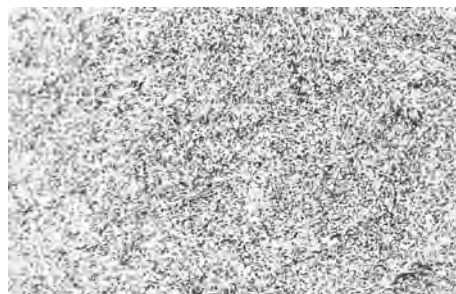
Однако технология их производства нигде не описана, а сохранившиеся образцы клинков разнообразны по составу, структуре и механическим характеристикам. Интерес же представляет металл с необыкновенным сочетанием высокой твердости, гибкости и упругости, на полированной поверхности которого можно заметить узоры. Есть предположение, что свое другое название — «дамасская» — булатная сталь получила по названию города, где изготавливали ткани с узорами, подобными тем, что просматривались на клинках. Сохранились образцы клинков с узорами в виде полос, уголков, цветков и др. Именно узоры свидетельствуют о том, что секрет булатных сталей скрывается в технологииковки и кузнечной сварки. Очевидно, что старинные мастера получали булат многократной перековкой заготовки в длинный тонкий прут, из которого свивали или просто складывали многослойную заготовку. Затем эту заготовку снова ковали и сваривали в новый брусок, повторяя эти операции несколько раз. В славянских летописях и даже в «Толковом словаре живого великорусского языка» В.И. Даля

говорится о харалужных мечах. Харалужный удар — это резкий мощный удар с отяжкой молота. Что происходит при этом? Возможно, такой прием способствовал образованию наноструктур.

Вальтер Скотт в романе «Талисман» о вторжении крестоносцев на земли Халифата так описывает соревнование между английским королем Ричардом Львиное Сердце и султаном Салах-ад-дин Юсуф ибн Айюб ибн Шади (Саладином): «Король одним ударом меча разрубил железный брус, и на лезвии меча не осталось никакой зазубрины. Саладин же, подбросивши покрывало из тончайшего шелка, рассек его пополам». И сколько ни старался Ричард сделать то же, ему это не удавалось, поскольку у него не было клинка из настоящей булатной стали. Следует отметить, что о таком оружии в Западной Европе было известно еще до того, как отсюда на богатый Восток ринулись завоеватели. Багдадский ученый первой половины XI в. аль Кинди отмечал, что лучшие фракийские и смирнские клинки изготавливают из дамасской стали. Высокое качество этого оружия объясняется тем, что территорию Пиренейского полуострова в VIII-XI вв. занимали арабы. Обосновавшись в Испании, они продолжали поддерживать связь с более развитыми странами и народами Передней Азии, передавая в Европу новейшие достижения в градостроительстве, сельском хозяйстве, кустарном производстве. Возникли крупные металлургические центры, мастерские по изготовлению оружия, совершенствовалась технология, секреты передавались по наследству, формировались династии мастеров. Испанское холодное оружие, особенно сделанное в Толедо, отличалось высоким боевым качеством и художественной отделкой.

Клинка были многослойные, сваренные не менее чем из трех полос — стальных и железных. Лезвие клинка отягивали на наковальне сначала в горячем состоянии, затем — в холодном, с промежуточными отжигами.

Высоким качеством клинков отличалось и оружие, изготовленное в Германии, особенно мастерами Золлингера. Но подробности производства — know how — для посторонних оставались неизвестными и непонятными. Не описана «булатная» технология и в 12-томной монографии «О металлах» ректора Лейпцигского университета Георга Бауэра (латинизированное имя — Георгиус Агрикола), вышедшей после 1555 г.



Структура дамасской стали

В течение XVII в. в Европе технология индивидуального производства холодного оружия вытесняется изготовлением большими партиями типизированных сабель и шпагов на мануфактурах, позднее — на индустриальных предприятиях. Качество клинков заметно снизилось, секреты изготовления булатной стали были утеряны. Не описаны они и в энциклопедиях М.В.Ломоносова (1763 г.), саксонского металлурга К.Ф.Рихтера (1805 г.) и др.

Но чем глубже и основательнее изучались образцы булатных клинков, тем больше возникало загадок и явных расхождений с наукой. Например, установлено, что наиболее часто встречающаяся булатная сталь содержит до 2% углерода. И ни одного легирующего элемента! Действительно, такая сталь обладает значительной твердостью, из нее изготавливают острые предметы, такие как швейные иглы. Но такая сталь очень хрупкая.

О том, что тайну булата следует искать не в составе сплава, писал еще металлург XVIII в. А.Баязет. Наполеон из египетского похода привез клинки из дамасской стали и поручил ученым изучить металл и изготовить подобное оружие. Однако не то что новые, но даже переплавленные и вновь откованные клинки потеряли свои свойства.

Многовековой опыт работы с металлами показывал, что твердость и гибкость совместить трудно. Были перепробованы все возможные способы плавления, использовано всевозможное оборудование, начиная с тиглей и простейших горнов и кончая вакуумными электронно-лучевыми установками. Не дали удовлетворительных результатов и многочисленные методы термообработки.

В начале XIX в. резко возросла потребность в металлах с высокими механическими свойствами. Разрабатываются новые высокопроизводительные технологии выплавки стали и чугуна. С появлением паровых машин, мощных механизмов, новых видов транспорта (паровозов, пароходов и др.), мостов и других конструкций, разрушение которых приводило к значительным жертвам, необходимо было решать проблемы надежности и, в первую очередь, повышения прочности сплавов

железа. По поручению Лондонского Королевского общества за исследование «булата-дамаска» взялся выдающийся физик Майкл Фарадей. Можно назвать еще десяток известных ученых и практиков, которые разрабатывали технологии производства высокопрочных материалов. Булат воспроизвести не удавалось. Однако тайна булатной стали дала цивилизации столько, сколько не смогли дать другие технологии получения и обработки металлов. Поисковая работа форсировала развитие научных основ металлургии, термообработки, обработки металлов давлением и других технологий.

В России основным поставщиком холодного оружия для армии был Златоустовский железоделательный завод на Урале, основанный в 1754 г. Здесь была хорошая сырьевая база для производства стали высшего качества — руда из Бакальского рудника и древесный уголь из тайги. Так как русские мастера в то время не умели делать высококачественную сталь, на завод пригласили мастеров из Германии, из знаменитого Золингена. Довольно скоро русские мастера усвоили урок и стали самостоятельно изготавливать сталь высшего качества.

По заданию российского императора Николая I проблемой булатной стали занялся горный начальник Златоустовских казенных металлургических и оружейных заводов Павел Петрович Аносов. Выдающийся металлург впервые применил микроскоп для исследования структуры металлов и установил, что узоры на металле, а главное, свойства металлов зависят от их кристаллического строения. Всемирную известность приобрели его труды по производству стали «Описание нового способа закалки стали в сгущенном воздухе» (1827), «О приготовлении

литой стали» (1837). Ученый исследовал сплавы железа с кремнием, марганцем, хромом, титаном, золотом, платиной и др. и определил влияние химического состава, структуры и особенностей обработки на свойства стали. Его монография «О булатах» (1841) была немедленно переиздана во Франции и Германии. П.П.Аносов построил цикл производства высококачественной стали и разработал новые технологии ее выплавки и обра-



Шпаги с толедскими клинками





Российское оружие из златоустовской стали

ботки. В 1847 г. он был назначен главным начальником Алтайских заводов.

Продолжателем этих работ стал Павел Матвеевич Обухов, управитель Златоустовских заводов с 1854 г. Теперь основным заданием было получение крупных слитков для артиллерийских орудий. Обухов впервые в мире разработал способ приготовления литой тигельной стали в больших количествах. В 1859 г. по его проекту в Златоусте была построена сталелитейная фабрика. Изготовленное Обуховым орудие крупного калибра выдержало 4000 выстрелов и на Всемирной выставке в Лондоне в 1862 г. было отмечено золотой медалью. (Сейчас орудие выставлено в Артиллерийском музее в Петербурге). С 1863 г. металлург руководил строительством и техническим оснащением крупнейшего завода в Петербурге, получившего название Обуховский сталелитейный завод.

В 1866–68 гг. инженер этого завода Дмитрий Константинович Чернов установил зависимость структуры и свойства стали от горячей механической и термической обработки, открыл критические температуры фазовых превращений, при которых существенно изменяются структуры и свойства стали. Этими и другими работами он способствовал превращению металлургии из ремесла в научную дисциплину и по праву признан основоположником современного металловедения. Созданную Черновым теорию кристаллизации отливок продолжали развивать, исследуя кристаллические решетки новейшими методами. В частности, было установлено, что в пространственной решетке могут быть плоскости, отличающиеся по плотности заполнения атомами; легирующие элементы и примеси распределяются неравномерно. Правильное, регулярное внутреннее строение кристаллической решетки — это лишь идеальная схема. Реально в решетках бывают точечные, линейные (дислокации), поверхностные дефекты. Металлические изделия состоят из множества мелких кристалликов (зерен), которые разделены границами. Именно здесь наиболее часто наблюдаются нарушения решетки этих кристаллов.

Оценивая эти достижения, можно сказать, что проблема производства орудийных стволов отвлек-

ла от изготовления булатных клинков. И все же одним важным результатом исследований, приближающих к решению загадки булата и для решения будущих проблем сварки высокопрочных сталей, был вывод о том, что от величины зерен во многом зависят свойства металлов. Для измельчения, уплотнения, ликвидации дефектов кристаллов следовало найти оптимальные технологии плавки, литья, термообработки и обработки давлением.

А что же происходило в Златоусте после П.П.Аносова? Вероятно, ему удалось раскрыть секрет производства булата, по крайней мере, качество изготовленных им сабель очень близко к качеству легендарных. Известный инженер-металлург Владимир Иванович Дятлов рассказывал, что на установленный вертикально клинок длиной более метра бросали стальную болванку, лезвие гибалось почти до пола, пружинило и отбрасывало тяжелый груз. Однако драматичная история булата продолжалась. Высокие технологии обычно трудно воспроизвести только по описанию. Найденный секрет спустя некоторое время был утерян. По преданию, know how изготовления русского булата знал лишь любимый помощник Аносова Швецов, передавший, в свою очередь, секрет сыну с заветом сообщить его только «своим», то есть старообрядцам, к которым принадлежали Швецовы. Сын, умерший в 1919 г., секрет никому не передал, что легко объяснить тогдашней исторической ситуацией. Лишь в 1948 г. в связи с пышно отмечавшимся 150-летием со дня рождения П.П. Аносова, было провозглашено, что советские металлурги вновь овладели древним секретом, хотя, судя по всему, полученная сталь существенно отличалась от булата. Рекламируемые в наше время сабли и ножи также не дотягивают до настоящего булата.

И все же «секрет булата» в значительной степени стимулировал создание и развитие научных основ металлургии. Что касается П.П.Аносова, то на его трудах были воспитаны многие первоклассные металлурги. А молодой инженер-металлург В.И. Дятлов, направленный после окончания Киевского политехнического института на работу в Златоуст, возвратившись в Киев, занялся проблемами сварки, в том числе и специальных сталей.

● #618

# Сервисная карточка читателя

Без заполненного  
формуляра  
недействительна

Для получения дополнительной информации о продукции/услугах, упомянутых в этом номере журнала:

- обведите в Сервисной карточке индекс, соответствующий интересующей Вас продукции/услуге (отмечен на страницах журнала после символа «#»);
- заполните Формуляр читателя;
- укажите свой почтовый адрес;
- отправьте Сервисную карточку с Формуляром по адресу: **119991, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 6, стр. 7, оф. 19, «Сварщик в России».**

541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552  
553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564  
565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576  
577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588  
589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600  
601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612  
613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624

Ф. И. О. \_\_\_\_\_  
Должность \_\_\_\_\_  
Тел. ( \_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_  
Предприятие \_\_\_\_\_  
Подробный почтовый адрес: \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.

## Формуляр читателя

Ф. И. О. \_\_\_\_\_  
Должность \_\_\_\_\_  
Тел. ( \_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_  
Предприятие \_\_\_\_\_  
Виды деятельности предприятия \_\_\_\_\_  
Выпускаемая продукция / оказываемые услуги \_\_\_\_\_  
Руководитель предприятия (Ф. И. О.) \_\_\_\_\_  
Тел. \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_  
Отдел маркетинга / рекламы (Ф. И. О.) \_\_\_\_\_  
Тел. \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_  
Отдел сбыта / снабжения (Ф. И. О.) \_\_\_\_\_  
Тел. \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_

Заполняется печатными буквами

## Тарифы на рекламу на 2012 г.

### На внутренних страницах

Площадь	Размер, мм	Стоимость, руб.
1 полоса	210×295	20000
1/2 полосы	180×125	10000
1/4 полосы	88×125	5000

### На страницах основной обложки

Страница	Размер, мм	Стоимость, руб.
1 (первая)	215×185	45000
8 (последняя)	210×295 (после обрезки 205×285)	30000
2		28000
7		26000

### На страницах внутренней обложки

Страница	Размер, мм	Стоимость, руб.
3, 1 полоса	210×295	25000
4, 1 полоса	210×295	23000
3 и 4, 1/2 полосы	180×125	12000
5 и 6, 1 полоса	210×295	22000
5 и 6, 1/2 полосы	180×125	11000

### Изготовление оригинал-макета

- 10% стоимости рекламной площади

### Статья на правах рекламы

- 1 стр. — 7500 руб.

### Прогрессивная система скидок

Количество подач	2	3	4	5	6
● Скидка	5%	10%	13%	17%	20%

Тарифы на рекламу универсальные для журналов «Сварщик в России» и «Сварщик» (Украина). При размещении рекламно-информационных материалов одновременно в журналах «Сварщик» и «Сварщик в России» предоставляется скидка 5%.

### Требования к оригинал-макетам

#### Для макетов «под обрез»:

формат журнала после обрезки 205×285 мм; до обрезки 210×295 мм; **внутренние поля для текста и информативных изображений не менее 20 мм.**

**Цветные:** TIF CMYK 300 dpi или EPS Illustrator for PC 5–11, include placed images (CMYK 300 dpi или bitmap 600 dpi, текст в кривых), или CorelDraw 9–12, текст в кривых.

**Сопроводительные материалы:** желательна распечатка с названием файла и точными размерами макета. Размеры макета должны точно соответствовать вышеуказанным.

**Носители:** CD-ROM, или DVD, или флэш-диск.

Подача материалов в очередной номер — до 15-го числа нечетного месяца (например, в № 6 — до 15.11).

Руководитель рекламного отдела: **В. Г. Абрамишвили**  
тел./ф.: +380 44 **287-66-02**, +380 50 413-98-86 (моб.)  
e-mail: welder.kiev@gmail.com  
www.welder.kiev.ua, www.welder.msk.ru



**ВСЕ ДЛЯ СВАРКИ.**

# ЭКОТЕХНОЛОГИЯ

**Официальный дистрибьютор  
Опытного завода сварочных материалов  
Института электросварки им. Е.О. Патона**

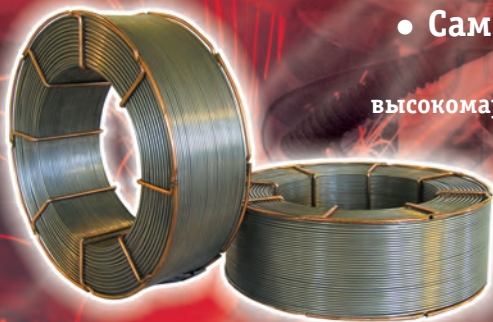
- **Покрытые электроды марки АНО-36, АНО-21, АНО-21У, АНО-6У, АНО-4, АНО-4И, МР-3**

для сварки переменным током низкоуглеродистых сталей с временным сопротивлением разрыву до 450 МПа.

- **Покрытые электроды марки УОНИ-13/45, УОНИ-13/55**

с улучшенными характеристиками для сварки постоянным и переменным током (от трансформаторов типа СТШ-СГД) низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву до 490 МПа и стержней арматуры сборных железобетонных конструкций из стали классов А-II, А-III.

- **Покрытые электроды марки АНВМ-1** для сварки и наплавки постоянным током высокомарганцевых сталей типа 110Г13, 60Х5Г10Л, 30Г18Х4: ремонт переводов стрелочных, крестовин, ножей и зубьев ковшей экскаваторов, щек камнедробилок, бронеплит; экономнолегированный, устойчивый к ударному износу наплавленный металл типа 30Г20Т; эффективная, экономически оправданная замена электродов марок ННИ-49Г, ОЗЛ-6 ЦНИИ-4, ЭА-981/15.



- **Самозащитная порошковая проволока ПП-АНВМ-1**

**и ПП-АНВМ-2** для механизированной сварки и наплавки высокомарганцевых сталей типа 110Г13, 60Х5Г10Л, ОХ14АГ12М и 30Г18Х4: ремонт переводов стрелочных, крестовин, ножей и зубьев ковшей экскаваторов, щек камнедробилок, бронеплит; «залечивание» дефектов литья, наплавка деталей и узлов из углеродистой стали; экономнолегированный, устойчивый к ударному износу наплавленный металл типа 30Г20Т и 15Х10Г20Т.

**Сварочные электроды ОЗСМ ИЭС им. Е. О. Патона — это стабильное качество и высокая производительность сварки.**

Киев, 03150, ул. Антоновича (Горького), 62 E-mail: sales@et.ua

т./ф. +380 44 287-2716, 200-8050, 289-2181,  
200-8056 (многоканальный)

**WWW.ET.UA**

QUALITY TIME



### GCE KRASS - ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ И РЕЗКИ

- Редукторы газовые для технических газов
- Газовые регуляторы
- Газовые горелки
- Резаки газовые
- Вентили и газовые баллоны
- Манометры
- Сварочные насадки
- Рукава резиновые для газосварочных работ
- Системы централизованного газоснабжения
- Аксессуары для сварки и резки

#### МЫ ЖДЕМ ВАС!

ООО «ГСЕ Красс»  
194100, Россия,  
Санкт-Петербург,  
Ул. Кантемировская, д. 12, лит. А

Тел. в Санкт-Петербурге: +7 (812) 323-86-21, 323-86-21  
officespb@gcegroup.com  
Тел. в Москве: +7 (495) 745-26-99  
officemsk@gcegroup.com  
www.gcegroup.ru, www.krass.spb.ru



## Ведущий специализированный производитель порошковых проволок для сварки, наплавки и напыления.



Производственная база  
ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» —  
это единственный в Украине  
комплекс с полным техно-  
логическим циклом изготов-  
ления порошковых проволок  
мощностью до 5000 т/год.

*Качество продукции  
подтверждается  
количеством партнеров.*

03680, г. Киев, Украина,  
ул. Боженко 15, оф. 303, 507

тел. (044) 200-86-97  
факс (044) 200-84-85

office@veldtec.ua  
www.veldtec.ua

