THE LINDE GROUP

Linde

Ацетилен в термической резке — выбор лидеров

- Повышение производительности до 60%.
- Качество кромки реза — готовое под сварку.
- Возможность выполнить косые кромки под сварку.
- Общая экономия до 20% на каждом метре реза по сравнению с пропаном.
- Реализуем ацетилен от 5-килограммовых баллонов до 160-килограммовых бандлов.

Разрядная рампа с подключенными ацетиленовыми бандлами вместимостью 160 кг

Завтрашний успех начинается сегодня с Линде Газ Украина.

ПАО «Линде Газ Украина»

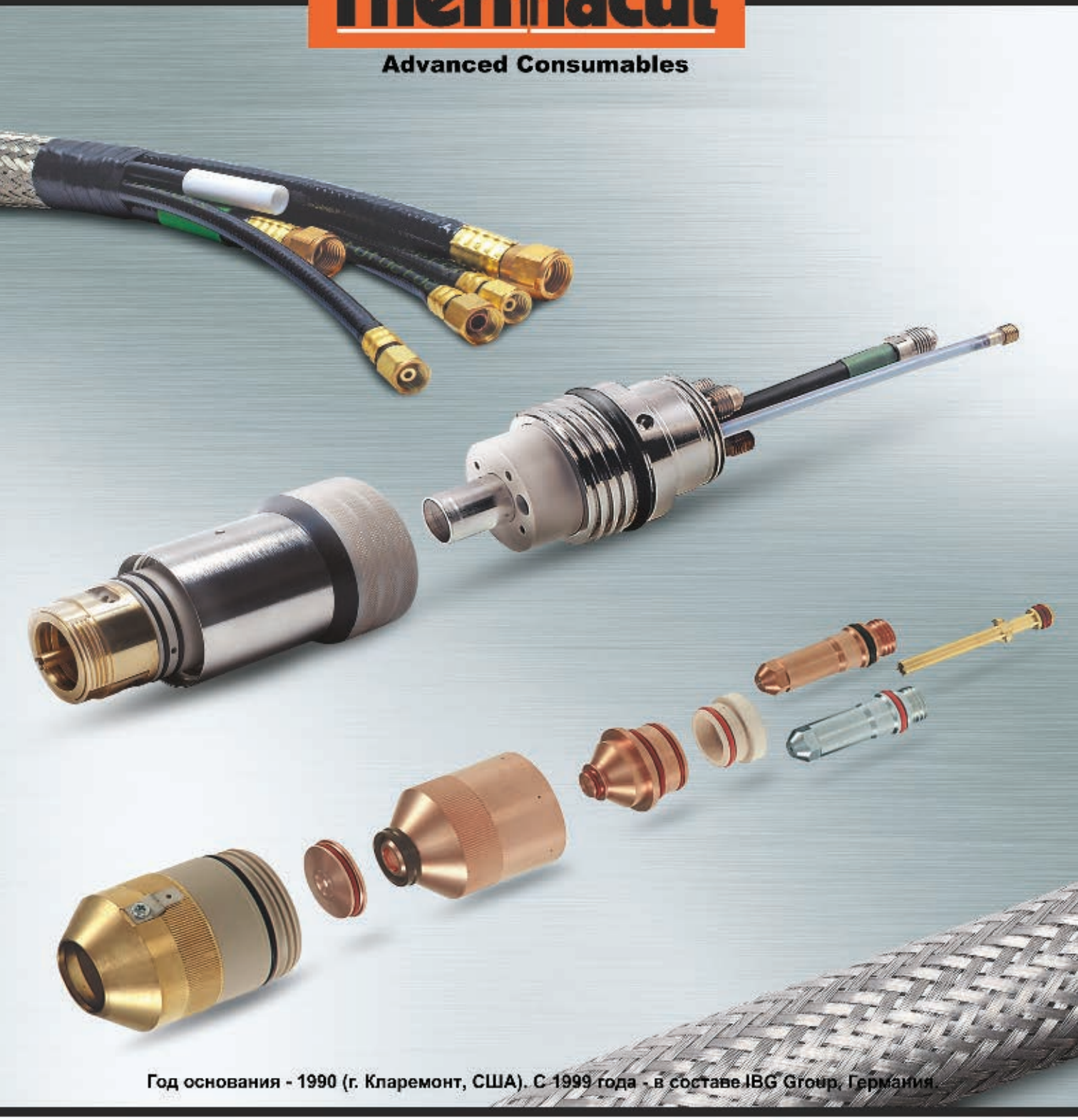
Головной офис, г. Днепропетровск:	ул. Кислородная, 1	тел./факс: (0562) 35-12-25, (067) 565-62-90
Филиал в г. Киев:	ул. Лебединская, 3б	тел./факс: (044) 507-23-69
Филиал в г. Донецк:	ул. Баумана, 11	тел./факс: (062) 310-19-91
Филиал в г. Калуш:	ул. Промышленная, 4	тел./факс: (034) 259-13-00

www.linde.ua

Всемирный поставщик передовых расходных материалов для резки и сварки

Thermacut®

Advanced Consumables



Год основания - 1990 (г. Кларемонт, США). С 1999 года - в составе IBG Group, Германия.

SilverEX ELECTRODE

TungstenEX NOZZLE

ПИИ ООО «Бинцель Украина ГмбХ»
08130, с. Петропавловская Борщаговка
ул. Петропавловская, 24

Офис, Киев: +38 044 / 403 1499, 403 1599
info@binzel.kiev.ua
www.thermacut.com

Офис. Львов: +38 050 / 382 4668
Офис. Николаев: +38 050 / 333 8161
Офис, Харьков: +38 050 / 417 6068

информационно-технический журнал
Сварщик®
Технологии
Производство
Сервис

2–2013

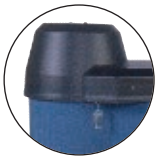
2 (90) 2013

Журнал выходит 6 раз в год.
Издается с апреля 1998 г.
Подписной индекс **22405**

Журнал награжден Почетной грамотой и Памятным знаком Кабинета Министров Украины

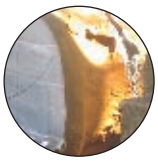
СОДЕРЖАНИЕ

Новости техники и технологий 4



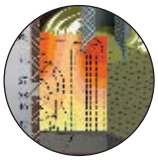
Технологии и оборудование

Основы разработки технологии сварки плавлением. 1. Способы сварки. *Г.И. Лащенко* 6



Расчетная разрезаемость сталей, применяемых в машиностроительных конструкциях. *В.И. Панов* 10

Новые процессы и материалы для наплавки термо- и износостойких сплавов. *Г.Н. Соколов, И.В. Зорин, А.А. Артемьев* 16



Механизм подачи проволоки VR 5000 Case для работы в сложных производственных условиях 20

Газокислородные резаки для машинной резки металлических заготовок толщиной до 1200 мм и технологические особенности их использования. *В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак, С.Л. Зеленский, В.А. Белинский, С.Л. Василенко, Т.В. Литвинова, Т.Б. Золотопупова* 22

Установка для автоматической дуговой сварки кольцевых швов гидроцилиндров 27

Наши консультации 30

Зарубежные коллеги 32

Охрана труда

Производственный шум. Часть 1. *О.Г. Левченко, В.А. Кулешов* 36

Подготовка кадров

X Международный конкурс сварщиков «Золотой кубок Бенардоса» 42

Страницы истории

История сварочного производства Уралмаша. *В.И. Панов* 46

ЗМІСТ

Новини техніки й технологій 4

Технології й устаткування

- Основи розробки технології зварювання плавленням. 1. Способи зварювання. *Г.І. Лащенко* 6
- Розрахункова розрізуваність сталей, застосовуваних у машинобудівних конструкціях. *В.І. Панов* 10
- Нові процеси й матеріали для наплавлення термо- і зносостійких сплавів. *Г.Н.Соколов, И.В.Зорін, А.А.Артем'єв*. 16
- Механізм подачі дроту VR 5000 Case для роботи в складних виробничих умовах 20
- Газокисневі різаки для машинного різання металевих заготовок товщиною до 1200 мм і технологічні особливості їхнього використання. *В.М. Литвинов, Ю.Н. Лисенко, С.А. Чумак, С.Л.Зеленський, В.А.Бєлінський, С.Л. Василенко, Т.В. Литвинова, Т.Б. Золотопупова* 22
- Установка для автоматичного дугового зварювання кільцевих швів гідроциліндрів 27

Наші консультації 30

Зарубіжні колеги 32

Охорона праці

- Виробничий шум. Частина 1. *О.Г. Левченко, В.А. Кулешов* 36

Підготовка кадрів

- X Міжнародний конкурс зварників «Золотий кубок Бенардоса» . . . 42

Сторінки історії

- Історія зварювального виробництва Уралмашу. *В.І. Панов* 46

CONTENT

News of technique and technologies 4

Technologies and equipment

- Bases of development of technology of fusion welding. 1. Ways of welding. *G.I.Lashchenko*. 6
- Settlement cuttingbility of steels, used in machine-building constructions. *V.I.Panov* 10
- New processes and materials for cladding of heat- and wear-resistant alloys. *G.N.Sokolov, I.V.Zorin, A.A.Artem'ev* 16
- The feeder of a wire VR 5000 Case for work in difficult industrial conditions 20
- Gaseous oxygen cutters for machine cutting of metal preparations by thickness up to 1200 mm and technological features of their use. *V.M.Litvinov, Yu.N.Lisenko, S.A.Chumak, S.L.Zelenskiy, V.A.Belinskiy, S.L.Vasilenko, S.L. Vasilenko, T.B.Zolotopupova* 22
- Plant for automatic arc welding of ring seams of hydrocylinders 27

Our consultations 30

The foreign colleagues 32

Labour protection

- Industrial noise. Part 1. *O.G.Levchenko, V.A.Kuleshov* 36

Training of personnel

- X International competition of the welders «Gold cup of Benardos» . . . 42

Pages of a history

- History of Uralmash's welding production. *V.I.Panov* 46

информационно-технический журнал

Сварщик®

Технологии
Производство
Сервис

2(90) 2013

Свидетельство о регистрации №13094-1978 Пр от 27.08.07

Учредители	Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Общество с ограниченной ответственностью «Экотехнология»
Издатель	ООО «Экотехнология»
Издание журнала поддерживают	Общество сварщиков Украины, Национальный технический университет Украины «КПИ»
	Журнал издается при содействии UNIDO
Главный редактор	Б. В. Юрлов
Зам. главного редактора	Е. К. Доброхотова, В. Г. Абрамишвили
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
Редакционный совет	В. Г. Фартушный (председатель), Н. В. Высоколян, Н. М. Кононов, П. А. Косенко, М. А. Лактионов, Я. И. Микитин, Г. В. Павленко, В. Н. Проскудин, А. Д. Размышляев, А. В. Щербак
Редакция	Т. Н. Мишина, А. Л. Берзина
Маркетинг и реклама	Т. И. Коваленко
Верстка	Т. Д. Пашигорова
Адрес редакции	03150 Киев, ул. Горького, 62Б
Телефон	**+380 44 200 5361**
Тел./факс	**+380 44 200 8014, 287 6502**
E-mail	**welder@welder.kiev.ua, welder.kiev@gmail.com**
URL	http://www.welder.kiev.ua/
Представительство в Беларуси	Минск Вячеслав Дмитриевич Сиваков +375 17 213 1991, 246 4245
Представительство в России	Москва, ООО «Центр трансфера технологий» ИЭС им. Е. О. Патона В. В. Сипко +7 499 922 6986 e-mail: ctt94@mail.ru www.welder.msk.ru
Представительство в Латвии	Рига, Ирина Бойко +371 2 603 7158, 6 708 9701 (ф.) e-mail: irinaboyko@inbox.lv
Представительство в Литве	Вильнюс, Вячеслав Арончик +370 6 999 9844 e-mail: info@amatu.lt
Представительство в Болгарии	София, Стоян Томанов +359 2 953 0841, 954 9451 (ф.) e-mail: evertood@mail.bg ООД «Еверт–КТМ»

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» обязательна.

Подписано в печать 11.04.2013. Формат 60×84 1/8.
Печать офсетная. Бумага офсетная.
Гарнитура PetersburgC. Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,2.
Зак. № 4512 от 12.04.2013. Тираж 3000 экз.
Печать: ООО «Полиграфический центр «Принт 24», 2013.
Киев, ул. Шахтерская, 9. Тел./ф. (044) 591 1012, 591 1013.

© ООО «Экотехнология», 2013

Основы разработки технологии сварки плавлением

Г.И. Лащенко

В продолжение предыдущей части статьи рассмотрены основные способы защиты зоны сварки. Приведены способы сварки неплавящимся электродом. Дана характеристика и области применения вольфрамовых электродов. Описаны типы переноса металла электрода в защитных газах и диапазон сварочных токов и напряжений дуги при различных типах переноса металла.

Расчетная разрезаемость сталей, применяемых в машиностроительных конструкциях

В.И. Панов

Дана классификация конструкционных сталей по разрезаемости. Приведены условия разрезаемости конструкционных сталей (применительно к ремонтной сварке). Рассмотрены газовая и кислородная резка сталей, процесс образования трещин и их устранения.

Новые процессы и материалы для наплавки термо- и износостойких сплавов

Г.Н.Соколов, И.В.Зорин, А.А.Артемьев

Описана новая технология ЭШН, в которой предусмотрено использование токоподводящего кристаллизатора и широкого спектра присадочных и электродных материалов. Даны результаты анализа применяемых методов физического и математического моделирования протекающих электромагнитных и других физико-химических процессов при исследовании способов ЭШН.

Газокислородные резаки для машинной резки металлических заготовок толщиной до 1200 мм и технологические особенности их использования

В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак, С.Л. Зеленский, В.А. Белинский, С.Л. Василенко, Т.В. Литвинова, Т.Б. Золотопупова

Описаны новые разработанные и внедренные в производство резаки РГКМ-3, РГКМ-5 для механизированной машинной резки металлических заготовок толщиной до 1200 мм. Дана их техническая характеристика и технологические возможности. Приведены результаты применения мундштуков, рассчитанных на различную толщину разрезаемых заготовок.

Производственный шум. Часть 1

О.Г. Левченко, В.А. Кулешов

Рассмотрены вопросы воздействия шума на организм человека, физическая природа шума. Описаны параметры, исследование которых необходимо для защиты работающих от шума: изменение силы звука при распространении, взаимодействие звуковой волны с границами раздела сред, поглощение звука, восприятие шума человеком.

Основи розробки технології зварювання плавленням

Г.І. Лащенко

У продовження попередньої частини статті розглянуті основні способи захисту зони зварювання. Наведено способи зварювання електродом, що не плавиться. Дано характеристику й області застосування вольфрамових електродів. Описано типи переносу металу електрода в захисних газах і діапазон зварювальних струмів і напруг дуги при різних типах переносу металу.

Розрахункова розрізуваність сталей, застосовуваних у машинобудівних конструкціях

В.І. Панов

Дано класифікацію конструкційних сталей по розрізуваності. Наведено умови розрізуваності конструкційних сталей (стосовно до ремонтного зварювання). Розглянуто газове й кисневе різання сталей, процес утворення тріщин і їхнього усунення.

Нові процеси й матеріали для наплавлення термо- і зносостійких сплавів

Г.Н.Соколов, І.В.Зорін, А.А.Артем'єв

Описано нову технологію ЕШН, у якій передбачене використання кристалізатора, що підводить струм й широкого спектра присадкових і електродних матеріалів. Дано результати аналізу застосовуваних методів фізичного й математичного моделювання електромагнітних і інших фізико-хімічних процесів при дослідженні способів ЕШН.

Газокисневі різаки для машинного різання металевих заготовок товщиною до 1200 мм і технологічні особливості їхнього використання

В.М. Литвинов, Ю.Н. Лисенко, С.А. Чумак, С.Л. Зеленський, В.А. Бєлінський, С.Л. Василенко, Т.В. Литвинова, Т.Б. Золотопупова

Описано нові розроблені й впроваджені у виробництво різаки РГКМ-3, РГКМ-5 для механізованого машинного різання металевих заготовок товщиною до 1200 мм. Дано їхню технічну характеристику та технологічні можливості. Наведено результати застосування мундштуків, розрахованих на різну товщину заготовок, що розрізаються.

Виробничий шум. Частина 1

О.Г. Левченко, В.А. Кулешов

Розглянуто питання впливу шуму на організм людини, фізична природа шуму. Описано параметри, дослідження яких необхідно для захисту працюючих від шуму: зміна сили звуку при поширенні, взаємодія звукової хвилі із границями розділення середовищ, поглинання звуку, сприйняття шуму людиною.

ВНИМАНИЕ!

Продолжается **ПОДПИСКА-2013** на журналы «Сварщик» и «Все для сварки. Торговый Ряд».

Подписные индексы: «Сварщик» – **22405**; «Все для сварки. Торговый Ряд» – **94640** в каталоге «Укрпошта».

Компактная стационарная высоковакуумная установка L-PAK для удаления пыли и сварочных аэрозолей

Стационарную вакуумную установку Nederman L-PAK применяют для удаления пыли и сварочных аэрозолей во многих отраслях промышленности.

Установка оборудована радиальным вентилятором, работающим от прямого привода, УЧПУ переключателем, блоком автоматики для автономной остановки и запуска, системой очистки фильтров.

Техническая характеристика:	*L-PAK-150*	*L-PAK-250*
Мощность, кВт	*3*	*5,5*
Объем воздушного потока, м³/ч	*290*	*420*
Производительность при –15 кПа, м³/ч	*150*	*250*
Максимальный вакуум, кПа	*–22*	*–21*
Площадь фильтра, м²	*1,1*	*1,6*
Срок эксплуатации фильтра, ч	*5000*	*500*
Уровень шума, дБА:		
без кожуха	*72*	*74*
с защитным кожухом	*62*	*64*
Масса, кг	*110*	*140*

Очистка фильтров двухступенчатая. При входе в систему воздушный поток снижает скорость и проходит через сепаратор и рукавные фильтры. Автоматическая очистка фильтров осуществляется обратной импульсной продувкой.

К преимуществам установки L-PAK следует отнести:

- простоту использования и обслуживания;
- компактность;
- высокую эффективность;
- наличие встроенного контроллера с программируемой логикой;
- автостарт/стоп;
- дистанционное управление.

Типичные области применения установки: сварочные цеха, мастерские по ремонту автомобилей, строительная индустрия, предприятия пищевой промышленности и др.

● **#1314**

ООО «Вектор-Инжиниринг» (Санкт-Петербург)

«Энергомашспецсталь» завершает изготовление элемента корпуса реактора по проекту ВВЭР-ТОИ

ПАО «Энергомашспецсталь» (ЭМСС), Краматорск, завершает изготовление фланца крышки корпуса реактора нового поколения по проекту ВВЭР-ТОИ. Фланец представляет собой кольцо, соединяющее крышку реактора с корпусом. На ВВЭР-ТОИ ЭМСС для реактора также производят детали корпуса: заготовку обечайки активной зоны; заготовку обечайки нижней зоны патрубков.

Заготовка проходит полный цикл производства. Слиток детали фланца массой 290 т был отлит из теплоустойчивой марки стали, специально разработанной научно-исследовательским институтом ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей». Затем деталь прошла процесс ковки и осадки.

«Технологический процесс ковки был смоделирован при помощи лабораторной компьютерной программы с целью подтверждения правильности выбора технологических переходов и температурно-деформационных параметров, — пояснил начальник технического управления ПАО «ЭМСС» Владимир Панов. — Операция осадки заготовки, определяющая качество будущего изделия, требует максимально возможных нагрузок от пресса усилием 15000 т».

Особое внимание было уделено и термической обработке заготовки фланца. Специалистами «Энергомашспецстали» была применена технология термометрирования: установка термоэлектрических преобразователей в различные сечения поковки.

После ультразвукового контроля деталь пройдет механическую обработку под поставочные размеры. Масса товарной детали составит почти 74 т. Фланец отправят в Волгодонск (РФ) в филиал Петрозаводскмаш «Атоммаш», где после сборки реактора проведут полное тестирование. ● **#1315**

www.i-mash.ru

Многофункциональный сварочный аппарат ProPAC 350-600

Сварочные аппараты серии ProPAC фирмы HYOSUNG применяют в таких отраслях промышленности, как судостроение и тяжелое машиностроение. Концепция аппарата предполагает использование машин для ручной дуговой сварки, механизированной сварки или строжки практически в любых погодных условиях. Переключение с одного вида сварки на другой выполняют с помощью тумблера на передней панели.

Возможность использования сварочных кабелей и соединительных пакетов длиной до 120 м позволяет оборудовать стационарные сварочные посты, включающие несколько источников.

Надежность и безопасность работы обеспечивают:

- три уровня защиты платы управления от выхода из строя;
- возможность работы в сетях с колебанием сети ±15%;
- стабильная скорость подачи проволоки даже при длине соединительного пакета 120 м;
- аварийное отключение при разрыве соединительного пакета;
- система защиты трансформатора (система SCR).

Сварочные аппараты имеют плавный старт и низкий коэффициент разбрызгивания при сварке в среде защитного газа. Благодаря системе CTE машины ProPAC поддерживают стабильную длину сварочной дуги при изменении высоты сварочной горелки или неровности свариваемого изделия. В результате сварной шов ровный и не имеет дефектов.

Через 30 с после окончания сварки срабатывает система энергосбережения, которая переводит машину в «спящий» режим и через 1–7 мин (в зависимости от нагрева аппарата) отключает вентилятор.

● **#1316**

Промышленная группа «Дюкон» (Санкт-Петербург)

Техническая характеристика:

Параметр	*ProPAC-350*	*ProPAC-500*	*ProPAC-600*
Входящее напряжение, В	220, 380, 440		
Потребляемая мощность, кВт	16	26	36
Сила рабочего тока (напряжение дуги, В), А:			
MIG/MAG	50–350 (15–34)	50–500 (15–45)	60–670 (15–52)
MMA	60–350 (15–34)	60–500 (15–45)	80–670 (15–52)
строжка	–	60–500 (15–45)	80–670 (15–52)
ПВ, %	60	60	100 (600 А)
Габаритные размеры, мм	375×560×730	445×660×810	490×690×850
Масса, кг	100	141	190
Масса блока подачи проволоки, кг	9		
Диаметр проволоки, мм	0,8; 1,0; 1,2	1,2; 1,4; 1,6	1,2; 1,4; 1,6

«ВСМПО-Ависма» будет выпускать в Украине сварные трубы

Предприятие «ВСМПО Титан Украина» (Никополь) налаживает выпуск сварных титановых труб. Решение о создании производства было принято руководством корпорации «ВСМПО-Ависма» в ноябре 2012 г.

В декабре 2012 г. «ВСМПО Титан Украина» получило оборудование двух комплектных трубосварочных линий модели Т 50/60 для выпуска сварных титановых труб с наружным диаметром от 12 до 60 мм и толщиной стенки от 0,4 до 2,5 мм.

В настоящее время заканчивается разработка проекта по организации сварочного производства. Пуско-наладочные работы запланированы на декабрь текущего года.

Реализация инвестиционного проекта позволит обеспечить производство особо тонкостенных сварных труб из сплавов титана длиной до 26 м. Планируется применять данный вид продукции в теплообменном оборудовании опреснительных установок и конденсаторах энергетических установок.

● **#1317**

www.metalinfo.ru

Основы разработки технологии сварки плавлением*

1. Способы сварки

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

Не все способы защиты зоны сварки являются универсальными. Каждый имеет свою область рационального применения. Так, защита инертными газами целесообразна при сварке нержавеющих сталей, цветных металлов (алюминия, титана, меди и др.) и их сплавов. Защиту активными газами, газовыми смесями, содержащими CO_2, Ar, O_2, используют преимущественно при сварке углеродистых и низколегированных сталей.

Защита парами металла базируется на том, что вследствие высокой температуры дуги металл интенсивно испаряется, и пары защищают зону сварки. По данным В.М. Иваненко и Н.М. Будника, интенсивность выделения газов при сварке проволокой диаметром 1,6–3 мм достигает 5–8 л/мин, что составляет 25–50% по отношению к расходу газа, подаваемого для защиты дуги в зону сварки. Защиту только парами металла реализуют путем дополнительного подавления вредного влияния азота и кислорода (поступающих из воздушной среды) на плотность и механические свойства металла шва за счет введения в состав проволоки дополнительных легирующих элементов (Al, Ti, Ce и др.), имеющих большое химическое сродство к вышеуказанным газам и образующих с ними прочные нитриды и оксиды с высокой температурой плавления. Способы сварки, при которых защиту дуги осуществляют только парами металла, имеют весьма ограниченное применение.

Широко распространена газошлаковая защита дуги и сварочной ванны, которую применяют при сварке электродами с покрытиями различных типов и порошковой проволокой. При сварке порошковой проволокой для улучшения качества защиты часто дополнительно используют активные, инертные газы и газовые смеси на их основе.

Сварка по слою флюса находит применение при соединении алюминия и в некоторых других случаях. Для шлаковой защиты (сварка под слоем флюса) используют плавленные и агломерированные флюсы различной основности.

По химическому составу шлакообразующей части оксидные флюсы могут быть разделены на кислые, нейтральные и основные. Оксидные флюсы состоят из оксидов металлов и могут содержать до 10% фтористых соединений. Их преимущественно применяют для сварки углеродистых и низколегированных сталей. Флюсы солевого типа состоят из фтористых и хлористых солей металлов, а также из других, не содержащих кислород химических соединений. Их используют для сварки активных металлов, таких как алюминий, титан и др. Флюсы солеоксидного типа состоят из фторидов и оксидов металлов и преимущественно применяются при сварке и наплавке низколегированных сталей.

Питание дуги осуществляют постоянным и переменным током. При питании плавящегося электрода постоянным током на прямой полярности (анод (плюс) на изделии) глубина проплавления оказывается меньше, чем при сварке на обратной полярности (катод (минус) на изделии).

При сварке модулированным током дугу питают импульсами. Выделяют два вида сварки модулированным током: импульсно-дуговую и пульсирующей дугой (*рис. 2*). При импульсно-дуговой сварке обеспечивается управляемый перенос электродного металла. Сварку выполняют на двух энергетических уровнях, соответствующих действию импульса тока (высокий уровень) и паузы (низкий уровень), когда сила тока либо равна нулю, либо имеет небольшое значение Форма импульса тока, как правило, прямоугольная или близкая к ней (скорость нарастания силы тока не более 10 кА/с), частота следования импульсов f более 25 Гц.

Сварка пульсирующей дугой позволяет активно влиять на механические свойства сварного соединения за счет термоциклического воздействия на сварочную ванну и зо-

** Продолжение. Начало в №1–2013.*

ну термического влияния. Параметры режима сварки: время нарастания $t_н$ и спада $t_н$ тока соизмеримы со временем импульса $t_н$ и паузы $t_п$ (*рис. 2, в*). Скорость изменения силы тока не более 10 кА/с, а частота следования импульсов *f* менее 25 Гц.

Многие характеристики процесса сварки в защитных газах зависят от типа переноса металла электрода, который оказывает существенное влияние на различные технологические характеристики сварочной дуги, например, на тепловой баланс, пространственную устойчивость дуги, интенсивность протекания металлургических реакций в зоне сварки, потери на угар и разбрызгивание, а также на глубину проплавления, параметры и форму сварных швов.

Основными типами переноса металла электрода в защитных газах являются мелко- или крупнокапельный с короткими замыканиями (КЗ) дугового промежутка; мелко- или крупнокапельный без КЗ дугового промежутка; струйный процесс и вращательно-струйный.

Тип переноса металла определяется защитной средой, диаметром и химическим составом электрода, силой сварочного тока и напряжением дуги, а также другими параметрами.

Для каждого типа переноса металла электрода есть свой диапазон значений силы сварочного тока и напряжения дуги (*рис. 3*).

В последние годы разработан ряд процессов сварки плавящимся электродом с использованием переноса металла с КЗ: STT (фирма Lincoln Electric); CMT (фирма «Фрониус»); Cold Ark (фирма EWM); Fast Root (фирма Kemppi); ВКЗ (НПО «СЭЛМА-ИТС») и др. Все эти процессы реализуют путем программирования питания дуги с наличием обратных связей.

Питание дуги переменным током имеет свои преимущества. Оно значительно экономичнее с точки зрения расхода электроэнергии. Сварка переменным током чувствительна к магнитному дутью. Переменный ток по своему технологическому воздействию на ванну подобен воздействию модулированного тока с частотой 50 Гц, что позволяет улучшить структуру металла шва. Но есть и недостатки: пониженная устойчивость горения дуги, повышенное разбрызгивание металла и насыщение его газами.

Снижение промышленной частоты сварочного тока ниже 50 Гц позволяет оптимизировать эффект модуляции, а его повышение более 50 Гц — повысить устойчивость горения дуги. Последнего также достигают путем использования специальных устройств.

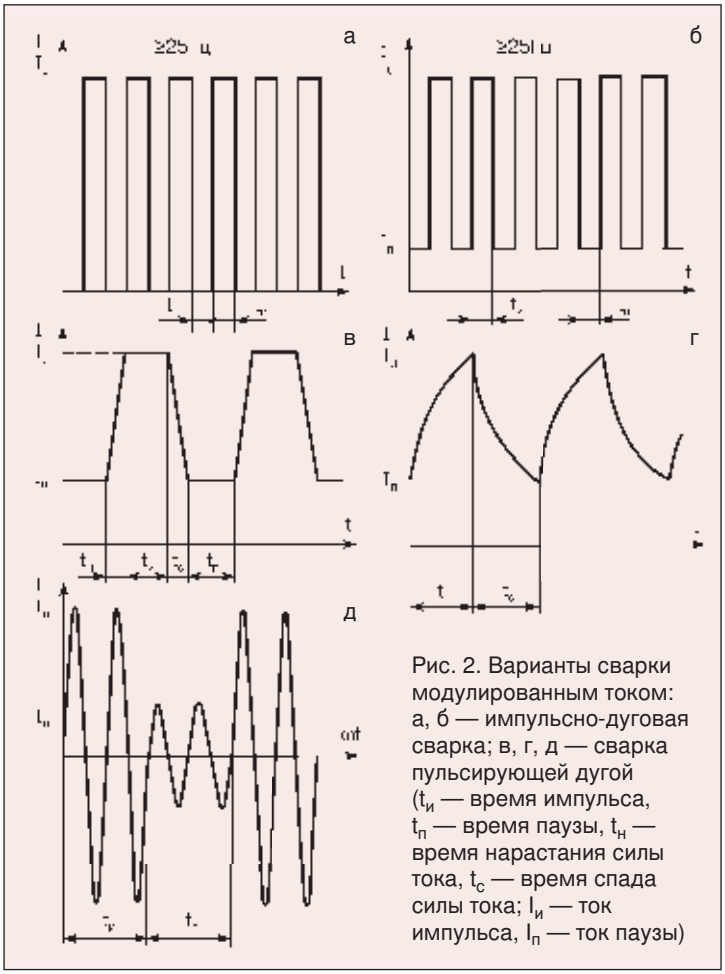


Рис. 2. Варианты сварки модулированным током: а, б — импульсно-дуговая сварка; в, г, д — сварка пульсирующей дугой ($t_и$ — время импульса, $t_п$ — время паузы, $t_н$ — время нарастания силы тока, $t_с$ — время спада силы тока; $I_и$ — ток импульса, $I_п$ — ток паузы)

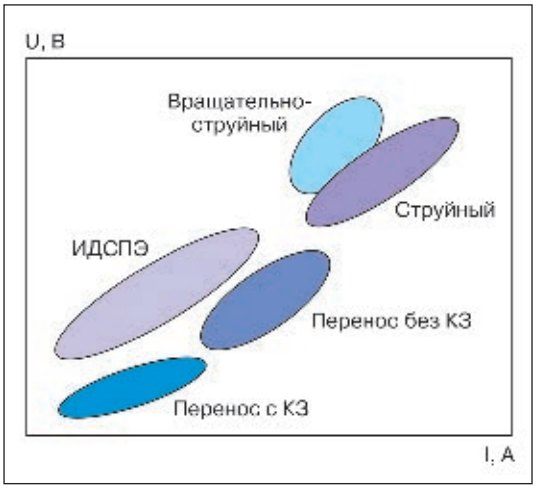


Рис. 3. Диапазон сварочных токов и напряжений дуги при различных типах переноса металла

Среди способов дуговой сварки плавящимся электродом наиболее широко применяют однодуговую сварку. Менее распространена двух-, трех-, четырех- и пятидуговая сварка. Увеличение количества дуг позволяет не только повысить производительность, но и существенно расширить технологические возможности сварки плавлением.

При количестве дуг две и более можно использовать проволоку разного диаметра и химического состава, чередовать сплошную и порошковую проволоку, применять различные схемы питания дуг, комбинировать процессы переноса металла, в более широких пределах регулировать термический цикл, течение металлургических процессов в ванне и ее кристаллизацию, разрабатывать эффективные технологии сварки тонкого и толстого листа.

В качестве неплавящихся электродов для сварочных процессов применяют главным образом вольфрамовые, значительно реже — угольные и медные с оксидной вставкой. Сварку вольфрамовым электродом выполняют в инертных газах (аргон, гелий или смеси этих газов).

Вольфрамовые дуги могут быть с катодным пятном и без него или так называемые нормальные дуги.

Дуга с пятном имеет несколько повышенное, примерно на 10%, напряжение (катодное и общее) и на 10–20% большую температуру столба дуги. Температура катода в дуге с пятном ниже температуры поверхности электрода нормальной вольфрамовой дуги, где катодное пятно занимает всю сферическую поверхность электродного стержня.

Получению пятна на катоде способствует введение в качестве добавки к вольфраму 1,5–3,0% оксидов активирующих элементов (тория, лантана, иттрия), лучший теплоотвод (меньший выход) электрода и более острая заточка. В этом случае блуждание пятна отсутствует, повышается общая устойчивость дуги, заточенный конец не оплавляется и обеспечивает сжатие дуги у катода.

Стойкость вольфрамового электрода в первую очередь определяется плотностью тока. Большое влияние оказывают род тока и полярность при постоянном его значении. Особенно мала стойкость при сварке на постоянном токе обратной полярности. Это связано с двумя причинами: на аноде выделяется большее количество теплоты, чем на катоде, боковой нагрев электрода затрудняет отвод теплоты с его торца. В связи с этим сварку вольфрамовым электродом обычно ведут или на переменном токе, или на постоянном токе прямой полярности. Характеристика основных способов сварки неплавящимся электродом приведена в *табл. 2*.

Аргонодуговая сварка постоянным током прямой полярности характеризуется максимальной проплавляющей способностью, и ее применяют для соединения изделий из углеродистых, легированных сталей, меди, никеля, титана и ряда других металлов и сплавов.

Сварку переменным током наиболее часто используют при изготовлении конструкций из алюминиевых и магниевых сплавов.

Использование в качестве защитного газа гелия повышает энергетические характеристики дуги. Горение дуги в гелии проис-

Таблица 2. Основные способы сварки неплавящимся электродом

Наименование и условное обозначение	*Характеристика и область применения*
СН-1. Сварка вольфрамовым электродом на постоянном токе прямой полярности в аргоне	Стабильный процесс на силе тока до 600 А. Доля тепловой мощности, вводимой в изделие, 40–90%, потери на нагрев электрода примерно 5%, лучевые потери от столба дуги 7–35%. Пониженная термическая нагрузка на электрод. Применяют для сварки углеродистых легированных сталей, меди, никеля, титана и ряда других металлов и сплавов
СН-2. Сварка вольфрамовым электродом на постоянном токе прямой полярности в гелии или смеси гелия с аргоном	По сравнению с аргонодуговой сваркой проплавляющая способность в 1,5–2,0 раза выше, тепловложение в 1,5–2,0 раза меньше, лучше механические и эксплуатационные свойства сварных соединений, выше производительность. Применяют для сварки меди и конструкций ответственного назначения из высокопрочных термически упрочняемых и нагартованных алюминиевых сплавов, а также сплавов других металлов
СН-3. Сварка вольфрамовым электродом на постоянном токе прямой полярности в азоте	По сравнению с аргонодуговой сваркой применение азота способствует увеличению тепловой мощности дуги. Используют при сварке меди и медных сплавов
СН-4. Сварка вольфрамовым электродом на постоянном токе прямой полярности в аргоне с подачей холодной присадки	Присадочная проволока подается в головную часть сварочной ванны. Количество присадочного металла выбирают исходя из условия обеспечения требуемой доли участия присадочного металла в образовании шва. Используют при сварке по зазорам, а также для заполнения разделки кромок при многослойной сварке сталей, алюминиевых и других сплавов
СН-5. Сварка вольфрамовым электродом на постоянном токе прямой полярности в аргоне или гелии погруженной дугой	Теплота дуги используется более эффективно, значительно увеличивается ее проплавляющая способность, Повышается производительность. Применяют для однопроходной сварки нержавеющих сталей, титановых и алюминиевых сплавов

ходит при более высоком напряжении (в 1,4–1,7 раза выше, чем в аргоне). Применение гелия и аргоногелиевых смесей целесообразно в тех случаях, когда требуется повысить проплавляющую способность дуги без увеличения силы сварочного тока.

Для расширения диапазона свариваемых толщин и типов материалов, увеличения производительности сварки вольфрамовым электродом, повышения постоянства проплавления и качества шва в целом разработаны различные промышленные способы сварки: с присадочной проволокой (холодной или горячей), пульсирующей дугой, погруженной дугой, с использованием флюсов-активаторов, несколькими дугами, трехфазной дугой, с наложением магнитных полей.

В последние годы для сварки, наплавки, пайки, оплавления и других процессов используют оксидный порошковый катод, схема которого показана на *рис. 4*. Он представляет собой медный водоохлаждаемый держатель, в глухое отверстие которого запрессована активная порошкообразная вставка. В ее состав входят порошки металлов (циркония или гафния), другие химические соединения и технологические добавки. Диаметр глухого отверстия 3–5 мм.

Первое включение дуги с порошкообразным катодом необходимо выполнять в кислородсодержащей газовой атмосфере. При этом активная вставка окисляется и на ней образуется оксидная эмиссионная пленка, служащая в дальнейшем жидким эмиттером катодного электронного тока. В последующем оксидный катод можно использовать при горении как на воздухе, так и в любом активном или инертном газе.

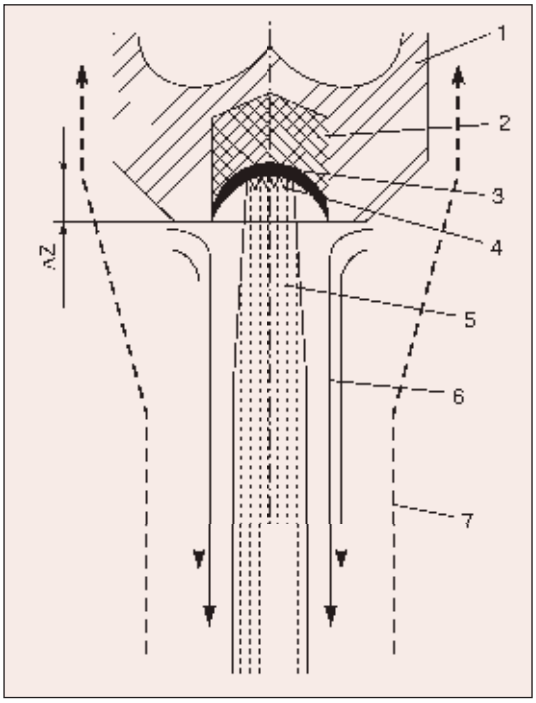


Рис. 4. Схема оксидного порошкового катода: 1 — медный водоохлаждаемый держатель; 2 — активная вставка; 3 — жидкая эмиссионная пленка; 4 — катодное пятно; 5 — столб дуги; 6 — струи ниспадающего катодного дутья; 7 — струи восходящего конвективного потока воздуха; ΔZ — заглубление катодного пятна (по В.И. Лакомскому)

Дуговой разряд отличается высокой самостабилизацией. Эффект самостабилизации четко проявляется начиная с силы тока дуги 300–325 А. Без дополнительного сопла, стабилизирующего потока газа или магнитного поля можно получить дугу длиной 150 мм. При этом скорость интенсивных газовых потоков от катода к аноду (катодное дутье) достигает 10^2 м/с. • **#1318**

NEW

Компания «РМ-Стил» освоила производство новых марок стали

В рамках реализации программы по освоению производства полособульбового профиля из новых марок стали компания «РМ-Стил» совместно с ЦНИИ конструкционных материалов «Прометей» в 2012 г. провела работу по изготовлению и испытанию новых образцов профиля. ЦНИИ «Прометей» выполнил опытно-конструкторские работы для последующего изготовления горячекатаного несимметричного полособульбового профиля в соответствии с действующими государственными стандартами.

Компания «РМ-Стил», в свою, очередь, успешно изготовила опытные образцы из высокопрочной и маломагнитной стали. В 2013 г. в ходе продолжения совместной работы планируется освоение производства профиля из высокопрочных марок стали. Профиль из этой стали активно применяется для изготовления корпусов кораблей, атомных ледоколов, танкеров и другой морской техники. Полособульбовый профиль применяется для внутрикорпусных работ при строительстве судов гражданского и военного назначения, поэтому основными потребителями продукции являются отечественные и зарубежные судостроительные и судоремонтные предприятия.

В основе собственного производства — сталепрокатный комплекс, комплекс дробеструйной обработки и покраски. Производство успешно прошло сертификацию основных классификационных обществ: Российского Речного Регистра, Российского Морского Регистра Судоходства, Det Norske Veritas (Норвегия), Bureau Veritas (Франция), Lloyd's Register (Великобритания), Germanischer Lloyd (Германский Ллойд). Получен сертификат ISO 9001.

www.steelsite.ru

Расчетная разрезаемость сталей, применяемых в машиностроительных конструкциях

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

При производстве стальных металлических конструкций газокислородная резка (в данном случае под ней понимается и резка с применением горючих жидкостей) является одним из ведущих технологических процессов. С ее помощью выполняют отделочные работы на отливках (обрезка прибылей, литников, питателей, облоя и т.п.) и удаляют металлургические дефекты (трещины, пористость, спаи и др.); вырезают заготовки из проката, отливок, поковок; проводят подгоночные сборочные операции; удаляют дефекты сварных швов; разрезают конструкций на металлом и др. Она же в подавляющем большинстве случаев является единственным способом удаления трещин и других дефектов при восстановлении работоспособности вышедшего из строя оборудования в процессе эксплуатации.

Пределы разрезаемых толщин для различных металлов достаточно широки. Для сталей они составляют от 3 до 2000 мм. Практически возможна резка стали толщиной свыше 2 м при применении специальных способов резки (кислородным или кислородно-порошковым копьем).

Выбору технологических режимов сварочных операций с помощью эквивалента углерода $C_{экв}$ в сварочной науке и практике уделяют большое внимание, несмотря на относительный характер этого показателя. Его выбор в качестве критерия, характеризующего химический состав разрезаемого металла, имеет ряд преимуществ. В частности, величина $C_{экв}$ позволяет обоснованно оценивать структуру участка перегрева зоны термического влияния и по ней определять вероятность образования горячих и холодных трещин.

В разработке математических моделей эквивалента углерода существуют два подхода. Первый учитывает раздельное влияние каждого из элементов, входящих в состав стали:

$$C_{экв} = C + Mn/k_{Mn} + Si/k_{Si} + Cr/k_{Cr} + Ni/k_{Ni} + Mo/k_{Mo} + V/k_V + Cu/k_{Cu} + P/k_P,$$

где C, Mn, Si, Cr, Ni, Mo, V, Cu, P — массовые доли химических элементов; k_{Mn}, k_{Si}, k_{Cr}, k_{Ni}, k_{Mo}, k_V, k_{Cu}, k_P — коэффициенты влияния упомянутых химических элементов на $C_{экв}$.

Второй подход учитывает совместное влияние некоторых элементов:

$$C_{экв} = C + 0{,}155\,(Cr + Mo) + 0{,}14\,(Mn + V) + 0{,}11\,Si + 0{,}045\,(Ni + Cu).$$

Последний подход положен в основу хорошо известной формулы разрезаемости

$$C_{экв} = C + 0{,}16Mn + 0{,}3\,(Si + Mo) + 0{,}4Cr + 0{,}2V + 0{,}04\,(Ni + Cu).$$

Это позволило разработать группы (категории) разрезаемости сталей (*табл. 1*).

По этой формуле была подсчитана разрезаемость 83 марок сталей, применяемых в тяжелом машиностроении (в работе принял участие техник Т.В. Копылов). Установлено, что она подлежит значительной корректировке, так как не учитывает многие специфические особенности машин этого класса.

К первой группе относят стали с невысокими механическими свойствами, которые применяют для неответственных конструкций (стали 15–25, Ст3 и др.).

Стали средней, повышенной и высокой прочности (09Г2С, 10ХСНД, 14Х2ГМР, 17ГС и др.), широко используемые в ответственных сварных конструкциях, занимают промежуточное положение между первой и

Таблица 1. Классификация конструкционных сталей по разрезаемости

Группа разрезаемости стали	*Содержание углерода, С, %*	*Эквивалент углерода $C_{экв}$, %*	*Технологический режим*
1	0,3	0,65	Резку производят без ограничений, без предварительного подогрева и последующей термической обработки
2	0,31–0,5	0,66–0,9	Резка при подогреве не ниже 120°С
3	0,51–0,8	0,91–1,25	Возможно образование закалочных трещин. Подогрев до 200–300°С
4	Свыше 0,81	Свыше 1,25	Возможно образование закалочных трещин. Подогрев до 300–450°С

второй группами разрезаемости. С одной стороны, содержание С в них не превышает 0,3%, с другой стороны, значение эквивалента углерода может быть более 0,61%. Однако вырезку заготовок из листового проката толщиной до 100 мм и выше осуществляют без предварительного подогрева и последующей термической обработки.

В зависимости от значения эквивалента углерода свариваемость сталей характеризуется как хорошая, удовлетворительная, ограниченная и плохая. Для магистральных трубопроводов диапазон $C_{экв}$ от хорошей свариваемости до плохой колеблется от 0,2 до 0,41%, в то время как для машиностроительных конструкций — от 0,5 до 0,9%.

Ремонтной сварке подвергают и детали, изготовленные из так называемых трудно свариваемых сталей ($C_{экв} > 0,7\%$), применять которые в сварных конструкциях не рекомендуют. После удаления дефектов газовой резкой на участке перегрева зоны термического влияния неизбежно образуются закалочные структуры, а возможности их устранения последующей термической обработкой не всегда имеются (детали после завершающей механической обработки, разрушение узлов в процессе эксплуатации и др.).

Разрезаемость сталей, как и их свариваемость, оценивают по склонности ЗТВ к образованию трещин, что определяется структурой металла после воздействия на нее источника теплоты (газового пламени, электрической дуги). При резке не всегда можно осуществить предварительный и сопутствующий подогревы всей конструкции. При ремонтной сварке разделок, полученных путем удаления дефектов газовой резкой, необходимо считаться с наличием закаленной структуры в ЗТВ. Для принятия конструкторско-технологических решений по выполнению ремонтной сварки надо знать величину $C_{экв}$.

Можно предположить, что формула разрезаемости сталей осталась неизменной. Достаточно сказать, что первую модель оценки свариваемости по $C_{экв}$ разработали Deardent и O'Neil в 1940 г.

По данным автора, в настоящее время насчитывается более 50 моделей расчета $C_{экв}$. Каждый исследователь применяет их по своему усмотрению. Однако, с нашей точки зрения, надо придерживаться руководящих материалов. В ГОСТ 27772-88 «Прокат для строительных стальных конструкций» и в ГОСТ 192811-89 «Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия» предложено

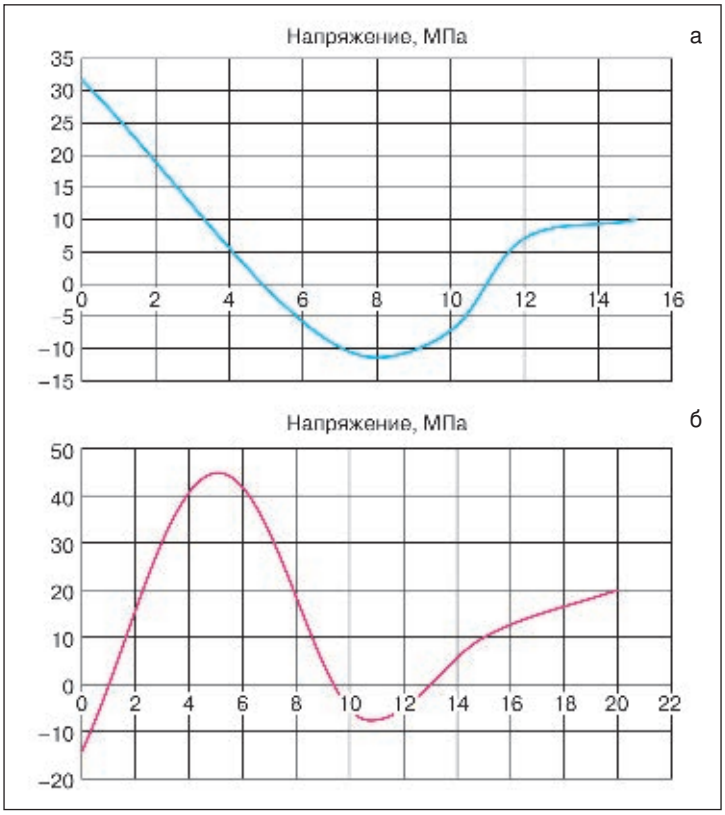


Рис. 1. Изменение напряжения в зоне термического влияния: а — сталь, не склонная к закалке; б — сталь, склонная к закалке

$$C_{экв} = Mn/6 + Si/24 + Cr/5 + Ni/40 + Cu/13 + V/14 + P/2.$$

Широкое распространение получила формула Международного института сварки (МИС), рекомендованная европейским стандартом EN 1011-2:2001 «Рекомендации по сварке металлических материалов»:

$$C_{экв} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15.$$

Газокислородная резка сталей больших толщин имеет ряд специфических особенностей. Одна из них — насыщение поверхности реза углеродом, которое носит диффузионный характер. Протяженность такого участка не более 0,1–0,25 мм. В незакаливающихся сталях (до 0,27% С) максимум растягивающих напряжений достигается на поверхности реза (*рис. 1, а*), поскольку отсутствуют объемные изменения от внутренних структурных превращений. Это может вызвать образование сетки поверхностных холодных трещин глубиной 0,1–0,2 мм.

В закаливающихся сталях (более 0,27% С и наличие легирующих элементов) напряжения на поверхности реза носят сжимающий характер, максимальные значения напряжений наблюдаются в закаленных участках (*рис. 1, б*). Увеличение объема закаленного слоя при образовании мартенсита способствует возникновению внутрен-

них структурных напряжений. На эти напряжения накладываются тепловые (температурные) напряжения, вызываемые неравномерным нагревом и охлаждением разрезаемого металла. Совместное действие обоих видов напряжений создает условия для образования трещин.

Предварительный подогрев способствует уменьшению скорости охлаждения и в ряде случаев уменьшению напряжений, вызванных структурными превращениями. Кроме того, предварительный подогрев дает возможность управлять физико-химическими и металлургическими процессами, протекающими во время резки.

В теории сварочных процессов разработаны модели, в которых эквивалент углерода $C_{экв}$ позволяет установить зависимость температуры предварительного подогрева не только от химического состава, но и от толщины разрезаемого металла. Для этой цели рассмотрим методику Д. Сефериана. В ней имеется понятие «полный коэффициент углерода» $[C] = C_{экв}C_р$, который состоит из химического $C_{экв}$ и размерного $C_р$ эквивалентов углерода. В свою очередь химический элемент рассчитывается как

$$360C_{экв} = 360+40\,(Mn + Cr) + 20Ni + 20Mo,$$

а размерный — $C_р = (1 + 0{,}005S)$, где S — толщина свариваемых листов, 0,005 — коэффициент, полученный экспериментально.

Температура подогрева

$$T_н = 350\sqrt{[C]} - 0{,}25.$$

Коэффициент 350 представляет собой усредненную температуру мартенситного превращения, а коэффициент 0,25 означает верхнее содержание углерода.

Предложено расширить применение этой очень популярной методики и температуру предварительного подогрева определять как

$$T_{пп} = M_н\sqrt{[C]} - C_1,$$

где $M_н$ — температура начала образования мартенсита при распаде переохлажденного аустенита, °С; C_1 — верхнее содержание углерода данной марки стали.

Известно, что возможность появления участков закаленной структуры, обладающих повышенной склонностью к образованию трещин, связана с температурой мартенситного превращения $M_н$. Ее можно определить по диаграммам распада аустенита, а также расчетным путем по видоизмененной формуле Ценера

$$M_н\,(°C) = 550 - [360\,C + 55\,(Cr + Mo) + 50\,(Mn + V) + 40Si + 16\,(Ni + Cr)].$$

Принято считать (В.Н. Земзин и др.), что температура подогрева должна быть выше $M_н$ на 15°С. Решающее влияние на величину $M_н$ оказывает углерод: чем выше его содержание, тем ниже значение $M_н$. Однако надо принимать во внимание, что чем больше содержание углерода, тем выше уровень структурных напряжений и тем более «щадящими» должны быть условия охлаждения разрезанного металла (*табл. 2*).

Определение структуры участка перегрева ЗТВ возможно при использовании диаграмм термокинетических превращений переохлажденного аустенита путем нанесения на них кривых скоростей охлаждения металла при резке.

Скорости охлаждения разрезаемого металла на участке нисходящей ветви термического цикла в интервале температур 600–500°С (температур наименьшей устойчивости переохлажденного аустенита) можно ориентировочно вычислить по моделям Н.Н. Рыкалина в соответствии с граничными и другими теплофизическими условиями разрезаемой конструкции.

В литературе иногда встречаются утверждения, что теория тепловых процессов при сварке Н.Н. Рыкалина является плагиатом работ Д. Розенталя, опубликовавшего результаты своих исследований раньше, чем это сделал будущий академик. Это да-

Таблица 2. Условия разрезаемости конструкционных сталей (применительно к ремонтной сварке)

Содержание углерода, %	*Эквивалент углерода, %*	*Режим обработки*	
		До резки	*После резки*
До 0,2	До 0,6–0,7	Возможна резка в любых условиях без ограничений и без подогрева до резки и после нее	
До 0,3	До 0,6		
0,3–0,5	0,6–0,8	Предварительный подогрев до150°С	Охлаждение на спокойном воздухе
0,5–0,8	0,8–0,11	Предварительный подогрев до 200°С	Охлаждение под асбестовым полотном, минеральной ватой
Более 0,8	Более 1,1. Необходим предварительный подогрев до 300–400°С	Предварительный подогрев до 300–400°С	В горячем песке, под нагретым асбестовым полотном, в печи

леко не так. В сварочной литературе уделяется должное внимание этим двум теоретикам, использовавшим основное дифференциальное уравнение теплопроводности.

Согласно теории квазистационарного состояния Д. Розенталя, подвижный точечный источник создает двухмерное тепловое поле в тонком листе. У Н.Н. Рыкалина точечный источник рассмотрен применительно к расчетной схеме полубесконечного тела, а нагрев пластины осуществляется линейным источником. Зарубежные исследователи по формулам Розенталя рассчитывают скорость охлаждения в интервале температур 800–500°С (реже 800–300°С). В отечественной практике расчетной принята скорость охлаждения металла ЗТВ в интервале температур наименьшей устойчивости аустенита 600–500°С, что позволяет использовать широко известные диаграммы анизотермического распада переохлажденного аустенита. Другое дело, что модели Н.Н. Рыкалина, избранного в свое время вице-президентом Международного института сварки, слишком канонизированы и не в полной мере отвечают теории и практике производства массивных конструкций сложной формы.

Что касается газовой резки металла, считается, что источниками теплоты при резке металла являются подогревающее пламя, теплота, выделяющаяся при сжигании (окислении) металла внутри полости реза, и теплота, скапливающегося на нижней кромке шлака. Как показывает практика удаления трещин в массивных базовых конструкциях, при восстановлении работоспособности тяжелонагруженного оборудования необходимо учитывать совместное влияние на температурные напряжения горячего шлака (температура не менее 800°С) и температуры нижней кромки реза, являющейся адиабатической поверхностью. Сочетание длительного воздействия шлака (рассредоточенного неподвижного источника, действующего длительное время) и отражаемой температуры от нижней кромки приводит к росту зерна и обезуглероживанию металла, вплоть до образования ферритной структуры металла, прилегающего к нижней кромке разрезаемого изделия. Резка металла большой толщины (500 мм и более) и плотности суммарных тепловых потоков носит прерывистый характер, и стационарный режим по всей толщине реза не достигается.

Наличие адиабатической границы разрезаемой детали может создать такой высокий уровень температурных и структурных

Рис. 2. Рабочий момент машинной газовой резки толстостенной поковки (диаметр 980 мм). Сталь 38ХГН

напряжений, что происходит образование магистральных трещин (*рис. 2*), и обрезанный кусок после охлаждения до плюсовой температуры окружающего воздуха рассыпается на части.

Наконец, при кислородной резке сталей с высоким содержанием углерода (подприбыльные участки отливок) необходимо учитывать возможность появления горячих трещин. Испытания на установке ИМЕТ-1 показали, что как на восходящей ветви термического цикла, так и на нисходящей имеют место провалы «горячей» пластичности. Образование горячих трещин происходит, главным образом, когда металл поверхности реза находится в твердо-жидком состоянии. Природа их образования имеет много общего с природой образования трещин при сварке и обусловлена наличием напряжений, вызванных жестким закреплением разрезаемых кромок, изменением объемов жидкой и твердой фаз в разрезаемом металле под воздействием термического цикла резки и характером структурных изменений в ЗТВ. Содержание углерода в подприбыльных участках и его распределение носят стохастический характер (в 2–3 раза превышающее марочное содержание). Поэтому образование горячих и холодных трещин в местах обрезки прибылей большого сечения следует считать детерминированным событием. Естественно, технология их удаления будет различной.

В толстостенных отливках возможно крайне неравномерное локальное распределение серы, представляющее собой легкоплавкую эвтектику, при общем ее содержании в пределах марочного состава (около 0,02%). В этом случае возможно образование горячих трещин на кромках реза, а в ЗТВ — так называемых подсолидусных трещин. Единственным, пожалуй, методом определения вероятности появления этих трещин является снятие серных отпечатков по Бауману. Локальное распределение серы может составлять 4 балла (близкое к 1 %). ● **#1319**

WELDOTHERM®
G.M.B.H. ESSEN

- Установки для термообработки сварных соединений серии VAI™, VAS™, Standard™, Standard Europa™.
- Высокоскоростные газовые горелки для проведения объемной термической обработки сосудов целиком.
- Инфракрасные газовые и электрические нагреватели.
- Печи в ассортименте.
- Расходные материалы в ассортименте (изоляция, нагревательные элементы, приборы контроля температуры и т. д.)
- Сдача установок для термообработки сварных соединений в аренду.
- Услуги по термообработке.
- Гарантийное и послегарантийное обслуживание оборудования.

Оборудование для термической обработки из Эссена
«Ваш партнер для проведения термообработки»

ООО «Велдотерм-Украина»
Филиал Weldotherm® GmbH Essen, Германия
Украина, 77311, Ивано-Франковская обл., г. Калуш-11, а/я 18
Т./ф. (03472) 6-03-30. E-mail: weldotherm@ukrpost.ua
www.weldotherm.if.ua

MENDOL WELDING
Сварочные электроды
нового поколения

ООО «МЕНДОЛ»
51931, Днепропетровская обл.,
г. Днепродзержинск, ул.Садовая, 87-б
Тел./факс (0569) 53-47-66, 53-47-69
E-mail: en_fleur@mail.ru

ОДО «ЗОНТ»
торговая марка
АВТОГЕНМАШ
Украина, 65104, г. Одесса
пр. Маршала Жукова, 103
тел. (048) 717-0050
факс (048) 715-6950
E-mail: oaozont@zont.com.ua
URL: www.zont.com.ua

Производство, поставка, сервис

МАШИНЫ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ РЕЗКИ:
- с газокислородной и плазменной оснасткой;
- лазерные комплексы (оптоволоконные);
- гидроабразивные комплексы;
- криотехника.

MTI МИГАТЕХ индустрия
ТЕХНОЛОГИИ, СБЕРЕГАЮЩИЕ ЭНЕРГИЮ
Сварочные комплексы
044 360-25-21 044 498-01-82
www.migateh.com.ua

Разработка, производство, внедрение

СВАРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Проволоки порошковые для сварки и наплавки, проволоки сплошные, электроды, флюс, наплавочные установки

Welding Alloys Group

HYUNDAI WELDING

НПФ ЭЛНА

ООО «НПФ «Элна» является разработчиком и производителем порошковых проволок для сварки и наплавки, а также представителем компаний WELDING ALLOYS GROUP (Англия) и HYUNDAI WELDING Co. Ltd (Южная Корея) в Украине

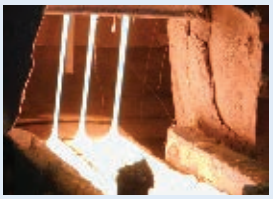
ООО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «Элна»
ул. Антоновича, 69, г. Киев, 03150, Украина
тел. (044) 200-80-25, 200-85-17, факс (044) 200-85-17
e-mail: info@elna.com.ua www.elna.com.ua

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.

Продукция сертифицирована 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

Новые процессы и материалы для наплавки термо- и износостойких сплавов

Г.Н. Соколов, д-р техн. наук, **И.В. Зорин, А.А. Артемьев,** кандидаты техн. наук, Государственный технический университет (Волгоград)

При исследовании технологических способов электрошлаковой наплавки применяли методы физического и математического моделирования протекающих электромагнитных и других физико-химических процессов. Структуру, микроморфологию и элементный состав наплавленного металла изучали с помощью оптической (цифровой микроскоп Axiovert 40 MAT), электронной (растровый двулучевой электронный микроскоп Quanta 3D FEG) и атомно-силовой (сканирующий зондовый микроскоп Solver PRO-M) микроскопии. Микрорентгеноспектральный анализ проводили с помощью энергодисперсионного спектрометра (Genesis EDAX) в режиме использования сигналов вторичных электронов и электронов обратного рассеяния. Рентгеноструктурный анализ фазового состава металла проводили в медном излучении на дифрактометре ДРОН-3М.

Износостойкость наплавленного металла при нормальной и высоких температурах оценивали по результатам склерометрических испытаний на разработанном склерометре (Пат. РФ 87018), (*рис. 1*). Нагрузка на алмазные инденторы Роквелла и Виккерса составляла 4,5 Н. Топографию полученных на наплавленном металле треков от индентора анализировали по их двух- и трехмерным изображениям, а также по профилограммам сечений треков, используя компьютерную программу Image Analysis. Критерием износостойкости k при постоянной нормальной нагрузке на индентор может служить показатель, обратно пропорциональный полному объему $V_д$ деформированного индентором металла на участке длиной 10 мм: $k = 10^3/V_д$.

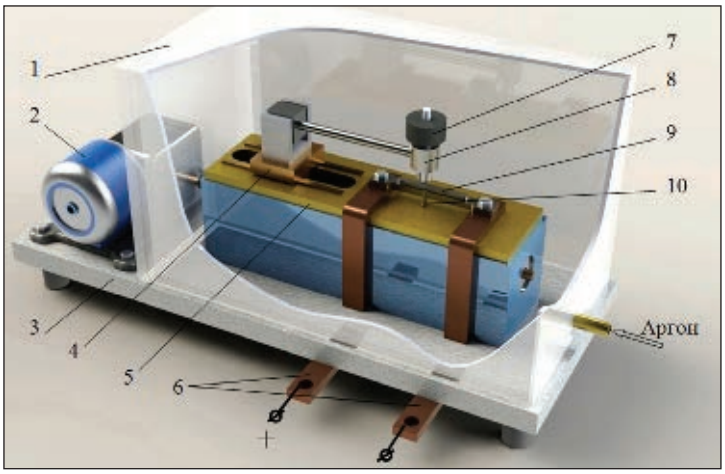


Рис. 1. Склерометр: 1 — герметичный корпус; 2 — привод каретки; 3 — основание; 4 — каретка; 5 — электро- и теплоизолирующая панель; 6 — токоподвод; 7 — нагрузка на индентор; 8 — кронштейн; 9 — индентор; 10 — образец наплавленного металла

Для наплавки объектов, работающих при температурах 1000–1200°С, эффективны жаропрочные сплавы с матрицей на основе алюминида никеля Ni_3Al, которые применяют в авиакосмической промышленности как конструкционный материал для изготовления лопаток газотурбинных двигателей. Для получения сплавов подобного типа в виде наплавленного электрошлаковым способом металла разработаны порошковая (Пат. РФ 2254219) и композиционная (Пат. РФ 2274536) проволоки.

Новые, обладающие более широкими технологическими преимуществами процессы ЭШН в токоподводящем кристаллизаторе, реализуются при включении токоподводящей секции кристаллизатора и вводимого в шлаковую ванну второго неплавящегося графитового электрода, имеющего на рабочем торце сферическую полость, в двухконтурную схему электропитания шлаковой ванны постоянным током (Пат. РФ 2232669) (*рис. 2*).

Устойчивый электрошлаковый процесс, равномерное и качественное формирование наплавленного металла обеспечиваются при оптимальном соотношении силы тока с полого электрода и секции кристаллизатора. Это позволяет получить в шлаке под полым электродом высокотемпературную область с максимальной температурой до 3500°С, что дает возможность быстро и качественно расплавлять композиционную проволоку и другие наплавочные материалы, содержащие разнородные по физико-химическим свойствам металлические компоненты. При взаимодействии электромаг-

нитных и тепловых полей от двух источников теплоты в шлаковой ванне образуется торообразный быстродвижущийся высокотемпературный поток. Это способствует увеличению по сравнению с обычным процессом ЭШН времени пребывания металлических капель в шлаковой ванне и повышает вероятность приближения системы «шлак—металл» к равновесному состоянию, при котором металлургические реакции доходят до конца.

При анализе модели движения шлака с каплями металла установлено, что во вращающихся вокруг оси электрода двух торообразных потоках шлака формируется небольшая по величине результирующая сила, которая, влияя на движение шлака, позволяет увеличить время жизни металлических капель, что повышает эффективность их металлургической обработки (*рис. 3*). С учетом квадратичной зависимости от скорости течения шлакового расплава расчетное значение давления, оказываемого потоком шлака на поверхность металлического расплава, становится почти в десять раз меньше по сравнению со значением при ЭШН проволочным электродом. В результате формируется плоская межфазная поверхность на границе «шлак—металл» без образования на ней характерного для традиционных способов ЭШС и ЭШН кратера, влияющего на качество наплавленного металла.

Другим способом получения направленно ориентированного наплавленного металла на основе легированного алюминида никеля является дуговая наплавка в аргоне с использованием композиционной электродной проволоки. Микроструктура наплавленного металла показана на *рис. 4*. Наполнитель такой проволоки содержит разнородные компоненты и порошки металлов, равномерно распределенные по поперечному сечению проволоки, что обеспечивает стабильное существование дуги. Конфигурирование расчетного состава композиционной проволоки осуществляли путем варьирования способов введения исходных компонентов в состав проволоки с помощью разработанной программы AlMe-WireLab (А. с. 2010616144 РФ). Расчет производили исходя из требуемой массы проволоки заданного диаметра и площади поперечного сечения для типа жаропрочного наплавленного металла с химическим составом, % по массе: 0,2–0,4 C; 3,0–3,2 W; 2,5–3,0 Mo; 1,8–2,0 Zr; 4,1–4,4 Cr; 1,8–2,0 Ta; 10,5–11,2 Al; Ni — остальное.

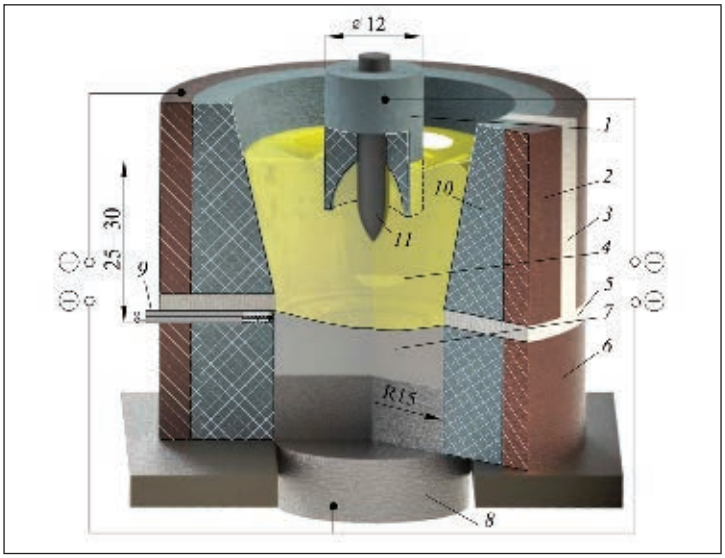


Рис. 2. Схема ЭШН: 1 — полый графитовый электрод; 2 — токоподводящая секция; 3 — изолятор в технологическом разъеме; 4 — шлаковая ванна; 5 — электроизолирующий слой; 6 — формирующая секция; 7 — ванна расплавленного металла; 8 — изделие; 9 — термопара; 10 — графитовая футеровка; 11 — композиционная проволока

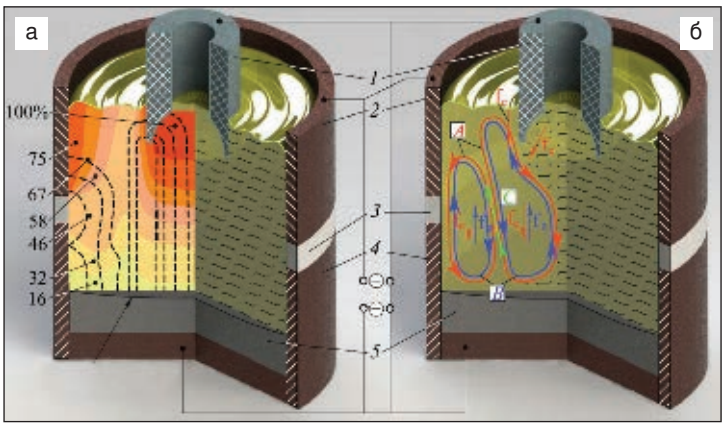


Рис. 3. Распределение полей потенциала (а) и тока (б) при двухконтурной схеме питания шлаковой ванны постоянным током: 1 — полый электрод; 2 — токоподводящая секция; 3 — изолятор; 4 — формирующая секция; 5 — изделие (сплошная — линии напряжения, штриховая — линии тока); А — потоки шлакового расплава, инициируемые электрическим полем токоподводящей секции и полого электрода; В — направление гидравлического подпора; С — потоки тепловой конвекции

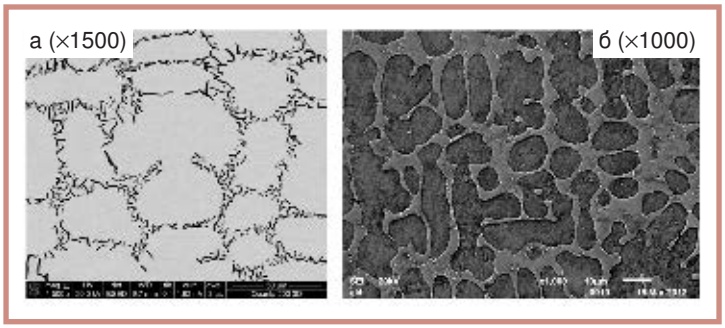


Рис. 4. Микроструктура металла на основе алюминида никеля, наплавленного электрошлаковым способом в ТПК (а) и автоматической дуговой наплавкой в аргоне (б)

Анализ результатов склерометрических испытаний показывает, что наибольшим значением показателя износостойкости *k* обладают сплавы на основе никеля и алюминида никеля Ni_3Al (*рис. 5*), что можно объяснить повышенными значениями их термостабильности и сопротивления термосиловому воздействию.

Гетерогенная структура сплава 80Х4Н74Ю10М3В3Ц2 состоит из пластичной матрицы на основе γ–Ni_3Al, γ-фазы и карбидов, равномерно распределенных в ней, что обусловливает превосходное сопротивление наплавленного металла деформированию при повышенных температурах — до 1200°С.

ЭШН с использованием горизонтальной схемы обеспечивает качественное формирование наплавленного металла с небольшой долей участия в нем металла изделия, что позволяет получить прогнозируемые сварочно-технологические и эксплуатационные свойства покрытия уже в первом слое наплавки.

Новая технология ЭШН (Пат. РФ 2397851), в которой предусмотрено использование токоподводящего кристаллизатора (ТПК) и широкого спектра присадочных и электродных материалов, обеспечивает повышенное качество тонкого (от 3 мм) и широкого (до 60 мм) слоя наплавленного металла за счет управления тепловыми процессами, а также циркуляционными течениями в шлаковой ванне. В конструкции ТПК (Пат. РФ 82615) используется кольцеобразный диэлектрический элемент, расположенный в проточке формирующей секции, который влияет на характер растекания тока в шлаке с токоподводящей секции кристаллизатора (*рис. 6, а*). Данный прием позволяет переместить высокотемпературную область в шлаке, сформированную вблизи поверхности токоподводящей секции кристаллизатора, непосредственно к металлическому расплаву. Плотность тока в этой области в 2,5–3 раза выше, чем в остальном объеме шлака. Это приводит к повышению температуры расплава и уменьшению поверхностного натяжения на межфазных границах, а также способствует качественному формированию тонкого слоя наплавленного металла (*рис. 6, б*).

Результаты физического моделирования топологии полей тока и напряжения, а также распределения плотности тока в модельной среде показали, что для создания равномерно распределенного теплового поля в осевом сечении шлаковой ванны необходимо использовать два неплавящихся полых электрода, расположенных на расстоянии между их центрами, равном $l = (1{,}7...2{,}5)\ d_Э$. При этом вокруг электродов в электролите формируются частично перекрывающиеся зоны с повышенной плотностью тока, что способствует созданию в шлаковой ванне единой высокотемпературной области. В приэлектродном объеме шлака, ограниченном полусферой с диаметром $(1{,}5...1{,}8)d_Э$, обеспечиваются оптимальные условия для плавления электронейтральной подаваемой через полость электрода порошковой проволоки (ПП), которая с целью упрочнения наплавленного металла может содержать тугоплавкие твердые компоненты.

Исследовали возможность получения абразивостойкого наплавленного металла, армированного частицами диборида титана TiB_2, а также ультрадисперсными карбонитридами TiCN, вводимыми в сварочную ванну через наполнитель ПП. Результаты металлографического анализа показали, что в структуре наплавленного металла

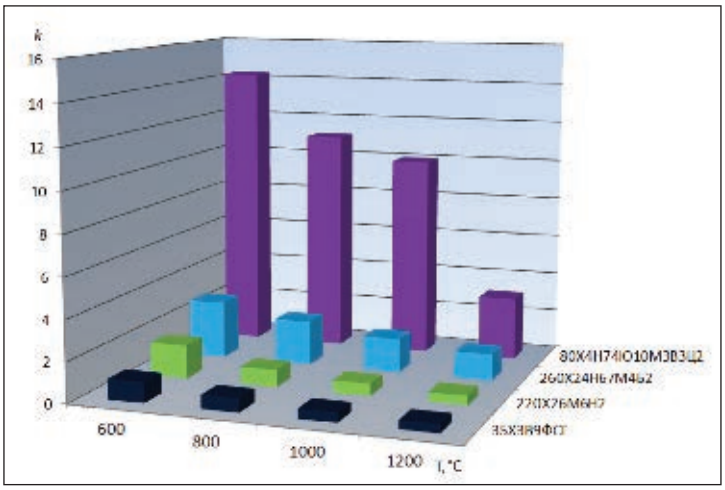


Рис. 5. Зависимость показателя износостойкости наплавленного металла k от температуры T испытаний

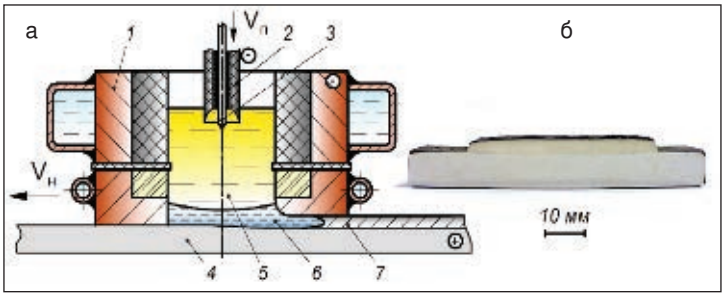


Рис. 6. Схема ЭШН в горизонтальном положении плоских поверхностей изделий (а) и макросечение наплавленного металла (б): 1 — водоохлаждаемый кристаллизатор; 2 — два полых графитовых электрода, расположенных перпендикулярно к сечению шлаковой ванны; 3 — присадочная ПП; 4 — изделие; 5 — шлаковая ванна; 6 — металлическая ванна; 7 — наплавленный металл

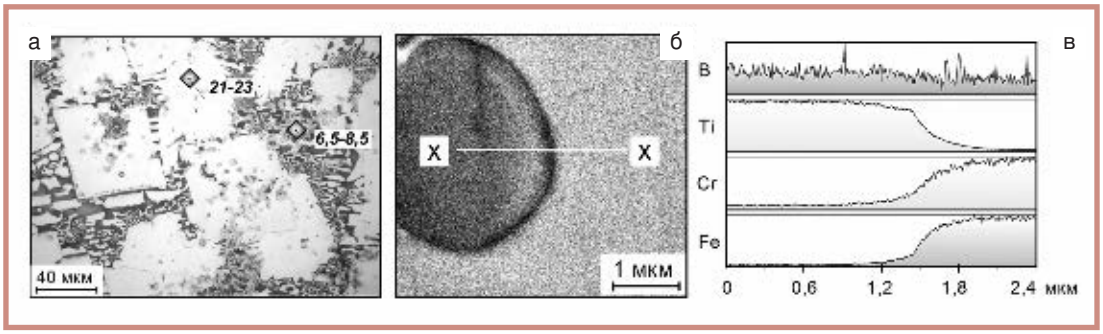


Рис. 7. Микроструктура металла, наплавленного ПП 200Х10Н4, содержащей 25% по массе TiB_2 (а); включение TiB_2 в металле (б); распределение химических элементов в сечении борид (Fe,Cr)B — борид TiB_2 по оси хх (в)

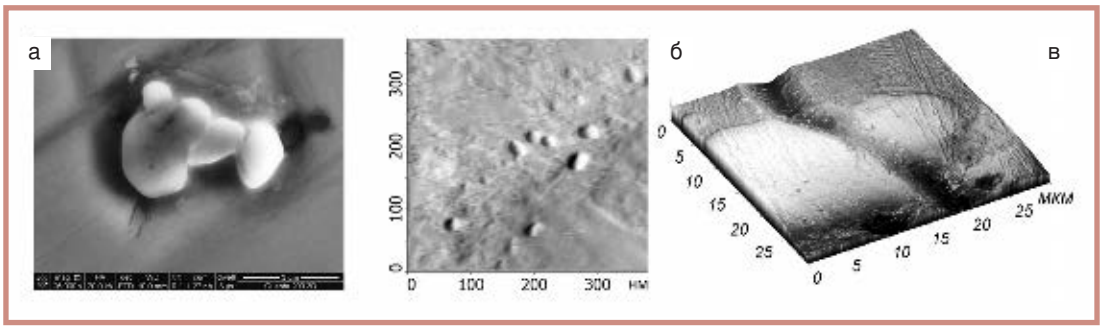


Рис. 8. Изображение колонии частиц TiCN (а); топография металла, модифицированного наноразмерными частицами TiCN (б); топография скрайбированной поверхности композиционного наплавленного металла с частицей TiB_2 (в)

присутствуют равномерно распределенные включения округлой формы с микротвердостью 33,5–35 ГПа, что соответствует микротвердости TiB_2. Частицы диборида и карбонитрида титана служат центрами кристаллизации в матричном расплаве, вокруг которых образуются крупные первичные кристаллиты других боридов и карбоборидов (*рис. 7, а*). Распределение легирующих элементов в зоне взаимодействия частицы TiB_2 с образовавшимся вокруг нее боридом (Fe,Cr)B (*рис. 7, б, в*) свидетельствует о протекании диффузионных процессов в переходной зоне протяженностью около 0,8 мкм с образованием прочной химической связи между этими боридами.

Установлено, что пребывание ультрадисперсных частиц TiCN в металлическом расплаве приводит к их частичному растворению и коагуляции с последующим образованием колоний укрупненных до 1–3 мкм частиц неправильной формы (*рис. 8, а*). В то же время в наплавленном металле содержатся включения размером от 15 до 50 нм, что косвенно может свидетельствовать о сохранении в нерастворенном виде некоторого количества наноразмерных частиц TiCN, служащих центрами кристаллизации для других тугоплавких соединений.

Склерометрические испытания наплавленного металла показали, что при скрайбировании поверхности микрошлифа упрочняющие частицы TiB_2 оказывают существенное сопротивление его движению. При этом на поверхности упрочняющей частицы отсутствуют следы растрескивания и выкрашивания (*рис. 8, в*), что свидетельствует о достаточной прочности самой частицы и ее надежном закреплении в матрице сплава. В реальных условиях столкновение частиц TiB_2 и абразива должно приводить к разрушению последнего вследствие его меньшей твердости.

Формирование сложной композиционной структуры с высокой объемной долей упрочняющих фаз способствует увеличению относительной износостойкости наплавленного металла по сравнению с износостойкостью стали 45 в отожженном состоянии до 12,5, а по сравнению с износостойкостью металла, наплавленного дуговым способом проволокой ПП–АН170М (ПП-Нп 150Х15Р3Т2), она повышается почти в пять раз. Результаты выполненных исследований легли в основу разработки состава ПП (Пат. РФ 2397851) для электрошлаковой наплавки деталей машин и инструмента абразивностойким сплавом системы легирования C-Cr-Ni-Ti-B. • **#1320**

Механизм подачи проволоки VR 5000 Case для работы в сложных производственных условиях

Компания Fronius представляет на рынке особо прочный и компактный механизм подачи проволоки. Механизм VR 5000 Case создан специально для работы в пыльной, влажной и солесодержащей среде. В сочетании с источниками питания серии TransSteel он является оптимально согласованной комплексной системой для применения, прежде всего, в судостроении, для строительства добывающих платформ и железнодорожных подвижных составов, а также для различных монтажных работ.

Обладая специальными характеристиками, механизм подачи проволоки VR 5000 Case идеально подходит для применения в сложных производственных условиях. Устойчивый прочный корпус с направляющими и надежные разъемы с фиксаторами позволяют тянуть механизм подачи проволоки непосредственно за шланг-пакет сварочной горелки. Новая технология подключения исключает возможность ослабления соединений в процессе использования. Корпус выполнен из слабо воспламеняющегося материала, устойчивого к воздействию пыли, влаги, воздуха с повышенным содержанием соли и соленой воды. Благодаря незначительным внешним габаритным размерам (507×200×320 мм) механизм легко проходит в люки и различные технологические отверстия диаметром до 350 мм. Продуманная форма корпуса VR 5000 Case защищает устройство от случайных зацеплений и опрокидывания в процессе использования. Панель управления утоплена, что минимизирует вероятность ее повреждения. Эргономичная ручка и небольшая масса (менее 10 кг) позволяют с легкостью переносить механизм VR 5000 Case даже на большие расстояния. При этом использование шланг-пакетов длиной до 70 м (сварочные системы с газовым охлаждением) существенно увеличивает зону действия механизма подачи. Байонетное соединение с внутренним фиксатором позволяет сварщику быстро и надежно подключать шланг-пакет сварочной горелки и соединительный шланг-пакет (*рис. 1–3*).

Рис. 1. Откидные боковые крышки механизма подачи VR 5000 Case обеспечивают оптимальный доступ к зажимным роликам, разъемам шланг-пакетов, плате двигателя и катушке с проволокой

Рис. 2. Шланг-пакеты длиной до 70 м гарантируют большую зону действия механизма VR 5000 Case

Рис. 3. Эргономичная ручка и небольшая масса позволяют с легкостью переносить VR 5000 Case на большие расстояния

По обеим сторонам устройства расположены откидные боковые панели с быстродействующими защелками, которые удобно открывать и закрывать даже в перчатках. Они обеспечивают оптимальный доступ к зажимным роликам, разъемам шланг-пакетов, плате двигателя и катушке с проволокой. В механизме VR 5000 Case можно установить катушку массой 5 кг и диаметром 200 мм. Функция ComfortWire предназначена для автоматической заправки проволоки, что значительно экономит время. И, наконец, четырехроликовый привод способствует постоянной и надежной подаче проволоки при сварке.

В зависимости от производственных задач механизм подачи проволоки VR 5000 Case может поставляться в различной комплектации. Компания Fronius предлагает варианты с водяным и газовым охлаждением. Исполнение Synergic дает возможность сварщику использовать интегрированную сварочную технологию Steel Transfer Technology в виде специально разработанных графических характеристик Steel, Steel Root, Steel Dynamic и Steel Prime для выполнения широкого спектра задач.

По желанию заказчика устанавливается дополнительный регулятор расхода газа, при помощи которого можно настраивать и контролировать количество подаваемого защитного газа прямо на механизме подачи. Опциональный сетевой выключатель предотвращает риск непроизвольного поджига дуги в процессе транспортировки. Помимо этого, пользователь может заказать механизм VR 5000 Case с разъемом для электрододержателя на задней панели устройства для выполнения сварки MMA.

Таким образом, новый механизм подачи проволоки представляет собой продуманное до мельчайших деталей устройство для применения в специфических условиях работы и при неблагоприятных условиях окружающей среды. Механизм подачи проволоки VR 5000 Case отлично дополняет существующую линейку механизмов подачи проволоки для источников питания серии TransSteel для сварки MIG/MAG.

Компания ООО «Фрониус Украина» становится еще ближе к потребителю. 27 февраля 2013 г. состоялось торжественное открытие третьего филиала ООО «Фрониус Украина». Открытие нового офиса в Днепропетровске будет способствовать высокому уровню компетенции на местах и гарантирует максимальную гибкость и оперативность при работе с предприятиями региона. Демонстрационный зал филиала с полной линейкой сварочного оборудования дает возможность увидеть инновационные разработки фирмы Fronius и убедиться в практической выгоде их использования.

Приглашаем всех желающих посетить новый офис ООО «Фрониус Украина», который находится по адресу: г. Днепропетровск, пр-т Газеты «Правда», 127б.

Fronius
РАСШИРЯЯ ГРАНИЦЫ

ООО «Фрониус Украина»
07455 Киевская обл., Броварской р-н, с. Княжичи, ул. Славы, 24

тел. +38 0 44 277 21 41
факс +38 0 44 277 21 44

sales.ukraine@fronius.com
www.fronius.ua

• **#1321**

Публикуется на правах рекламы.

Газокислородные резаки для машинной резки металлических заготовок толщиной до 1200 мм и технологические особенности их использования

В.М. Литвинов, Ю.Н. Лысенко, С.А. Чумак, ООО «НИИПТмаш-Опытный завод», **С.Л. Зеленский, В.А. Белинский, С.Л. Василенко,** ПАО «НКМЗ», **Т.В. Литвинова, Т.Б. Золотопупова,** ДГМА (Краматорск)

До начала 2000-х годов для механизированной машинной резки металлических заготовок толщиной до 1200 мм наиболее широко применяли резак РГМ-9, установленный на УОПП-1, и резак «Стрела», который и в настоящее время используют на многих предприятиях. Лучшие зарубежные аналоги, например резак Gigant фирмы Messer Grissheim, несмотря на многочисленные попытки их внедрения, не прижились. При эксплуатации этих резаков необходимо выдерживать высокие требования к качеству кислорода и горючего газа, а давление кислорода и горючего газа в цеховых магистралях должно быть не ниже соответственно 1,5 и 0,1 МПа. Кроме того, их использование подразумевает высокую культуру производства. Цена зарубежных аналогов на порядок выше по сравнению с ценой резака РГМ-9, а заметных преимуществ при работе они не показывали.

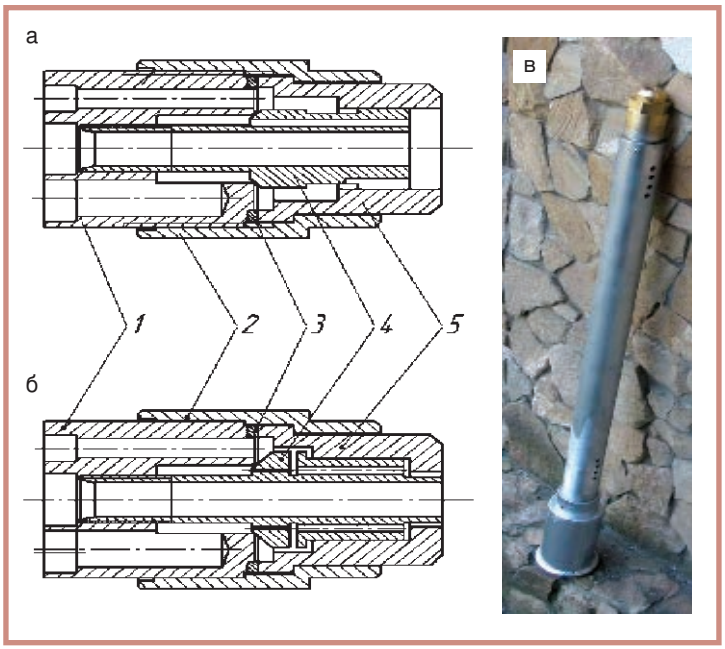


Рис. 1. Газокислородный резак РГКМ-3 для резки заготовок толщиной до 1200 мм: а — комплект мундштуков внешнего смешивания рабочих газов; б — комплект мундштуков внутрисоплового смешивания рабочих газов; в — внешний вид резака, ниппельная группа закрыта подвижным кожухом

В последние годы назрела необходимость создания новых машинных резаков для резки металлов большой толщины с целью замены физически изношенных резаков РГМ-9 и резаков других марок, производство которых прекратилось. На рынке появились резаки «Донмет-516», которые эксплуатируют на МК им. Дзержинского, и резаки РГКМ-3, разработанные авторским коллективом настоящей статьи, внедренные на ПАО «НКМЗ», АО «Азовэлектросталь», «Интерпайп НТЗ», МК им. Серова, «Уралмаше» и других предприятиях.

Резаки РГКМ-3 выпускают в двух вариантах:

- внутрисоплового смешивания рабочих газов с принудительным водяным охлаждением — для разделительной резки поковок и слитков, нагретых до температуры 800°С, и фигурной вырезки деталей из плоских поковок;
- внешнего смешивания рабочих газов без принудительного охлаждения для разделки крупных заготовок на габаритные куски.

Конструкция резака РГКМ-3 с мундштуками внутрисоплового и внешнего смешивания рабочих газов показана на *рис. 1*.

Рабочая часть резака РГКМ-3 включает головку *1*, накидную гайку *2*, уплотнительное кольцо из отожженной меди *3*, внутренний мундштук *4* и наружный мундштук *5*. При замене мундштуков, рассчитанных на другую толщину, необходимо открутить накидную гайку *2*, снять наружный мундштук *5* и кольцо *3*, выкрутить внутренний мундштук *4*, затем вкрутить другой внутренний мундштук, рассчитанный на толщину заготовки, которую необходимо резать, установить кольцо *3* и наружный мундштук *5*, зафиксировать их накидной гайкой *2*. Поскольку внутренний и наружный мундшту-

ки затягиваются с большим усилием, эти операции производят в специальной мастерской. Это долгий и трудоемкий процесс, поэтому оператор машины газовой резки (МГР) зачастую устанавливает на резак мундштуки, рассчитанные на максимальную толщину заготовки (1200 мм), и работает с ними постоянно. При резке заготовок толщиной от 300 до 800 мм имеет место неоправданно завышенный расход кислорода и горючего газа, при этом ширина реза увеличена.

Работа резака с мундштуками внешнего смешивания показана на *рис. 2*, резака с мундштуками внутрисоплового смешивания — на *рис. 3*. Техническая характеристика резака приведена в *таблице*.

В настоящее время в копровом цехе НКМЗ работают две машины для кислородной резки крупногабаритного металлолома, снабженные резаками внешнего смешивания РГКМ-3. Их используют много лет, они безопасны, надежны и долговечны. Однако их комплектуют системой мундштуков, рассчитанной на максимальную толщину разрезаемой заготовки 1200 мм, и при резке заготовок меньшей толщины расходы энергоносителей и ширина реза соответствуют максимальным значениям, что снижает эффективность использования оборудования.

Было принято решение разработать и внедрить газокислородный резак внешнего смешивания, в котором замена мундштуков непосредственно на машине не вызывала бы затруднений, занимала мало времени и не требовала высокой квалификации газорезчика. Учитывая постоянный рост цен на энергоносители, было решено повысить КПД резака (снизить расход кислорода и природного газа в пересчете на 1 т переработанного лома минимум на 10%) за счет изменений его конструкции на основе наработок, полученных при эксплуатации резака РГКМ-3.

Рис. 2. Разделка крупногабаритного металлолома резаком РГКМ-3 с мундштуками внешнего смешивания на эстакаде копрового цеха

Рис. 3. Резак РГКМ-3 с мундштуками внутрисоплового смешивания. Разделка передельных слитков толщиной 1200 мм на габаритные куски

Таблица. Техническая характеристика резаков

Параметр	*Резак РГКМ-5, мундштуки:*			*Резак РГКМ-3, мундштуки:*		
	№3	*№2*	*№1*	*№3*	*№2*	*№1*
Максимальная толщина разрезаемого металла (по паспорту/фактическая), мм	1200/1500	800/1200	500/700	1200/1200	800/800	500/500
Давление в цеховой магистрали, не менее, МПа:						
кислорода	0,9					
природного газа	0,065					
Давление перед резаком, МПа:						
режущего кислорода	0,35–0,45					
подогревающего кислорода	0,25–0,45					
природного газа	0,02–0,04					
Расход, не более, м^3/ч:						
режущего кислорода	190	140	60	200	150	65
подогревающего кислорода	22	15	6	25	20	7
природного газа	26	18	8	30	25	9

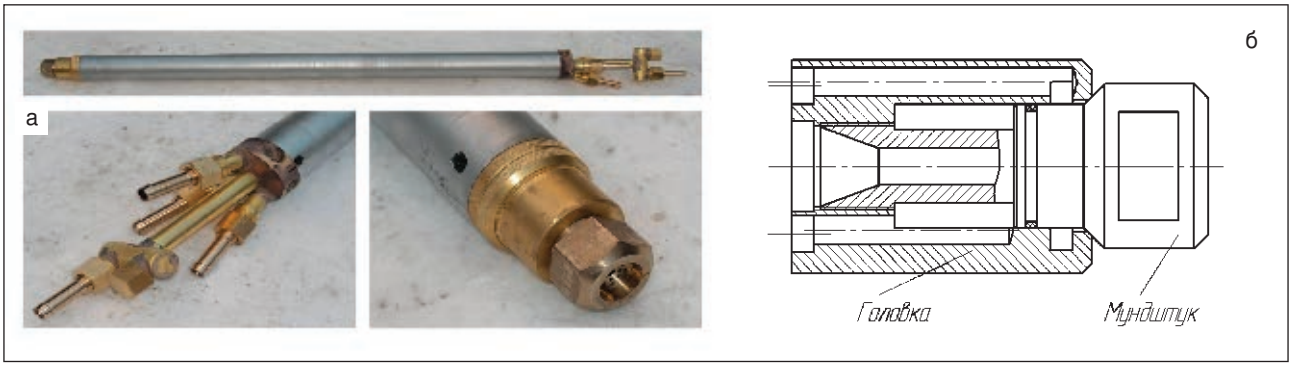


Рис. 4. Газокислородный резак РГКМ-5 для резки металлических заготовок большой толщины: а — внешний вид; б — головка резака РГКМ-5 с быстросменными моноблочными мундштуками (представлен вариант резака с воздушной завесой: вокруг пламени и полости реза формируется конусообразный поток воздуха, который защищает МГР от пыли и шлака, а также охлаждает резак)

Такой резак был создан — это газокислородный резак РГКМ-5 (*рис. 4, а*). Он имеет моноблочное исполнение мундштука, каналы для режущего кислорода, подогревающего кислорода и горючего газа рассчитаны и расположены так, что герметичность необходимо обеспечить только между каналами для горючего газа и окружающей атмосферой по одной контактной поверхности.

Рабочая часть резака РГКМ-5 (*рис. 4, б*) включает головку и моноблочный мундштук. При подготовке оборудования для резки заготовки заданной толщины достаточно один мундштук заменить другим, необходимым в данном случае. Это легко сделать прямо на машине в течение 2–3 мин. Оператор МГР получает возможность при резке заготовок различной толщины постоянно использовать мундштуки, обеспечивающие оптимальный расход энергоносителей, при этом получается минимальная для данной толщины ширина реза.

Из таблицы следует, что резак РГКМ-5 в отличие от резака РГКМ-3 имеет значительный запас мощности, это позволяет при одном и том же расходе энергоносителей разрезать заготовки большей толщины, чем заявленные в паспорте, т.е. это снижает расход энергоносителей в расчете на 1 т переработанного лома (повышает КПД резака).

С целью выяснения технологических возможностей резака РГКМ-5 в копровом цехе завода производили резку заготовок различной степени сложности разными мундштуками (№1, №2 и №3), причем мундштуки меняли прямо на МГР по мере поступления заготовок.

На *рис. 5* показана резка шейки прокатного валка из стали 60ХН диаметром 600 мм мундштуком №1, который рассчитан на 500 мм разрезаемой толщины. Мундштук №1 имеет большой запас мощности, режет заготовку без отставания линии реза (допускается отставание на 10–20% от толщины), и толщина заготовки 600 мм — не предел.

С использованием мундштука №1 можно решить и более сложные задачи. На *рис. 6* показана продольная резка шайбы из стали 30Х13 толщиной 500 мм, выполненная с помощью перемещения машины по рельсам. Этот мундштук так же успешно применяли при резке поковки толщиной

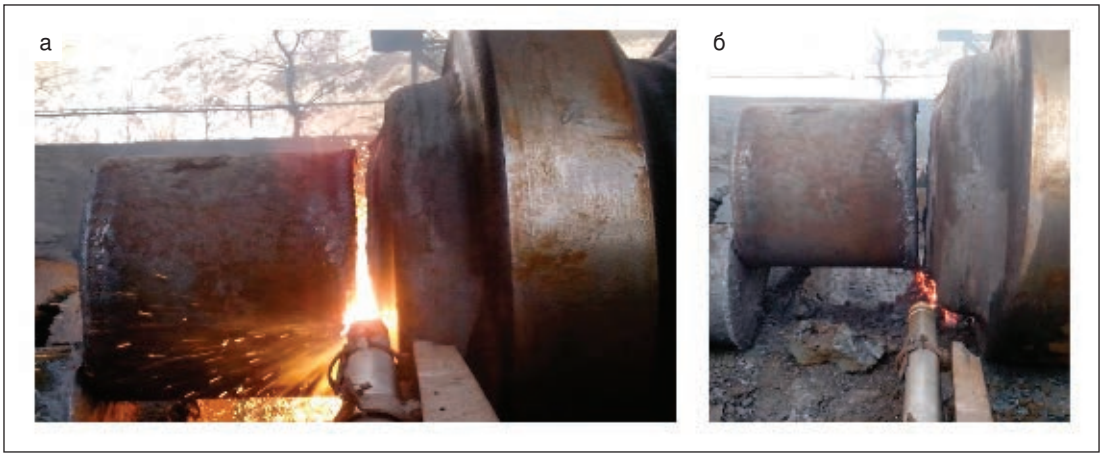


Рис. 5. Резка шейки прокатного валка диаметром 600 мм, сталь 60ХН, резаком РГКМ-5, мундштук №3: а — процесс резки; б — полость реза

Рис. 6. Продольная резка шайбы, сталь 30Х13, толщиной 500 мм

Рис. 7. Поковка толщиной 600 мм группы металлоотходов Б57 (20Х12ВНМФ). Резка мундштуком №1

Рис. 8. Резка прокатного валка диаметром 1300 мм, сталь 60ХН резаком РГКМ-5, мундштук №2

600 мм из группы металлоотходов Б57 — сталь 20Х12ВНМФ (*рис. 7*). Возможность резки мундштуком №1 некоторых марок высоколегированных сталей с их вязким и высокотемпературным шлаком говорит о том, что факел резака имеет достаточно высокую температуру по его длине.

Мундштук №2 рассчитан на толщину заготовок до 800 мм, но, чтобы выяснить его возможности, была выполнена резка бочки прокатного валка диаметром 1300 мм из стали 60ХН (*рис. 8*). Зафиксировано прорезание на глубину 1200 мм. Образовавшаяся перемычка толщиной 100 мм была легко ликвидирована ручным резаком.

На *рис. 9* показана резка мундштуком №2 скрапины толщиной 800 мм с содержанием неметаллических включений до 20–40%, расположенных неравномерно по ее объему. Горизонтально расположенный резак перемещался снизу вверх.

С использованием мундштука №2 была также произведена резка слитка диаметром 1700 мм (*рис. 10*). Было прорезано 1400 мм по толщине, недорезанный остаток толщиной 300 мм устранен ручным резаком.

Чугунный «козел» (чугун, застывший в разливочном ковше или в полезном объеме доменной печи) диаметром 1500 мм и длиной 2000 мм обычно разделывают на куски вручную с помощью кислородного копья. Попытка резать его на МГР резаком РГКМ-5 с мундштуком №2 закончилась успешно. Последовательность операций была следующая: горизонтально расположенным резаком с торца заготовки рабочим перемещением машины по рельсам сделано три надреза, затем в специальном приямке с помо-

Рис. 9. Резка скрапины по толщине 800 мм мундштуком №2

Рис. 10. Резка слитка диаметром 1700 мм мундштуком №2

Рис. 11. Газокислородная резка чугунного «козла» диаметром 1500 мм и длиной 2000 мм из группы металлоотходов А26 резаком РГКМ-5 с мундштуком №2

Рис. 12. Кислородная резка слитков диаметром 1500 мм из низколегированных марок сталей резаком РГКМ-5 с мундштуком №3

щью подъемного крана образовавшиеся пластины отбили от тела «козла», после чего его вернули к МГР и дорезали остаток (*рис. 11*). Поскольку температура воспламенения чугуна выше, чем температура плавления, и воспламенять приходится жидкий металл, то при врезке (начале резки) необходимо хорошо прогреть место врезания, затем постоянно поддерживать высокую температуру фронтальной части полости реза. Характеристики факела мундштука №2 соответствуют этим требованиям.

Определить предельную толщину заготовки, которую можно резать с помощью мундштука №3, рассчитанного на толщину 1200 мм, не удалось. Слитки диаметром 1500 мм были многократно разрезаны без заметного отставания линии реза (*рис. 12*).

По предварительным расчетам замена резаков РГКМ-3 на резаки РГКМ-5 в копровом цехе ПАО «НКМЗ» позволит:

- снизить потребление энергоносителей (кислород и природный газ) соответственно на 12 и 8%;
- снизить безвозвратные потери металла за счет уменьшения ширины реза, упростить подбор нужного мундштука для заданной толщины;
- повысить эксплуатационные качества резака и его ремонтоспособность. ● **#1322**

Установка для автоматической дуговой сварки кольцевых швов гидроцилиндров

В конструкции гидроцилиндра, как правило, имеются кольцевые соединения «корпуса» с «крышкой» (рис. 1) и «проушины» со «штоком» (рис. 2). Предприятием «НАВКО-ТЕХ» (Киев) создана установка ***АС305-1М*** *(рис. 3) для дуговой автоматической сварки плавящимся электродом в смеси газов на основе аргона поворотных кольцевых швов таких соединений длиной от 70 до 2 000 мм и диаметром от 40 до 160 мм.*

Рис. 1. Кольцевой шов соединения «корпуса» с «крышкой» гидроцилиндра

Рис. 2. Кольцевой шов соединения «проушины» со «штоком» гидроцилиндра

Особенности установки:

- быстрая наладка для сварки изделий разных типоразмеров;
- возможность выполнять сварку с колебаниями горелки (плавная регулировка амплитуды и частоты, остановка в среднем положении);
- высокая надежность и ремонтопригодность.

Последовательность работы на установке:

1. Ручная загрузка свариваемых деталей с зажимом «корпуса» (или «штока») в патроне с опорой его на один (или два) суппорта и фиксация «крышки» (или «проушины») пневмоприжимом.

2. Нажатие оператором кнопки «Пуск», после чего в автоматическом режиме выполняются следующие операции:

- опускание горелки в начало шва;
- зажигание дуги при неподвижном изделии;
- вращение изделия со сварочной скоростью и с регулируемым перекрытием начала и конца шва, а также с колебаниями (при необходимости) горелки;
- заварка кратера и гашение дуги;
- подъем горелки;
- возврат всех механизмов в исходное положение.

3. Ручная выгрузка сваренного изделия.

Установка АС305-1М изготовлена по заказу и эксплуатируется на ООО «Гидросила-ТЕТИС» (Мелитополь, Запорожская обл.).

С более подробной информацией о предприятии «НАВКО-ТЕХ» и описанием выпускаемого им оборудования для автоматической и роботизированной дуговой сварки можно ознакомиться на сайте: http://www.navko-teh.kiev.ua. • **#1323**

Публикуется на правах рекламы.

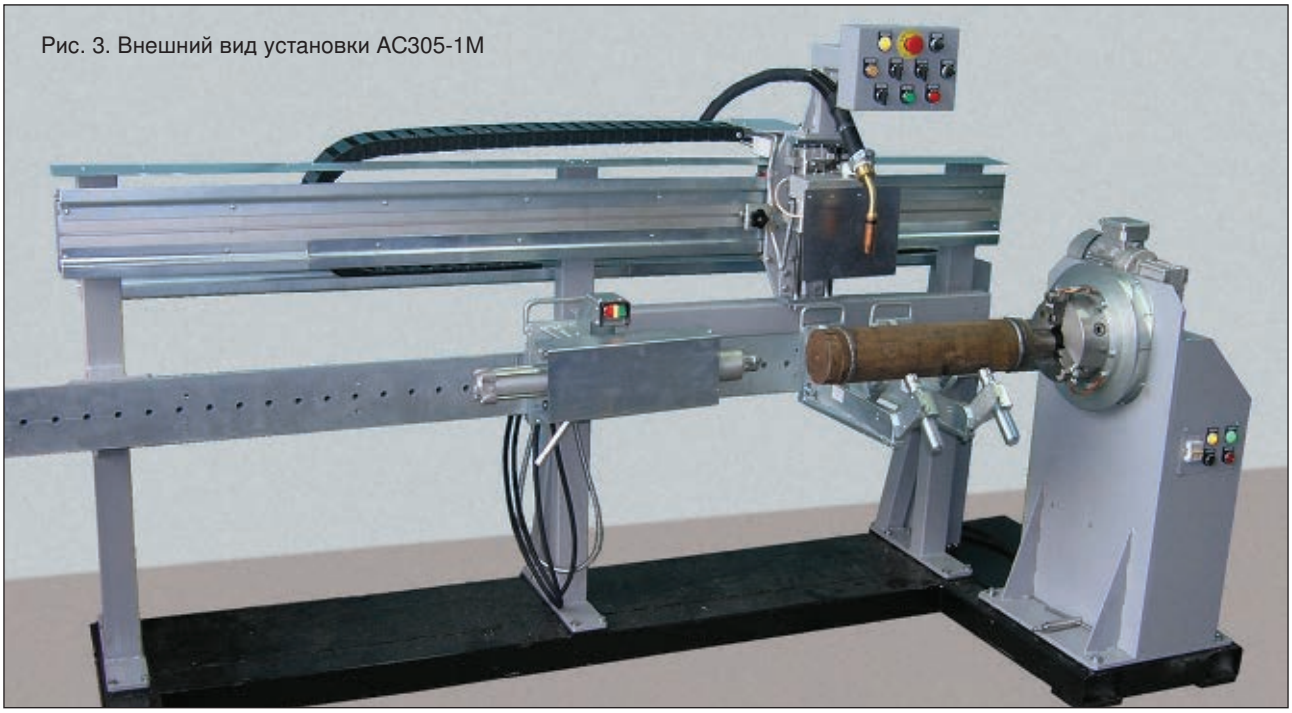


Рис. 3. Внешний вид установки АС305-1М

FRUNZE Сумы
ЭЛЕКТРОД

СВАРОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Технологическое оборудование подготовки газа. Компрессорная станция ХАВАРАН в Иране.

Сварено электродами ООО «ФРУНЗЕ-ЭЛЕКТРОД»

1. Система качества по ДСТУ ISO 9001:2009.
2. Сертификатные испытания каждой партии электродов.
3. Изготовление на швейцарском оборудовании.
4. Вакуумная упаковка.
5. Маркировка каждого электрода.

ООО «ФРУНЗЕ-ЭЛЕКТРОД»

ООО «ФРУНЗЕ-ЭЛЕКТРОД»
Украина, 40004, г. Сумы,
ул. Горького, 58
Тел./факс: +38 (0542) 22-13-42,
+38 (0542) 22-54-38
Тел.: +38 (0542) 68-60-31

E-mail: frunze@i.ua
www.frunze.com.ua

LTD Frunze-Electrodes
58, Gorky Street, Sumy,
40004, Ukraine
Tel./Fax: +38 (0542) 22-13-42
+38 (0542) 22-54-38
Tel.: +38 (0542) 68-60-31

ООО «Триада-Сварка»
с 1992 г. на рынке
сварочного оборудования
Украины

ТРИАДА СВАРКА
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ПОСТАВЩИК СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Fronius ABICOR BINZEL ASKAYNAK SELMA

РАЗРАБОТКА И ПОСТАВКА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СВАРОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ПОЛНАЯ КОМПЛЕКТАЦИЯ СВАРОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

РЕМОНТ ЛЮБОГО СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ПУСКО-НАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ

ШИРОКИЙ ВЫБОР СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Украина,
г. Запорожье,
ул. 40 лет Сов. Украины,
82, оф. 79
тел.: (061) 220-00-79
(061) 213-22-69
факс: (061) 233-10-58
(0612) 34-36-23

г. Днепропетровск,
пр. Кирова, 58, оф. 6
тел.: (056) 375-65-83
(050) 322-50-03

sales@triada-welding.com
www.triada-welding.com

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

РОБОТОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ СВАРКИ

СВАРОЧНАЯ АППАРАТУРА

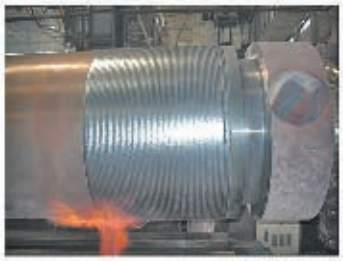
Украина. Киев
Тел.: +38 044 456-40-20
Факс: +38 044 456-83-53

http://www.navko-teh.kiev.ua
E-mail: info@navko-teh.kiev.ua

ТМ.ВЕЛТЕК
ISO 9001:2008

ВЕДУЩИЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК ДЛЯ СВАРКИ,НАПЛАВКИ И НАПЫЛЕНИЯ

Производственная база ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» это единственный на Украине комплекс с полным технологическим циклом изготовления порошковых проволок мощностью до 5000 тн/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

- Сварочное оборудование и аксессуары
- Газовое оборудование для резки и сварки
- Средства индивидуальной защиты
- Средства технической химии
- Твердая и мягкая пайка
- Шлифовальные материалы
- Пилы и лентопильные станки
- Сварочное оборудование и подсобные комплектующие
- Сварочные материалы

most®
GOLD Line

Дистрибьюторы:

ООО "ВУТМАРК-УКРАИНА"
г. Киев, ул. Плодовая, 16
т./ф. +380 44 392 73 44
info@wutmarc.com.ua
www.wutmarc.com.ua

ООО "ЭКОТЕХНОЛОГИЯ"
г. Киев, 03150,
ул.Антоновича (Горького), 62
т./ф. +380 44 200 8056
sales@et.ua
www.et.ua

ПП УКРГАЗСЕРВИС-КОМПЛЕКС
г. Киев ул. Окружная, 10
тел. +380 (44) 222-72-95
+380 (50) 446-93-76
www.ugs.kiev.ua

ООО ПНФ „ГАЛЭЛЕКТРОСЕРВИС"
79034, г. Львов, ул. Навроцкого, 10 А
тел. + 38 (032) 239-29-15, 239-29-16
факс + 38 (032) 239-29-17
ges@tsp.net.ua
www.ges.lviv.ua

ООО "ТДС",
03127, г.Киев,
пер. Коломиевский, 3/1
тел. +380 44 596 93 75
факс + 380 44 596 93 70;
welding@welding.kiev.ua

RYWAL RHC

«РИВАЛ-РХЦ" ул. Польна 140В,
87-100 Торунь, Польша,
т. +48 56 66-93-820
ф. +48 56 66-93-805
export@rywal.com.pl
www.rywal.eu

НАША ПРОДУКЦИЯ ПОД ТОРГОВЫМИ МАРКАМИ MOST™ И GOLD™ СЕРТИФИЦИРОВАНА УКРСЕПРО.

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

Расскажите, пожалуйста, о свойствах стали HARDOX 400 и областях ее применения.

В.В. Колисниченко *(Киев)*

Производитель стали HARDOX 400 — шведская компания SSAB Oxelosund. Химический состав и механические характеристики приведены соответственно в *табл. 1* и *2*.

Сочетание высокой прочности и вязкости достигается благодаря оригинальному и сбалансированному химическому составу стали, а также уникальному технологическому процессу упрочнения (закалка + отпуск).

Сталь HARDOX 400 устойчива к любым видам изнашивания при трении, ударе, при трении скольжения, к деформационному изнашиванию. Сталь легко обрабатывается механически, принимает необходимые формы при обработке давлением, хорошо разрезается термическими способами резки, а также сваривается всеми известными методами.

Газопламенную резку стали HARDOX 400 толщиной до 10 мм выполнить так же просто, как и резку обычных конструкционных сталей. Резка толстых листов требует особого внимания. В случае с толстыми листами появляется опасность замедленного растрескивания по кромке реза в период от 48 ч до нескольких недель после проведения резки. Предварительный нагрев перед резкой является лучшим способом устранения опасности растрескивания. Температура предварительного нагрева зависит от толщины листа, например для толщины 60–80 мм она составляет 150°С, а при толщине более 80 мм — повышается до 175°С. Еще один способ исключения растрескивания — пониженная скорость резки. Данный способ можно использовать в качестве альтернативы, однако он менее надежен. Для увеличения надежности возможно сочетание обоих способов одновременно.

Независимо от того, используются ли вышеупомянутые способы исключения растрескивания, режим замедленного охлаждения снижает опасность растрескивания по кромке реза. Замедленного охлаждения можно достичь, если сразу же после резки горячие заготовки сложить друг на друга и накрыть их теплоизоляционным покрытием.

Последующий нагрев заготовок после резки также является одним из способов, позволяющих исключить растрескивание. Температура нагрева должна быть в пределах 150–250°С, а период выдержки — не менее 5 мин на 1 мм толщины листа.

Наилучшим способом исключения растрескивания является использование гидроабразивной резки.

Таблица 1. Химический состав стали HARDOX

Толщина проката, мм	*Массовая доля элементов, %*									*Углеродный эквивалент $C_{экв}$*
	C	*Si*	*Mn*	*P*	*S*	*Cr*	*Ni*	*Mo*	*B*	
3–10	0,14	0,70	1,60	0,025	0,010	0,30	0,25	0,25	0,004	0,33
10–20	0,14	0,70	1,60	0,025	0,010	0,50	0,25	0,25	0,004	0,37
20–32	0,18	0,70	1,60	0,025	0,010	1,00	0,25	0,25	0,004	0,48
32–45	0,22	0,70	1,60	0,025	0,010	1,40	0,50	0,60	0,004	0,57
45–51	0,22	0,70	1,60	0,025	0,010	1,40	0,50	0,60	0,004	0,57
51–80	0,27	0,70	1,60	0,025	0,010	1,40	1,00	0,60	0,004	0,65
80–130	0,32	0,70	1,60	0,025	0,010	1,40	1,50	0,60	0,004	0,73
$C_{экв} = C + Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Cu+Ni)/15$.										

Таблица 2. Механические характеристики стали HARDOX

Толщина, мм	*Механические характеристики*				
	Твердость $HRC_э$	*Предел прочности $\sigma_в$, МПа*	*Предел текучести σ_{02}, МПа*	*Относительное удлинение δ_5, %*	*Работа удара $KCV_{-40°C}$, Дж*
20	370–430	1250	1000	10	45

Для стали HARDOX 400 наиболее важные параметры процесса сварки — это температура предварительного подогрева и температура между проходами, погонная энергия, присадочные материалы, последовательность сварки и размер зазора в стыке. Применение правильной температуры предварительного подогрева и соблюдение температуры между проходами обеспечивают недопущение холодных трещин благодаря минимизации содержания водорода в швах. Рекомендованная температура подогрева и проходов зависит от толщины свариваемого металла, например при толщине 50 мм она составляет 175°С. При повышенной влажности и снижении температуры окружающей среди ниже плюс 5°С температуру подогрева следует увеличить на 25°С. Для сварки стали HARDOX 400 используют, как правило, низколегированные низководородные (менее 5 мл водорода на 100 г металла) присадочные материалы, выбор которых зависит от прочности стали и толщины проката. Допускается использование высоколегированных материалов.

Хорошая свариваемость и обрабатываемость стали HARDOX 400 делают ее весьма перспективным конструкционным материалом для изготовления горного дробильно-сортировочного оборудования, кузовов карьерных самосвалов, загрузочно-разгрузочных устройств, бункеров, систем пульпопроводов, ковшей экскаваторов и т. д. Следует отметить широкую практику использования стали HARDOX 400 вместо стали 10ХСНД в сварнолитой конструкции ковшей шагающих экскаваторов, что дает увеличение объема ковша на 10%. • **#1324**

ПОЗДРАВЛЯЕМ!

Н.В. Высоколяну — 60

11 апреля главному сварщику ПАО «КВСЗ» исполнилось 60 лет. Всю свою трудовую деятельность Николай Васильевич связал с Крюковским вагоностроительным заводом, пройдя путь от сварщика основного производства до главного сварщика.

Восемнадцатилетним юношей он пришел на Крюковский вагоностроительный завод и здесь приобрел первый опыт, работая электросварщиком. Работу совмещал с учебой в Украинском политехническом институте в Харькове.

В 1984 г. Николай Васильевич возглавляет лабораторию сварки. В 1988 г. назначен на должность заместителя главного сварщика, а с 1989 г. он возглавляет службу главного сварщика технологического управления. В 1996 г. в Украине вводятся новые правила аттестации сварщиков в соответствии с европейскими нормами. Николай Васильевич прошел обучение в Институте электросварки им. Патона и получил право проводить аттестацию сварщиков в соответствии с нормами Госгорпромнадзора на предприятии. В 1998 г. Н.В. Высоколян одним из первых в Украине прошел обучение в Германии и получил диплом «Европейский инженер-сварщик».

Когда в Украине назрела острая проблема пополнения парка подвижного состава пассажирских вагонов, Крюковский вагоностроительный завод не остался в стороне. Николай Васильевич с головой окунулся в создание первого столичного экспресса «Киев-Харьков». Это время было началом создания нового производства — производства транспорта социального назначения. Авторским коллективом разработана конструкция пассажирских вагонов, в основу которой положены достижения мировой практики вагоностроения. Правительство отметило работу специалистов Крюковского вагоностроительного завода в области развития пассажирского вагоностроения, в их числе был и Николай Васильевич Высоколян. В 2005 г. он стал лауреатом государственной премии Украины. Для наращивания мощностей завода, а также производства перспективных разработок под руководством главного сварщика Н.В. Высоколяна были подготовлены исходные данные для разработки проекта по строительству нового корпуса сборочно-сварочных работ для изготовления кузовов транспорта социального назначения и переданы в Укргипротяжмаш, в 2011 г. корпус был построен.

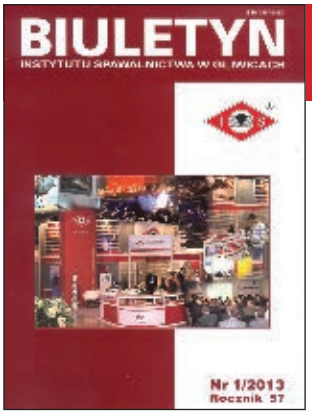
Отдельно необходимо отметить заслуги Николая Васильевича в развитии новых технологий и возможностей в заготовительном производстве. Внедрены МТР с ЧПУ и с поворотным блоком, КРП, лазерные машины, плазменные установки, а также листогибочное и вальцовочное оборудование с ЧПУ. Это позволило провести реконструкцию заготовительного производства МСК-2. В настоящее время под его руководством разрабатываются предложения по поэтапной реконструкции прессового цеха.

По трудовой деятельности Николая Васильевича возможно представить развитие сварочного производства в ПАО КВСЗ. Переход с ручной дуговой сварки покрытыми электродами на механизированную сварку в среде CO_2, автоматизация сварочных процессов, внедрение автоматической сварки узлов грузовых вагонов, одновременная сварка двумя, тремя автоматами, сварка расщепленной дугой на высоких скоростях, контактно-стыковая сварка и т. д.

Николай Васильевич является председателем Общества сварщиков Украины по Полтавской области. Его знают и уважают коллеги из Института электросварки им. Е.О. Патона, НТУУ «КПИ», Кременчугского машиностроительного техникума и других организаций и учебных заведений. Свой богатый опыт и знания Николай Васильевич передает молодому поколению, коллегам по работе, не забывает ветеранов. Его знания, настойчивость, трудолюбие, любовь к своей профессии, постоянный интерес и стремление к новому делают его настоящим высококвалифицированным специалистом.

Сердечно поздравляем Николая Васильевича с юбилеем, желаем здоровья, благополучия и творческих успехов.

Коллектив завода, Совет Общества сварщиков Украины,
редколлегия, редакционный совет и редакция журнала «Сварщик»



Содержание журнала «Biuletyn Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach» (Польша) №1–2013

Исследования

M. ST. Weglowski, C.Hamilton. Исследование процесса модификации поверхности трением (Friction Stir Processing)

S.Stano, M.Banasik, M.Urbanczyk. Влияние положения лазерный луч — проволока по отношению к свариваемому материалу и скорости подачи проволоки на стабильность процесса лазерной сварки с присадочным материалом

P.Gotkowski, R.Jachym, H.Fryc, D.Fryc. Исследование технологии выполнения контактных точечных соединений, применяемых в конструкции подузлов кузовов железнодородных вагонов

A.Lisiecki, D.Janicki, A.Grabowski, K.Golombek. Свойства композитных слоев Ti/TiN, выполненных методом in situ с использованием диодного лазера большой мощности

О.К. Маковецкая. Ситуация на рынке основных конструкционных материалов и сварочной техники Японии

Содержание журнала «Przeglad Spawalnictwa» (Польша) №1–2013

Z.Mirski, D.Majewski. Спаиваемость титана в условиях газо-пламенной пайки под флюсом

G.Gontarz. Интерметаллические покрытия Fe-Al, выполненные способом TIG AC

J.Zimmerman, D.Golanski, T.Chmielewski, W.Wloainski. Цифровая модель для анализа напряжений в системе покрытие-основа при нанесении покрытий термическими методами

M.Winnicki, A.Malachowska, A.Ambroziak. Цифровое моделирование процесса Low Pressure Cold Spray при нанесении покрытия из олова на алюминиевую основу

J.Grzes. Фрактальный анализ качества покрытия Al_2O_3-Cr

P.Cegielski, A.Kolasa, D.Golanski, N.Sarnowski, A.Oneksiak. Инновационное конструкционное решение в промышленном оборудовании для автоматизации сварочных процессов

M.Kruczynski. Сенсоры и система слежения на роботизированных сварочных установках

K.Arkadiusz. Влияние ультразвуковых вибраций на структуру и прочность покрытия наплавленного алюминиевым сплавом 2017А

Содержание журнала «Przeglad Spawalnictwa» (Польша) №2–2013

E.Wajs. Анализ напряженно-деформационного состояния в электролитных никелевых покрытиях, содержащих микро- и наночастицы твердой фазы

M.Kawiak. Сварка вала поршня гидравлических цилиндров

J.Gurka, R.Skiba. Влияние процессов термической резки и резки струей воды на свойства и качество низколегированных высокопрочных сталей

M.Rozanski. Влияние титановых добавок в цинковые припои на смачиваемость поверхности и механические свойства паяных алюминиевых соединений

S.Pawlak, M.Rozanski, G. Muzia. Использование активной термографии при неразрушающем контроле паяных соединений

S.Krajewski, J.Nowacki. Свойства сварных соединений из двухфазных сталей (DP)

K.Pancikiewicz, E.Tasak. Характер разрушения сварных соединений из стали 7CrMoVTiB10-10(T24)

D.Fydrych, J.Labanowski. Процесс переноса металла при мокрой сварке

L.Tuz, A.Kolasa. Влияние параметров дуговой сварки на качество соединения отливок из магниевых сплавов

Содержание журнала «Sudura» (Румыния) №3–2012

Компьютерное приложение для сертификации сварочных процессов и аттестации сварщиков. **R.Lahnsteiner**

Контроль сварных конструкций с использованием 3D систем. **L.Mistodie, N. Joni, C.Rusu**

Обучение на Международных европейских технических курсах по сварке с помощью видеоконференции. **D.Dehelean**

Возможности оптимизации системы управления качеством в сварочном производстве. **P.Tenchea**

Технологические аспекты управления TIG сваркой труб из нержавеющей стали в защитных газах. **M.Burca, D.Tunea, T.Aurel, I.Balea**

Содержание журнала «Sudura» (Румыния) №4–2012

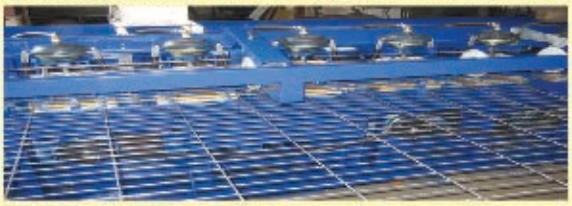
Краткий обзор способов гибридной сварки (лазер+ дуговая сварка), применяемых в изготовлении трубопроводов. **N.Joni, L.Mistodie**

Двадцать лет европейского сотрудничества в области сварки. **D.Dehelean**

Роль стандартизации в управлении качеством производства при использовании процессов распыления. **P.Tenchea**

ELMA EMITA
83058, Донецк, ул. Левобережная, 35
(062) 345-15-62, (050) 326-95-71
E-mail: emita-elma@ukr.net
http://elma-emita.dn.ua

Установки многоточечной контактной сварки сетки
(строительной, шахтной затяжки и евроограждений)



Ширина сетки от 600 до 3100 мм
Размер ячейки 25...200 мм
Диаметр проволоки 1,6...12 мм
Количество одновременно свариваемых точек — до 82
Подача поперечного прутка — поштучно из бункера
Отсутствие гибких электрических соединений между выводами трансформатора и электродами Равномерная загрузка трех фаз. Экономичность

АНО-36 СУПЕР
РЕЗУЛЬТАТ ПРЕВЗОЙДЕТ ОЖИДАНИЯ

ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО плюс низкая цена

Диаметр 3,0 и 4,0 мм
Со склада в Киеве
Доставка заказчику

АНО-36 СУПЕР —
электроды по цене производителя

- Для сварки конструкций из углеродистых марок сталей с содержанием углерода не более 0,25%.
- Легкое начальное и повторное зажигание.
- Стабильное горение дуги и улучшенный повторный поджиг.
- Малые потери металла от разбрызгивания.
- Хорошее формирование металла шва.
- Легкая отделимость шлаковой корки.
- Равномерное плавление покрытия.
- Рутил-целлюлозное покрытие.
- Рекомендуется для сварки и ремонта конструкций из стали, тонких и средних по толщине сечений. Хорошо перекрывают относительно широкие зазоры, малочувствительны к качеству подготовки кромок, наличию гальванических покрытий, ржавчины и других загрязнений.

ДП «Экотехнология», г. Киев
т./ф.: +380 44 200-80-56 (многокан.), 248-73-36, 289-21-81
e-mail: sales@et.ua
www.et.ua

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
«ИЭС им. Е.О. Патона»

ПАТОН ЭКСПО
ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВЫСТАВКИ

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ВЫСТАВКИ
ПАТОН ЭКСПО 2013

Киев
15–17 октября 2013
ВЦ «КиевЭкспоПлаза»

Сварка. Родственные технологии

Трубопроводный транспорт

Неразрушающий контроль

Входной «билет» — Ваша визитка!

ПРИ СОДЕЙСТВИИ:

Национальная Академия наук Украины

НАЦІОНАЛЬНА АКЦІОНЕРНА КОМПАНІЯ НАФТОГАЗ УКРАЇНИ
Национальная акционерная компания «Нафтогаз Украины»

Общество сварщиков Украины

Ассоциация промышленного арматуростроения Украины

Украинское Общество неразрушающего контроля и технической диагностики

Киевская Торгово-промышленная палата

ОДНОВРЕМЕННО В ВЦ «КиевЭкспоПлаза» ПРОЙДУТ СЛЕДУЮЩИЕ ВЫСТАВКИ:

- Международный форум «Наука. Инновации. Технологии»
- Международная специализированная выставка комплексного обеспечения лабораторий LABComplEX
- Проволока и метизы
- Трубы и фитинги
- Листовой металл
- Инженерия поверхности

ОРГАНИЗАТОР: Научно-технический комплекс «Институт электросварки им. Е.О. Патона»

т./ф. +38 044 200-80-89

www.paton-expo.kiev.ua

DVS GERMAN WELDING SOCIETY

MESSE ESSEN
Place of Events

Познакомьтесь вблизи с более чем 1 000 экспонентами и специалистами со всего мира.
Узнайте о новаторских решениях в областях сварки, резки и наплавки.
Воспользуйтесь превосходными деловыми шансами там, где бьётся живой пульс отрасли.
Ваша отрасль встречается в Эссене. **Не оставайтесь в стороне!**

Производственный шум. Часть 1

О.Г. Левченко, д-р техн. наук, **В.А. Кулешов,** Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины

Сварочные технологии, несмотря на их постоянное совершенствование, продолжают оставаться источниками многих опасных и вредных производственных факторов, в том числе и акустического шума. С психофизиологической и социоэкономической точек зрения, шум — это любой нежелательный звук, наносящий вред здоровью человека, мешающий восприятию полезных сигналов и снижающий его работоспособность. В структуре профессиональной заболеваемости такой вид «шумовой болезни», как тугоухость, вместе с заболеваниями органов дыхания, опорно-двигательного аппарата и с вибрационной болезнью составляют ведущую группу профессиональных заболеваний работников промышленности.

Воздействие шума на организм человека. Проявление вредного воздействия шума на человека весьма разнообразно и не ограничивается только органом слуха. Шумовая болезнь характеризуется рядом симптомов: наряду со снижением слуховой чувствительности нарушается работа нервной, сердечно-сосудистой и других систем организма. Тем не менее, оценка приемлемости шума основана, в первую очередь, на выявлении воздействия шума на органы слуха человека. Степень повреждения органов слуха зависит от многих факторов: временного характера протекания шумового процесса и его продолжительности, уровня шума и его частотного состава, индивидуальной чувствительности человека и его стажа работы, а также сочетания воздействия других вредных производственных факторов. Но только уровень шума и его продолжительность определяют границы безопасного действия шума.

При безопасных уровнях шума снижение чувствительности органов слуха выражается во временном повышении порога слышимости, которое исчезает после окончания шумового воздействия. Кратковременное снижение остроты слуха под воздействием шума с полным восстановлением после его прекращения расценивают как слуховую адаптацию и рассматривают как нормальную физиологическую реакцию организма на шум. Например, при воздействии постоянного шума в течение 10 мин с частотной полосой 1200–2400 Гц и уровнем звукового давления (УЗД) 100 дБ непосредственно после прекращения шума чувствительности слуха понижается. И если раньше порог слышимости на частоте 4000 Гц был 5 дБ, то после шумового воздействия звук надо усилить до 20 дБ, чтобы его услышать. Однако такое понижение слуха продолжится не более получаса, после чего порог слышимости восстанавливается. Увеличение времени воздействия шума и повышение его уровня увеличивают сдвиг порога слышимости и удлиняют период восстановления. Если тот же шум длился 100 мин, но уже с уровнем 100 дБ, порог слышимости на частоте 4000 Гц превысит 30 дБ, а для восстановления нормального слуха потребуется 36 ч.

Длительное воздействие на слух человека интенсивного шума, превышающего ***предельно допустимый уровень (ПДУ),*** приводит к тугоухости — необратимой потере слуха, характеризуемой постоянным повышением порога слышимости вплоть до полной потери слуха. ПДУ шума — это уровень фактора, который при ежедневной работе, но не более 40 ч в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у лиц, обладающих сверхчувствительностью. Как правило, оба уха страдают одинаково. Тугоухость развивается постепенно, и в первые годы работы в условиях шума рабочие не замечают снижения слуха, хотя при этом нередко жалуются на головную боль, шум в голове и раздражительность. Почти всегда наибольший сдвиг порога слышимости наблюдается на более высокой частоте, чем частота шума, вызвавшего сдвиг. Наиболее поражающей оказывается область частот от 2000 до 5000 Гц, где чувствительность органа слуха наивысшая. На начальной стадии тугоухости снижение слуха на 10 дБ практически неощутимо, поскольку речевые частоты 500–2000 Гц еще не поражены. Со временем наступает субъективное ощущение понижения слуха в речевом диапазоне звуковых частот, и оно фиксируется при снижении слуха на 20 дБ. И уже при 10-летнем стаже работы риск полной потери слуха составляет 10% в условиях 90 дБА шумового воздействия, 30% — при 100 дБА и 50% — при 120 дБА.

ПДУ шума зависит от его частотного состава и временного характера протекания шумового процесса. Согласно «Санитарным нормам производственного шума, ультразвука и инфразвука» (ДСН 3.3.6.037-99), ПДУ непрерывного шума характеризуется эквивалентным уровнем шума с частотной коррекцией А и равен 80 дБА. В инфразвуковом диапазоне ПДУ равен 105 дБ во всех октавных полосах частот, а в ультразвуковом — он, например, равен 88 дБ в октавной полосе со среднегеометрической частотой 31,5 кГц и не превышает

110 дБ для всех частот выше 63 кГц. ПДУ на рабочих местах для импульсного и тонального шумов на 5 дБ ниже соответствующих значений для постоянного шума.

Исследования показали, что уровень шума, который на протяжении рабочего дня не превышает ПДУ, не представляет опасности для органов слуха человека. Такой шум, в первую очередь, утомляет. В подобной шумовой среде падает производительность труда, чаще возникают производственные ошибки, появляются связанные с усталостью головные боли, раздражительность и прочие неприятные симптомы. Чем громче шум, тем короче должна быть продолжительность его воздействия. Время безопасного воздействия непрерывного шума сокращается в два раза при каждом превышении его ПДУ на 3 дБА при условии, что суммарная акустическая энергия или доза шума, воздействующая на человека, та же. Не следует находиться более 4 ч в шумовой среде с уровнем 83 дБА, более часа — при уровне 89 дБА. Но уже звук силой 140 дБ, вызывая боль в ушах, практически неприемлем.

Задолго до наступления тугоухости у человека нарушается работа нервной системы. Изменения в работе нервной системы обусловлены ее тесными связями со слуховым органом. В свою очередь, нарушения в работе нервной системы вызывают расстройство в работе различных органов и систем организма. Наблюдаются чувство тяжести и шума в голове, возникающее к концу работы, повышенная раздражительность и слезливость, нарушение сна, быстрая утомляемость, понижение аппетита, неспособность сконцентрировать внимание, снижение памяти. Изменения сердечно-сосудистой системы на начальных стадиях воздействия шума сопровождаются неприятными ощущениями и ноющими болями в области сердца. Функциональные сдвиги, возникающие в системе кровообращения под влиянием интенсивного шума, со временем могут привести к стойким изменениям сосудистого тонуса, способствующим развитию гипертонической болезни. Наличие в спектральном составе шума дискретных тонов, особенно ультразвукового или инфразвукового диапазона частот, усиливает вредное действие шума. Органы человека имеют собственную резонансную частоту, и под воздействием звука такой же частоты работа органа может быть нарушена вплоть до полной остановки. Самым опасными считаются частоты от 6 до 9 Гц.

Примерно 10% людей имеют повышенную чувствительность к шумовому воздействию, и, следовательно, нарушение здоровья у них наступает раньше. Установлено, что это, как правило, эмоционально неустойчивые люди. Болезненные изменения, возникающие в условиях шума, являются реакцией организма на воздействие многих раздражителей. Частота и выраженность их в значительной мере зависят от наличия других сопутствующих факторов, от тяжести и напряженности труда. Например, в условиях действия интенсивного шума повышенная эмоциональность усиливает тенденцию к сосудистой гипертонии.

Таблица 1. Частотные диапазоны звука в воздухе

Название диапазона	*Диапазон частот, Гц*
Ультразвук	$(15–20)\cdot10^3–10^9$
Диапазон слышимости	16–20000
Инфразвук	0–16

Таким образом, вредное воздействие шума на человека определяется рядом физических факторов, природа которых и основные понятия рассмотрены ниже.

Физическая природа шума. В современной науке под шумом понимают беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью временной и спектральной структуры: механические (звук, вибрация), электромагнитные (свет, радиоволны, тепловые колебания) и смешанного типа — их сочетания. В настоящем обзоре рассматрены исключительно механический шум в воздушных и жидких средах, в которых, как правило, и проводят сварку. Источниками механического шума в сплошной среде являются любые процессы, вызывающие локальные изменения или колебания термомеханических величин (температуры, давления, плотности и др.), которые затем звуковыми волнами переносятся в невозмущенную часть среды.

Термином «звук» обычно обозначают слуховые ощущения человека, вызываемые действием упругих колебаний на орган слуха человека. Хотя человек слышит звук частотой от 16–20 Гц до 15–20 кГц (пределы диапазона изменяются в зависимости от индивидуальных различий), обычно ***диапазон слышимости*** принимается равным 16 Гц — 20 кГц. В широком смысле понятие «звук» охватывает весь существующий частотный диапазон упругих волн. Принято называть волну с частотой ниже и выше диапазона слышимости, соответственно, ***инфразвуком*** и ***ультразвуком*** (*табл. 1*).

Распространение волн в жидкостях и газах описывается нелинейными уравнениями аэрогидродинамики. Состояние среды в звуковой волне характеризуется избыточным или ***звуковым давлением*** p (Па), равным разности между давления в звуковой волне и давлением в невозмущенной среде, плотностью среды ρ (кг/м^3) и вектором скорости колебаний частиц $\vec{v}$ (м/с).

Большинство реальных звуковых процессов имеют невысокую амплитуду и частоту, и на не слишком больших расстояниях влиянием вязкости и теплопроводности среды можно пренебречь. Такая среда считается упругой, и звуковые волны в ней называют упругими. Действительно, величины,

характеризующие упругие волны, как правило, очень малы (на пороге слышимости звуковое давление равно $2{\cdot}10^{-5}$ Н/м^2 = 0,2 ГПа, а на болевом пороге слышимости — $2{\cdot}10^2$ Н/м^2 = 0,02 МПа; при этом смещение частиц в волне составляет от 10^{-9} до 1,0 мм на частоте звука 1000 Гц). В классической акустике поведение упругих звуковых волн в однородной среде довольно точно описывается линейными волновыми уравнениями. А это означает, что волны распространяются независимо друг от друга, и в звуковом поле действует принцип суперпозиции. Усиление или ослабление волн при их наложении друг на друга при одновременном распространении в пространстве порождает такие явления, как интерференция и дифракция волн.

Простейшими звуковыми волнами являются волны, обладающие пространственной симметрией: плоские, сферические и цилиндрические. Параметры таких волн, помимо времени t, зависят только от расстояния r до источника звука. Волны более сложных форм, при определенных условиях, часто можно рассматривать как их комбинации.

Любая ***плоская волна*** имеет плоский фронт бесконечной протяженности. В действительности, неограниченных плоских волн не бывает. Но для практических оценок волну с протяженностью фронта порядка десяти длин волн можно считать приблизительно плоской. В плоской волне отношение звукового давления к скорости частиц одинаково во всех точках звукового поля и называется акустическим или ***волновым сопротивлением среды*** $p/v = \rho c$. Волновое сопротивление в воздухе плотностью 1,21 кг/м^3 при нормальных атмосферных условиях (температуре 20°С и атмосферном давлении 10^5 Па) равно 416 кг/(с·м^2), а в воде значительно больше — $149{\cdot}10^4$ кг/(с·м^2).

Сферическая волна с увеличением расстояния от источника звука убывает пропорционально $1/r$. Структура ***цилиндрической волны*** существенно сложнее структуры плоской и сферической волны, но на больших расстояниях от оси симметрии ослабевает с расстоянием приблизительно как $1/\sqrt{r}$.

Поскольку форма волны влияет на ее затухание в пространстве, на практике важно ее определять хотя бы приближенно. Если источник звука имеет размеры, во много раз превышающие длину излучаемой волны, то вблизи источника звуковое поле можно считать плоским. Но вдали от источника звуковое поле следует рассматривать как сферическое. С другой стороны, при малых размерах источника звука звуковое поле имеет сферический или цилиндрический фронт.

Гармоническая волна. На практике в большинстве случаев произвольные колебания частицы в каждой точке среды могут быть представлены с помощью преобразования Фурье в виде суммы или интеграла гармонических колебаний разных частот. Поэтому вместо изучения волн с произвольной зависимостью от времени можно изучать только гармонические волны, законы излучения, распространения, отражения, поглощения которых намного проще, чем для волн с иной зависимостью от времени. Другая практическая причина состоит в том, что человек по-разному реагирует на звуки различных частот, поэтому для оценки шумового воздействия необходимо проводить его частотный анализ.

Звуковое давление $p(x,t)$ в плоской гармонической волне имеет вид $p(x,t) = A_p\sin(kx - \omega t + \varphi)$, где A_p, ω, k, φ — соответственно амплитуда, угловая (циклическая) частота, волновое число и начальная фаза колебаний, значения которых постоянны. Такой звук называется ***чистым тоном***, и его ***частота*** и ***период*** определяются соотношениями $f = 1/T = \omega/2\pi$, ***длина волны*** $\lambda = 2\pi/k$, полная фаза $kx - \omega t + \varphi$ и ***скорость волны*** $c = f/k = \lambda/T$. В воздухе при нормальных условиях скорость звука равна 344 м/с, и длина звуковой волны изменяется от 17 мм до 22 м.

Особенностью упругих волн является перенос энергии без перемещения вещества. Перенос энергии в звуковом поле в данной точке характеризуется ***интенсивностью звука*** I, Вт/м^2, и ***плотностью звуковой энергии*** w, Дж/м^3. Интенсивность звука в данной точке в выбранном направлении определяют как среднюю звуковую энергию, проходящую в этой точке в единицу времени через единицу площади поверхности, перпендикулярной к выбранному направлению. Плотность звуковой энергии w равна усредненной по времени энергии волны в данной точке.

Для плоских и сферических звуковых волн интенсивность или ***сила звука*** $I = \overline{p^2}/\rho c$, где $\overline{p^2}$ — среднеквадратическое или эффективное значение звукового давления, определяемое как

$$\overline{p^2}(t) = \frac{1}{T}\int_0^T p^2(t)dt\,.$$

Величину $\overline{p^2}$ называют также ***средней мощностью звука***, так как она связана с его энергетическими характеристиками.

Поскольку эффективное давление $\overline{p^2}$ (именно его измеряют на практике для оценки параметров шума) гармонической волны в каждой точке среды равно половине квадрата ее амплитуды: $\overline{p^2} = A_p^2/2$, то ***плотность звуковой энергии*** $w = \overline{p^2}/\rho c^2 = I/c$.

Изменение силы звука при распространении. Для защиты от шума необходимо знать причины, изменяющие параметры звуковой волны при ее распространении. Изменения происходят вследствие расширения звукового поля, взаимодействия волны с встречающимися на пути преградами и поглощения ее средой.

Область среды, в которой распространяются звуковые волны, называют ***звуковым полем***, звуко-

вое поле в безграничном пространстве — ***свободным акустическим полем.*** Процесс формирования звукового поля в помещении связан с явлениями реверберации (многократного отражения) и диффузии (рассеивания). Звуковое поле, состоящее из большого числа отраженных волн с различными направлениями, в результате чего плотность звуковой энергии одинакова по всему полю, называют ***диффузным акустическим полем***.

Расширение фронта звуковой волны. При распространении звуковой волны в идеальной однородной среде ослабление силы звука вызвано расширением звукового фронта, что приводит к увеличению объема звукового поля, а, следовательно, к снижению плотности звуковой энергии. Вдали от источника звука его интенсивность будет снижаться пропорционально примерно $1/r^2$ для сферической волны, а для цилиндрической примерно $1/r$. Плоская же волна распространяется без изменений. Поэтому удвоение расстояния распространения волны снижает интенсивность сферической волны в четыре раза, а цилиндрической только в два раза.

Взаимодействие звуковой волны с границами раздела сред. Основные особенности поведения звуковой волны на границе раздела двух акустических сред рассмотрим на примере нормального падения плоской гармонической волны на плоскую неподвижную границу раздела двух сред. На границе раздела двух однородных сред с акустическими сопротивлениями $R_1 = \rho_1 c_1$ и $R_2 = \rho_2 c_2$ (волна падает из среды 1 в среду 2) возникают отраженная и проходящая волны. Для интенсивности звука I коэффициенты отражения K_{rI} и прохождения K_{tI} (отношение энергии отраженной волны и, соответственно, проходящей волны к энергии падающей волны) определяются только относительным волновым сопротивлением $\xi = R_2/R_1 = \rho_2 c_2/\rho_1 c_1$ и равны $K_{tI} = 4\xi/(1+\xi)^2$, $K_{rI} = (1-\xi)^2/(1+\xi)^2$. Их значения не зависят от того, из какой среды и с какой частотой падает звуковая волна на границу раздела. Из этого следует, что при равенстве акустических сопротивлений отражения нет, и звуковая волна проходит через границу, как если бы ее не было. Если же $R_2/R_1 >> 1$ (падение на достаточно жесткую стенку), то происходит почти полное отражение волны, так же как и в другом предельном случае при падении на достаточно мягкую стенку $R_2/R_1 << 1$. Например, для границы раздела «воздух-вода» относительный коэффициент волнового сопротивления $\xi = 3600$ (тогда как для границы раздела вода-воздух $\xi = 2{,}7 \cdot 10^{-4}$) и через границу проходит лишь 0,001 часть энергии падающей волны, остальная часть отражается. Другими словами, почти вся энергия остается в той среде, из которой волна падает на границу раздела сред при выполнении условия $R_2/R_1 >> 1$ или $R_2/R_1 << 1$.

Поглощение звука. В реальной среде потеря энергии волн происходит также вследствие ее диссипации, т. е. перехода звуковой энергии в тепловую из-за действия сил вязкости и теплопроводности, действием которых на малых расстояниях обычно пренебрегают. Хотя диссипативные силы очень малы по сравнению со звуковым давлением, именно длительное действие таких сил приводит к окончательному угасанию распространяющихся звуковых волн. Угасание гармоничной волны описывается экспоненциальным законом. Для характеристики временного поглощения экспоненциальный закон имеет вид $p(t) = p_0 \exp(-\alpha t)$, где α — временной коэффициент поглощения звука. Заметим, что вследствие свойства экспоненциальности доля поглощаемого звука постоянна на одинаковых отрезках пробега независимо от расстояния до источника звука. В диссипативной среде коэффициент поглощения α волны частотой ω связан с параметром вязкости среды зависимостью $\alpha \sim \omega^2\eta$. Таким образом, в вязкой среде высокие частоты поглощаются сильнее, вот почему вдали от источника звук воспринимается более низким.

Восприятие шума человеком. Описание воздействия звукового поля на человека в величинах физических параметров интенсивности и давления крайне неудобно. Ухо безболезненно улавливает звуки, интенсивность которых может различаться в 100 триллионов раз (10^{14}). Такой широкий диапазон восприятия звука обусловлен тем, что органы чувств человека реагируют не на изменение амплитуды входного воздействия, а на изменение величины его логарифма. Об этом прямо говорит психофизиологический закон Вебера-Фехнера: интенсивность ощущения пропорциональна логарифму интенсивности стимула. Поэтому для характеристики уровня звука приняли логарифмическую шкалу величин, поскольку по ней изменение уровня звука на одну единицу означает изменение интенсивнос-

Таблица 2. Таблица суммирования уровней

D, дБ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
A, дБ	3	2,5	2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

ти звука в 10 раз. Логарифмическую единицу силы звука назвали «бел» (Б) в честь изобретателя телефона Александра Белла (1847–1922). Однако оказалось, что практичнее пользоваться десятыми долями бела — децибелами (дБ). Заметим, что децибел — величина относительная: 0 дБ соответствует значению 10^{-12} Вт/м^2. Предельный уровень тонального звука, вызывающий болевые ощущения, равен 140 дБ, или 100 Вт/м^2 (правда, встречаются и такие значения для болевого порога, как 10 и даже 1 Вт/м^2).

Для оценки силы звука используют следующие параметры. ***Уровень интенсивности звука*** $L_I = 10\lg(I/I_0)$, где $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м^2. ***Уровень звукового давления (УЗД)*** $L_p = 10\lg(\overline{p}^2/p_0^2)$, где пороговое значение $p_0 = 2\cdot10^{-5}$ Па. ***Уровень звуковой мощности*** источника шума $L_W = 10\lg(W/W_0)$, где $W_0 = 10^{-12}$ Вт. Величины I_0, p_0 и W_0 называются ***опорными уровнями***, соответственно, L_I, L_p и W_0 и являются международно признанными.

Среднее значение квадрата звукового давления в некоторой точке звукового поля, состоящего из волн разной частоты, равно сумме величин средних квадратов звуковых давлений отдельных волн, пришедших в эту точку. Суммарный уровень звукового давления данной точке, генерируемый n источниками с уровнями звукового давления чистых тонов L_{Ii}, $i = 1, 2, ..., n$ в данной точке, определяется соотношением

$$L_{I,сум} = 10\lg\left(\sum_{i=1}^{n} 10^{0,1L_{Ii}}\right).$$

Если уровни одинаковы $L_i = L_p$, то $L_{сум} = L_p + 10\lg(n)$. Два чистых тона разной частоты, но имеющие одно и то же среднеквадратическое значение звукового давления, создают общий уровень звукового давления всего на 3 дБ больше, чем уровень звукового давления одного из них. Из формулы легко получить простое правило суммирования уровней звука двух различных волн (*табл. 2*). Здесь D — разность двух складываемых уровней, A — добавка к более высокому уровню, необходимая для получения суммарного уровня. При разности уровней звука больше 10 дБ вкладом более слабой волны можно пренебречь.

Характеристика шума в децибелах не дает полного представления о силе его воздействия, так как звуки, имеющие одну и ту же интенсивность, но разную частоту, на слух воспринимаются как неодинаково громкие: имеющие низкую или очень большую частоту (вблизи верхней границы воспринимаемых частот), ощущаются как более тихие по сравнению со звуками, находящимися в средней зоне.

Громкость звука — субъективное восприятие силы звука. Громкость главным образом зависит от амплитуды и частоты звуковых колебаний. Единицей абсолютной шкалы громкости является ***сон***. Громкость N в 1 сон — это громкость непрерывного чистого тона частотой 1 кГц, создающего УЗД 40 дБ. Звук громкостью 2 сона типичный слушатель воспринимает как вдвое более громкий, чем звук в 1 сон.

Уровень громкости звука L_N — другой оценочный параметр звука, единица измерения которого — ***фон***. Он численно равен УЗД (дБ), создаваемого синусоидальным тоном частотой 1 кГц такой же громкости, как и измеряемый звук (равногромким данному звуку). Уровень громкости в фонах не пропорционален изменению громкости звука. Звуки с уровнями громкости 20 и 40 фон не отличаются по громкости в два раза. Установлено, что для чистых тонов увеличение уровня громкости L_N на 10 фон приблизительно соответствует удвоению громкости N в сонах и имеет вид $N = 2^{(L_N - 40)/10}$. На *рис. 1* показано семейство кривых рав-

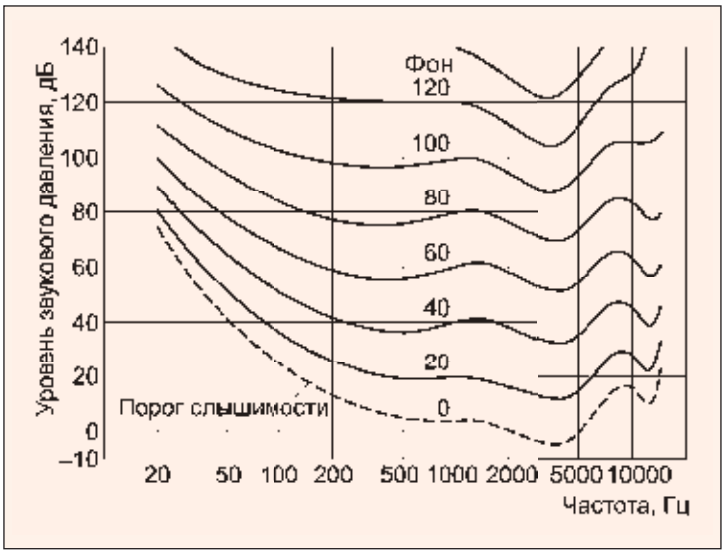


Рис. 1. Зависимость уровня громкости от уровня звукового давления и частоты

Таблица 3. Поправки частотной характеристики А в октавных полосах частот

Частота, Гц	16	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Коррекция ΔL_A, дБ	80	42	26,3	16,1	8,6	3,2	0	–1,2	–1,0	1,1

ной громкости, называемых также изофонами. Они представляют собой графики стандартизированных зависимостей УЗД от частоты при заданном уровне громкости. С помощью этой диаграммы можно определить уровень громкости чистого тона какой-либо частоты, зная уровень создаваемого им звукового давления.

При исследовании шумов обычно слышимый диапазон разбивают на полосы частот и определяют звуковое давление, интенсивность или звуковую мощность, приходящиеся на каждую полосу. Как правило, спектр шума характеризуется уровнями названных величин, распределенными по октавным полосам частот. Как и интенсивности звука, частоты измеряют в логарифмическом масштабе, поскольку человек оценивает изменение частоты в соответствии с логарифмической, а не линейной шкалой. Но поскольку диапазон частот намного короче, чем диапазон интенсивностей, масштабирование не десятичное, а двоичное.

Октава в акустике — безразмерная единица частотного интервала между нижней $f_н$ и верхней $f_в$ частотами, логарифм отношения которых $\log_2(f_в/f_н) = 1$. Более детальное исследование шума проводят в третьоктавных полосах частот, для которых $\log_2(f_в/f_н) = 1/3$. Октавная или третьоктавная полоса обычно задается среднегеометрической частотой $f_{сг} = (f_н \cdot f_в)^{1/2}$. Стандартные ***октавные среднегеометрические частоты*** имеют следующие значения, Гц: 2, 4, 6, 8, 16, 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000, 31500, 63000 и т. д.

При измерении уровня шума неравномерную чувствительность человеческого уха к звукам разных частот приходится корректировать с помощью специальных частотных фильтров, измеряя так называемый взвешенный уровень звука, который приблизительно соответствует восприятию человеческого уха. Полученная в результате измерений величина имеет размерность дБА. Здесь буква А означает, что взвешенный уровень звука получен с использованием частотной характеристики А. Корректированный уровень звукового давления L_A называется уровнем звука и определяется соотношением $L_A = L - \Delta L_A$ (*табл. 3*). Уровень звука представляет собой результирующий УЗД во всем диапазоне слышимых частот с поправками частотной характеристики *А*.

Хотя характеристика дБА не отражает точно физиологическую реакцию человеческого организма, простота измерения делает ее очень удобной при практическом применении. Например, удвоение громкости приблизительно соответствует усилению уровня шума на 10 дБА или увеличению давления в три раза.

Воздействие непостоянного шума на человека описывают две характеристики шума — ***эквивалентный (по энергии) уровень звука*** $L_{Аэкв}$ (дБА) и доза шума *Д* ($Па^2 \cdot ч$).

$L_{Аэкв}$ определяется как уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет то же самое среднее квадратическое звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного интервала времени

$$L_{A_{экв}} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt,$$

где $p_A(t)$ — текущее значение среднего квадратического звукового давления с учетом коррекции «А» шумомера; *T* — время действия шума, ч.

Доза шума или звуковое воздействие *Д* ($Па^2 \cdot ч$) — интегральная величина, учитывающая акустическую энергию, воздействующую на человека, за определенный период времени, и определяемая по формуле

$$Д = \int_0^T p_A^2(t)dt.$$

Следует отметить, что с физической точки зрения эквивалентный уровень и доза являются аналогами и возможен их взаимный пересчет, однако в физиолого-гигиеническом отношении эти два параметра отличаются принципиально: эквивалентный уровень определяется по логарифмической шкале в децибелах от порога восприятия, а доза — в долях от допустимой дозы, являющейся порогом вредного воздействия, и оцениваются в линейных величинах. Эквивалентный уровень отражает среднее значение уровня шума за смену, а доза характеризует суммарную энергию шума за смену. • **#1325**

X Международный конкурс сварщиков «Золотой кубок Бенардоса»

состоится 12–16 августа 2013 г. в г. Южный Одесской обл. (Украина)

На конкурс приглашаются сварщики из Украины и других стран, имеющие опыт работы.

Конкурс будет проходить в следующих номинациях:

РДЭ (111) — ручная дуговая сварка покрытым электродом

МАГ (135) — дуговая сварка металлическим плавящимся электродом в активных газах

ВИГ (141) — дуговая сварка вольфрамовым электродом в инертных газах

ГС (311) — газовая сварка

Победители и призеры конкурса в личном и командном зачетах награждаются:

Памятным кубком Бенардоса.
Дипломом Общества сварщиков Украины.
Ценными подарками и денежными премиями.
Международным сертификатом сварщика.

Организаторы конкурса:
Общество сварщиков Украины
Одесское областное Общество сварщиков Украины
Одесский припортовый завод

Полная информация о конкурсе представлена на сайтах: **www.tzu.key.ua** и **www.tzu.od.ua**.
Заявки на участие в конкурсе принимаются **до 10 мая 2013 г.** по адресу:
Украина, 65003 г. Одесса, Газовый переулок, д. 4, Одесское областное ОСУ,
Оргкомитет конкурса, факс: +380-48-758-61-41,
тел.: +380-48-758-62-12, 741-14-85, 723-37-40; e-mail: osu-odessa@ukr.net

DVS GERMAN WELDING SOCIETY

НАКС

ЭКСПОЦЕНТР МОСКВА

Messe Düsseldorf Moscow

MESSE ESSEN Place of Events

Присоединяйтесь! В Москве!

WELDING & CUTTING RUSSIA

RUSSIA ESSEN WELDING & CUTTING

25–28.06.2013 МОСКВА / ЭКСПОЦЕНТР

5-я Международная специализированная выставка Сварка. Резка. Наплавка

XII МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ – 2013

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

МЕТАЛЛО-ОБРАБОТКА
МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ

УКРПЛАСТ TEX
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 TEX
ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ

УКРВТОР TEX
КОМИССИОННАЯ ТЕХНИКА, ОБОРУДОВАНИЕ

ПОДШИПНИКИ

УКРСВАРКА
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ СКЛАДСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

СУБКОНТРАКТЫ
РАЗМЕЩЕНИЕ ЗАКАЗОВ ПО КООПЕРАЦИИ

Генеральные информационные партнеры:

Технический партнер:

RentMedia

ufi Approved Event

ОРГАНИЗАТОР
Международный выставочный центр

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:
Министерства промышленной политики Украины
Украинской Национальной Компании "Укрстанкоинструмент"

19–22 НОЯБРЯ 2013 г.

☎ +38 044 201-11-65, 201-11-56, 201-11-58
e-mail: lilia@iec-expo.com.ua
www.iec-expo.com.ua
www.tech-expo.com.ua

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

weldex РОССВАРКА

13-я Международная выставка
сварочных материалов, оборудования и технологий

8 – 11 октября 2013 года
Москва, КВЦ «Сокольники»

+7 (495) 935 81 00

Более 250 компаний из 20 стран мира!

Всё для сварки, резки и наплавки!

www.weldex.ru

заполните заявку на участие на сайте www.weldex.ru

Организатор:

MVK
В составе группы компаний ITE
Тел.: +7 (495) 935 81 00
E-mail: weldex@ite-expo.ru

При поддержке:

Министерства Промышленности и Торговли РФ
Правительства Москвы
Торгово-промышленной палаты РФ
Правительства Московской области и
Московской Торгово-промышленной палаты

При содействии:

EWA European Welding Association
ММАГС
Российское научно-техническое сварочное общество
Сварка Эксперт

Генеральный
информационный партнер:

Журнал «Сварочное производство»

К 80-летию Уралмашзавода

История сварочного производства Уралмаша

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

О показательном сварочном производстве Уралмашзавода сказано много, работы его ведущих специалистов и рабочих отмечены высокими государственными наградами. Приведем лишь отдельные моменты истории, малоизвестные широкому читателю.

Сварочное производство Уралмашзавода пережило несколько этапов.

Первый этап создания сварочного производства (1928–1933 гг.) начался одновременно со строительством завода. Специалисты, проектировавшие завод, предложили начать его строительство с сооружения цеха металлоконструкций (ЦМК). Эту идею горячо поддержал начальник строительства Александр Петрович Банников. 15 июля 1928 г. состоялась торжественная закладка первого камня в основание фундамента первого цеха — цеха металлоконструкций.

В изготовлении металлоконструкций дуговая сварка в те времена почти не применялась. Сварные конструкции были большой редкостью. Металлоконструкции выполнялись с помощью клепки (*рис. 1*). Возле ЦМК размещался огромный плац для производства клепальных работ. Это был тяжелый малопроизводительный труд. К тому же клепальные молотки издавали такой шум, что рабочие быстро теряли слух. Клепальщиков называли «глухарями».

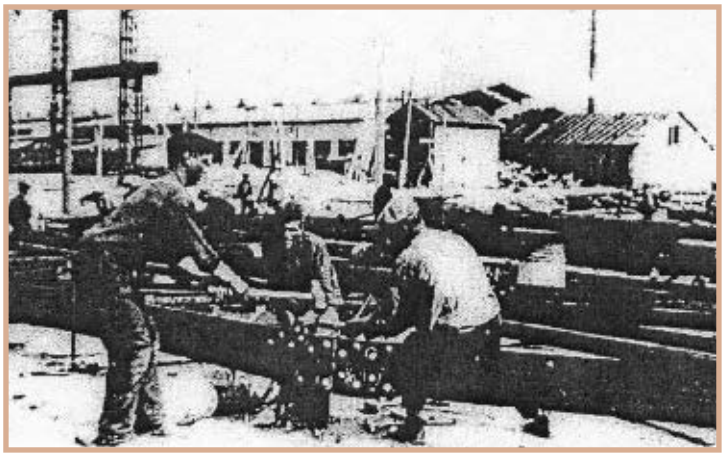


Рис. 1. Рабочий момент изготовления клепаной конструкции на плацу цеха металлоконструкций

Также 15 июля 1928 г. Управление строительством Уралмашиностроя организовало отдел по проектированию, производству и возведению металлических сооружений. Его возглавил молодой инженер Григорий Петрович Михайлов.

Первый производственный цех будущего завода вошел в строй 15 июля 1929 г. на три месяца раньше намеченного срока: группа проектировщиков во главе с Г.П. Михайловым заранее подготовила чертежи конструкций каркасов цехов.

Г.П. Михайлов родился 1 января 1899 г. в Елабуге. Первоначальное образование он получил в реальном училище (1916 г.), а в 1924 г. окончил Московский институт инженеров путей сообщения. Молодой специалист прекрасно знал, что такое металлоконструкции. В 1927–1928 гг. Г.П. Михайлов руководил строительством нового мартеновского цеха Пермского пушечного завода, и он начал применять сварку при изготовлении металлоконструкций.

Надо учесть, что Г.П. Михайлов работал на заводе, где его горный управитель Н.Г. Славянов создал дуговую сварку плавлением металлическим электродом. Под его руководством было отремонтировано более 1600 наименований различных деталей особо ответственного назначения: гребные валы пароходов, сосуды давления, лафеты пушек и многое другое. Восстановленные конструкции успешно эксплуатировали долгое время. Поэтому можно предположить, что Г.П. Михайлова захватили разработки Н.Н. Славянова, и он видел в них будущее развитие производства металлоконструкций.

Но его позицию многие не разделяли, сварные конструкции особого энтузиазма не вызывали. Поэтому первоначально с помощью сварки изготовляли хозяйственный инвентарь, емкости, лестницы, ограждения и др. Постепенно задачи усложнялись. В 1930 г. были спроектированы и изготовле-

ны сварные междуэтажные перекрытия. У современного инженера первая сварная ферма, предназначенная для первого механического цеха, вызвала бы улыбку. Она представляла собой смесь элементов, являющихся традиционными составными частями такого рода конструкций (пояса, раскосы и др.), и большого числа дополнительно установленных различных уголков, косынок, накладок. По мере совершенствования ферм число дополнительных крепежных деталей уменьшалось. Таким образом, сварные металлоконструкции стали первой продукцией Уралмашзавода, точнее Уралмашиностроя.

Сооружение будущего гиганта тяжелого машиностроения потребовало большого количества металлоконструкций, которые надо было изготовлять на месте. Однако в то время практически отсутствовала отечественная и зарубежная литература по этому вопросу. Г.П. Михайлов сыграл выдающуюся роль в коренном изменении взглядов на сварку. По его инициативе были организованы курсы по обучению сварщиков и специализации инженерно-технических работников (проектировщиков, конструкторов и технологов). Для проведения занятий были приглашены крупнейшие отечественные специалисты сварочного дела проф. В.П. Вологдин, проф. К.К. Хренов и др. Первый выпуск курсов в 1930 г. насчитывал 39 человек, а в 1932 г. — уже 50 человек. В 1932 г. были созданы курсы для инженеров-сварщиков (*рис. 2*).

Такая подготовительная работа немедленно дала результаты. Для строящегося завода были изготовлены мачты для прожекторов высотой 24 м, дымовые трубы высотой до 40 м. Была выполнена сварка газопровода протяженностью 3 км. К качеству сварки подобных сооружений предъявляют исключительно высокие требования. Проектирование таких конструкций иначе как технической дерзостью не назовешь. А в то время обоснованных норм и технических условий к сварным конструкциям еще не было. Многое определялось интуицией, грамотностью и смелостью проектанта. Еще до официального пуска завода ЦМК Уралмашиностроя изготовил 27 тыс. т металлоконструкций для строящегося завода тяжелого машиностроения и для других гигантов отечественной промышленности: Магнитогорского металлургического комбината, Первоуральского Ново-трубного завода и других заводов.

Рис. 2. Выпуск первых технологов-сварщиков. Третий ряд (в квадратных рамках), слева направо: А.А. Кириллов, Г.П. Михайлов, В.Е. Волынко

Помимо Г.П. Михайлова, большая роль в организации базы по проектированию и изготовлению металлоконструкций на Уралмашзаводе принадлежит конструктору, а затем старшему мастеру Д.Г. Ницбергу (будущему коммерческому директору Уралмашзавода), конструктору Д.И. Беренову (впоследствии главному инженеру Уралмашзавода), технологам В.Н. Соловьеву, А.А. Кириллову, А.А. Урбанскому и др.

К середине 1930-х годов Уралмашзавод стал признанным лидером по изготовлению сварных конструкций крупных размеров.

На третьем Всесоюзном автогенном съезде (Москва, март 1931 г.) немецкий специалист Шмуклер демонстрировал как крупнейшее достижение сварную подкрановую балку длиной 5 м. Выступивший на следующий день в качестве докладчика от строящегося завода Г.П. Михайлов рассказал об опыте изготовления сварной конструкции подкрановых балок для кранов грузоподъемностью 50 т и длиной пролета 10 м.

Инженер необычайно широкого кругозора, Михайлов известен фундаментальными разработками способов расчетов конструкций экскаваторного оборудования, канатных дорог. Он также занимался проектированием железных дорог и железнодорожных мостов. Г.П. Михайлов был человеком невероятной работоспособности. Не отрываясь от Уралмашзавода, в 1931 г. он по совместительству работает помощником заведующего кафедрой металлоконструкций, а в 1932–1934 гг. — заведующим кафедрой строительной механики и металлоконструкций. В 1933 г. заканчивает еще один вуз — Уральский металлургический институт. Через несколько лет он организовал

одну из первых отечественных кафедр сварочного производства, которую он возглавлял (с перерывами) до своей кончины в 1958 г.

По инициативе Михайлова в 1932 г. была создана исследовательская группа, которую возглавил Алексей Алексеевич Кириллов. В дальнейшем она переросла в многопрофильную сварочную лабораторию. Когда в 1962 г. был создан научно-исследовательский подотдел отдела главного сварщика Уралмашзавода, она стала основой для создания лабораторий для исследования сварочных процессов, наплавки, механизированных способов сварки, электрошлаковой сварки, проблем металловедения и электротехники.

И снова нельзя не отметить роль Г.П. Михайлова, но на этот раз как крупнейшего ученого-электротехника. Он создает новое научное направление — сварку трехфазной дугой. По сравнению с однофазной сваркой производительность при этом способе возрастает в 1,5–2 раза, а экономия электроэнергии составляет 25–30%.

Основы сварки переменным током разработал академик В.Ф. Мицкевич в 1903–1905 гг. В «Сварочном вестнике» (1927 г.) и в журнале «Электричество» (1932 г.) сообщалось о больших затруднениях, связанных с трехфазной сваркой. Так, инженер И. Зак писал, что схемы, предложенные Гольслэгом в США, Шмидтом в Германии, Бетено во Франции, Клинкгамером в Голландии теоретически неправильны и практически неприемлемы. Другие авторы считали, что основная причина, задерживающая внедрение этого способа сварки, — отсутствие специальных сварочных трансформаторов. Эту проблему решил проф. Н.С. Сиунов, будущий ректор УПИ им. С.М. Кирова. Для питания сварочным током был разработан специальный трансформатор.

Под руководством Г.П. Михайлова был проведен огромный комплекс работ. Он включал исследование трехфазной электрической дуги и ее воздействие на процесс сварки; исследование различных способов сварки трехфазной дугой; разработку сварочных материалов, оснастки и оборудования для трехфазной сварки и другие принципиально важные вопросы.

Ко второму этапу создания сварочного производства относится предвоенный период 1933–1941 гг., когда сварку стали применять при изготовлении машин и оборудования, она становится процессом, заменившим клепку. С использованием сварки стали производить мостовые и козловые краны, вагранки и другие ответственные конструкции, например станины фанерных прессов. Тогда специальная фанера широко применялась в производстве боевых самолетов.

Описывая два периода становления сварочного производства Уралмашзавода, нельзя не отметить Владимира Евгеньевича Волынко (1900–?). Судя по архивным данным, это была исключительно неординарная личность с совершенно необычной судьбой. Первоначально он учился в Екатеринбурге в горном институте, созданном по прямому указанию Николая II. Во время гражданской войны сначала воюет на стороне белых, затем переходит на сторону красных. В 1920 г. студент третьего курса Московской горной академии уезжает на практику на золотоносные прииски и в вуз не возвращается. На различных приисках он занимает достаточно ответственные должности, а в 1923 г. резко меняет свою специальность: становится электросварщиком. В 1925–1926 гг. В.Е. Волынко выполняет восстановительные работы конструкций особо ответственного назначения на Надеждинском металлургическом заводе (ныне город Серов). Вызывает удивление талант, ум и дерзость этого молодого человека. Даже в наши дни найдется не много специалистов, способных решать задачи на таком высоком инженерном уровне. Свой опыт Волынко обобщил в цикле лекций для специалистов сварочного производства «Дуговая сварка в ремонтном деле». По оценке крупнейшего авторитета того времени А.Н. Огиевского — это было первое в мире подобное издание.

Рис. 3. Памятник эпохи советского конструктивизма — водонапорная башня архитектора М.В. Рейшер (1929 г.)

С 12 января 1930 г. Владимир Евгеньевич — работник Уралмашинстроя в должности инструктора электросварки ЦМК. Затем он работал инженером-проектировщиком, старшим инженером сварки, заведовал курсами по подготовке сварщиков для Уралмашзавода. Среди наиболее ярких работ Волынко, выполненных совместно с А.А. Урбанским и другими электросварщиками, — сварка бака вместимостью 700 м^3 водонапорной башни Уралмашзавода, пожалуй, одного из самых значимых памятников эпохи конструктивизма, широко известного под названием «Белая башня» (*рис. 3*). Подоб-

ная работа была сделана в Чикаго, но вместимость бака была много меньше.

О признании уникальности работ В.Е. Волынко свидетельствуют многочисленные факты. Он принял участие в работе 1-го Всесоюзного автогенного съезда специалистов сварочного производства. В.Е. Волынко неоднократно избирали членом Уральского областного бюро инженеров и научных работников сварочного дела. К сожалению, В.Е. Волынко повторил печальную судьбу многих людей того времени.

После ликвидации Российской ассоциации пролетарских писателей (РАППП) в Свердловск был сослан Леопольд Авербах, племянник Я.М. Свердлова, дальний родственник видного партийного деятеля В. Бонч-Бруевича. Он был назначен редактором уралмашевской многотиражной газеты, а затем избран секретарем парткома завода. Кстати, именно Авербах послужил для М.А. Булгакова прообразом Воланда в романе «Мастер и Маргарита». Авербах сожалел, что на Уралмашзаводе до сих пор не было публичных политических дел. Случай подвернулся. Из-за элементарной безграмотности и безответственности рабочих — вчерашних крестьян, сгорел кузнечный цех, в те годы крупнейший в Европе. В ходе процесса, на котором Авербах был главным обвинителем, обвинения были предъявлены 10 крупнейшим заводским специалистам. Четверо из них были приговорены к расстрелу. В.Е. Волынко присудили 10 лет. Его дальнейшая судьба неизвестна. В 1956 г. он письменно обратился в отдел кадров Уралмашзавода с просьбой выслать трудовую книжку. На этом следы этого талантливого специалиста потерялись.

Сварщики Уралмашзавода в 1930-е годы приняли участие в реализации одного из самых грандиозных проектов современности.

Эта история началась на Первом съезде Советов СССР, состоявшемся в 1922 г., где С.М. Киров предложил «воздвигнуть новый дворец рабочих и трудящихся крестьян» на месте «дворцов банкиров, помещиков и царей». Но тогда эта идея «еще не вызрела». О ней вспомнили в 1924 г., когда возник вопрос об увековечении памяти В.И. Ленина. «Нужно построить грандиозное здание, которое должно стать одновременно памятником В.И. Ленину, Коминтерну и образованию Союза ССР», — таково было решение руководства Всесоюзной Коммунистической партии (большевиков).

В середине 1930-х годов Уралмашзавод приступил к изготовлению сварных конструкций для Дворца Советов. Для них отечественными металлургами была создана сталь марки ДС («Дворец Советов»). По тем временам она считалась особо прочной. Технологам и рабочим Уралмашзавода нужно было освоить принципиально новую марку стали и в короткие сроки наладить производство сварных конструкций.

Одной из особенностей этой стали было наличие в ней меди. Этот элемент, помимо повышения коррозионной стойкости металла, вызывает красноломкость, то есть при ее сварке возникает повышенная опасность образования горячих трещин, что было недопустимо. Требовалось разработать приемы и режимы заготовительных операций, сборки и сварки особо ответственных конструкций. С 1940 г. начался монтаж каркаса сварных конструкций сооружения, причем он выполнялся очень быстрыми темпами.

Начавшаяся Великая Отечественная война внесла свои коррективы. Уже в сентябре — октябре 1941 г. из подготовленных для монтажных работ сварных металлоконструкций были изготовлены противотанковые ежи для обороны Москвы. В этой работе принимали участие и уралмашевцы.

Уралмашзаводу была поставлена задача в кратчайшие сроки освоить производство броневой стали и обеспечить ее выпуск в требуемом объеме. Задача казалась неразрешимой, так как южные металлургические заводы находились на оккупированной фашистами территории. Поэтому заводскими специалистами было предложено в качестве основы использовать сталь «ДС», которая осталась на Уралмаше. Затем настала очередь собранного каркаса Дворца Съездов. После оккупации Донбасса стальные конструкции Дворца Советов были использованы для сооружения мостов вновь построенных железнодорожных магистралей. По ним перевозили уголь, добытый в северных районах, в центральные районы страны.

Полученный опыт позволил Уралмашзаводу в очень короткие сроки уже в послевоенные годы, в период восстановления разрушенного войной хозяйства, освоить производство особо ответственных конструкций индивидуального тяжелого машиностроения из аналогичной марки стали 10ХСНД, в состав которой также входит медь.

В конце прошлого века при сооружении Храма Христа Спасителя выяснилось, что грандиозный фундамент Дворца Советов сохранился, поэтому цикл работ, связанный с его изготовлением, был коротким. Возможно, в фундаменте храма сохранились изделия первого поколения уралмашевских сварщиков — уникальные металлоконструкции.

Еще студентами мы знали, что на Уралмашзаводе работает легенда отечественной и мировой ремонтной сварки Вячеслав Алексеевич Батманов (*рис. 4*) и что самым молодым среди уралмашевских начальников цехов является Николай Рыжков — начальник сварочного цеха № 31 (бывший ЦМК), одного из самых сложных цехов. Тогда мы, конечно, не предполагали, что симпатичный долговязый парень будет последним Председателем Совета министров СССР.

В.А. Батманова я увидел летом 1957 г. во время прохождения практики на Уралмаше: невысокого роста, широкоплечий, очень скромно одетый. Тогда 67-летний Вячеслав Алексеевич защищал дипломный проект. Его блестящий доклад был посвящен холодной сварке чугуна, одним из основателей которой он был сам.

После окончания института я начал работать в отделе главного сварщика Уралмашзавода. С Батмановым встречались редко, ко мне он обращался не иначе, как «товарищ Панов». А моим начальником В.А.Батманов, заведующий лабораторией сварочных процессов, стал в 1965 г., мы проработали вместе до его кончины в 1969 г.

Рис. 4. В.А. Батманов

Это была ярчайшая личность во всех отношениях. Получил всестороннее домашнее образование, часто цитировал А.С. Пушкина. Его отец А.Н. Батманов — петербуржец, адвокат, народоволец, арестант Петропавловской крепости, высланный в Екатеринбург. Он занимал ведущее положение в культурной жизни Екатеринбурга тех лет, был одним из основателей легендарного Уральского общества любителей естествознания (УОЛЕ).

Осваивать сварку Батманов начал еще до первой мировой войны в Санкт- Петербурге, работая сварщиком на Путиловском заводе и «Северной верфи». Поступил в Императорский электротехнический институт имени Александра III. В 1916 г. окончил военное училище, получил первое офицерское звание — прапорщик. В 1918 г. В.А. Батманов был мобилизован в Белую армию. Гражданскую войну он закончил в Красной армии. Служил в радиотехнических войсках.

Секреты сварочного мастерства В.А. Батманов продолжал осваивать на судоверфи в Николаеве, затем на Верх-Исетском заводе (Свердловск) и других предприятиях.

Сварочная энциклопедия, изданная в США в 1930 г., свидетельствует, что в то время Батманов был мировым лидером в вопросах ремонтной сварки особо ответственных толстостенных конструкций. Его известность не имела границ. Есть предположения, что Батманов имел контакты с Американским сварочным обществом.

Работы Батманова до сих пор поражают воображение: 1926 г. — устранение трещины длиной 2,5 м в чугунном цилиндре реверсивной паровой машины (Надеждинский металлургический завод); с 1935 г. В.А. Батманов — уралмашевец, его трудовая книжка пестрит благодарностями за произведенные восстановительные работы; 1936 г. — ремонтная сварка цапфы валка диаметром 800 мм прокатного стана; 1939 г. — высококачественный ремонт цилиндра парореверсивной машины в короткие сроки.

Ему был вручены аттестат отличника социалистического соревнования (за подписью наркома танковой промышленности Малышева), почетный значок московского Метростроя за разработку технологии ремонтной сварки тюбингов для Московского метрополитена, а в 1966 г. он был награжден медалью «За трудовую доблесть».

Как раритет, у меня хранится записная книжка Батманова с перечнем предстоящих и выполненных работ. Работоспособность была потрясающей. Даже в возрасте 72 лет его рабочий день длился не менее 12 часов.

Широко известны книги Вячеслава Алексеевича по ремонтной сварке, они изданы на европейских языках и востребованы и сейчас. Сам В.А. Батманов был прекрасным сварщиком. До войны электроды для устранения крупных дефектов делали следующим образом: прутки диаметром 10–12 мм обматывали асбестовым шнуром, который крепили к стержню проволокой, затем окунали в жидкое стекло и высушивали. Какую физическую силу надо было иметь, чтобы держать в течение смены такую тяжесть. Сила тока доходила до 1000–1100 А. А ведь еще надо было управлять огромной массой расплавленного металла и обеспечивать высокое качество сварки.

Когда Батманов делал ремонтную сварку массивных деталей, рядом лежали пакетики с различными ферросплавами, время от времени Вячеслав Алексеевич производил легирование металла шва большой толщины. Он не просто наугад сыпал порошки, этому предшествовал тщательный расчет.

В декабре 1941 г. сломалась станина пресса, на котором штамповали заготовки валков для прокатки броневых сталей, самолетных пропеллеров, деталей танков и самоходок. Надо было иметь огромное мужество и глубокое понимание поведения металла базовой детали тяжелонагруженного оборудования, чтобы в такой страшной обстановке (в случае неудачи мог грозить тюремный срок) предложить абсолютно новый прием — вварку пакета пластин в жесткий контур. Впоследствии специалисты назовут такой прием «батмановским» швом. Когда же работа была успешно проведена в кратчайшие сроки, Вячеслава Алексеевича спросили, чем его отблагодарить. Он попросил тарелку супа. • **#1326**

Открыта подписка–2013 на журнал «Сварщик»

в почтовых отделениях Украины, подписной индекс 22405. Подписку на журнал можно оформить у региональных представителей:

Город	*Название подписного агентства*	*Телефон*
Винница	ЗАО «Блиц-Информ»	(0432) 27-66-58
Днепропетровск	«Баланс-Клуб»	(056) 370-44-23
	ЗАО «Блиц-Информ»	(056) 370-10-50
	ООО «Меркурий»	(056) 778-52-86
Донецк	ЗАО «Блиц-Информ»	(062) 381-19-32
Житомир	ЗАО «Блиц-Информ»	(0412) 36-04-00
Запорожье	ЗАО «Блиц-Информ»	(0612) 63-91-82
	ЧП ККК «Пресс Сервис»	(0612) 62-52-43
Ивано-Франковск	ЗАО «Блиц-Информ»	(03422) 52-28-70
Киев	ООО «Бизнес Пресса»	(044) 248-74-60
	ЗАО «Блиц-Информ»	(044) 205-51-10
	ООО «Периодика»	(044) 449-05-50
	ООО «Пресс-Центр»	(044) 252-94-77
	АОЗТ «САММІТ»	(044) 537-97-44
Кировоград	ЗАО «Блиц-Информ»	(0522) 32-03-00
Кременчуг	ЗАО «Блиц-Информ»	(05366) 79-90-19
	ООО «САММІТ-Кременчуг»	0536(6) 3-21-88
Кривой Рог	ЗАО «Блиц-Информ»	(0564) 66-24-36
Луганск	ЗАО «Блиц-Информ»	(0642) 53-81-07
Луцк	ЗАО «Блиц-Информ»	(0332) 72-05-48
Львов	ЗАО «Блиц-Информ»	(0322) 39-28-69
	«Львівські оголошення»	(0322) 97-15-15
	ООО «САММІТ-Львов 247»	(0322) 74-32-23
	«Фактор»	(0322) 41-83-91
Мариуполь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0629) 33-54-98
Нежин	ЧП «Прес-Курьер»	(04631) 5-37-66
Николаев	ЗАО «Блиц-Информ»	(0512) 47-10-82
	ООО «Ноу Хау»	(0512) 47-20-03
	ООО «САММІТ-Николаев»	(0512) 23-40-86
	ЧП «ТЕПС & Со»	(0512) 47-47-35
Одесса	ЗАО «Блиц-Информ»	(048) 711-70-79
Прилуки	ЧП «Прес-Курьер» (филиал)	(04637) 3-04-62
Полтава	ЗАО «Блиц-Информ»	(05322) 7-31-41
Ровно	ЗАО «Блиц-Информ»	(0362) 62-56-26
Севастополь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0692) 55-44-51
Симферополь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0652) 24-93-00
	ДП «САММІТ-Крым»	(0652) 44-36-95
Сумы	ЗАО «Блиц-Информ»	(0542) 27-52-09
	ООО «Диада»	(0542) 37-03-55
Тернополь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0352) 43-08-10
Ужгород	ЗАО «Блиц-Информ»	(03122) 2-38-16
Харьков	ЗАО «Блиц-Информ»	(0572) 17-13-27
	АОЗТ «САММІТ-Харьков»	(0572) 14-22-61
	ДП «Фактор-Пресса»	(0572) 26-43-33
	«Форт» Издательство	(0572) 14-09-08
Херсон	ДПЗАО «Блиц-Информ»	(0552) 26-36-49
Хмельницкий	ЗАО «Блиц-Информ»	(0382) 79-24-23
	ВКП «Фактор-Запад»	(0382) 70-20-93
Черкассы	ЗАО «Блиц-Информ»	(0472) 47-05-51
Черновцы	ЗАО «Блиц-Информ»	(03722) 2-00-72
Чернигов	ЗАО «Блиц-Информ»	(04622) 4-41-61

ТАЛОН-ЗАКАЗ

на книги издательства «Экотехнология»

Название книги — *Цена (грн.)*

В. М. Бернадський та ін. **Російсько-український та українсько-російський словник зварювальної термінології.** 2001. — 224 с. 30

В. И. Лакомский, М. А. Фридман. **Плазменно-дуговая сварка углеродных материалов с металлами.** 2004. — 196 с. 40

А. А. Кайдалов. **Электронно-лучевая сварка и смежные технологии.** Издание 2-е, переработанное и дополненное. 2004. — 260 с. 50

О. С. Осика та ін. **Англо-український та українсько-англійський словник зварювальної термінології.** 2005. — 256 с. 40

В. М. Корж. **Газотермічна обробка матеріалів: Навчальний посібник.** 2005. — 196 с. 40

В. Я. Кононенко. **Газовая сварка и резка.** 2005. — 208 с. 40

С.Н.Жизняков, З.А.Сидлин. **Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология.** 2006. — 368 с. . .60

А.Я.Ищенко и др. **Алюминий и его сплавы в современных сварных конструкциях.** 2006. — 112 с. с илл. .30

П. М. Корольков. **Термическая обработка сварных соединений.** 3-е изд., перераб. и доп. 2006. — 176 с. . .40

А.Е.Анохов, П.М.Корольков. **Сварка и термическая обработка в энергетике.** 2006. — 320 с. 40

Г. И. Лащенко. **Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом.** 2006. — 384 с. 50

А. А. Кайдалов. **Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов.** 2007. — 456 с. 50

П. В. Гладкий, Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев. **Плазменная наплавка.** 2007. — 292 с. 50

А. Г. Потапьевский. **Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах.** 2007. — 192 с. 50

Г. И. Лащенко, Ю. В. Демченко. **Энергосберегающие технологии послесварочной обработки металлоконструкций.** 2008. — 168 с. 40

Б. Е. Патон, И. И. Заруба и др. **Сварочные источники питания с импульсной стабилизацией горения дуги.** 2008. — 248 с. 50

З. А. Сидлин. **Производство электродов для ручной дуговой сварки.** 2009. — 464 с. 80

А. А. Кайдалов. **Современные технологии очистки поверхностей конструкционных материалов:** научно-производственное издание. 2009. — 540 с. . . .60

В. Н. Радзиевский, Г. Г. Ткаченко. **Высокотемпературная вакуумная пайка в компрессоростроении.** 2009. — 400 с. 50

В. Н. Корж, Ю. С. Попиль. **Обработка металлов водородно-кислородным пламенем.** 2010. — 194 с. . . .40

Г. И. Лащенко. **Современные технологии сварочного производства.** 2012. — 720 с. 90

Книги прошу выслать по адресу:

Куда . . . . . .
почтовый индекс

. . . . . .

Кому . . . . . .

Счет на оплату прошу выслать по факсу:

(. . . . . .) . . . . . .

Реквизиты плательщика НДС:

Св. № . . . . . идент. № . . . . . .

Ф. И. О. лица, заполнившего талон, телефон для связи:

. . . . . , ...

Заполните этот талон и вышлите в редакцию журнала «Сварщик» по адресу: **03150 Киев, ул. Горького, 62Б** или по факсу: **(044) 287–6502.**

Цены на книги указаны без учета НДС и стоимости доставки.

В 2013 г. цены на наши издания снижены на 20–30%.

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: **03150 Киев–150, а/я 52 «Сварщик».**

1258	1259	1260	1261	1262	1263	1264	1265	1266
1267	1268	1269	1270	1271	1272	1273	1274	1275
1276	1277	1278	1279	1280	1281	1282	1283	1284
1285	1286	1287	1288	1289	1290	1291	1292	1293
1294	1295	1296	1297	1298	1299	1300	1301	1302
1303	1304	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311
1312	1313	1314	1315	1316	1317	1318	1319	1320
1321	1322	1323	1324	1325	1326	1327	1328	1329

Заполняется печатными буквами

Ф. И. О. _____

_____

Должность _____

Тел. (_____) _____

Предприятие _____

Подробный почтовый адрес: _____

_____

_____

«_____» _____ 2013 г.

_____

подпись

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 _____

Тарифы на рекламу в 2013 г.

На внутренних страницах		
Площадь	*Размер, мм*	*Грн.**
1 полоса	210×295	**4000**
1/2 полосы	180×125	**2000**
1/4 полосы	88×125	**1000**
На страницах основной обложки		
Страница	*Размер, мм*	*Грн.**
1 (первая)	215×185	**9000**
8 (последняя)	210×295 (после обрезки 205×285)	**6000**
2 и 7		**5500**
На страницах внутренней обложки		
Стр. (площадь)	*Размер, мм*	*Грн.**
3 (1 полоса)	210×295	**5000**
4 (1 полоса)	210×295	**4800**
5–6 (1 полоса)	210×295	**4500**
5–6 (1/2 полосы)	180×125	**2300**

* Для организаций-резидентов Украины (цены с НДС). Для организаций-нерезидентов Украины возможна оплата в национальной валюте по официальному курсу.

Рекламная статья: 1 полоса (стр.) — **1500 грн.**

Прогрессивная система скидок

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

Тарифы на рекламу универсальные — одинаковые для журналов «Сварщик» и «Сварщик в России».
При размещении рекламно-информационных материалов одновременно в журналах «Сварщик» и «Сварщик в России» предоставляется дополнительная 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: флэш-диск, DVD или CD-ROM.

Подача материалов в очередной номер — до 15-го числа нечетного месяца (например, в №3 — до 15.05)

Руководитель рекламного отдела: **В. Г. Абрамишвили**
тел./ф.: (0 44) **200-80-14**, (050) 413-98-86 (моб.)
e-mail: welder.kiev@gmail.com, tr@welder.kiev.ua
http://www.welder.kiev.ua/

ДП «ЕКОТЕХНОЛОГІЯ»

Київ 03150 вул. Горького, 62 sales@et.ua, equip@et.ua www.et.ua
т./ф. +380 44 200 8056 (багатокан.), 248 73 36, 287 27 16, 287 26 17, 289 21 81

Більш ніж 1000 найменувань
промислових товарів
кращих вітчизняних та іноземних виробників

ВСЕ КРАЩЕ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ

им. Е.О. ПАТОНА
ОЗСМ
им. Е.О.ПАТОНА
ОЗСО
ESAB
КЗЭСО
ABICOR BINZEL
LINCOLN ELECTRIC
KRASS
SELMA
FRUNZE
ДОНМЕТ
GOLD
most
gce Security in action

СпецЭлектрод

Искусство объединять...

Сварочные электроды

Генеральный дистрибьютер ООО «НПП «Сварка Евразии»

Москва
ул. Перовская, 71
+7 (495) 370-09-16
+7 (495) 370-17-24
+7 (495) 370-38-84
+7 (495) 739-50-84
+7 (495) 739-50-85

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

Екатеринбург
ул. Черняховского, 68
+7 (343) 258-22-92
+7 (343) 263-86-33

URL: www.spetselectrode.ru **E-Mail:** postmaster@spetselectrode.ru