



3 (49) 2006

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

Журнал награжден Почетной грамотой и Памятным знаком Кабинета Министров Украины

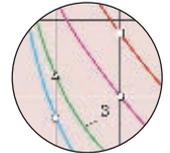
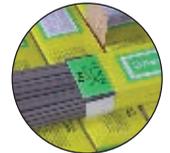
информационно-технический журнал
Сварщик®

Технологии
Производство
Сервис

3—2006

СОДЕРЖАНИЕ

	Новости техники и технологий	3
	Производственный опыт	
	Особенности технологии сборки и сварки элементов кузова пассажирских вагонов с несущей оболочкой. <i>Н. В. Высоколян</i>	6
	Аппарат АШ 115 М для электрошлаковой сварки — новый шаг в совершенствовании технологии изготовления продукции тяжелого машиностроения. <i>К. А. Юценко, И. И. Лычко, В. Д. Ковалев, С. И. Великий, А. Д. Чепурной, А. Н. Шалашный</i>	9
	Наши консультации	12
	Технологии и оборудование	
	Сварочные трансформаторы с устройствами стабилизации горения дуги. <i>И. И. Заруба, В. В. Дыменко, А. Ф. Шатан</i>	13
	Электрошлаковая наплавка в токоподводящем кристаллизаторе — перспективный способ изготовления и восстановления деталей. <i>Ю. М. Кусков, И. А. Рябцев</i>	18
	Влияние структурного состояния Fe—В покрытий на их стойкость к коррозии и износу. <i>Е. А. Астахов, Г. С. Каплина, А. П. Мурашов, В. Ф. Гольник, З. Г. Ипатова, А. И. Кильдий</i>	21
	Универсальный полуавтомат для плазменного напыления защитных покрытий на внутренние поверхности. <i>С. В. Петров, В. Н. Коржик, Ю. А. Никитюк</i>	24
	Термическая обработка нагревом изнутри корпусного оборудования в условиях реконструкции действующего производства. <i>А. И. Лавров, В. А. Бабкин, П. Б. Ловырев, В. В. Кисель, А. К. Черепковский, П. М. Корольков</i>	28
	ЗАО «Артемовский машиностроительный завод «Вистек»	31
	TransPocket 2500/3500 — новый полностью цифровой инверторный источник питания постоянного тока с резонансным принципом	33
	Опыт применения перспективных полиуретанов для защиты от коррозии. <i>С. В. Малюгин, М. М. Смирнов, Н. В. Давыдкин, А. С. Малюгин</i>	35
	Комбинированные технологии формирования градиентных структур деформированного чугуна. <i>И. Л. Поболь, А. И. Покровский</i>	40
	Водородное охрупчивание меди. <i>О. Г. Касаткин, В. Ю. Скульский</i>	44
	Охрана труда	
	Газы, що утворюються при зварюванні. <i>О. Г. Левченко</i>	46
	Выставки	
	Третья международная специализированная выставка «Сварка. Родственные технологии—2006»	48
	Конференции и семинары	
	Повышение эксплуатационной надежности систем трубопроводного транспорта. Научно-практический семинар. <i>А. А. Кайдалов</i>	51
	Сварка и родственные процессы в промышленности. Научно-технический семинар. <i>И. А. Рябцев</i>	52
	Условные обозначения сварочных материалов и операций	53



Новини техніки і технологій	3
Виробничий досвід	
• Особливості технології складання й зварювання елементів кузова пасажирських вагонів з несучою оболонкою. <i>Н. В. Високолян</i>	6
• Апарат АШ 115 М для електрошлакового зварювання — новий крок в удосконаленні технології виготовлення продукції важкого машинобудування. <i>К. А. Ющенко, І. І. Личко, В. Д. Ковальов, С. І. Великий, А. Д. Чепурной, А. Н. Шалашний</i>	9
Наші консультації	12
Технології і устаткування	
• Зварювальні трансформатори із пристроями стабілізації горіння дуги. <i>І. І. Заруба, В. В. Дименко, О. Ф. Шатан</i>	13
• Електрошлакове наплавлення в токопідвідному кристалізаторі — перспективний спосіб виготовлення й відновлення деталей. <i>Ю. М. Кусков, І. О. Рябцев</i>	18
• Вплив структурного стану Fe-B покриттів на їх стійкість до корозії й зношування. <i>Є. А. Астахов, Г. С. Капліна, А. П. Мурашов, В. Ф. Гольник, З. Г. Іпатова, А. І. Кильдій</i>	21
• Універсальний напівавтомат для плазмового напилювання захисних покриттів в внутрішні поверхні. <i>С. В. Петров, В. М. Коржик, Ю. А. Никитюк</i>	24
• Термічна обробка нагріванням зсередини корпусного устаткування в умовах реконструкції діючого виробництва. <i>А. І. Лавров, В. А. Бабкін, П. Б. Ловириєв, В. В. Кисіль, А. К. Черепківський, П. М. Корольков</i>	28
• ЗАТ «Артемівський машинобудівний завод «Віstek»	31
• TransPocket 2500/3500 — нове повністю цифрове інверторне джерело живлення постійного струму з резонансним принципом	33
• Досвід застосування перспективних поліуретанів для захисту від корозії. <i>С. В. Малюгін, М. М. Смирнов, Н. В. Давидкін, А. С. Малюгін</i>	35
• Комбіновані технології формування градієнтних структур деформованого чавуну. <i>І. Л. Поболь, А. І. Покровський</i>	40
• Водневе охрупчення міді. <i>О. Г. Касаткін, В. Ю. Скульський</i>	44
Охорона праці	
• Гази, що утворюються при зварюванні. <i>О. Г. Левченко</i>	46
Виставки	
• Третя міжнародна спеціалізована виставка «Зварювання. Споріднені технології—2006»	48
Конференції й семінари	
• Підвищення експлуатаційної надійності систем трубопровідного транспорту. Науково-практичний семінар. <i>А. А. Кайдалов</i>	51
• Зварювання й споріднені процеси в промисловості. Науково-технічний семінар. <i>І. О. Рябцев</i>	52
• Умовні позначення зварювальних матеріалів і операцій	53
CONTENT	
News of technique and technologies	3
Industrial experience	
• Features of technology of assembly and welding of elements of a body of coaches with a carrying shell. <i>N. V. Vysokolyan</i>	12
• The device Ash 115 M for electroslag welding — new step in perfection of technology of manufacturing of production of heavy mechanical engineering. <i>K. A. Yushchenko, I. I. Lychko, V. D. Kovalev, S. I. Velikiy, A. D. Chepurnoy, A. N. Shalashnyy</i>	9
Our consultations	12
Technologies and equipment	
• Welding transformers with devices of stabilization of burning of an arc. <i>I. I. Zaruba, V. V. Dymenko, A. F. Shatan</i>	13
• Electroslag cladding in current leading crystallizer — perspective way of manufacturing and restoration of details. <i>Yu. M. Kuskov, I. A. Ryabtsev</i>	18
• Influence of a structural state of Fe-B coating on their resistance to corrosion and deterioration. <i>E. A. Astakov, G. S. Kaplina, A. P. Murashov, V. F. Gol'nic, Z. G. Ipatova, A. I. Kil'diy</i>	21
• Universal semiautomate for plasma deposition of protective coatings on internal surfaces. <i>S. V. Petrov, V. N. Korzhik, Yu. A. Nikityuk</i>	24
• Thermal treatment by heating from within of case equipment in conditions of reconstruction of working manufacture. <i>A. I. Lavrov, V. A. Babkin, P. B. Lovyrev, V. V. Kisel', A. K. Cherepkovskiy, P. M. Korol'kov</i>	28
• Closed JSC «Artemovskiy machine-building factory «Vistek»	31
• TransPocket 2500/3500 — new completely digital inverter power supply of a constant current with a resonant principle	33
• Experience of application of perspective polyurethanes for protection against corrosion. <i>S. V. Malyugin, M. M. Smirnov, N. V. Davydkin, A. S. Malyugin</i>	35
• The combined technologies of formation of gradient of structures of the deformed pig-iron. <i>I. L. Hobol', A. I. Pokrovskiy</i>	40
• Hydrogen embrittlement of copper. <i>O. G. Kasatkin, V. Yu. Skul'skiy</i>	44
Labor protection	
• Gases which are arised during welding. <i>O. G. Levchenko</i>	46
Exhibitions	
• The third international specialized exhibition «Welding. Related technologies—2006»	48
Conferences and seminars	
• Increase of operational reliability of systems of pipeline transport. A scientific-practical seminar. <i>A. A. Kaydalov</i>	51
• Welding and related processes in an industry. A scientific and technical seminar. <i>I. A. Ryabtsev</i>	52
• Conventional signs of welding materials and operations	53

Свидетельство о регистрации КВ № 3102 от 09.03.98

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

Издатель ГВП «Экотехнология»

Издание журнала поддерживают



Общество сварщиков Украины,
 Национальный технический
 университет Украины «КПИ»

Журнал издается
 при содействии UNIDO

Главный редактор

Зам. главного редактора

Редакционная коллегия

Редакционный совет

Редакция

Маркетинг и реклама

Верстка

Адрес редакции

Телефон

Тел./факс

E-mail

URL

Представительство в Беларуси

Представительство в России

Представительство в Прибалтике

Представительство в Болгарии

К. А. Ющенко

Б. В. Юрлов,
 Е. К. Доброхотова

В. В. Андреев,
 В. Н. Бернадский,
 Ю. К. Бондаренко,
 Ю. В. Демченко,
 В. М. Илюшенко,
 А. А. Кайдалов, О. Г. Левченко,
 П. П. Проценко, И. А. Рябцев

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

Т. Н. Мишина, А. Л. Берзина

В. Г. Абрамишвили

Т. Д. Пашигорова, А. Е. Рублева

03150 Киев, ул. Горького, 62

+380 44 528 3523, 529 8651

+380 44 287 6502

welder@et.ua,
 welder@welder.kiev.ua

http://www.et.ua/welder/

Минск
 Вячеслав Дмитриевич Сиваков
 +375 17 213 1991, 246 4245

Москва, ООО «Центр
 трансфера технологий»
 Анига Анатольевна Фокина
 +107 495 626 0905, 626 0347
 e-mail: cct94@mail.ru

Рига, Янис Андерсонс
 +371 7 538 974,
 +371 7 538 345 (ф.)
 e-mail: janis37@navigator.lv

Вильнюс, Александр Шахов
 +370 52 47 4301
 ПФ «Рекламос Центрас»

София, Стоян Томанов
 +359 2 953 0841, 954 9451 (ф.)
 e-mail: evertood@mail.bg
 ООД «Евэрт-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 29.05.2006. Формат 60×84 1/8.
 Печать офсетная. Бумага офсетная № 1.
 Гарнитура Petersburg. Усл. печ. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,2.
 Зак. № 29/05 от 29.05.2006. Тираж 3000 экз.
 Печать ООО «Людоприв Украина», 2006.
 01023 Киев, ул. Ш. Руставели, 39–41, к. 1012–1014.
 Тел. (044) 289–0879, 287–4280.
 © «Экотехнология», 2006



Скоростная очистка рельсов лазерным излучением

Тонкие слои оксидов в соединении с водой и смазочными материалами образуют на поверхности катания пленку, ухудшающую сцепление колес с рельсами, удлиняющую тормозной путь и увеличивающую электрическое сопротивление между колесом и рельсом.

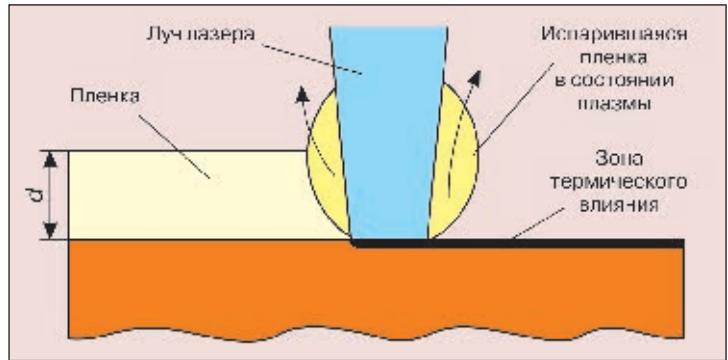
Для очистки поверхности катания рельсов наиболее предпочтителен метод сублимационной очистки под воздействием лазерного луча (рисунок). Поскольку испарение материала пленки происходит локально, образующийся пар и частицы материала пленки могут успешно улавливаться, не попадая в атмосферу.

Компания Rofin (Германия) в 2003 г. разработала для эксплуатационных испытаний несколько лазеров с двумя световодными выходами мощностью по 1 кВт, а компания Laserthor (Великобритания) изготовила опытные образцы. Эти лазеры были оснащены наиболее совершенной рабочей оптикой третьего поколения. Для исследований использовали испытательный стенд, представляющий собой вращающееся кольцо из рельсового профиля. Поверхность головки рельса покрывали пленками различной толщины из смазок, лака и других материалов. Над рельсом установили рабочую оптику на волоконно-оптическом световоде. По длине рельса очищались полосы шириной 10–20 мм. На стенде моделировали скорость движения до 50 км/ч.

Эффективность метода очистки была подтверждена результатами измерения коэффициента трения до и после лазерной очистки.

Для испытаний на сети железных дорог Великобритании лазерная система была смонтирована в стандартном контейнере и установлена на специализированном поезде. Две оптические головки установили над обоими рельсами и с помощью армированного волоконно-оптического световода соединили с лазером. Для того чтобы исключить возможность термического воздействия на основной материал рельсов, на время испытаний предусмотрели автоматическое отключение лазера в случае снижения скорости движения поезда до 5 км/ч.

Для сравнительных исследований на поезде была также смонтирована установка для очистки рельсов водой под давлением 100 МПа.



Во время испытаний системы лазерной очистки рельсов в Великобритании осенью 2004 г. рабочая скорость иногда превышала 64 км/ч. Для системы очистки рельсов водой под давлением типична рабочая скорость составляла 35 км/ч. Базируясь на результатах испытаний, проведенных в 2003 г. и начале 2004 г., разработчики перед испытаниями в Великобритании несколько модифицировали и оптимизировали оптическую головку. План испытаний предусматривал проверку работы установки, смонтированной на поезде, в автоматическом режиме. Поскольку рабочая скорость очистки лазерным излучением в первом приближении находится в линейной зависимости от мощности лазера, возможно размещение таких установок на грузовых поездах, скорость которых может составлять до 130 км/ч.

● #668
Elektrische Bahnen, 2004, № 8/9, S. 383–388.

Рисунок. Схема очистки поверхности с помощью лазерного излучения (d — толщина пленки)

«Судмаш» планирует выпуск машин плазменной резки

Предприятие «Судмаш» (Николаев), входящее в состав холдинговой компании «Черноморский судостроительный завод» (ЧСЗ), решило начать производство машин плазменной резки в связи с потребностью модернизации парка машин ЧСЗ и отсутствием производства данной техники на отечественном рынке. На заводе будет осуществляться полный цикл производства машин, кроме реализации электронного оснащения, которое будет закупаться.

Завод берет на себя сбыт продукции. Стоимость проекта составляет порядка 2–3 млн. гривен, при этом завод намерен самостоятельно его профинансировать.

Машина плазменной резки предназначена для резки листовой стали и используется в судостроении, машиностроении и других отраслях. Динамика продаж данной техники на территории СНГ составляет 200 машин в год.

Общество с ограниченной ответственностью «Судмаш» специализируется также на производстве дейдвудных устройств и технологической оснастки для ЧСЗ.

● #669

www.ugmk.info

Российский и украинский рынки сварочной техники по оценке компании Frost&Sullivan

Транснациональная консалтинговая компания Frost&Sullivan в своей деятельности сочетает систематический анализ рынков, технологий и эконометрию с экспертизой, консалтингом и корпоративным менеджментом. Среди клиентов компании более тысячи мировых объединений и фирм, которым оказано содействие в развитии инновационной стратегии.

В связи с этим представляет интерес краткое сообщение о результатах анализа экспертами Frost&Sullivan состояния и перспектив сварочного рынка России и Украины.

На основе многофакторного (многоаспектного) анализа компании Frost&Sullivan стоимостные объемы современного рынка сварочной техники в 2004 г. в России оцениваются в сумме 385 млн. дол. и в Украине — в 84,4 млн. дол. По принятой в компании методике дана прогнозная оценка: предполагается, что объем сварочного рынка России к 2011 г. возрастет до 874,4 млн. дол., а в Украине в тот же период он расширится до 210,8 млн. долл.

В анализе эксперты компании отмечают, что ожидаемый значительный рост сварочного рынка России и Украины обусловлен существенным ростом ориентированных на экспорт отраслей промышленности: добычи нефти и газа в России, металлургии в Украине, а также машиностроения, в том числе транспортного и аэрокосмического сектора в обеих странах. Развитие отраслей промышленности, ориентированных на экспорт, по мнению экспертов, увеличивает внутренний спрос на продукцию тяжелого машиностроения, электроэнергетики, автомобильной промышленности и строительства, в производстве которых также широко применяют сложное сварочное оборудование и разнообразные сварочные материалы*.

На возможный рост спроса на современную сварочную технику уже в настоящее время влияет серьезный моральный и технический износ эксплуатируемого сварочного оборудования, оснастки и систем управления. Сварочные производства большинства отраслей промышленности и строительной индустрии все еще работают на устаревшем сварочном оборудовании и при низком уровне механизации и автоматизации сварочных работ. С целью повышения качества сварных изделий и конструкций и обеспечения их конкурентоспособности на мировом рынке многие предприятия расширяют инвестиции в современное и высокопроизводительное сварочное оборудование. Как считают эксперты, в России уже начался этот цикл замены устаревшего сварочного оборудования, в Украине же его начало ожидается в 2006–2007 гг.

В обзоре отмечается, что основным сегментом рынка сварочной техники России и Украины в 2004 г., как и в

предыдущие годы, является рынок сварочных материалов, который в стоимостном выражении составляет 65% всего объема рынка сварочной техники. Среди других сегментов рынка наибольший доход принесла продажа сварочного оборудования для дуговой сварки, на втором месте — оборудование для контактной сварки, за которым следует оборудование для газовой сварки. При этом предполагается, что рост рынка оборудования для дуговой сварки будет преобладать до 2010 г.; в дальнейшем прогнозируется рост рынка сварочного оборудования также и за счет оборудования для контактной сварки. Эта тенденция прогноза обосновывается ожидаемым ростом транспортного машиностроения, производства товаров широкого потребления и строительства, в частности, железных дорог и трубопроводов.

Оценивая конкурентоспособность сварочной техники, производимой в России и Украине, эксперты Frost&Sullivan отмечают, что хотя сварочное оборудование и расходные материалы российского и украинского производства несколько и уступают зарубежным в дизайне, качестве, уровне автоматизации и сварочно-технологических показателях, их низкая цена является ключевым конкурентным преимуществом на этом чувствительном к цене рынке. Поэтому эксперты в своем анализе обращают внимание зарубежных производителей сварочной техники, что на рынке России и Украины придется конкурировать с крупными национальными предприятиями по производству сварочного оборудования и сварочных материалов, имеющих значительный опыт и хорошие традиции. Кроме того, эти предприятия для поддержания конкурентоспособности своей продукции активно расширяют применение импортных комплектующих и материалов. Так, на украинских предприятиях по производству сварочного оборудования импортные комплектующие составляют до 70% от общего объема необходимых деталей, узлов, систем. Например, в контактных сварочных машинах последнего выпуска ЗАО «КЗЭСО» применяет детали Siemens/Bosch, которые хоть и стоят вдвое дороже, но обеспечивают более высокую эксплуатационную надежность и повышенную производительность при стабильно высоком качестве сварки. ● #670

* Учитывая, что по данным Госкомстата Украины индекс производства Украины в металлургии и машиностроении в 2004–2005 гг. имел тенденцию к снижению, следует отметить некоторую оптимистичность оценки Frost&Sullivan цифр роста сварочного рынка Украины к 2011 г.

Инверторный источник питания «Прогресс-350» для дуговой сварки

«Прогресс-350» — мощный инверторный источник питания. Имея небольшую массу и продуманную конструкцию, источник обеспечивает:

- сварку покрытым электродом на падающей внешней характеристике;
- аргодуговую сварку на падающей внешней характеристике;
- полуавтоматическую сварку сплошной и порошковой проволокой на жесткой внешней характеристике.



Техническая характеристика:

Напряжение трехфазной питающей сети частотой 50 Гц, В	380±10%
Сила потребляемого сварочного тока, А, не более	25
Сила номинального сварочного тока, А:	
при напряжении 34 В и ПН=60%	350
при напряжении 32 В и ПН=100%	300
Напряжение холостого хода, В	70±3
Пределы регулирования в режиме:	
MMA, А	30–350
MIG и MAG, В	14–36
TIG, А	5–350
Габаритные размеры, мм, не более	815×338×495
Масса, кг, не более	53
Диапазон рабочих температур, °С	-20...+40

Источник может быть использован для любых сварочных работ на постоянном токе от 5 до 350 А; его надежная конструкция выдерживает практически любые неблагоприятные условия работы. Разработано два варианта, которые отличаются микропроцессорным блоком управления сварочным процессом: вариант TIG-сварки предназначен для аргодуговой сварки вольфрамовым электродом и ручной сварки покрытым электродом; вариант MAG-сварки — для сварки проволокой в защитном газе и ручной сварки покрытым электродом.

● #671

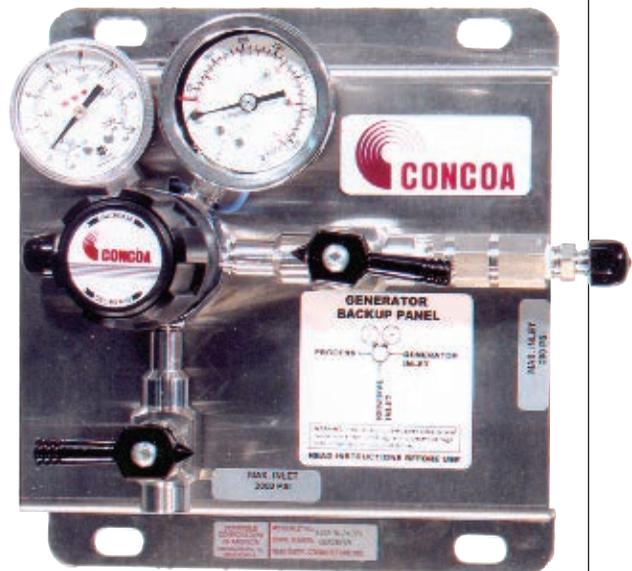
ОАО «Завод Электрик» (С.-Петербург)

Новая дополнительная панель управления генератора, обеспечивающая бесперебойную подачу газа

В феврале 2006 г. фирма CONCOA (США) представила новую разработку: управляющую панель для газовых генераторов, позволяющую непрерывно поставлять газ (азот, воздух, водород), используемый в производстве, за счет резервирования и регулирования его подачи. Если газовый генератор не обеспечивает достаточную поставку газа к системе, дублирующая система автоматически активизирует подачу газа. Когда генератор возобновляет способность поставлять газ в систему, резервная подача газа прекращается.

Возможность регулирования давления позволяет пользователям определять необходимое его количество в резервной системе. Контроль данных на генераторе и в резервной системе предотвращает обратный поток в генератор или в запасной баллон. Кроме того, контролируется герметичность любой линии. Оснащенная дистанционной сигнализацией система подает сигнал, когда подача резервного газа активизирована или поток газа уменьшается.

Материал корпуса регулятора — медь или нержавеющая сталь 316L с хромированной поверхностью. Комплектность: вентиль для давления 21 МПа; фильтр из многослойной спеченной проволоочной сетки с ячейкой 10 мкм, диа-



фрагма, клапан проверки из нержавеющей стали 316L, уплотнение Viton® и панель из нержавеющей стали 304. Максимальное входное давление 21 МПа, рабочий температурный диапазон от минус 40°С до плюс 60°С. Давление регулируется от 0 до 1 МПа.

● #672

www.concoa.com



Особенности технологии сборки и сварки элементов кузова пассажирских вагонов с несущей оболочкой

Н. В. Высоколян, главный сварщик, ОАО «Крюковский вагоностроительный завод» (Кременчуг)

Разработка серии скоростных пассажирских вагонов повышенной комфортабельности является приоритетной задачей для нашего предприятия.

Высокие скорости диктуют повышенные технические требования не только к прочностным характеристикам кузова вагона, но и к эргономическим, а также к дизайну.

В разработках перспективной модели вагона 61–788 с гладкой обшивкой ужесточены требования к геометрическим параметрам кузова по сравнению с теми же требованиями к базовой модели вагона 61–779.

Конструкция кузова представляет собой замкнутую несущую оболочку (рис. 1) из тонкостенных (1,8–2,5 мм) гофрированных или плоских панелей с вырезами для окон и дверей, укрепленную каркасом из дуг, стоек, поперечных балок, с дополнительными элементами продольного набора (обвязки, хребтовая балка). Стержневые элементы жесткости рамы, боковых стен и крыши устанавливают по поперечному периметру оболочки таким образом, чтобы после сборки в общую металлоконструкцию кузова они образовывали замкнутый контур каркаса, включая поперечные балки рамы, стойки боковых стен и дуги крыши.

В целях повышения технологичности изготовления кузова пассажирского вагона

предусмотрено расчленение конструкции кузова на отдельные крупные узлы, что делает возможным производство нескольких узлов одновременно, позволяет сократить цикл изготовления вагона и обеспечить высокую точность изготовления за счет механизации и автоматизации сборочно-сварочных операций.

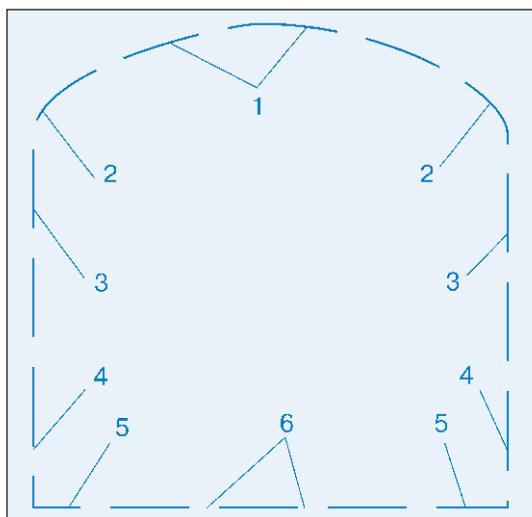
Жесткое крепление рамы на стапеле по шкворневым узлам и концевым балкам создает базу для сборки кузова вагона и обеспечивает соблюдение жестких требований к выполнению прямолинейности элементов кузова, плоскостности, размеров по длине, ширине и разности по диагоналям. Порядок сборки кузова в стапеле показан на рис. 2.

На раму устанавливают боковые стены, при этом задают и контролируют такие параметры, как ширина кузова и разность диагоналей установки боковых стен по всей длине вагона. Боковые стены закрепляют на стапеле при помощи специальных прижимов и диагональных стяжек. После чего устанавливают торцевые стены и тамбурные перегородки. Затем производят установку крыши на кузов вагона. Плотность прилегания обвязки крыши к боковым стенам обеспечивают прижатием с помощью струбцин и сваркой электрозаклепками через отверстия в обвязке крыши.

Сварку кузова вагона и его узлов выполняют сварочными полуавтоматами «Варио-Стар 457». После сварки на втором рабочем месте производят монтаж сварных элементов кузова, а также термическую правку.

Значительные термические воздействия, оказываемые на металл в процессе неравномерного нагрева сварочной дугой, вызывают в тонколистовой конструкции остаточные пластические деформации сжатия. В большинстве случаев такие местные деформации, как коробление после сварки, превышают допустимый уровень по элементам жесткости и обшивки вагона на 6–8 мм. Остаточные деформации нарушают форму тонкостенных элементов обшивки

Рис. 1. Схема поперечного сечения обшивки цельнометаллического кузова пассажирского вагона: 1 — панели, образующие часть крыши большого радиуса; 2 — панели-скаты; 3 — листы верхнего пояса боковой стены; 4 — листы нижнего пояса боковой стены; 5, 6 — листы настила рамы



вагона и ухудшают товарный вид. При производстве кузова вагона деформации обшивки вагона составляют приблизительно до 40% от всех видов сварных деформаций.

С целью обеспечения плоскостности поверхностей, соответствующей нормативной документации, т. е. не превышающей 1,5 мм/пог. м, торцевые и боковые стены подвергают механической или термической правке. Первоначально проводят обмер и последующую правку горизонтальных и вертикальных элементов жесткости. Местную правку элементов жесткости выполняют с применением стяжек, распорок или методом местного нагрева деформированных элементов по специальной методике, разработанной на предприятии. После достижения требований чертежа к прямолинейности элементов жесткости кузова проводят термическую правку местных деформаций — короблений листов обшивки вагона.

Термическая правка местных деформаций заключается в том, что после местного нагрева листа в металле возникают пластические деформации «укорочения», которые убирают «лишний» металл. Эффективность термической правки зависит от большого количества параметров, что является основной проблемой выполнения этой технологической операции. Один из путей решения этой проблемы — оптимизация параметров нагрева, количества и расположения пятен нагрева на основе математического моделирования процесса термической правки для каждого деформированного участка (методика и программное обеспечение разработаны в ИЭС им. Е. О. Патона). Однако это требует больших материальных затрат и возможно только при использовании роботизированных комплексов.

Другой путь — правка с применением электромагнитной плиты и технологической плиты с отверстиями для нагрева (рис. 3). На деформированный участок листа с одной стороны укладывают электромагнитную плиту размером 400×400 мм, включают электромагнит. С обратной стороны листа прикладывают технологическую плиту толщиной 14–16 мм. Таким образом, деформированный лист оказывается зажатым между электромагнитом и плитой, усилие прижатия около 300 Н. Через окна в технологической плите лист нагревают газовой горелкой и затем охлаждают потоком сжатого воздуха. Температуру нагрева 600–650 °С контролируют визуально до появления пятна темно-вишневого цвета. Количе-

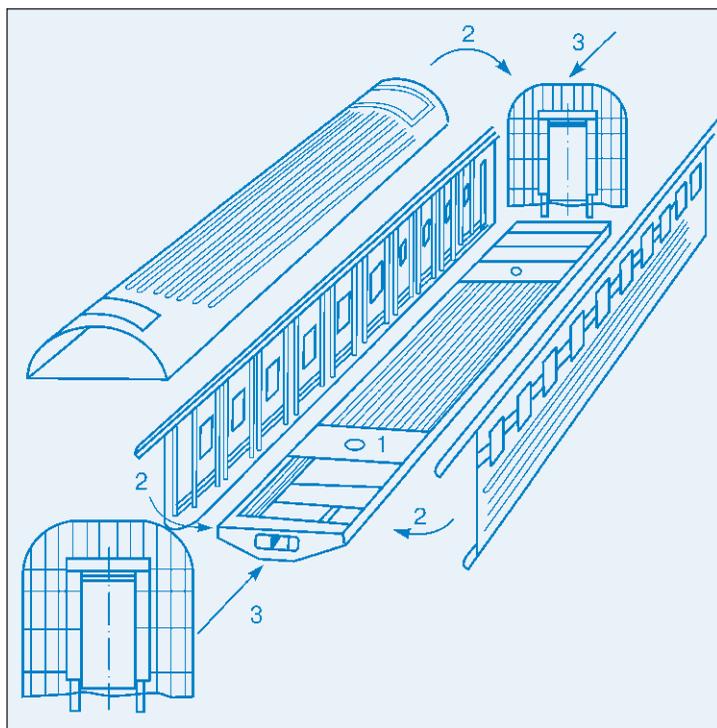


Рис. 2. Схема сборки кузова пассажирского вагона (последовательность операций показана стрелками с номерами)

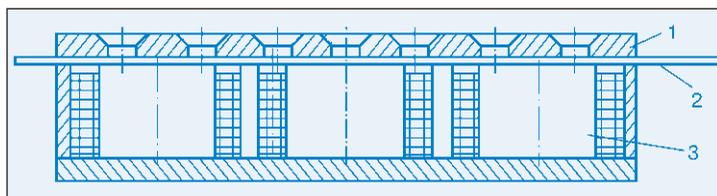


Рис. 3. Приспособление для правки тонколистового металла: 1 — технологическая плита; 2 — изделие; 3 — электромагнитная плита

ство мест нагрева зависит от величины деформаций и определяется практическим путем. Возможен повторный нагрев деформированного листа при смещении технологической плиты на 40–50 мм для выполнения требований к плоскостности 1,5 мм на 1 м.

Предложенная методика правки не требует больших материальных затрат, высокой квалификации рабочих, ее успешно используют при изготовлении кузова вагона мод. 61–779. Она также опробована при изготовлении опытного вагона мод. 61–788.

Боковая стена является одним из самых сложных элементов кузова. Использование профильной обшивки упрощает технологию изготовления, но при этом ухудшается дизайн вагона и его эргономические характеристики.

Вагоны мод. 61–788 с гладкой обшивкой имеют улучшенный дизайн и эргономические характеристики, которые необходимы для скоростных составов. Для них можно применять обшивку из нержавеющей стали, что значительно повышает срок службы вагонов. Изготовление боковых стен с глад-



кой обшивкой выполняют на специальном стенде с массивным основанием для лучшего отвода теплоты при сварке. В местах расположения стыков стенд должен иметь медные подкладки и специальные прижимные механизмы для плотного прижатия стыкуемых элементов к медной подушке. Сварку листов необходимо выполнять с плотным прижатием свариваемых кромок к медной подушке с гарантированным зазором для сварки 1,2–1,5 мм с целью получения гарантированного провара и исключения угловых деформаций стыкуемых кромок. После сварки сварной шов в зажатом состоянии подвергают вибрационно-ударной обработке с целью релаксации внутренних напряжений и уменьшения деформаций.

Сварку обвязок вертикальных стоек и элементов жесткости к листам обшивки выполняют, плотно прижимая их к постели стенда для лучшего теплоотвода при сварке и снижения деформаций.

Конструкция боковой стены позволяет выполнять сварку элементов жесткости к обшивке контактной точечной сваркой, дуговой точечной сваркой и дуговой сваркой нахлесточными и тавровыми швами.

Наиболее эффективным способом сварки, который вызывает минимальные деформации, является контактная точечная сварка (применяют на Тверском вагонзаводе). Для внедрения контактной точечной сварки (КТС) необходимо создание специального дорогостоящего сварочного комплекса.

Дуговая точечная сварка (ДТС) незначительно уступает КТС по величине деформаций при сварке и легко поддается автоматизации.

На заводе выполнены проектные работы по созданию установки для прижатия и приварки элементов жесткости к боковым стенам с помощью ДТС. Разработанная установка портального типа позволяет выполнить перемещения сварочной горелки в продольном и поперечном направлениях и сварку с минимальными трудовыми и энергетическими затратами. Для стыковки листов боковых стен вагона с гладкой обшивкой спроектирована специальная установка для стыковки листов на медной подушке. Данные разработки планируют внедрить при производстве вагона мод. 61–788.

Крыша вагона — сварная цельнометаллическая арочная конструкция. Ее изготавливают из равномерно расположенных по длине дуг зетового про-

филя, обшитых в верхней части профильным листом с гофрами, а с боков в нижней части — штампованными панелями-скатами. Крыши изготавливают на специальном стенде, на котором производят жесткую фиксацию обвязки крыши и дуг к базовым постелям, что формирует базовые размеры крыши. На дуги последовательно укладывают гофрированные листы, которые приваривают к дугам дуговой точечной сваркой. Листы крыши к дугам прижимают с помощью прижимов, которые размещены на портале. Сварку листов между собой и панелей-скатами к дугам выполняют полуавтоматической сваркой в CO_2 полуавтоматами «Варио-Стар». При сварочных работах крыша вагона деформируется, что приводит к увеличению ширины от 5 до 15 мм. Для обеспечения геометрических размеров крыши после снятия ее со стенда производят правку путем стягивания дуг при помощи стяжек и последующей фиксации размеров, которые предусмотрены чертежом конструкции. В вагонах мод. 61–788, где конструкцией не предусмотрены стяжки, геометрические размеры крыши обеспечивают за счет термической правки элементов крыши по дугам.

Один из методов снижения деформаций крыши при сварке является применение КТС или ДТС не только средней части листов крыши, но и панелей-скатами. Автоматизация процесса сварки листов по длине крыши также способствует снижению деформаций.

Раму вагона не относят к металлоконструкции с тонкой оболочкой. Однако при сборке и сварке рамы учитывают ее габаритные размеры (длина 26,1 м, ширина 3 м) и при установке на опоры по концевым балкам — ее прогиб (до 350 мм). Поэтому предусмотрен ряд технологических мероприятий, обеспечивающих требования конструкторской документации:

- припуск на усадку после сварки должен составлять 25 мм;
- рамы сваривать в кантователе с поддерживающим приводным кольцом в средней части рамы;
- приварку листов пола к раме выполнять ДТС;
- соблюдать порядок наложения сварных швов на раме, исключая деформацию при сварке.

Комплексный характер проблем обеспечения точности сварных конструкций кузова вагона предопределяет и соответствующий уровень заготовительного производства предприятия. Основными технологическими операциями, определяющими точность деталей, являются механическая и термическая резка, механическая обработка кромок для сварки, применение гибки и вырубки в штампах, получение формообразующих профильных деталей на профилегибочных машинах. Одно из перспективных направлений развития заготовительного производства предприятия — получение деталей на координатно-револьверных прессах и установках для лазерной резки.

● #673

Аппарат АШ 115 М для электрошлаковой сварки — новый шаг в совершенствовании технологии изготовления продукции тяжелого машиностроения

К. А. Ющенко, акад. НАН Украины, **И. И. Лычко**, канд. техн. наук, **В. Д. Ковалев**, **С. И. Великий**, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, **А. Д. Чепурной**, д-р техн. наук, **А. Н. Шалашный**, ОАО «Азовмаш»

Электрошлаковая сварка (ЭШС) является одним из ведущих сварочных процессов в производстве металлоконструкций тяжелого машиностроения. ОАО «Азовмаш» всегда плодотворно сотрудничало с ИЭС им. Е. О. Патона в этой области сварочного производства, привнося в научные разработки свой научно-производственный опыт. Такое сочетание всегда давало мощный импульс техническому прогрессу и обеспечивало создание уникальных образцов тяжелого машиностроения при высокой рентабельности технологических процессов изготовления.

Ярким примером сказанному может служить технологический процесс изготовления узлов конвертерного оборудования (опорные кольца и корпуса конвертеров) с толщиной свариваемых кромок от 60 до 200 мм и суммарной протяженностью швов, выполненных ЭШС, равной 140 м. При этом следует отметить, что более половины швов имеют сложную пространственную кольцевую форму и выполняются как неповоротные.

При ЭШС неповоротных стыков очень важную роль отводят технике выполнения швов. В процессе сварки таких швов имеет место фактор постоянного изменения параметров зоны сварки (металлической и шлаковой ванн) и положения электродов (угол наклона к зеркалу шлаковой ванны, величина сухого вылета электрода), что оказывает влияние на формирование шва и обеспечение требуемых свойств сварного соединения. Поэтому для выполнения таких швов требуется специализированное сварочное оборудование, а сварщик-оператор должен иметь определенную подготовку.

Электрошлаковая сварка криволинейных неповоротных стыков освоена на ОАО «Азовмаш» более двадцати лет назад. С 1987 г. швы выполняют специализированным аппаратом А 1555 М, разработанным в ИЭС им. Е. О. Патона. На то время данный аппарат обеспечивал реализацию ЭШС неповоротных стыков на высоком техническом уровне. Его и сейчас эксплуатируют в сварочном производстве, хотя он уже технически и морально устарел, а его физический износ достиг предельных значений.

Наращивание объемов выпуска товарной продукции в ОАО «Азовмаш» и особенности текущего момента выдвинули на первый план вопрос технической оснащенности сварочного производства новым современным сварочным оборудованием. Руководство ОАО «Азовмаш» еще в последнем десятилетии XX века ставило перед собой эту задачу, однако решить ее стало возможным только сейчас.

ИЭС им. Е. О. Патона приступил к созданию нового сварочного аппарата в 2004 г. Используя многолетний научный опыт создания сварочной аппаратуры для ЭШС, ученые и конструкторы разработали оригинальную конструкцию модульного типа, не имеющую аналогов в практике. Основные модули аппарата и вся система управления выполнены на базе современных серийных приводов. Аппарат состоит из следующих основных частей:

- механизма перемещения аппарата;
- блока подачи проволочных электродов;
- механизма колебаний электродов;
- механизма изменения угла наклона электродов.

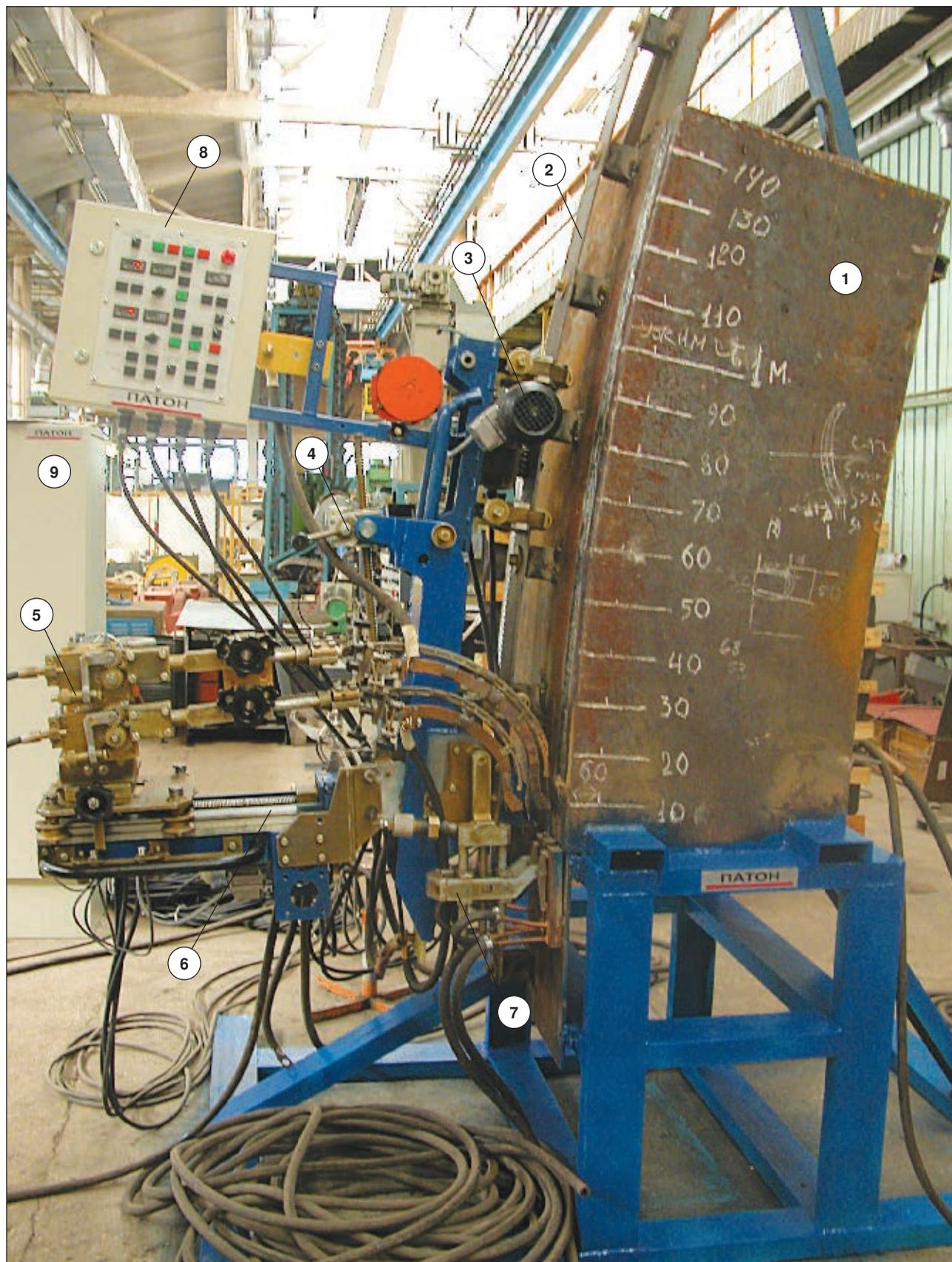


Рисунок. Аппарат для электрошлаковой сварки неповоротных кольцевых стыков АШ 115 М: 1 — свариваемый образец; 2 — направляющий рельс; 3 — механизм перемещения аппарата; 4 — механизм поворота мундштуков; 5 — блок подачи электродных проволок; 6 — механизм поперечных колебаний электродов; 7 — подвеска с ползуном; 8 — пульт управления; 9 — аппаратный шкаф

Аппарат укомплектован двумя источниками питания сварочного тока ВДУ–1250.

Электрооборудование системы управления (СУ) расположено в отдельно стоящем шкафу рядом с установкой. Органы управления смонтированы на поворотном пульте, который закреплен непосредственно на аппарате (рисунки).

Следует отметить, что в процессе выполнения этого заказа были использованы традиционные творческие связи двух организаций: регулярное поэтапное совместное обсуждение проекта, благодаря которому удалось максимально приблизить конструктивные и функциональные возможности нового аппарата к реальным требованиям сварочного производства ОАО «Азовмаш».

Образец нового сварочного аппарата, получивший индекс АШ 115 М УХЛ 4, был изготовлен на Опытном заводе сварочного оборудования ИЭС им. Е. О. Патона.

Конструкция нового сварочного аппарата АШ 115 М имеет следующие отличительные преимущества:

- Блочно-модульная схема позволяет легко и оперативно осуществлять установку аппарата на направляющий рельс и последующий демонтаж в любом месте стыка.
- Наличие в системе управления режима «наладка», позволяющего производить настройку параметров режима (скорость сварки, амплитуду колебаний, время останова электродов у ползуна) до начала процесса сварки.
- Раздельная подача сварочной проволоки с питанием от автономных источников сварочного тока, обеспечивающая возможность регулирования тепловой мощности процесса по зеркалу шлаковой ванны, что особенно важно при ЭШС криволинейных швов.
- Возможность оперативной корректировки с пульта управления основных параметров режима сварки.
- Автоматизированная корректировка угла наклона мундштуков.
- Высокая надежность системы управления, построенной на современной элементной базе импортного (Япония) производства.
- Высокая надежность приводов механизмов перемещения аппарата по рельсу, подачи электродной проволоки, поперечных колебаний на базе применения мотор-редукторов (производства Герма-

нии) с частотным регулированием скорости вращения.

- Наличие информационно-регистрирующей системы (ИРС), снабженной персональным компьютером со специальным программным обеспечением (ПО) для визуализации процесса и регистрации технологических параметров.

Образец нового аппарата был подвергнут всесторонним испытаниям, в т. ч. «горячим», в процессе которых были выявлены некоторые недостатки, устраненные изготовителем на месте. По результатам промышленных испытаний аппарат рекомендован для сварки опытно-штатных изделий ОАО «Азовмаш».

Назначение аппарата АШ 115 М УХЛ 4 – ЭШС вертикальных, наклонных и криволинейных стыков с радиусом кривизны $R > 4000$ мм и углом наклона к вертикали $\pm 25^\circ$.

Техническая характеристика:

<i>Толщина свариваемых кромок, мм</i>		40–200
<i>Количество электродов, шт.</i>		2
<i>Диаметр электродной проволоки, мм</i>		3; 4
<i>Сила сварочного тока на один электрод при ПВ=100%, А</i>		
		До 800
<i>Скорость подачи электродов, м/ч</i>		
		80–450
<i>Схема подачи электродов</i>		
Автономная		
<i>Скорость вертикального перемещения, м/ч</i>		
		0,6–12
<i>Разворот электродов при ЭШС наклонных стыков, °</i>		
		± 25
<i>Корректировка положения электродов, мм:</i>		
<i>вдоль разделки</i>		± 60
<i>поперек разделки</i>		± 20
<i>Тяговое усилие ходового механизма, кг</i>		
		≥ 800
<i>Амплитуда колебаний, мм</i>		
		100
<i>Направляющий рельс</i>		
Гибкая полоса с эвольвентной зубчатой рейкой		

Несомненно, что в процессе дальнейшего освоения нового аппарата и отработке техники и технологии ЭШС будут оптимизированы все его конструктивные элементы и улучшены функциональные возможности. На базе разработанных модулей аппарата АШ 115 М будут разработаны сварочные аппараты для более широкой номенклатуры металлоконструкций тяжелого машиностроения.

● #674



Если у Вас возникли вопросы по технологии сварки, организации рабочих мест сварщиков, правильному выбору сварочных материалов и оборудованию, Вы можете отправить письмо в редакцию журнала по адресу: 03150 Киев, а/я 52 или позвонить по телефону (044) 495 2616. На Ваши вопросы ответит кандидат технических наук, Международный инженер-сварщик (IWE) Юрий Владимирович ДЕМЧЕНКО.

Какие материалы могут быть использованы для устранения дефектов сваркой или пайкой на обработанных поверхностях деталей из чугуна?

С. И. Шатило (Днепропетровск)

Применение сварки для устранения дефектов литья на обработанных деталях связано со значительными трудностями, так как при нагреве до температуры плавления и быстром охлаждении чугун легко теряет технологическую прочность, в результате чего могут возникать новые дефекты — подрезы, трещины, поры. Подогрев, который мог бы препятствовать возникновению трещин, сопровождается остаточными изменениями размеров и, следовательно, его нельзя применять при заварке заготовок, прошедших термическую обработку. Подрезы и поры на обработанных деталях вообще недопустимы.

Перспективный путь к решению обозначенной проблемы открывает низкотемпературная пайка-сварка, при которой поверхности детали нагреваются до 700–750 °С. При такой температуре термические деформации и последующее коробление не успевают возникнуть и развиваться. Требуемая температура достигается при газоплазменной низкотемпературной пайке-сварке латунными припоями. Вследствие термической гибкости газового пламени можно осуществить независимый нагрев основного металла и припоя в различных по своим теплофизическим свойствам зонах пламени.

Низкотемпературный процесс требует введения в состав флюса и припоя поверхностно-активных элементов. К флюсам предъявляют специфические требования: обеспечение образования металлических связей на границе чугун-латунь в интервале рабочей температуры 650–750 °С; обеспечение смачивания чугуна без удаления графита; температура плавления флюса должна быть 600–650 °С, т. е. близкой к нижнему пределу рабочей температуры пайки.

В качестве флюсов при пайке-сварке чугуна латунью чаще всего применяют борнокислые соли. Однако они недостаточно поверхностно-активны. Высокой поверхностной активностью обладают литиевые соли. Для понижения температуры плавления флюса в его состав вместе с карбонатом лития Li_2CO_3 вводят карбонат натрия Na_2CO_3 . Опыт показывает, что для получения флюса с температурой плавления 650 °С нужно ввести в его состав борную кислоту (две части борной кислоты на две части литиевонатриевой смеси).

В качестве припоя применяют латунь ЛОК59. Краевой угол смачивания 35–47° и рабочая температура 650–750 °С достаточны для нормального смачивания чугуна латунью и образования прочных связей.

В ряде случаев особые требования предъявляют к товарному виду изделия, а также к однородности механических свойств изделий из чугуна. Поэтому при исправлении дефектов литья припой должен обеспечивать равнопрочность соединения, цвет паяного шва должен быть близким к цвету чугуна.

Необходимые припои разработаны на базе системы $Cu+Zn$ путем легирования марганцем и небольшим количеством никеля и алюминия. Нужный цвет обеспечивает совместное воздействие марганца и никеля. Припой, отвечающий перечисленным требованиям, имеет в своем составе 48% Cu , 9,5–10% Mn , 3,5–4,5% Ni , 0,3–0,7% Sn , 0,2–0,6% Al , остальное Zn . Температура плавления припоя равна 830 °С.

Использование этого припоя целесообразно с флюсом ФПСН-1 и 10%-й добавкой галоидных солей, содержащих 73,5% $NaCl$ и 27,5% NaF . Рабочая температура процесса при использовании такой композиции и припоя находится в пределах 650–750 °С. Паяно-сварное соединение в данном случае имеет твердость 180–200 НВ и прочность 200–340 МПа. ● #675



Сварочные трансформаторы с устройствами стабилизации горения дуги

И. И. Заруба, д-р техн. наук, **В. В. Дыменко**, канд. техн. наук, **А. Ф. Шатан**, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Электрическая дуга переменного тока, как известно, нашла широкое применение в сварочной технике. Ее используют при ручной дуговой сварке покрытыми электродами, дуговой сварке под флюсом, аргонодуговой сварке нержавеющей сталей, алюминия и его сплавов и др. Сравнительные испытания показали преимущество переменного тока и актуальность его применения для сварки.

Дуговая сварка переменным током значительно экономичнее, чем постоянным: КПД сварочных трансформаторов выше, чем выпрямителей. Снижаются расходы на эксплуатацию и обслуживание сварочного оборудования, так как трансформаторы более простые по устройству, требуют минимального ухода и текущего ремонта, существенно дешевле и легче, занимают меньшую производственную площадь, чем источники питания постоянного тока. Сварочные трансформаторы могут работать на открытых площадках (категория размещения 2), а сварочные выпрямители работают только в закрытых помещениях (категория размещения 3).

Сварка переменным током — самое простое и надежное средство борьбы с магнитным дутьем, так как в этом случае оно незаметно даже при очень больших значениях силы тока (1000–2000 А). Переменный ток позволяет получить хорошее формирование шва с благоприятными геометрическими его показателями и профилем проплавления, в том числе и на более производительных режимах сварки, чем при сварке постоянным током. Переменный ток по технологическому воздействию на ванну подобен модулированному току с частотой 50 Гц. Структура металла сварного шва получается более мелкозернистая, качество шва при сварке переменным током лучше, чем при сварке постоянным током электродами одной и той же марки. Ценен также процесс очищения свариваемого изделия от оксидных пленок при сварке переменным током алюминия и его сплавов неплавящимся вольфрамовым электродом в инертных газах.

К недостаткам сварки переменным током относят низкую устойчивость горения дуги, обусловленную периодическими ее погасаниями, а также в некоторых случаях повышенное разбрызгивание металла и насыщение его газами. С улучшением стабильности горения дуги разбрызгивание металла и насыщение его газами уменьшаются.

В настоящее время основной недостаток сварочных трансформаторов (низкая стабильность горения дуги) успешно преодолевают импульсной стабилизацией горения дуги. Идею импульсного повторного поджига дуги переменного тока предложил академик Б. Е. Патон.

При сварке переменным током сварочная дуга гаснет и повторно зажигается с удвоенной частотой тока — 100 раз в секунду. При этом для повторного зажигания дуги требуется более высокое напряжение, чем среднее дуговое, что обеспечивают за счет напряжения холостого хода сварочного трансформатора, значение которого, однако, не может превышать 80 В. Напряжение повторного зажигания дуги при использовании электродов для сварки переменным током может достигать 40–80 В, а при использовании электродов для сварки постоянным током — 120 В и больше. Поэтому при сварке переменным током электродами, предназначенными для сварки постоянным током, напряжение холостого хода сварочного трансформатора может оказаться недостаточным для повторного зажигания дуги. Для надежного зажигания дуги при сварке переменным током применяют устройство стабилизации горения дуги (УСГД), которое в начале каждого полупериода тока подает в межэлектродный промежуток импульсы с амплитудой напряжения 200–500 В, которые облегчают повторное зажигание дуги.

Силовая часть УСГД состоит из последовательно соединенных коммутируемого конденсатора, коммутатора (два встречно и параллельно включенных тиристора) и

обмотки питания. При каждом переходе сварочного тока через ноль тиристорный коммутатор открывается, и коммутируемый конденсатор заряжается и перезаряжается через вторичную обмотку сварочного трансформатора, накапливая в ее индуктивности энергию U_3 , необходимую для повторного зажигания дуги. Эта энергия зависит от напряжения повторного зажигания дуги: чем выше U_3 , тем больше накопится энергии. Предел устанавливается автоматически. Как только между электродом и изделием возникнет дуговой разряд, процесс заряда коммутируемого конденсатора прекращается, тиристорный коммутатор УСГД закрывается. Момент подачи импульса энергии выбран таким образом, чтобы после перехода сварочного тока через ноль напряжение на вторичной обмотке трансформатора достигало напряжения, близкого по значению к дуговому напряжению (20–25 В). Длительность импульса составляет $(2-8) \cdot 10^{-5}$ с. Амплитуда импульсов от 200 до 500 В. После прохождения стабилизирующего импульса сварочный трансформатор должен быть готовым поддержать самостоятельно горение дуги, т. е. мгновенное значение напряжения на его вторичной обмотке должно быть не меньше напряжения дуги.

Блок управления включает УСГД после первого соприкосновения электрода и изделия, строго следит за необходимым моментом подачи импульса после прохождения сварочного тока через ноль и, наконец, автоматически отключает УСГД через 1–2 с после прекращения сварки. Так как блок управления получает информацию и о силе тока, и о напряжении дуги, то стабилизирующие импульсы подаются в дуговой промежуток на всех этапах работы сварочного трансформатора: холостой ход, короткое

замыкание, режим горения дуги. Это обеспечивает высокую стабильность процесса сварки.

В ИЭС им. Е. О. Патона разработан и передан в серийное производство ряд устройств стабилизации горения дуги, обеспечивающих ручную дуговую сварку практически любыми электродами. При разработке этих приборов предусматривали обеспечение некоторых общих показателей, по которым УСГД не должно уступать характеристикам сварочных трансформаторов, для которых он предназначен, в том числе: по надежности в эксплуатации, долговечности, неприхотливости к условиям работы (климатические условия и категория размещения – У2), сравнительной простоте и универсальности, а также невысокой стоимости (не более 10% от стоимости самого трансформатора). Они должны быть экономичны в изготовлении и эксплуатации, иметь малую массу и габаритные размеры.

УСГД подключают к трансформаторам для ручной дуговой сварки, не имеющим электронных блоков управления в первичной или вторичной его цепях, любой мощности (от бытовых, обычно подсоединяемых к сети 220 В, до мощных промышленного назначения, рассчитанных на силу номинального тока до 500 А и питание от сети 380 или 420 В частотой 50 или 60 Гц), с напряжением холостого хода не более 80 В. Разработаны УСГД, в которых предусмотрена частота посылки стабилизирующих импульсов 50, 100 и 200 Гц. В табл. 1 приведена техническая характеристика УСГД серийного производства.

СД–2 – автономный стабилизатор горения дуги на 50 Гц (рис. 1). В связи с тем, что свариваемое изделие должно быть обязательно заземлено и иметь общую точку с

Таблица 1. Техническая характеристика серийно выпускаемых УСГД

Параметр	СД–2	СД–100М	СД–3	СД–4	СД–5; СД–6; СД–6А
Напряжение питания, В	220	380	380	$U_{УСГД} + U_{х.х} = 2U_{х.х}$	
Частота следования импульсов, Гц	50	100	100	200	100
Время работы на холостом ходу, с, не более	Не отключается	5	2	2	2
Диапазон силы стабилизируемого сварочного тока при сварке, А:					
в аргоне	80–800	80–800	50–800	50–800	50–800
электродами УОНИ–13/45	—	80–300	80–300	50–500	50–500
Габаритные размеры, мм, не более	320×190×110	390×170×180	340×210×150		125×125×55; Ø40×165; 120×68×28; Ø30×85
Масса, кг, не более	5	9	6	7	0,4; 0,2; 0,15

Примечание. Потребляемая мощность УСГД не более 160 В·А.

нулем трехфазной сети, СД-2 подключают непосредственно к сети переменного тока напряжением 220 В (между одной из фаз трехфазной сети и нулем этой же сети). Стабилизирующий импульс поступает в дугу только с появлением на электроде положительной полуволны напряжения дуги и совпадает по полярности с ним, т. е. частота посылки импульсов 50 Гц. Для нормальной работы СД-2 необходимо фазы питающего его напряжения привести в соответствие с фазами напряжения сварочного трансформатора, что определяют по максимальной величине разрывной длины дуги. Блок управления СД-2 работает с обратной связью по напряжению дуги. Он нашел эффективное применение при аргонодуговой сварке неплавящимся электродом алюминия и его сплавов, а также при сварке переменным током покрытыми электродами.

СД-100М – автономный стабилизатор горения дуги на 100 Гц с блоком зарядки постоянным током (рис. 2). Как установлено, источник питания для зарядки коммутируемого конденсатора в силовой цепи УСГД должен обладать малым внутренним сопротивлением (активным и реактивным), причем индуктивное сопротивление силового блока УСГД должно быть на порядок меньше индуктивного сопротивления сварочного трансформатора. Этими свойствами обладает источник постоянного тока, который применен в СД-100М как зарядный. Из-за наличия резонанса в последовательном колебательном контуре коммутируемые конденсаторы УСГД заряжаются до напряжения 450–500 В, т. е. большего, чем напряжение зарядного трансформатора ($U_{xx} = 80$ В). Схема управления коммутатором надежно защищает зарядный источник постоянного тока от коротких замыканий, включает СД-100М при сварке в течение 0,01–0,02 с, а на холостом ходу автоматически отключает через 4–5 с, чего не было в СД-2. Стабилизатор СД-100М нашел применение для ручной дуговой сварки электродами как с рутиловым, так и с основным покрытием.

СД-3М – стабилизатор горения дуги на 100 Гц с блоком зарядки переменным током (рис. 3) изготавливали в двух вариантах: один – автономный, с собственным трансформатором; другой – встраиваемый, где вместо отдельного трансформатора на магнитопроводе сварочного трансформатора намотана дополнительная обмотка питания коммутируемых конденсаторов и схемы управления УСГД.

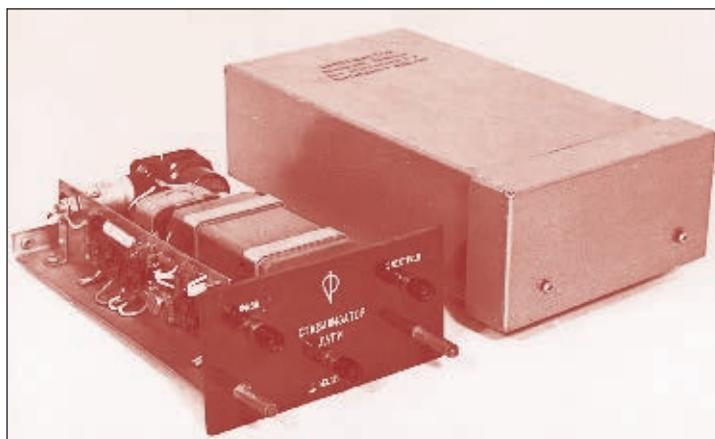
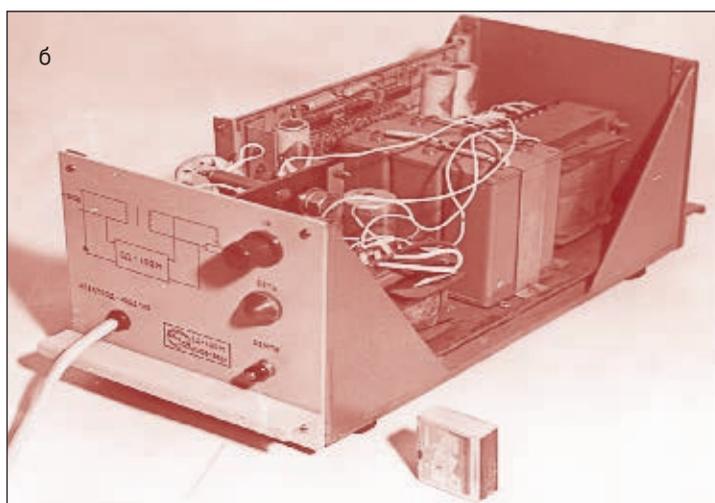


Рис. 1. Внутреннее устройство и внешний вид УСГД типа СД-2



Ток вторичной обмотки зарядного трансформатора СД-3 (рис. 4) должен быть синфазен току вторичной обмотки сварочного трансформатора ТС так, чтобы напряжение между клеммой «Электрод» и незаземленным концом вторичной обмотки зарядного трансформатора СД-3 равнялось бы сумме напряжений на этих обмотках (100–120 В). В результате попеременного включения тиристоров СД-3 в дуговой промежуток UD поступают разнополярные

Рис. 2. УСГД типа СД-100М: а — внешний вид; б — внутреннее устройство

Рис. 3. УСГД типа СД-3М: а — внешний вид; б — внутреннее устройство

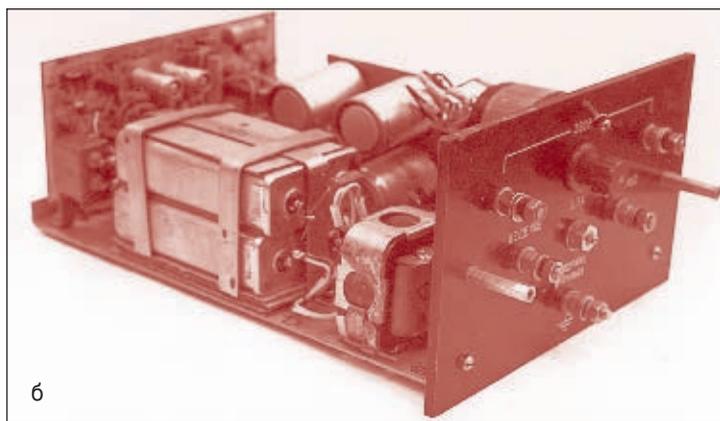


Рис. 4. Схема подключения СД-3 к сварочному трансформатору: 1 — УСГД типа СД-3; 2 — сварочный трансформатор — ТС; 3 — электрод; 4 — изделие; UD — дуговой промежуток

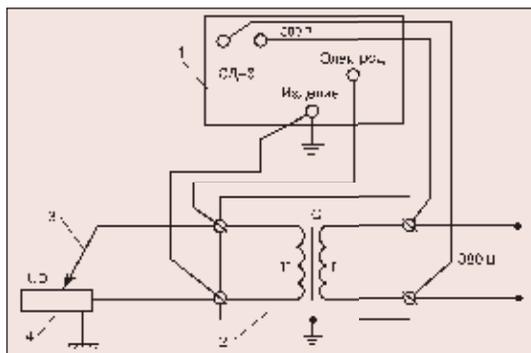


Рис. 5. УСГД-5М, УСГД-6 и УСГД-6А

импульсы амплитудой порядка 200–500 В. Полярность стабилизирующих импульсов противоположна полярности той полуволны напряжения сварочного трансформатора, во время которой возникает импульс, т. е. стабилизирующий импульс обратной полярности. Принципиальная электрическая схема СД-3 легла в основу последующих модификаций УСГД.

СД-4 — автономный стабилизатор горения на 200 Гц имеет два узла, подобных СД-3М. Силовой блок содержит две параллельные цепочки, каждая из которых состоит из последовательно соединенных коммутаторов и коммутируемых конденсаторов. Общая точка этих тиристоров подключена к клемме «Электрод», а общая точка конденсаторов через вторичную обмотку зарядного трансформатора — к клемме «Изделие». Вторичные обмотки сварочного и зарядного трансформаторов соединены согласно. Схема управления СД-4 подобна схеме управления СД-3М с той разницей, что здесь имеются два нуля-органа и формирователя импульсов запуска. Первый импульс посылается по достижении напряжения дуги 20–25 В, а второй — 40–50 В. Если в сварочном трансформаторе выполнить обмотку для питания УСГД, то зарядный трансформатор можно исключить, что значительно уменьшит массу стабилизатора. Сварочный трансформатор с подключенным к нему СД-4 работает при напряжении холостого хода, пониженном до 45 В.

Современные модели **УСГД-5М, УСГД-6, УСГД-6А** разработаны с учетом последних достижений полупроводниковой техники. Они занимают малый объем под кожухом сварочного трансформатора. На рис. 5 показан УСГД-5М, выполненный в виде плоского прямоугольного короба, УСГД-6 — в виде трубки, УСГД-6А, состоящий из двух блоков: коммутируемого конденсатора и блока управления. В первых двух модификациях коммутируемый конденсатор вмонтирован в корпус УСГД. Третья модификация выполнена для малогабаритных трансформаторов.

Каждый блок УСГД имеет три вывода: «Питание» (фаза); «Изделие»; «Электрод». Для подключения УСГД к сварочному трансформатору необходимо поверх первичной обмотки сварочного трансформатора намотать обмотку питания (напряжение 45–50 В) и соединить ее последовательно и синфазно со вторичной обмоткой сварочно-

Таблица 2. Результаты испытаний трансформатора ТДМ-503 без и с УСГД

Электрод	$d_{э},$ мм	$I_2,$ А ₂	$U_2,$ В ₂	ТДМ-503У2 ($U_{х,х} = 83$ В)				ТДМ-503У2+УСГД ($U_{х,х} = 83$ В)				$\alpha_1,$ %	$\alpha_2,$ %	$\alpha_3,$ %	$\alpha_4,$ %
				$K_{п},$ %	$a_{н},$ г/(А ₂ ·ч)	$v,$ мм/(А ₂ ·ч)	Б, баллы	$K_{п0},$ %	$a_{н0},$ г/(А ₂ ·ч)	$v_0,$ мм/(А ₂ ·ч)	Б _{0}, баллы}				
УОНИ-13/55	5	220	24	7,37	8,71	1,59	19	5,50	8,9	1,67	22,0	25	2,2	5	16
УОНИ-13/45	4	140	22	3,01	8,58	2,38	21	1,88	8,8	2,54	24,0	38	2,6	7	14
ОЗЛ-8	4	120	25	5,43	12,5	3,26	17	5,08	12,9	3,95	20,0	6	3,2	21	18
МР-3	4	210	23	10,4	7,73	2,3	20	7,44	8,01	2,40	22,0	29	3,6	4	10
АНО-4	4	195	24	12,4	8,72	2,67	22	12,3	8,94	2,75	22,0	1	2,5	3	0
АНО-4	3	120	25	10,9	8,62	4,67	22	9,63	8,81	4,93	23,0	12	2,2	6	4

Примечание. $d_{э}$ — диаметр электрода, I_2, U_2 — соответственно сила тока и напряжение во вторичной цепи; показатели расплавления: $K_{п}$ — коэффициент потерь, $a_{н}$ — коэффициент наплавки, v — скорость расплавления электрода, суммарный показатель сварочных свойств (Б), $\alpha_1 = (K_{п0} - K_{п}) / (K_{п}) \cdot 100\%$; $\alpha_2 = (a_{н0} - a_{н}) / (a_{н}) \cdot 100\%$; $\alpha_3 = (v_0 - v) / (v) \cdot 100\%$; $\alpha_4 = (B_0 - B) / (B) \cdot 100\%$.

го трансформатора. Второй конец обмотки выводят к клемме «Питание». Остальные клеммы подключают соответственно их наименованию. Провод для намотки обмотки питания УСГД — ПСД диаметром 1,12–1,25 мм. Чем больше диаметр провода, тем меньше потери энергии импульса на омическом сопротивлении этого провода.

Эффективность подключения УСГД к сварочным трансформаторам оценивали путем сравнительных испытаний стандартных сварочных трансформатора (ТДМ-503, СТШ-251) в вариантах без УСГД и с ним.

Как следует из данных табл. 2, подключение УСГД к сварочному трансформатору привело к улучшению практически всех показателей. Это четко заметно при сварке электродами, предназначенными для сварки постоянным током: уменьшаются потери металла $K_{п}$, наблюдается тенденция увеличения коэффициента наплавки $a_{н}$ и скорости расплавления v электрода, а также существенно увеличивается суммарный показатель Б сварочных свойств трансформатора, определяемый по ГОСТ 25616-83.

УСГД любой модификации можно подключать к сварочным трансформаторам с повышенным магнитным потоком рассеяния. Обычно УСГД подключают к трансформаторам с подвижными шунтами или обмотками.

Преимуществом трансформатора с УСГД является его многофункциональность. По сварочно-технологическим свойствам он равноценен выпрямителю или установке для аргонодуговой сварки, так как обеспечивает сварку переменным током на всех рекомендуемых режимах электродами АНО-4, МР-3 и др. с рутиловым и УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, ВИ-10-6 и др. с основным покрытием для сварки угле-

родистых сталей; ОЗЛ-8, ОЗЛ-26, ЦЛ-39 с основным покрытием для сварки легированных сталей; электродами ЦЧ-4, МНЧ-2 со специальным покрытием для сварки чугуна, а также при аргонодуговой сварке неплавящимся электродом нержавеющей сталей, алюминия и его сплавов в тех случаях, когда допускается начальное зажигание дуги с короткого замыкания.

Опыты показали, что применение трансформаторов, укомплектованных УСГД, дает существенный экономический эффект, позволяющий быстро окупить основные затраты, связанные с приобретением подобного оборудования. Составные экономическое эффекта: увеличение на 10–15% доли времени горения дуги в общем времени работы сварщика за счет уменьшения времени начального зажигания дуги и увеличения времени горения дуги в течение полупериода переменного тока; уменьшение расхода электродов и увеличение коэффициента наплавки за счет увеличения стабильности процесса сварки и уменьшения разбрызгивания металла; улучшение качества сварного шва, увеличение производительности сварки и экономии электроэнергии, применение более производительных режимов сварки. Высокая стабильность горения дуги позволяет сварщику низшей квалификации производить более ответственные работы, облегчает его труд.

Подробно об УСГД и трансформаторах с УСГД, об их расчетах, выборе полярности импульсов, об их силовых схемах и блоках управления этими схемами, о применении в производстве и экономической эффективности изложено в книге Б. Е. Патона и др. «Сварка переменным током с импульсной стабилизацией дуги», которая готовится к изданию в 2006 г.

● #676

Электрошлаковая наплавка в токоподводящем кристаллизаторе — перспективный способ изготовления и восстановления деталей

Ю. М. Кусков, д-р техн. наук, И. А. Рябцев, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Электрошлаковая наплавка (ЭШН) — один из наиболее эффективных методов изготовления биметаллических деталей, а также восстановления и упрочнения изношенных деталей. К числу основных технико-экономических преимуществ ЭШН относят высокую производительность (до сотен килограммов наплавленного металла в час), более низкий (на 15–20%) по сравнению с дуговой наплавкой под флюсом расход электрической энергии на 1 кг наплавленного металла, значительно меньший расход флюса, возможность наплавки за один проход слоев большой толщины, незначительное перемешивание основного и наплавленного металлов, возможность высококачественной наплавки сталей и сплавов, имеющих повышенную склонность к образованию трещин.

Один из перспективных способов ЭШН, который наряду с перечисленными достоинствами обладает еще и универсальностью, — это наплавка в токоподводящем кри-

сталлизаторе (ТПК). Кристаллизатор, являясь нерасходуемым электродом, не только поддерживает устойчивый электрошлаковый процесс, но и обеспечивает высококачественное формирование наружной поверхности наплавленного металла и вращение шлаковой ванны в горизонтальной плоскости. Он позволяет использовать в качестве наплавочных материалов заготовки большого сечения (трубы, штанги, прутки и т. д.), проволоку сплошного сечения и порошковую проволоку, дискретную присадку в виде дробы, порошка, стружки, а также жидкого металла. Наплавлять можно нелегированные и высоколегированные чугуны, быстрорежущие и штамповые стали и другие трудносвариваемые материалы. Наплавляемая деталь (заготовка) может быть изготовлена из углеродистых и легированных сталей Ст3, 45, 55, 40ХН, 9Х и т. п., а также из трудносвариваемых материалов, например, чугунов и высоколегированных сталей. С использованием ТПК были разработаны технологии наплавки дискретным (ДПМ) и жидким (ЖПМ) присадочными материалами.

Схема электрошлаковой наплавки дискретным присадочным материалом показана на рис. 1. Наплавляемое изделие 1 устанавливают вертикально на поддоне 2 внутри кристаллизатора 3, соосно с ним. В зазор между наплавляемой поверхностью и стенкой кристаллизатора заливают расплавленный в отдельной емкости шлак. Нижнюю часть зазора перекрывают поддоном либо металлическим кольцом, на котором начинают электрошлаковый процесс. Поскольку к кристаллизатору подведено напряжение, а шлак является электропроводящей средой, ток, проходя через шлаковую ванну 4, поддерживает ее в расплавленном состоянии. В процессе наплавки дискретная присадка из дозаторов 5 подается в шлаковую

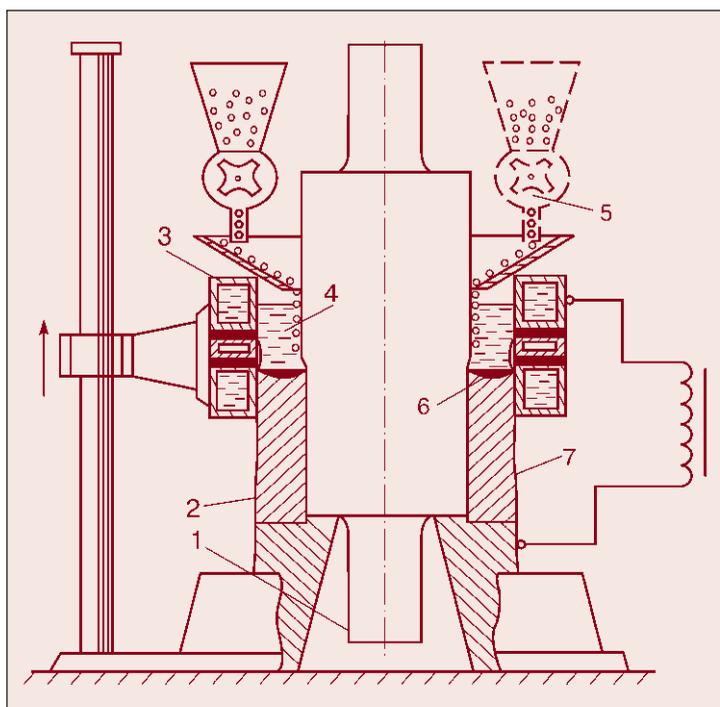


Рис. 1. Схема электрошлаковой наплавки дискретным присадочным материалом в токоподводящем кристаллизаторе

ванну. По мере образования металлическая ванна *б* постепенно кристаллизуется в наплавленный металл *7*, а кристаллизатор перемещается вверх (либо кристаллизатор неподвижен, а наплаваемая заготовка вытягивается из него). При наплавке внутренних поверхностей кристаллизатор устанавливают внутри наплаваемой детали с сохранением тех же технологических зазоров. Сам процесс наплавки ведут аналогично. В качестве присадки могут быть использованы различные дискретные материалы: стружка штамповой стали, отходы порошковой металлургии (сталь Р6М5), металло-керамическая крупка быстрорежущей стали, дробь из хромистого и хромоникелевого чугуна, стружка серого чугуна, стружка стали Гадфильда, инструментальной стали, гранулы стали 100ХНМ.

При наплавке в ТПК вращение шлаковой ванны в горизонтальной плоскости обеспечивает равномерное проплавление наплаваемой заготовки, равномерное распределение присадки по ее периметру, а также снижение электроэрозионных процессов на поверхности кристаллизатора. В процессе наплавки вращение шлака передается образующейся металлической ванне, и она также начинает вращаться. Из практики литья и сварки известно, что вращение жидкого металла способствует повышению плотности и качества кристаллизующегося металла, измельчению его структуры. Как показал опыт электрошлаковой наплавки дискретными присадочными материалами, высококачественное нанесение наплавленного слоя можно обеспечить на заготовках диаметром от 40 до 1000 мм. Минимальная толщина наплавленного слоя составляет 10 мм, максимальная 50 мм, а в некоторых случаях и больше. Макрошлифы некоторых образцов и деталей, наплавленных ДПМ в токоподводящем кристаллизаторе, показаны на *рис. 2*.

Электрошлаковая наплавка жидким присадочным материалом принципиально мало чем отличается от наплавки ДПМ, так как электрошлаковый процесс осуществляют с помощью одного и того же устройства — токопроводящего кристаллизатора (*рис. 3*). Заготовку *1* устанавливают в ТПК, жидкий металл из миксера *3* заливают в кристаллизатор по желобу *2*. Таким образом, наплавка ЖПМ является двухстадийным процессом: предварительно необходимо выплавить жидкий металл и только затем с помощью специальных устройств залить его с определенной скоростью в кристаллизатор.

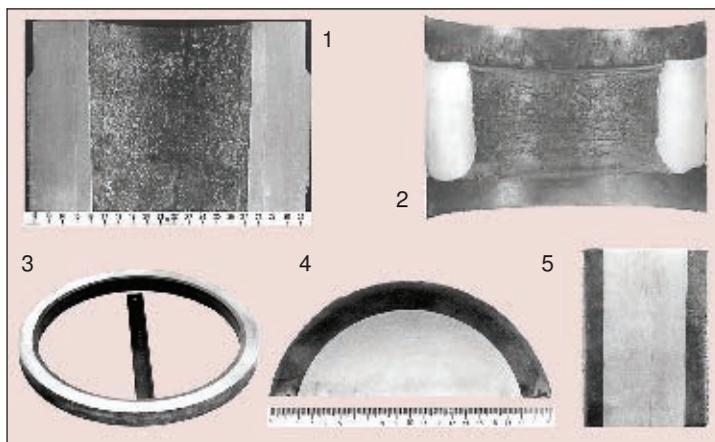
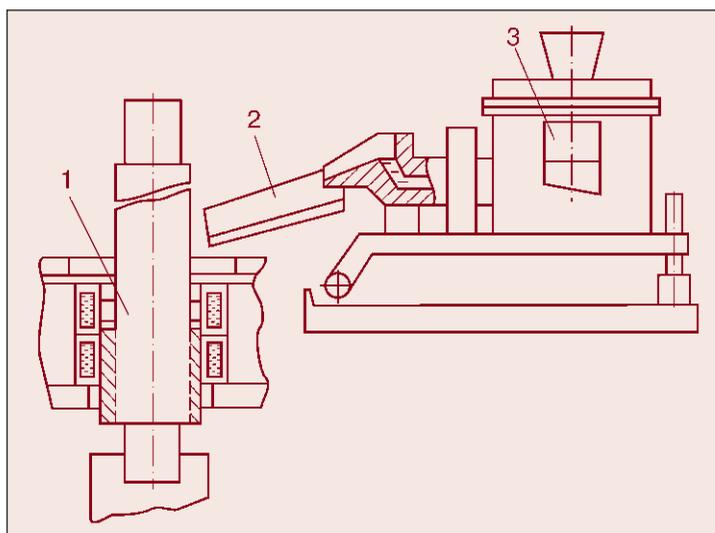


Рис. 2. Макрошлифы образцов и деталей, наплавленных электрошлаковой наплавкой дискретным присадочным материалом: 1 — макрошлиф трубы с наплавленной наружной поверхностью; 2 — макрошлиф трубы с наплавленной внутренней поверхностью; 3 — макрошлиф наплавленной бочки прокатного вала стана 300 (внутренний слой бочки удален); 4 — макрошлиф наплавленного приводного вала; 5 — макрошлиф наплавленной оси



Некоторые технико-экономические показатели обоих способов наплавки представлены в *таблице*. Экономический анализ и имеющийся опыт промышленного применения электрошлаковой наплавки дискретным и жидким присадочным металлом показывает, что каждая из этих технологий имеет свою нишу.

Электрошлаковая наплавка жидким присадочным материалом как более производительная, но для реализации которой требуются плавильные агрегаты (дуговые или индукционные печи) и более сложное оборудование для дозирования жидкого металла, находит применение при изготовлении биметаллических деталей, в частности, двухслойных прокатных валков. При этом наплавочное оборудование желательно располагать в действующих литейных цехах.

Рис. 3. Схема электрошлаковой наплавки жидким присадочным материалом в токоподводящем кристаллизаторе

Таблица. Техничко-экономические показатели электрошлаковой наплавки жидкими и дискретными присадочными материалами

Параметр	Способ наплавки	
	ЖПМ	ДПМ
Производительность, кг/ч (максимальное)	800	600
Расход электроэнергии, кВт·ч/т	1500	1300
Средняя скорость наплавки, мм/мин	9	7
Необходимость в дополнительном оборудовании	Необходимы плавильные устройства, миксеры, дозаторы жидкого металла	Нет
Возможность использования подвижного кристаллизатора	Нет	Есть
Возможность получения различного химического состава наплавленного металла по высоте	Нет	Есть
Возможность влияния на процессы кристаллизации металла и получения композитного наплавленного металла	Нет	Есть
Возможность приготовления и применения наплавочных материалов различных систем легирования	Практически не ограниченная	Ограниченная
Возможность использования мелкофракционных отходов производства (стружка, сечка, гранулы и т. д.).	Ограниченная	Практически не ограниченная
Стоимость наплавочного оборудования	Высокая	На порядок ниже

В то же время ЭШН дискретным присадочным материалом является более подходящей для восстановления изношенных деталей. И, как показывает опыт наплавки, не-

обходимое оборудование можно размещать в ремонтно-механических цехах металлургических комбинатов или машиностроительных предприятий. ● #677

VII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА ПРИБОРОВ И ОБОРУДОВАНИЯ
ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

ДЕФЕКТОСКОПИЯ 2006

5 – 7 сентября

*Збиречя професционалов
снова в Михайловском манеже!*

В научно-практической программе выставки:

- Однодневные выездные семинары 4 сентября
- Круглые столы 5 – 7 сентября

Ждем Ваших предложений по тематике круглых столов.

Санкт-Петербург
Михайловский манеж

Организация выставки: ВО РЕСТЭК, тел.: (812) 320-8092, metal@restec.ru, www.restec.ru

Организация научно-практической программы выставки:
ЖУРНАЛ «В МИРЕ НК», тел.: (812) 324-0668, jane@ndtworld.com, www.ndtworld.com

Влияние структурного состояния Fe–В покрытий на их стойкость к коррозии и износу

Е. А. Астахов, д-р техн. наук, Г. С. Каплина, А. П. Мурашов, кандидаты техн. наук, В. Ф. Гольник, канд. хим. наук, З. Г. Ипатова, А. И. Кильдий, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

Получение газотермических покрытий с нанокристаллической структурой представляется одной из возможностей реализации возросших требований к свойствам покрытий. Имеется достаточное количество данных, подтверждающих более высокие значения твердости, износо- и коррозионной стойкости газотермических покрытий с нанокристаллической структурой по сравнению со свойствами покрытий того же состава, но имеющих обычную кристаллическую структуру. Особенно интересны данные, относящиеся к свойствам покрытий, полученных при кристаллизации аморфных или смеси аморфных и кристаллических фаз.

Так, аморфные покрытия, полученные при плазменном напылении порошка Fe–17Cr–38Mo–4C, непосредственно после напыления имели твердость 1000 HV, а после кристаллизации при 650 °С — 1450 HV, и она сохранялась высокой (более 1300 HV) после кристаллизации при 1000 °С. Коррозионная стойкость этих покрытий также остается высокой и сопоставимой с коррозионной стойкостью плазменных покрытий из нержавеющей стали. Эти данные свидетельствуют о возможности использования покрытий после кристаллизации аморфной фазы (АФ) в качестве износо- и коррозионностойких.

В настоящей работе проведено исследование коррозионной стойкости и износостойкости газотермических покрытий из Fe–В и их зависимости от структурного состояния покрытия, которое изменялось в результате проведения последующей после напыления термообработки.

Для детонационного напыления применяли порошок аморфизирующегося сплава ПГ–Ж5 (железо 80, бор 20 ат. %) с фракцией порошка до 40 мкм и 63–40 мкм. Напыление осуществляли на установке «Перун–С» (толщина покрытия, наносимого за выстрел, 15–20 мкм, дистанция напыления 110 мм) с использованием детонационной смеси: кислород–ацетилен–азот. Режим плазменного напыления: плазмообразующий газ аргон (расход 28 л/мин), сила тока

500 А, напряжение 27 В, фракция порошка 100 мкм. Исходные образцы из стали Ст3.

Основанием для выбора режимов термической обработки (ТО) покрытий, содержащих АФ, служили результаты дифференциального термического анализа отделенных покрытий, результаты рентгеноструктурного фазового анализа этих покрытий и анализ имеющихся в литературе данных о кристаллизации аморфных покрытий и лент того же состава (Fe–20 ат.% В), полученных спиннингованием расплава.

Для проведения ТО образцы с покрытиями размещали в муфеле из нержавеющей стали. После предварительной его продувки аргоном высокой частоты устанавливали расход 20–30 мл/мин, затем муфель помещали в рабочее пространство шахтной нагревательной печи и проводили нагрев до температуры ТО со скоростью 20–22 °/мин. Выдержка при температуре ТО составляла 30 мин.

Рентгеноструктурные исследования проводили на дифрактометре ДРОН–3 в Ка–Сi-излучении. Объемное содержание АФ в случае аморфно-кристаллической структуры покрытий определяли по методике, основанной на разделении дифракционных отражений от аморфной и кристаллической фаз и сопоставлении площадей под кривыми интенсивности рассеивания рентгеновского излучения.

Металлографические исследования покрытий осуществляли на оптическом микроскопе «Неофот–32» при увеличении до $\times 1000$.

Испытания по определению износостойкости покрытий в условиях газообразного изнашивания проводили на центробежном ускорителе ЦУК–3М при скорости вращения диска ускорителя 50 об/с и углах атаки абразива 45 и 60°. В качестве абразива использовали SiO₂ с размером частиц 1 мм. Износ определяли по потере массы образцов, взвешивали на аналитических весах ВЛА–200.

Таблица 1. Зависимость износа газотермических покрытий, напыленных аморфизующим сплавом Fe-20В, от содержания АФ

Номер образца	Температура ТО, °С	ДП			ПП		
		Содержание АФ, масс. %	Средний износ, мг/кг, при		Содержание АФ, масс. %	Средний износ, мг/кг, при	
			45°	60°		45°	60°
1	без ТО	57	74,34	92,34	83	77,70	88,06
2	250	—	66,94	84,60	78	76,20	84,26
3	300	57	58,20	74,20	70	73,10	84,10
4	330	52	56,36	66,86	74	72,76	83,60
5	360	40	29,74	58,80	76	71,55	81,43
6	400	—	66,32	94,66	66	70,06	80,90
7	450	15	—	—	—	—	—
8	500	—	115,00	141,36	52	69,75	77,10
9	650	—	—	—	46	67,06	73,50
10	700	—	—	—	31	—	35,20
11	750	—	—	—	31	—	27,30
12	800	—	—	—	27	—	27,20
13	850	—	—	—	27	—	22,45

Примечание. Рентгеновский анализ образцов №10–13 произведен без их вращения.

Таблица 2. Электрохимическая характеристика покрытий Fe-V из аморфизующих сплавов

Метод напыления	Фракция порошка, мкм	Режимы термообработки, °С	Содержание аморфной фазы, масс. %	Электролит	Потенциал коррозии, В	Скорость коррозии, А/см ²	
Детонационный	63–40	—	57	0,1 н р-р КОН	–0,62	0,25·10 ^{–5}	
				0,1 н р-р НСl	–0,40	0,63·10 ^{–5}	
				Морская вода	–0,47	0,44·10 ^{–5}	
		500	—	—	0,1 н р-р КОН	–0,55	0,16·10 ^{–5}
					0,1 н р-р НСl	–0,35	1,30·10 ^{–5}
					Морская вода	–0,45	0,79·10 ^{–5}
		450	15	—	0,1 н р-р КОН	Пассивация	
					0,1 н р-р НСl	–0,38	0,85·10 ^{–5}
					Морская вода	–0,47	0,69·10 ^{–5}
		400	—	—	0,1 н р-р КОН	Пассивация	
					0,1 н р-р НСl	–0,40	1,80·10 ^{–5}
					Морская вода	0,48	0,60·10 ^{–5}
	330	52	—	0,1 н р-р КОН	Пассивация		
				0,1 н р-р НСl	–0,41	2,0·10 ^{–5}	
				Морская вода	–0,52	0,50·10 ^{–5}	
40	—	—	0,1 н р-р КОН	Пассивация			
			0,1 н р-р НСl	–0,36	1,30·10 ^{–5}		
			Морская вода	–0,46	0,52·10 ^{–5}		
Плазменный	100	—	83	0,1 н р-р КОН	–0,22	0,30·10 ^{–5}	
				0,1 н р-р НСl	–0,33	1,63·10 ^{–5}	
				Морская вода	–0,44	0,98·10 ^{–5}	
		500	26	—	0,1 н р-р КОН	–0,54	0,60·10 ^{–5}
					0,1 н р-р НСl	–0,39	0,87·10 ^{–5}
				Морская вода	–0,47	0,63·10 ^{–5}	

Для исследования электрохимического поведения и коррозионной стойкости покрытий применяли потенциостатический метод с автоматической разверткой потенциала со скоростью 10^{-4} В/с при помощи потенциостата П-5827М с использованием хлорсеребряного электрода сравнения.

В табл. 1 приведены результаты испытаний на газообразивный износ, а в табл. 2 — на коррозионную стойкость. Анализ результатов испытаний, приведенных в табл. 1, позволяет утверждать, что максимальная износостойкость детонационных (ДП) и плазменных покрытий (ПП) достигается при разных структурных состояниях: для ДП — при содержании АФ примерно 40 масс. %, для ПП — 27 масс. %.

При электронно-микроскопических исследованиях установлено, что после ТО до 600 К на базе аморфизированных областей появляются участки с наномикроскопической структурой с размерами фрагментов 10–20 нм. Такая структура обеспечивает максимальную микротвердость покрытий, что было установлено при микромеханических исследованиях методом индентирования, а также максимальную износостойкость ДП. При дальнейшем повышении температуры термической обработки в ДП имеет место рост зерна, что приводит к падению износостойкости. Для плазменных покрытий, содержащих в исходном состоянии 83 масс.% АФ, процессы образования наномикроструктуры, по-видимому, смещаются в область более высоких температур, отражением этих процессов является и изменение износостойкости.

Следует отметить, что скорость коррозии и детонационных, и плазменных покрытий в растворе HCl выше, чем скорость коррозии этих покрытий в морской воде. Из хлоридсодержащих сред (раствор HCl и морская вода) раствор HCl имеет кислую реакцию, а морская вода — нейтральную. Кроме того, в коррозионной реакции участвуют протоны (из соляной кислоты), что способствует увеличению скорости коррозии по сравнению со скоростью коррозии в морской воде.

Полученные результаты свидетельствуют, что после термообработки скорость коррозии детонационных покрытий из Fe–В в растворе HCl и в морской воде увеличивается по сравнению со скоростью коррозии покрытия Fe–В, не прошедшего термообработку. Такая закономерность характерна как для покрытий Fe–В с фракцией порошка 63–40 мкм, так и для покрытий Fe–В с

фракцией порошка до 40 мкм. Это, по всей видимости, связано с уменьшением количества аморфной фазы при термообработке (скорость коррозии кристаллической фазы выше, чем аморфной). Повышение температуры термообработки увеличивает скорость коррозии.

● #678



Технология ремонта и восстановления плит кристаллизаторов из меди и ее сплавов наплавкой трением с перемешиванием



Разработанная в Институте электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины технология наплавки трением с перемешиванием (НТП) состоит в следующем. Наплавляемую деталь и присадочный материал в виде пластины закрепляют с помощью прижимов. Вращающийся рабочий инструмент вводится в соприкосновение с присадочной пластиной до упора. В результате трения инструмента о пластину генерируется теплота, необходимая для доведения до пластического состояния присадочного материала и части металла изделия.

При перемещении инструмента образуется нахлесточный шов. Последовательное наложение таких швов с перекрытием позволяет наплавить деталь.

При наплавке трением с перемешиванием меди и ее сплавов получают швы высокого качества, без дефектов и неоднородностей в зоне перемешивания. При этом достигается существенное измельчение микроструктуры в зоне наплавки по сравнению со структурой основного металла.

Твердость металла зоны перемешивания на 10% больше, чем твердость основного металла. Деформации, вызванные сварочными напряжениями, отсутствуют.

Разработанный метод НТП меди позволяет производить наплавку бескислородной меди без окисления с сохранением исходной теплопроводности. Данный метод можно применять для упрочнения новых и восстановления изношенных поверхностей кристаллизаторов наплавкой износостойкой бронзы типа БРХ и БРХЦ.

Разработчик технологии —
Институт электросварки им. Е. О. Патона.

Тел.: +380 44 287 1283, 271 2584, 271 2296, 8 067 209 3870.

Разработчик оборудования, изготовитель систем управления — ООО «Оберт».

Тел.: +380 44 455 5985, +380 50 310 5119.

E-mail: obert@iptelecom.net.ua

Изготовитель технологического оборудования —
Киевский завод сварочного оборудования.

Тел.: +380 44 455 5984.

Универсальный полуавтомат для плазменного напыления защитных покрытий на внутренние поверхности

С. В. Петров, В. Н. Коржик, доктора техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины,
Ю. А. Никитюк, ООО «Оберт»

Существует ряд деталей, внутренние рабочие полости которых работают в тяжелых условиях нагружения. Поэтому к ним предъявляют повышенные требования надежности и долговечности. Эти требования к поверхностям могут быть удовлетворены с помощью плазменного напыления защитных покрытий. Авторами создан универсальный полуавтомат для напыления защитных покрытий на втулки цилиндра мощных дизелей, он может быть использован для напыления покрытия кристаллизатора машины непрерывного литья.

Разработка, производство и эксплуатация мощных дизелей постоянно сопровождаются поиском путей повышения КПД, снижения затрат, использования доступных и дешевых материалов, облегчения, ускорения и повышения гибкости ремонта. Наиболее значимым узлом для надежной работы дизеля является цилиндро-поршневая группа, где важнейшую роль играет правильный выбор материалов сопряжения трущейся пары «втулка-кольцо».

Цилиндровую втулку мощного дизеля практически всегда рассматривают как монолитную деталь и изготавливают из одного материала. Как правило, это серый высокопрочный чугун, легированный редкоземельными элементами. Внутренняя и наружная поверхности цилиндрической втулки, а также ее каркас работают в совершенно разных условиях, поэтому к ним необходимо предъявлять совершенно разные требования. Если наружная поверхность втулки

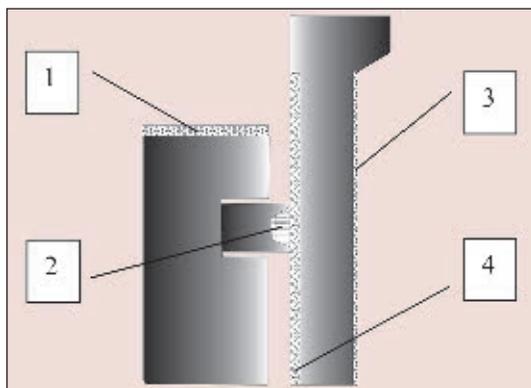
должна обладать, в первую очередь, высокой кавитационной и эрозионной стойкостью при сравнительно низких температурах, редко превышающих 100 °С, то внутренняя поверхность цилиндрической втулки должна иметь достаточную износостойкую, задиристостойкую и коррозионную стойкость при высоких температурах. Сочетать такие свойства в одном материале достаточно сложно. Наиболее оптимальный путь: внутренняя и наружная поверхности цилиндрической втулки должны быть изготовлены из различных материалов.

В настоящее время материалы, применяемые для изготовления цилиндрических втулок, не могут оптимально удовлетворить все эти требования. В связи с этим наиболее целесообразным является формирование каждой зоны детали из материалов с заранее заданными свойствами так, чтобы во взаимосвязи зоны представляли собой единое целое. Задача облегчена тем, что внутренняя и наружная зоны втулки представляют собой поверхностные слои малой толщины.

Использование технологии плазменного напыления позволяет формировать на цилиндрической втулке поверхностные слои с необходимым набором свойств. Напыляемое покрытие на внутренней поверхности цилиндрической втулки должно не только иметь высокую износостойкость, но и создавать так называемый «тепловой барьер» для уменьшения термических напряжений и тепловых потерь через втулку в охлаждающую дизель воду.

Поскольку допустимая величина износа рабочих поверхностей втулки и кольца составляет всего десятые доли миллиметра, в последние годы активно развивается новый подход к их конструированию — на дешевое и массивное основание наносить дорогое и эффективное покрытие. Плазменные защитные покрытия на деталях цилиндро-поршневой группы (ЦПГ) и элементах камеры сгорания (рис. 1) позволяют в 3–4 ра-

Рис. 1. Плазменные защитные покрытия на деталях цилиндро-поршневой группы:
1 — термобарьерное каталитическое покрытие поршня;
2 — износостойкое покрытие поршневого кольца;
3 — кавитационностойкое покрытие наружной поверхности втулки цилиндра;
4 — износостойкое, задиристостойкое, термобарьерное покрытие внутренней поверхности втулки цилиндра



за уменьшить износ, увеличить время их жизни практически до выработки запаса усталостной прочности материала, улучшить технические характеристики двигателя (снизить расход топлива и масла, количество вредных выбросов, повысить мощность) и получить значительную экономию.

Для удовлетворения требований, необходимых для эффективной работы цилиндрической втулки локомотивных и судовых дизелей, можно использовать различные покрытия. Наиболее соответствуют указанным выше требованиям аморфизированные покрытия, важной отличительной особенностью которых является обнаруженный эффект сохранения уровня твердости в процессе их нагрева от 300 до 1000 К, т. е. твердость при температурах до 1000 К практически соответствует твердости при комнатной температуре ($HV=4500$ МПа). У кристаллических же покрытий из промышленных сплавов, которые разработаны для эксплуатации в условиях изнашивания при повышенных температурах (Стеллит 31, Co-Cr-Ni-W-C, T-800-Co-Cr-Mo-Si и др.), наблюдается резкое снижение твердости ($HV=7500$ МПа при комнатной температуре, примерно до $HV=3000$ МПа при нагреве выше 850–900 К). В целом по уровню твердости в интервале температур 300–1000 К покрытия с аморфной структурой превосходят кристаллические покрытия. Кроме того, аморфизированные газотермические покрытия повышают усталостную прочность основы в среднем на 10–40%. Наиболее высокий уровень усталостной прочности наблюдается для покрытий, нанесенных методом сверхзвукового напыления, благодаря более высокому уровню остаточных напряжений сжатия.

В условиях граничного трения аморфизированные покрытия характеризуют в 1,2–1,5 более высокая стойкость к износу и на 50–80% более низкий коэффициент трения.

Кристаллизатор — важнейшая часть любой машины непрерывного литья. Он предназначен для формирования заданного профиля заливаемого в него металла или сплава. В кристаллизаторе образуется прочная корка затвердевшего металла, способная служить своеобразной емкостью для кристаллизующегося расплава. Большинство литейных дефектов слитка, начиная от прорывов металла и кончая искажениями размеров заданного профиля и трещинами, в большей или меньшей степени связаны с конструкцией кристаллизатора и матери-

лами, из которого он изготовлен. Кристаллизатор представляет собой теплообменник, следовательно, материал для его изготовления должен быть теплопроводным. Поэтому с начала применения непрерывного литья используют нелегированную медь. Однако кристаллизаторы из меди довольно быстро выходят из строя.

С появлением МНЛЗ развиваются два направления в повышении стойкости кристаллизатора. Первое — создание медных сплавов, отвечающих вышеуказанным требованиям. Введение в медь определенных легирующих элементов позволяет увеличивать степень твердости (например, бронза, латунь) по сравнению с медью промышленного качества. Однако повышение прочности удается получить лишь ценой снижения теплопроводности. На практике используются сплавы, содержащие фосфор (например, М1Р), который даже в небольших количествах значительно повышает температуру рекристаллизации, вызывая при этом минимальное снижение проводимости, и сплавы, содержащие серебро (например, МС), повышающее температуру рекристаллизации, проводимость и сопротивление ползучести. Сплавы, содержащие фосфор и серебро, имеют структуру твердого раствора. Механическую прочность обеспечивают путем холодной деформации. Значительно более высокой прочности, чем у сплавов со структурой твердого раствора, можно достичь посредством дисперсионного твердения, т. е. термообработкой соответствующих медных сплавов. Такие сплавы обладают хорошей теплопроводностью, а также высоким сопротивлением ползучести и высокой температурой рекристаллизации. К данным сплавам можно отнести сплав БрХ и БрХЦр (так называемую хромовую и хромциркониевую бронзу). Сравнение материалов, используемых зарубежными и отечественными производителями для стенок кристаллизаторов, позволяет найти много общего. Например, крупнейший в Европе производитель кристаллизаторов компания КМЕ (Австрия) использует для стенок материалы, аналогами которых являются М1Р, МС, БрХ, БрХЦр. Кроме того, КМЕ изготавливает кристаллизаторы из сплавов медь—кобальт—бериллий и медь—никель—бериллий и т. п.

Второе направление — нанесение различных покрытий. Для этого существует большой спектр материалов покрытий и способов их нанесения. Однако основной

вывод: не простая это работа — повышать износостойкость кристаллизаторов, и проблема пока остается открытой.

Вместе с тем накопленный опыт при опытно-исследовательских работах по нанесению износостойкого покрытия на рабочую поверхность кристаллизатора методами детонационного, плазменного, импульсного плазменного напыления свидетельствует о том, что покрытие высокоскоростным газотермическим напылением способно обеспечить все вышеперечисленные требования к кристаллизатору.

Данные предпосылки стали основой при создании специализированного оборудования (полуавтоматической линии) для реновации и упрочнения внутренних поверхностей деталей. Линия (рис. 2) включает полуавтомат 3 для абразивоструйной обработки с аппаратом 4 нагнетательного типа, напылительный полуавтомат 5, шкаф 1 управления линией, плазменную установку 2, включающую источник электропитания, шкаф управления 6, питатели-дозаторы 7, плазмотрон для напыления внутренних поверхностей с удлинителем 8.

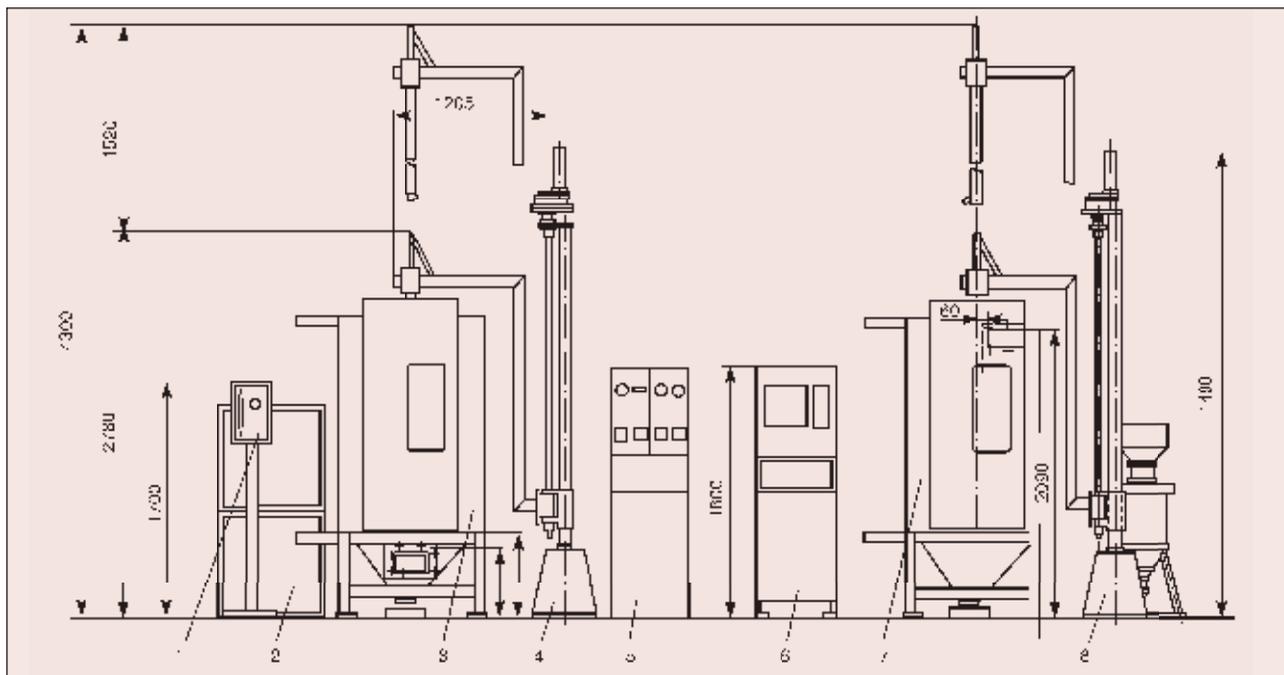


Рис. 2. Линия плазменного напыления внутренних поверхностей



Рис. 3. Полуавтоматы для напыления (а) и абразивоструйной подготовки (б)

Абразивоструйный и напылительный полуавтоматы (рис. 3, а, б) выполнены по единому принципу. Они содержат камеру соответственно с внутренней резиновой обшивкой для сохранности абразива и с шумоизолирующей обшивкой. В камерах размещен поворотный стол для закрепления и вращения детали. Камеры оборудованы также приточно-вытяжной вентиляцией и системами датчиков. В состав полуавтоматов входят две колонны с инструментом (рис. 3, б): первая — с абразивоструйным пистолетом, вторая — с плазмотроном. Абразивоструйный пистолет и плазмотрон имеют две степени свободы, обеспечивающие возвратно-поступательное и поперечное перемещения. Для этого использованы регулируемые приводы постоянного тока.

Для управления полуавтоматами и плазменной установкой предназначен шкаф управления (рис. 4, а). Разработанное программное обеспечение позволяет гибко управлять всеми параметрами процесса и стабилизировать их. Это особенно важно для напыления, поскольку качество покрытия может быть гарантировано только при точности поддержания всех технологических параметров.

Плазменная установка имеет свой шкаф управления (рис. 4, б) и может работать как автономно, так и с единого пульта управления полуавтоматами (рис. 4, а).

На лицевой панели шкафа управления установлен монитор для наблюдения за процессом напыления. Главным элементом (сердцем установки) является плазмотрон для внутреннего напыления (рис. 5). Он выполнен по трехэлектродной схеме с боковым подводом коммуникаций. Номинальная мощность 50 кВт. Плазмотрон может работать на дозвуковом и сверхзвуковом режимах. В качестве плазмообразующего газа используют смесь сжатого воздуха с природным газом. Плазмотрон является универсальным: в качестве исходного материала можно использовать порошок и проволоку. Такое исполнение делает линию для напыления покрытий на внутренние поверхности также универсальной и гибкой как по виду деталей, так и по составу и свойствам напыленных покрытий.

К настоящему времени фирмой «Техплазма» выпущено несколько тысяч различного типа втулок с плазменно-напыленным покрытием для локомотивных и речных дизелей (рис. 6). Опыт промышленной эксплуатации (более трех лет на локомоти-



Рис. 4. Шкаф управления полуавтоматом (а) и плазменной установкой ПЛАЗЕР (б)

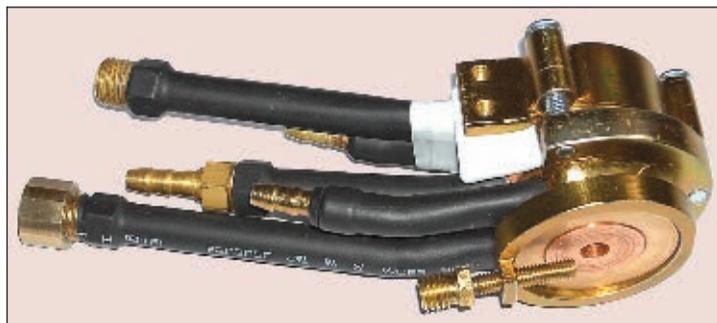


Рис. 5. Плазмотрон для напыления внутренних покрытий



Рис. 6. Цилиндрические втулки с плазменным покрытием

вах с пробегом более 500 тыс. км и 5 тыс. ч на речных дизелях) подтверждает результаты исследования. Износ втулок на речных дизелях за навигацию составляет в среднем 0,02 мм против 0,08 по нормативу. Доказано, что плазменная технология позволяет из отработавших свой срок по износу внутренней поверхности чугунных втулок изготавливать практически новые и более износостойкие.

● #679

Термическая обработка нагревом изнутри корпусного оборудования в условиях реконструкции действующего производства

А. И. Лавров, В. А. Бабкин, П. Б. Ловырев, ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры» (Волгоград),
 В. В. Кисель, А. К. Черепковский, ОАО «Нафтан» (Новополоцк),
 П. М. Корольков, ОАО «ВНИИмонтажспецстрой» (Москва)

При реконструкции нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств возникает необходимость приобретения нового технологического оборудования, в том числе и корпусного. Однако при обоснованном научно-техническом подходе нельзя исключать возможность использования в новых производственных процессах ранее эксплуатируемого оборудования, которое по своему конструктивному исполнению является близким или полным аналогом требуемому новому.

Пример такого подхода — реконструкция предприятием ОАО «Нафтан» (Новополоцк) ряда ранее эксплуатирующихся емкостей для их последующей работы в коррозионно-активных средах. Одним из основных условий, допускающих такую реконструкцию, является проведение термо-

обработки сварных соединений корпусов по режиму высокого отпуска с целью снижения уровня сварочных напряжений. Для практической реализации данного условия существуют три способа:

- местный нагрев с использованием электронагревателей сопротивления;
- печной нагрев;
- внепечной объемный нагрев.

Местный нагрев для снижения уровня остаточных сварочных напряжений эффективен при незначительном объеме сварочных работ.

Печной нагрев эффективен в любом случае при наличии стационарной термической печи с необходимыми техническими характеристиками на самом производстве либо в непосредственной близости от него. Доставка оборудования, тем более крупногабаритного, на большие расстояния требует специальных транспортных средств, решения многих дополнительных организационно-технических вопросов, значительных финансовых затрат, а также сопряжена с риском повреждения изделий при транспортировке.

Внепечной объемный нагрев позволяет выполнять термообработку изделий аналогично выполнению ее при печном нагреве, но непосредственно на строящемся объекте или производственно-монтажной площадке ремонтно-механического цеха с соблюдением всех необходимых требований, предъявляемых к качеству проведения процесса, а также сократить сроки монтажных работ и ввода оборудования в эксплуатацию. Поэтому для реконструкции емкостей специалисты ОАО «ВНИИПТхимнефтеаппаратуры» (Волгоград) совместно со специалистами ОАО «Нафтан» выбрали способ внепечного объемного нагрева как наиболее рациональный, и правомочность проведе-

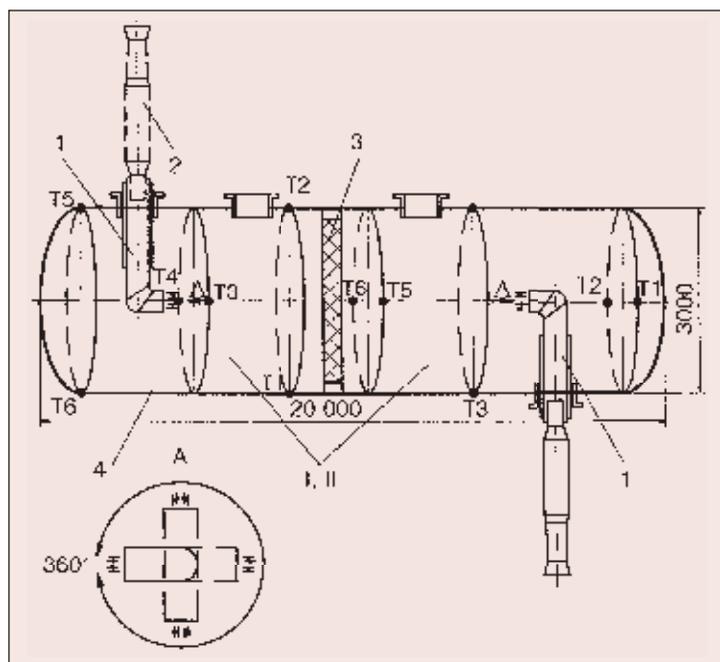


Рис. 1. Схема термообработки аппарата 235-V-II: 1 — устройство ввода теплоносителя; 2 — теплогенератор; 3 — теплоизолирующая перегородка; 4 — корпус; I, II — нагревательные отсеки; T1–T6 — термопреобразователи

ния которого подтверждается основными нормативно-техническими документами.

В общем виде способ внепечной термической обработки заключается в нагреве внутреннего объема изделия с теплоизоляцией наружной поверхности продуктами сгорания жидкого топлива, полученными в процессе работы специальных теплогенераторных устройств. При этом нагревают по режиму высокого отпуска весь корпус изделия, а, следовательно, одновременно все выполненные сварные соединения. Особенность конструкции применяемых теплогенераторов обеспечивает высокую скорость подачи теплоносителя во внутренний объем нагреваемого объекта, что в свою очередь вызывает интенсивную рециркуляцию продуктов сгорания в его внутреннем пространстве и способствует равномерному распределению температуры по всей площади нагреваемой поверхности.

Одно из первых термообработанных изделий — аппарат 235-V-II, реконструированный с учетом последующей работы в условиях коррозионной среды (моноэтанолламин), имел следующие размеры: диаметр 3000 мм, длина 20000, толщина стенки 14 мм; масса 30 т; материал — СтЗспЗ. Положение аппарата — горизонтальное. Необходимо было подвергнуть термообработке весь корпус по режиму высокого отпуска.

Учитывая большую длину, а также расположение аппарата, затрудняющие процессы теплообмена, внутренняя полость аппарата была разделена на два отсека теплоизолирующей перегородкой. Всю наружную поверхность накрыли минераловатными матами толщиной 60 мм. Продукты сгорания из теплогенератора подавали через устройство ввода теплоносителя, закрепленного на фланце одного из имеющихся на корпусе штуцеров. Причем конструкция устройства позволяла при необходимости изменять направление теплового потока (рис. 1). Режим работы теплогенератора (интенсивность и температура теплового потока) регулировали, изменяя подачу топлива и воздуха в камеру сгорания. Процесс проводили по частям: сначала по заданному режиму нагревали одну половину аппарата и после выдержки переносили нагрев на вторую половину, уже предварительно нагретую до температуры 200–250 °С отработанным теплоносителем из первой части аппарата, где режим термообработки был повторен. Таким образом, весь аппарат прошел последовательную термическую обработку по режиму высоко-

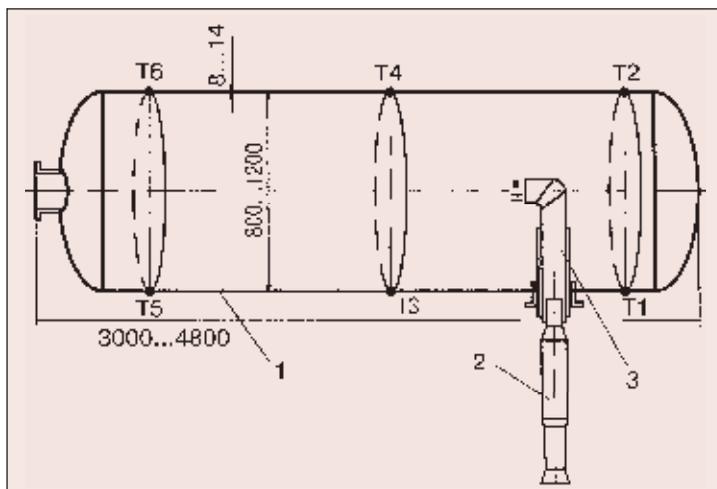


Рис. 2. Схема термообработки емкости Е 100–104: 1 — корпус; 2 — теплогенератор; 3 — устройство для ввода теплоносителя; Т1–Т6 — термопреобразователи

го отпуска. Скорость нагрева первого и второго отсеков составляла 200 °С/ч, фактическая температура нагрева 610–640 °С, время выдержки 1,5 ч, скорость охлаждения 100 °С/ч. Перепад температур при нагреве до 350 °С по длине и диаметру не превышал 50 °С, к началу и в процессе выдержки — 30 °С. Общий цикл термообработки занял 10 ч. Расход топлива 700 л. Время на подготовку, установку теплоизолирующей перегородки, теплоизоляции, монтаж и подключение термоэлектрических датчиков, теплогенератора и проверку работоспособности составило две смены.

Учитывая положительные результаты термообработки первого аппарата, способом внепечного объемного нагрева были подвергнуты термообработке еще пять емкостей Е 100–104 для последующей эксплуатации их в комплексе гидрокрекинга на линии сероводорода. Размеры емкостей: диаметры 800 и 1200 мм, длина 3000–4800 мм, толщина стенок 8 и 14 мм, масса от 1,5 до 4 т, материал — сталь 09Г2С. Термообработку проводили по режиму высокого отпуска. Скорость нагрева 200 °С/ч, фактическая температура нагрева 610–630 °С, время выдержки 1 ч, скорость охлаждения 100–120 °С/ч. Перепад температур по длине и диаметру при нагреве не превышал 40 °С, при выдержке — не более 20 °С. Время термообработки пяти емкостей составило пять смен. Количество израсходованного дизельного топлива на все изделия — 400 л. Учитывая небольшой габарит установки, теплоизолирующую перегородку не применяли. Характерный пример термообработки одной из емкостей приведен на рис. 2.

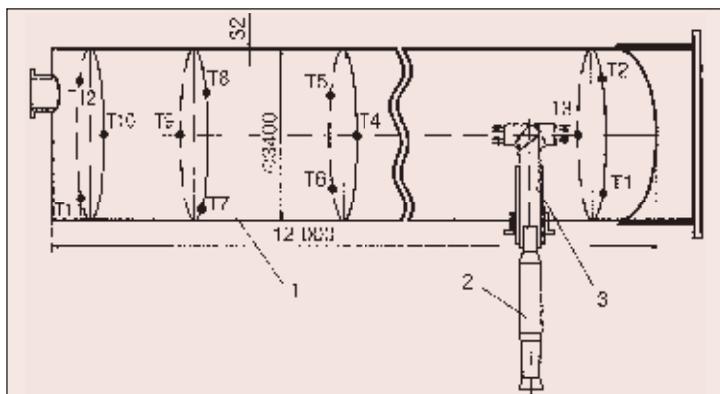


Рис. 3. Схема термообработки емкости Е 60/1: 1 — корпус; 2 — теплогенератор; 3 — устройство для ввода теплоносителя, Т1–Т6 — термопреобразователи

Завершающим этапом проведения работ на предприятии ОАО «Нафтан» являлась термообработка двух крупногабаритных емкостей Е 60/1 и Е 60/2 одинакового конструктивного исполнения, предназначенных для использования в цикле производства маслосмазочных присадок и битума. Значительный объем сварочных работ при проведении реконструкции, а также толщина стенки изделия 32 мм вызвали необходимость проведения объемной внепечной термической обработки независимо от условий дальнейшей эксплуатации. Размеры емкостей: диаметр 3400 мм, длина 12 000 мм, масса 50 т, материал — сталь 16 ГС, расположение при термообработке — горизонтальное.

Для практической реализации данного способа нагрева конструкций такой массы предварительно были выполнены расчеты необходимой теплоты, результаты которых

легли в основу при выборе оптимальной схемы нагрева, количества источников теплоты, толщины теплоизоляции, а также необходимого количества топлива. Нагревали по режиму высокого отпуска всю поверхность изделий. Вход и выход теплоносителя осуществлялся через имеющиеся штатные штуцера на корпусе. Скорость нагрева составляла 80 °С/ч, фактическая температура нагрева 600–630 °С, время выдержки 1,5 ч, скорость охлаждения 50 °С/ч. Перепад температур по длине и диаметру при нагреве не превышал 50 °С, при выдержке — 30 °С. Время термообработки до достижения металлом при остывании температуры 350 °С составило 14 ч. Толщина слоя теплоизоляции 100 мм. Для выполнения термообработки потребовался один теплогенератор ТГЖ с максимально установленной мощностью 1 МВт. Теплоизолирующие переемы не устанавливали. Расход топлива на выполнение термообработки одной емкости составил 1000 л. Схема термообработки емкости приведена на рис. 3.

Во всех случаях процесс нагрева проводили и контролировали вручную по показаниям контрольно-регистрирующего прибора. Контроль и регулирование для аппарата 235–V–II и емкостей Е 60/1, Е 60/2 осуществляли по 12 термоэлектрическим датчикам ТХА (К), выведенным на контрольно-регистрирующий прибор ФЦЛ–501–14, для емкостей Е 100/104 — по шести аналогичным датчикам. Управление процессом проводили, изменяя мощность теплогенератора и направление тепловых потоков. Режимы нагрева всех изделий записывали на диаграммную ленту прибора.

Сварные соединения аппаратов и емкостей до и после объемной термообработки подвергали ультразвуковой дефектоскопии, дефектов обнаружено не было. Кроме того, после термообработки было проведено гидравлическое испытание, показавшее положительные результаты.

Применение способа внепечного объемного нагрева позволило сократить сроки работ по реконструкции оборудования. Технология обеспечивает равномерный нагрев и управляемость процесса с точки зрения достижения и равномерности распределения температуры, что, как следствие, приводит к снижению уровня остаточных сварочных напряжений и позволяет повторно использовать ранее работавшее оборудование в условиях повышенных требований к его качеству и надежности.

Вниманию специалистов!

Издательство «Экотехнология» готовит к выпуску книгу:

А. Е. Анохов, П. М. Корольков.

Сварка и термическая обработка в энергетике

Представлены основное энергетическое оборудование и типичные повреждения сварных соединений. Рассмотрены особенности поведения сварных соединений в различных условиях. Описаны технологии восстановления поврежденного энергетического оборудования: трубопроводов, корпусных деталей, паровой арматуры, барабанов. Приведены оборудование и материалы для термической обработки сварных соединений. В зависимости от вида оборудования изложены технологии термической обработки. Освещены вопросы качества, представлены средства контроля — приборы, материалы, технология измерения параметров.

Рассчитана на инженерно-технический персонал, а также на высококвалифицированных рабочих, работающих в области энергетики, может быть полезна при подготовке специалистов по сварке и термической обработке энергетического оборудования.

Заявки на приобретение книги направляйте по адресу:

03150 Киев, ул. Антоновича, 62, издательство «Экотехнология»;
тел./ф. +380 44 287 6502; e-mail: welder@welder.kiev.ua.

ЗАО АРТЕМОВСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД

VISTEC ВІСТЕК

Главным критерием работы ЗАО «Артемовский машиностроительный завод «Вистек» является высокое качество выпускаемой продукции, соответствующее отечественным и зарубежным стандартам. Завод создан на базе Артемовского машиностроительного завода «Победа труда» и недавно отметил свой 102-летний юбилей. Здесь воплощается в жизнь все лучшее, что было создано отечественной наукой и в плодотворном сотрудничестве с Институтом электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины.

В настоящее время завод выпускает:

- цепи круглозвенные высокопрочные для горношахтного оборудования калибром от 14 до 30 мм классов прочности В, С, Д;
- цепи короткозвенные (круглозвенные) для подъемных механизмов (работа на «звездочках») калибром от 13×39 до 36×108 мм классов прочности 4 и 8;
- цепи короткозвенные грузоподъемные класса прочности Т (8) калибром от 13 до 32 мм для подъемных устройств;
- цепи круглозвенные сварные для цементной промышленности типа ЦОН и ЦОЖ калибрами 22 и 25 мм;
- цепи траловые тяговые для рыболовецкой промышленности калибром 13, 16, 19 мм и цепи траловые балластные с повышенной твердостью калибром от 14 до 26 мм;
- запчасти для горношахтного оборудования (цепи скребковые в сборе, скребки цельноштампованные, соединительные звенья, гайки, болты);
- горнорезущий инструмент (зубки и резцы горнорезущие);
- резцы токарные;
- электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки диаметром 3, 4, 5, 6 мм марок АНО-4; АНО-6; АНО-21; МР-3; УОНИ13/55; УОНИ13/45;



«VISWELD» E6013 (тип электрода Э50) диаметром 2,5–3,2–4,0 мм;

- проволоку стальную сварочную марок Св-08 и Св-08А диаметром от 1,6 до 6,0 мм, в бухтах массой от 80 до 1000 кг;
- проволоку стальную сварочную Св-08Г2С диаметром от 0,8 до 2,0 мм неомедненную в мотках по 70 и 80 кг и омедненную в мотках по 70 и 80 кг и на катушках массой по 5 и 15 кг;
- проволоку стальную низкоуглеродистую общего назначения диаметром 1,6–6,0 мм в бухтах массой от 80 до 1000 кг;
- проволоку термообработанную (отожженную) диаметром 1,6–6,0 мм в мотках массой до 100 кг;
- гвозди строительные диаметром от 1,6 до 6,0 мм, длиной от 20 до 200 мм;
- совки лопат угольных, породных и копальных из стали 5ПС.



Приглашаем заинтересованные предприятия к установлению прямых хозяйственных связей с ЗАО «Артемовский машиностроительный завод «Вистек». Качество продукции завода не уступает зарубежным аналогам, что подтверждено органами сертификации многих стран.



Почтовый адрес: Украина, 84500, Донецкая область, г. Артемовск, ул. Артема, 6.

Электронная почта: e-mail: sayko@vistec.dn.ua, pal@vistec.dn.ua, ganzela@vistec.dn.ua

Веб-сайт: vistec.com.ua; vistec.gorod.dn.ua

Отдел сбыта: + 38 062 340-19-10, 340-19-11, 340-19-12; + 38 06274 4-02-50

Генеральный директор Ятченко Николай Иванович: + 38 06274 6-28-90

Директор по сбыту Сайко Николай Викторович: + 38 062 340-19-12.



Установка TransPocket 2500 для сварки штучным электродом и сварки ТИГ



ОТЛИЧНАЯ СВАРКА

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

Fronius International GmbH
Buxbaumstrasse 2, P.O.Box 264
A 4602 Wels, Austria
Tel.: +43/7242/241-0
Fax: +43/7242/241-394
E-mail: sales@fronius.com
www.fronius.com

TransPocket 2500/3500 — новый полностью цифровой инверторный источник питания постоянного тока с резонансным принципом

Теперь не имеет значения длина сетевого кабеля: 20, 50 или 100 м, не важно то, что сетевое напряжение нестабильно, все равно, работает ли Вы от сети или от генератора — сварочная дуга остается всегда полностью стабильной. Это резонансный принцип. Сварочная дуга реагирует автоматически на каждую ситуацию через цифровое управление нового источника.

- Сила сварочного тока 10–250/350 А.
- Напряжение питания 3×380 В.
- Идеальная сварочная характеристика обеспечивает всегда стабильную дугу вне зависимости от длины сетевого кабеля и колебаний сетевого напряжения.
- Гарантированная сварка всеми типами электродов, включая целлюлозный (Ø2–5 мм).
- Легкий (12,5/18 кг), простой, надежный.

Сварка штучным электродом (MMA) + WIG-DC

Области применения — мобильное использование в самых жестких режимах эксплуатации.

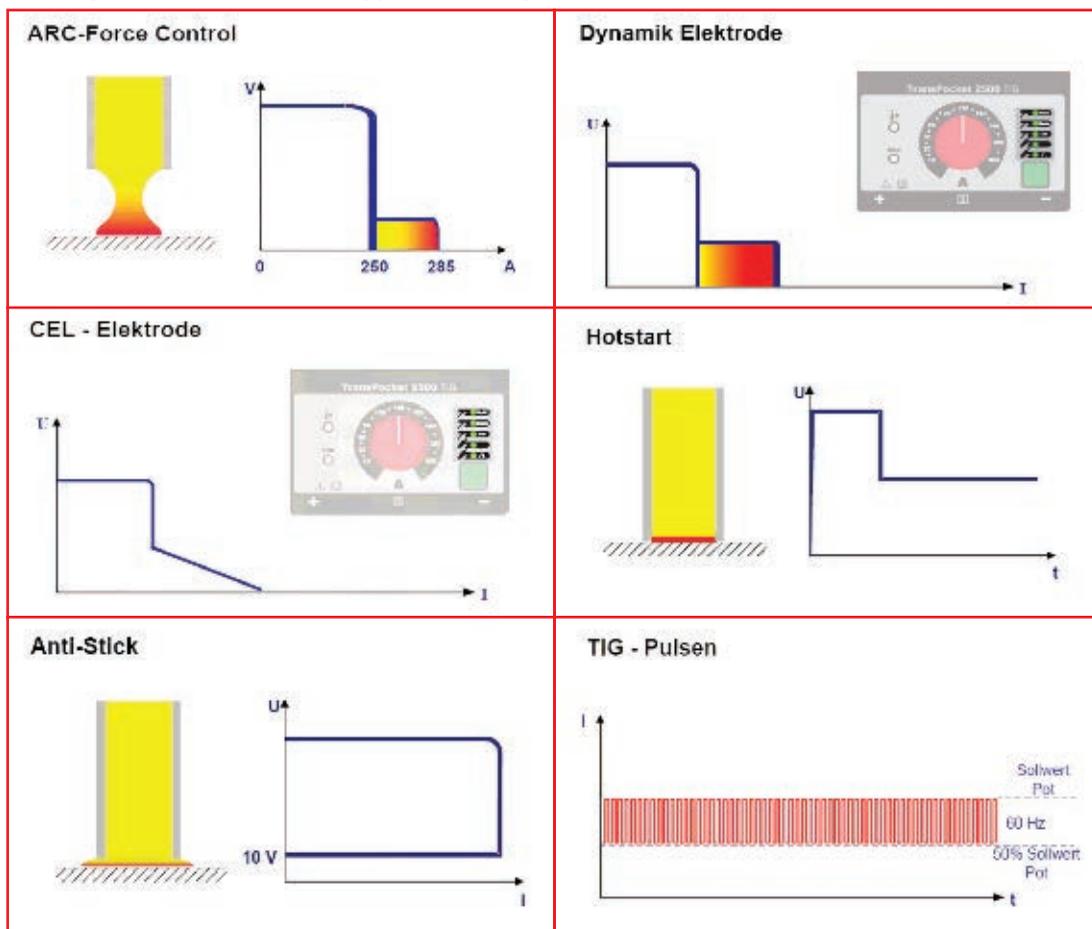
- Машиностроение, химическая промышленность и судостроение.
- Строительство и монтаж металлоконструкций.
- Прокладка трубопроводов и ремонт емкостей.

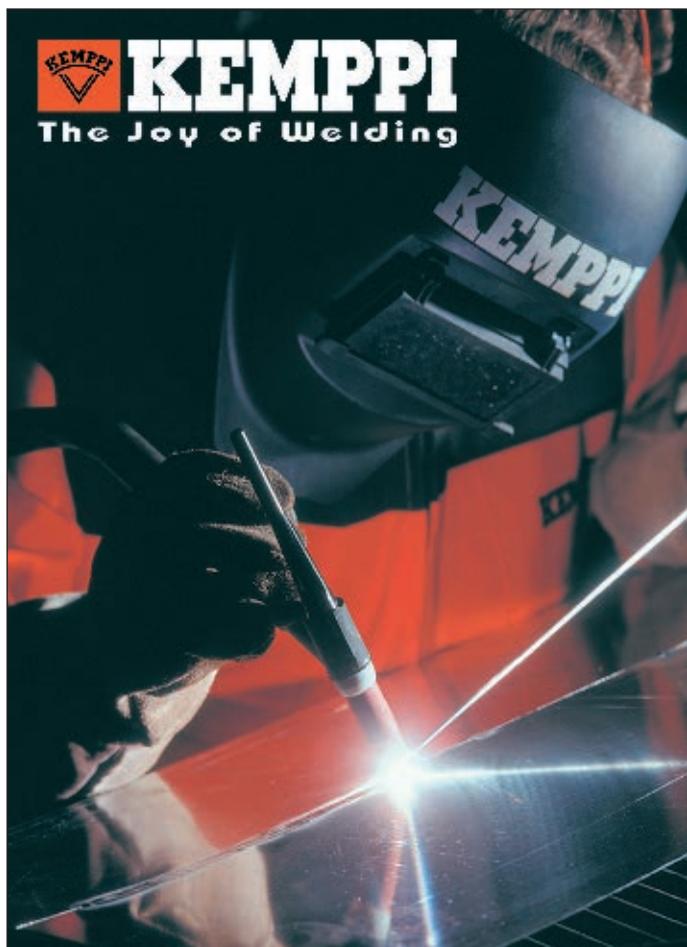


Список основных встроенных технических функций аппаратов TP 2500, TP3500, TP 2500 TIG, TP 3500 TIG

www.fronius.com/neu/tp2500-3500

Fronius





KEMPR
The Joy of Welding

СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОДНОГО ИЗ ВЕДУЩИХ МИРОВЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ФИНСКОЙ КОМПАНИИ КЕМПРИ ОУ

- Инверторы для ручной дуговой сварки.
- Сварочные полуавтоматы MIG/MAG.
- Аппараты для сварки TIG.
- Роботизированные комплексы.
- Специализированные разработки для судостроения и тяжелой промышленности.



Компания «ВИСТЕК» —
официальный представитель в Украине

Техническая поддержка, гарантийное обслуживание, ремонт, оригинальные запчасти.

Сварочные материалы производства «Артеммаш-Вистек»:

- Сварочные электроды АНО-6; -4; -21; МР-3; УОНИ 13/55; VISWELD.
- Сварочная проволока омедненная Св08Г2С на катушках, рядная намотка (15 и 5 кг), в бухтах 50–70 кг.
- Сварочная проволока неомедненная Св08Г2С (бухта 50–80 кг).



Украина 01033 Киев, ул. Жилианская 30а, 12 эт. т./ф. (044) 569 5656
www.vistec.kiev.ua e-mail: vistec@vistec.kiev.ua

г. УФА, 24-27 ОКТЯБРЯ 2006 ГОДА

IX МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

"МАШИНОСТРОЕНИЕ"



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СВАРОЧНЫЙ ФОРУМ

в который входят:

V КОНКУРС СВАРЩИКОВ РОССИИ И СТРАН СНГ

VI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

IX МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

**"СВАРКА. КОНТРОЛЬ.
РЕНОВАЦИЯ"**

Информационная поддержка:



БАШЭКСПО
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР

450080, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа а/я 144
Тел.: (3472) 565-180, 565-186, 565-461
Факс: (3472) 908-707
E-mail: welding@bashexpo.ru, mash@bashexpo.ru
http://www.bashexpo.ru

Опыт применения перспективных полиуретанов для защиты от коррозии

С. В. Малюгин, М. М. Смирнов, Н. В. Давыдкин, А. С. Малюгин, ФГУП ММПП «Салют» (Москва)

В последние годы на рынке России появляются новые материалы из полимеров: двухкомпонентный полиуретан, двухкомпонентная полиуретановая полиуретановая (полимоочевина) и однокомпонентные влагоотверждаемые полиуретановые покрытия. Опыт применения этих материалов в России рассмотрен на примере машиностроения и автомобилестроения.

Двухкомпонентные полиуретановые покрытия. Полиуретановые материалы холодного отверждения (американская компания «Райно–Лайнингз») имеют следующие преимущества:

- при одинаковой с резиной упругости полиуретан намного превосходит ее в прочности на истирание и разрыв;
- отличное сопротивление влаге и грибкам, химическая устойчивость к маслам, многим кислотам, щелочам и растворителям;
- благодаря быстрому застыванию (30–60 с) можно покрывать как горизонтальные поверхности, так и вертикальные, и даже потолки;
- в отличие от эмалей и красок, можно создать слой толщиной до 12 мм или изделия объемом до 0,25 м³;
- возможность создания любого цвета по каталогу РАЛ (международной признанной палитре цветов);
- возможность создания как глянцевого покрытия, так и рифленого в виде капель различного размера, для чего требуется только изменение режима работы установки;
- благодаря своей микропористости и довольно большой толщине покрытие может быть использовано в качестве теплоизоляции, а также служить защитой от шума, поглощая колебания поверхности, на которую нанесено;
- большая устойчивость к температурному воздействию (от минус 70 до плюс 100 °С) без изменения физических и механических свойств;
- биологическая инертность и отсутствие в составе растворителей и других химически активных веществ делает материал применимым для прямого контакта с питьевой водой и продуктами питания;

- смешивание материала и красок перед нанесением производят с помощью воздушных насосов-миксеров, которые практически безотказны в эксплуатации;
- несложное обучение персонала, нет необходимости в контроле над процессом выполнения работ, простота обслуживания оборудования.

Установки «Райно–Лайнингз» для нанесения покрытий конструктивно просты, насосы отрегулированы на постоянное соотношение пропорций компонентов А и Б (приблизительное соотношение 0,6:1).

Один из вариантов применения таких покрытий — нанесение их на различные детали и поверхности автомобиля. Если покрыть ими пол и борта кузова грузовика, то такой автомобиль прослужит гораздо дольше, так как вода, грязь и прочие вредные для металла вещества не будут затекать в стыки между деталями и способствовать целевой коррозии. Покрытие настолько прочное, что его невозможно повредить, даже двигая по нему поддоны, бочки и подобные грузы. Можно покрывать кузова самосвалов для сохранения металла при транспортировке скальных пород.

На протяжении нескольких лет на машиностроительном заводе «Тонар» (Орехово-Зуево Московской обл.) такие покрытия серийно используют для покрытия полов рефрижераторов и прицепов. Особенно экономически выгодно покрытие полов рефрижераторов. Из технологии изготовления исключено применение гофрированного алюминия, в результате отпала необходимость крепить его сотнями шурупов к основанию кузова, герметизировать стыки специальным герметиком. Пол прицепа изготавливают из дерева. Покрывая внутренние стенки изделия на высоту до 25 см от пола, получают закрытую герметичную ванну. Поэтому уборку кузова осуществляют струей воды, не опасаясь, что влага попадет на основание. На последний слой полиуретана наносят слой песка, что на порядок увеличивает абразивную стойкость и сцепляемость покрытия. Покрытие сертифици-

ровано по санитарно-гигиеническим показателям, им разрешено покрывать емкости для перевозки пищевых продуктов.

Фирма «Автоспецбыт» (Нижний Новгород) выполняет полиуретановое покрытие полов и боковых стен транспортных автомобилей марки «Газель» и «Соболь», изо термических кузовов и внутренних поверхностей бронированных банковских автомобилей.

Фирма «Самоглот» (Нижний Новгород) применяет полиуретаны для покрытия полов автомобилей «Скорая помощь» и багажного отделения новых автобусов собственного производства.

Следует отменить недостатки, присущие как самим двухкомпонентным полиуретанам, так и установкам для их нанесения.

Качество покрытия двухкомпонентными полиуретанами (часть А–ИЗО и часть Б–РЕЗИН) в значительной степени зависит от температуры покрываемой поверхности, окружающей среды и самого материала, которая должна быть плюс 22–26 °С. В случае нарушения этого показателя возникают проблемы, связанные со скоростью реакции, временем гелеобразования и полимеризации, адгезией и качеством покрытия. Огромное значение имеет показатель относительной влажности воздуха — не более 55%. При более высоком показателе на готовой поверхности появляются сквозные отверстия, вздутия и другие существенные недостатки. Избежать появления таких дефектов довольно сложно в условиях российского климата. Поэтому при внедрении полиуретановых покрытий необходимо создание «тепличных условий», начиная от хранения оборудования и сырья и кончая процессом высыхания.

Поскольку напыление выполняют с помощью сжатого воздуха (под давлением 0,6–0,65 МПа), возникают дополнительные проблемы с качеством подаваемого воздуха, который теоретически должен быть абсолютно сухим. Имеющиеся на сегодняшний день стационарные компрессоры на многих предприятиях не отвечают таким требованиям (в воздухе много воды и масла). Поэтому необходимо приобретать дополнительно высококачественный компрессор.

В процессе работы необходимо постоянно следить за поступлением обоих компонентов. Способность части А (изоцианата) к кристаллизации уже при температуре плюс 13 °С приводит к тому, что возможно нанесение только одной части Б (поли-

ли), которую придется удалить. Только последние модификации установок «Райно–Лайнингз» выпущены с устройством, останавливающим установку при отсутствии в системе одного из компонентов.

Установки предназначены только для покрытия небольших площадей. При производительности установки 2,5 кг в минуту при нанесении покрытия, например, на кузов большого самосвала или пол в прицепе длиной 13 м физическая нагрузка на оператора сильно возрастает.

Полиуретановое покрытие, подвергаясь воздействию прямых солнечных ультрафиолетовых лучей (УФ), теряет свой первоначальный цвет и приобретает блеклые тона с желтизной. Поэтому для поддержания цвета необходимо регулярно наносить УФ-покрытие, что ведет к дополнительным затратам.

Проблемы возникают при внедрении технологии на предприятиях, имеющих конвейерную сборку. Попытка покрыть полы автобуса на конвейере Ликинского автобусного завода показала, что за 1 ч 15 мин (с таким ритмом работает конвейер) практически невозможно подготовить поверхность, нанести покрытие и произвести сборку. В данной ситуации возможны два выхода: «разорвать» конвейер и выделить линию нанесения покрытий, что влечет за собой значительные финансовые затраты, или отказаться от предлагаемой технологии.

Двухкомпонентные материалы на основе полимочевины. Начиная с 2000 г., на западном рынке появились продукты под названием полиурии, представляющие собой высокорепреактивные покрытия на основе полимочевины, которые наносят способом распыления, смешивая два исходных компонента, не содержащих растворителей. Эти продукты ввиду их особых свойств применяют почти во всех отраслях промышленности в качестве многофункционального защитного покрытия, например, для резервуаров, водонакопительных бассейнов, систем сброса сточных вод, установок по производству биогаза, гальванического оборудования, продукции автомобильной промышленности и т. д.

По сравнению с полиуретанами эти продукты имеют ряд существенных преимуществ:

- их можно наносить при температуре воздуха от минус 10 до плюс 50 °С, при этом температура поверхности, на которую наносят покрытие, может быть от плюс 5 до плюс 40 °С;

- относительная влажность воздуха при нанесении покрытия может достигать 98%;
- полиурии наносят с помощью машин высокого давления, поэтому отпадает необходимость применения сжатого воздуха в качестве «рабочего инструмента»;
- во время нанесения покрытия остаточная влажность в основании допускается в широких пределах (однако следует избегать образования водяной пленки);
- соотношение по массе ИЗО: ПОЛИ составляет 1:1, если учесть, что температура смешивания материала плюс 60–80 °С, то вопрос о нарушении соотношения пропорций и кристаллизации материала попросту отпадает;
- время застывания полиурии равно 2–10 с, эксплуатировать покрытия можно через 2 ч (у полиуретанов этот показатель равен 24 ч), продукты из полимочевины имеют температурную стойкость на 35–40 °С выше, чем полиуретаны, у них гораздо выше химическая устойчивость и великолепная стойкость к прямому воздействию солнечных лучей;
- данные материалы имеют твердость по Шору от 40 до 95 ед. (полиуретан имеет твердость 90–95 по Шору).

Российские потребители пока с настороженностью относятся к полиурии в первую очередь из-за ее относительно высокой цены, которая на 50–60% выше стоимости полиуретана. В последнее время появились так называемые «гибриды», т. е. материалы представляющие собой нечто среднее между полиуретанами и полиурией. И если по цене они немного дороже полиуретана (10–15%), то по своим физическим и химическим свойствам на 60% ближе к полиурии. Имеется также несколько видов «гибридов», отличающихся показателями твердости. Основными производителями различных сортов полиурии и «гибридов» являются швейцарская фирма «Эклатин» и американская фирма «Турболайнер».

Для нанесения полиурии и «гибридов» в настоящее время предлагается довольно большое количество установок. Подогрев материала производят до температуры 88 °С, рабочее давление составляет 15–20,4 МПа. С помощью таких установок появляется возможность значительно увеличить производительность при покрытии больших площадей. Например, с помощью установки МХ2 (фирма «Глас-Крафт», США) можно за 40 мин покрыть кузов большого карьер-

ного самосвала, израсходовав за это время 400 кг материала.

Полиуретановые системы, отвердевающие в присутствии влаги (ВОП). Это двухкомпонентные продукты, которые после нанесения (кистью, валиком, воздушным или безвоздушным распылением) отвердевают с помощью влаги, впитываемой из воздуха. Образуется прочное, надежное покрытие, поскольку изоцианат впитывает из воздуха только необходимое количество влаги. Вследствие этого ошибка при смешивании, которая довольно часто и легко случается при использовании других двухкомпонентных продуктов, полностью исключена. На скорость отверждения ВОП больше влияет влага, находящаяся в воздухе, чем температура воздуха. ВОП затвердевают при более низких температурах, чем все другие двухкомпонентные продукты. Например, в то время как в эпоксидных лаках при температуре ниже 8 °С отверждение практически прекращается, у ВОП оно продолжается даже при температурах ниже 0 °С.

Вязкость и относительная молекулярная масса смолы и отвердителя в основном влияют на скорость отвердевания. Как известно из практики, жидкости при низких температурах всегда имеют высокую вязкость, т.е. становятся более густыми. Жидкости, которые уже при 120 °С являются относительно высоковязкими, могут при низкой температуре, например 0 °С, затвердеть. Отвердители с высокой вязкостью, которые применяют в двухкомпонентных эпоксидных системах, при низких температурах очень быстро теряют свою подвижность. Смешение (смолы и отвердителя) и образование сетки становится невозможным. У ВОП, наоборот, даже при низких температурах большое количество водяного пара помогает образованию сетки. Молекулы воды имеют настолько малые размеры, что это позволяет им сохранять подвижность и дает возможность диффундировать в лаковой пленке с целью поиска группы для проведения реакции. Это объясняет отверждение

Таблица 1. Сцепляемость по ISO 4624

Система	Общая толщина покрытия, мкм	Сцепляемость, Н/мм ²
Коронур-1К-ВОП — фосфатный грунт	150–170	4,0–6,0
Коронур-1К-ВОП — Ферро		4,0–5,0
Коронур-1К-ВОП — Монокоат фиолетовый		2,5–4,3

(создание химически стойкой сетки) ВОП даже при температуре минус 10 °С.

Экологические и технические характеристики ВОП покрытий:

- не вызывают физиологических опасений;
- имеют низкое содержание растворителей и высокую адгезию к покрываемой поверхности (табл. 1);
- нет зависимости от погодных условий при нанесении покрытия;
- быстрота в работе с материалами;
- универсальность в применении;
- минимальная предварительная подготовка;
- низкие расходы на обслуживание;
- не меняют своих свойств в течение 20 лет и более;
- отсутствие необходимости смешивания компонентов, т. е. их можно наносить непосредственно из фабричной емкости. ВОП систем Короцинк и Коропур можно наносить практически на протяжении всего года.

Преимущества полиуретанов, отверждающихся в присутствии влаги:

- отсутствие необходимости смешивания компонентов, т. е. полиуретановые продукты можно наносить непосредственно из фабричной емкости;
- готовый продукт не застывает в емкости, благодаря чему нет отходов в виде застывшей краски;
- меньший расход материала благодаря большой доле твердой фазы, что делает этот материал экологически безопаснее;
- возможность нанесения при температуре не ниже минус 5 °С и при относительной влажности воздуха не более 98%;

- чрезвычайно кратковременные циклы нанесения слоев, быстрое высыхание, даже при самых неблагоприятных условиях обработанные узлы можно монтировать уже на следующий день;
- покрытие можно в любое время отремонтировать тем же самым материалом;
- для выполнения работ полиуретановые материалы можно разливать в мелкую тару, при этом они не требуют ни смешивания, ни разбавления;
- ремонтные работы можно производить при влажной и холодной погоде;
- покрытие отличается высокой смачиваемостью и чрезвычайно плотной поверхностью;
- достигается наивысшая твердость поверхности и упругость даже на краях.

Диаграмма (рисунок) показывает границы возможности покрытия материалами, затвердевающими в присутствии влаги, и с двухкомпонентными эпоксидными лаками.

На современном этапе развития защитных противокоррозионных покрытий полиуретановые материалы холодного отверждения являются наиболее предпочтительными по сравнению с традиционными лакокрасочными материалами. Эти материалы имеют высокие эксплуатационные и технологические свойства и химическую стойкость (табл. 2), а также являются экологически более чистыми, чем покрытия на эпоксидной, масляной или акриловой основе. Они могут найти широкое применение в следующих отраслях промышленности:

- в нефтегазовой — трубопроводы, перекачивающие насосы и компрессоры, ресиверы и топливохранилища, здания и сооружения, буровые и напорные вышки, транспортирующие ленты и рольганги, топливоперевозчики, запорная арматура и коллекторные сооружения, а также многое другое (работа в любых климатических зонах, при любом химическом, коррозионном и абразивном воздействии);
- в горнодобывающей и горно-обогатительной — карьерные самосвалы и экскаваторы, шахты, вагонетки и транспортирующие трубопроводы, дробильные и измельчающие вибробункеры, специальные здания и сооружения, а также многое другое (работа в любых климатических зонах, при любом химическом, коррозионном и абразивном воздействии);

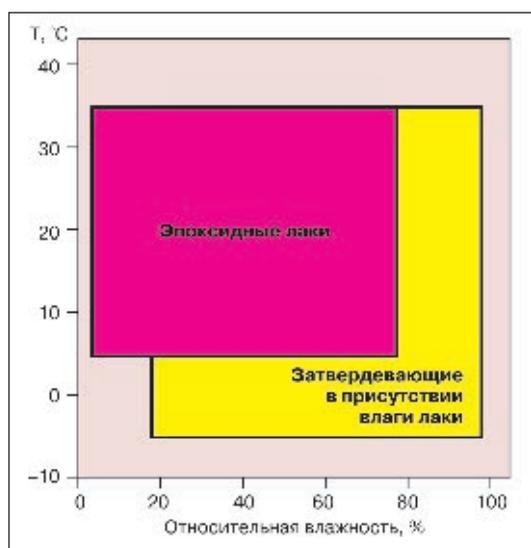


Рисунок. Диапазон применения ВОП и эпоксидных лаков

Таблица 2. Химическая стойкость (тест проводили при температуре плюс 23 °С)

Материал	Короцинк ФХ ЦИНК		Короцинк ПУР-ФХ		Короцинк КМ-ФХ		Коропур ФХ-ФЕРРО		Коропур ФЕРРО		Коропур Тар Стандарт	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Тест Бензин	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Гексан	0	0	0	0	0	0	X	X	X	X	0	0
Октан	0	0	0	0	0	0	X	X	X	X	0	0
Ксилол	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	2
Толуол	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	2
Ацетон	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4
Этанол 50%	1	2	1	2	1	2	0	1	0	1	2	3
Этигликольацетат	3	4	3	4	3	4	1	2	1	2	4	4
NaOH 20%	4	5	4	5	4	5	4	4	4	4	0	0
KOH 20%	4	5	4	5	4	5	4	4	4	4	0	0
H ₂ SO ₄ 20%	3	5	3	5	3	5	0	0	0	0	0	0
HC1 10%	3	5	3	5	3	5	0	0	0	0	0	0
NaCl 20%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(NH ₄) ₂ SO 20%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CaCl 20%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KCL 20%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Супербензин	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Минеральное масло (легкое)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Керосин	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
Скайдроль 500 В	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
Дизельное масло	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Буровой промы- вочный раствор	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Продолжительность теста, ч	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6

Примечание. Оценки стойкости по DIN 53230: 0 — никаких изменений; 1 — следы изменений, очень легкое набухание; 2 — следы изменений, легкое набухание; 3 — изменение пленки, размягчение; 4 — сильные изменения, сильное размягчение; x — полное разрушение пленки.

- в энергетике — плотины ГЭС, трубопроводы и насосы, градирни, турбинные агрегаты, запорная арматура, фильтры химической водоподготовки, накопители, топливохранилища, печи и котлы, специальные здания и сооружения, шлюзы, каналы, дымовые трубы, а также специальные помещения с повышенным радиационным фоном (покрытия стойкие к радиоактивному излучению — понижают радиоактивный фон вне помещения в 3–5 раз), реакторные залы и отсеки;
- в строительстве — бесшовная гидроизоляция подвальных и подземных сооружений, наливные крыши и полы, наружная декорация городских зданий и коттеджей, спортивные сооружения и стадионы, бассейны и гидросооружения, мосты, переправы, железнодорожные станции и вок-

- залы, портовые сооружения, баржи, контейнеры, железнодорожные вагоны и др.;
- в автомобилестроении — кузова легковых и грузовых машин, тягачей, автокранов, самосвалов, сельскохозяйственной и специальной техники, бронирование техники, перевозящей ценности;
- в машиностроении — токарные и фрезерные станки, виброгалтовочные, дробетные и роторные машины, тельферы, кран-балки, гальваническое и химическое оборудование, складские помещения, цеха и оборудование для термообработки, специальные емкости и др.;
- на станциях аэрации и водоочистки — отстойники, каналы, накопители, трубопроводы и насосы, запорная арматура, специальные цехи, оборудование для озонирования воды и др.

• #681

Комбинированные технологии формирования градиентных структур деформированного чугуна

И. Л. Поболь, А. И. Покровский, кандидаты техн. наук, Физико-технический институт НАН Беларуси (Минск)

Рабочая поверхность чугунных деталей двигателей внутреннего сгорания должна иметь высокую износостойкость, а сердцевина — повышенную прочность, пластичность и хорошую обрабатываемость. Это можно обеспечить, применяя перспективное направление конструирования изделий с градиентным распределением свойств по сечению — комбинированные методы, например, горячая пластическая деформация с последующей электронно-лучевой обработкой поверхности.

Для исследований были выбраны полоччатые и высокопрочные чугуны, легированные Сг и Ni (до 1%) и небольшими добавками Sb, В, Zr (углеродный эквивалент 3,9–4,0). Горячую пластическую деформацию (ГПД) проводили методом выдавливания в условиях неравномерного всестороннего сжатия со степенью деформации до 80% в подогретом штампе с получением прутков диаметром 12,5 мм. Электронно-лучевую обработку выполняли на сварочной установке с энергоблоком ЭЛА 15 (ускоряющее напряжение 60 кВ, мощность электронного пучка до 15 кВт). Электронный пучок диаметром

1 мм сканировал поверхность в зоне требуемой формы с различным временем нагрева.

За счет деформирования изделие из чугуна, во-первых, приобретало форму, максимально приближенную к чертежу, во-вторых, одновременно увеличивались прочность и пластичность. Если в литом состоянии высокопрочный чугун обладает пределом прочности при растяжении 500 МПа и относительным удлинением 4%, после ГПД со степенью деформации 80% — соответственно 1000 МПа и 7%. Конструкцией штамповой оснастки можно обеспечить изменение степени деформации от одной части изделия к другой и соответствующее распределение свойств. Подвергнутый ГПД чугун более чувствителен к термообработке, кратковременный нагрев обеспечивает окончательную корректировку структуры.

Деформационно-термическая обработка деформированного чугуна. Исследовали особенности графитизации половинчатого чугуна (3,42 мас. % С; 1,53 Si; 1,14 Mn; 0,70 Cr; 0,47 Ni; 0,17 Sb). Матрица чугуна в исходном состоянии представляла собой пластинчатый перлит с дисперсностью Пд0,5–Пд1,0, с количеством графита в структуре около 6%. Эвтектический цементит выделялся в виде сот и отдельных включений, а его количество находилось в пределах 20–30%. Материал подвергали ГПД при 975 °С (градиент деформации $\epsilon=20\text{...}80\%$) с охлаждением поковок на воздухе и графитизирующему отжигу при 900 °С в течение 0,5–2,5 ч.

С увеличением продолжительности отжига твердость литого чугуна снижается (рис. 1). Последующая стабилизация значений твердости около 200 НВ свидетельствует о полном распаде эвтектического цементита и завершении процесса графитизации. У литого чугуна полное прохождение графитизации завершается за 2,5 ч. У чугуна, деформированного с $\epsilon=20\%$, твердость 200 НВ достигается за два часа, а с $\epsilon=80\%$ — всего за один час.

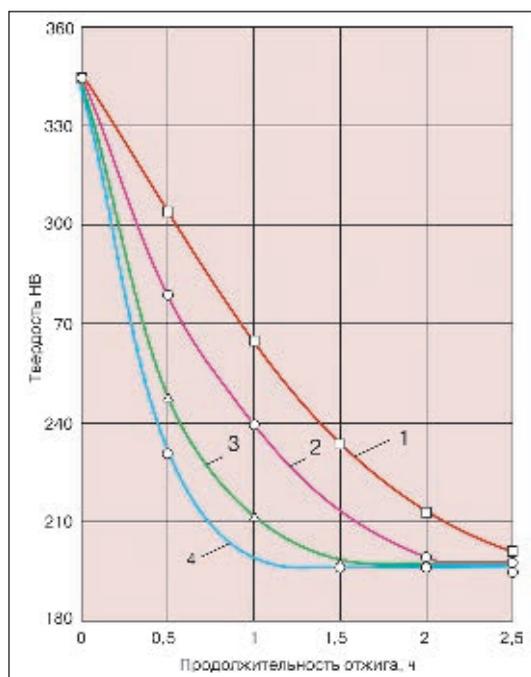


Рис. 1. Зависимость твердости половинчатого чугуна от продолжительности отжига при температуре 900 °С: 1–4 — степень продолжительной деформации соответственно 0; 20; 60 и 80%

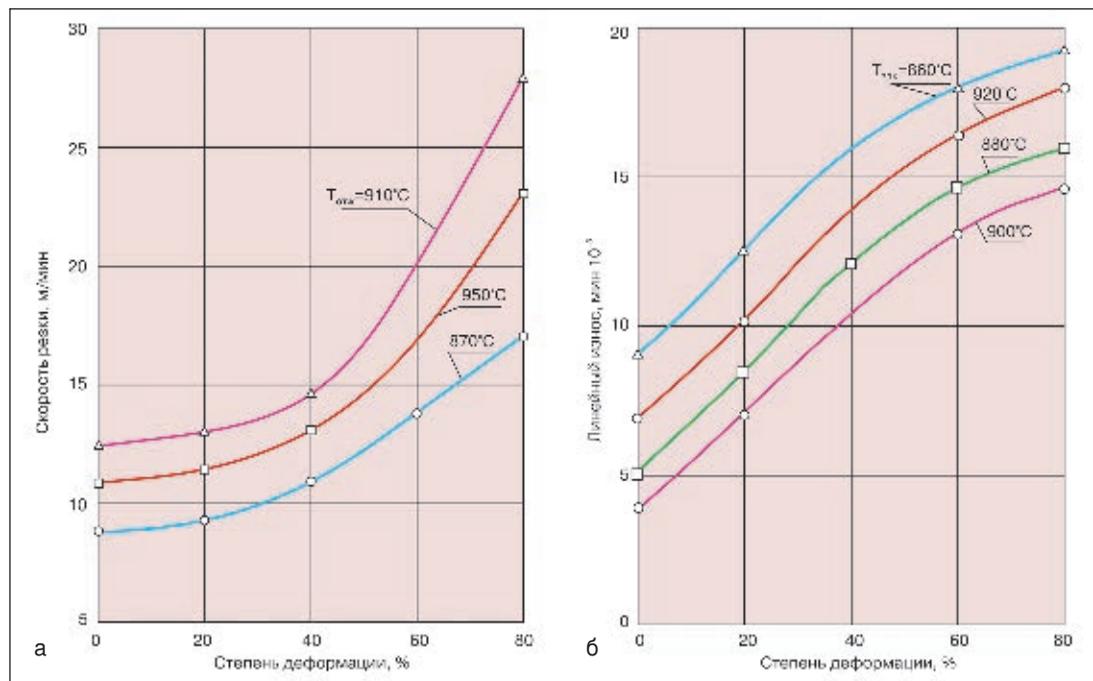


Рис. 2. Зависимости обрабатываемости (а) и износостойкости (б) половинчатого чугуна от степени деформации

Сокращение продолжительности графитизирующего отжига после деформации чугуна объясняется тем, что скорость распада цементита в значительной мере определяют количество зарождающихся центров графитизации (наличие несовершенств структуры — точечных и линейных дефектов, плотности дислокаций), а также размеры и количество карбидных включений. ГПД приводит к повышению плотности дислокаций, появлению деформационных микротрещин, дроблению карбидов. С увеличением степени деформации количество несовершенств структуры растет. Бóльшая по сравнению с белым чугуном интенсификация графитизации чугуна объясняется тем, что в его структуре уже имеются графитные включения.

Возможность ускорения графитизации половинчатого чугуна реализована для обработки изделий с градиентом ГПД. При этом локальная деформация отдельной части детали из половинчатого чугуна и ее последующий нагрев позволяют сохранить половинчатую структуру в одном объеме детали и получить полностью графитизированную в другой, что может быть эффективно использовано в деталях двигателей внутреннего сгорания, например, в толкателях клапанов. Рабочая поверхность должна обладать повышенной износостойкостью и твердостью до 550 НВ, а хвостовая может иметь невысокую твердость и легко обрабатываться.

Исследовали влияние задаваемого градиента степени деформации в заготовке из половинчатого чугуна на износостойкость и

механическую обрабатываемость деталей. Износостойкость толкателей клапанов определяли на стенде испытаний механизма газораспределения при давлении масла в системе смазки 0,35 МПа, скорости вращения коленчатого вала 2300 об/мин в течение 10 ч. Обрабатываемость оценивали по скорости резания V при часовой стойкости резца (подача 0,79 об/мин, глубина резания 1,5 мм). С увеличением степени ГПД до 80% обрабатываемость чугуна улучшается в 2,0–2,2 раза (рис. 2, а). Это связано с интенсификацией графитизации в деформированном чугуне и снижением твердости. Оптимальная температура отжига $T_{отж}$ (в диапазоне 850–960 °С), после проведения которого обрабатываемость детали наилучшая, составляет 910 °С в течение 1 ч. С увеличением степени деформации чугуна линейный износ I увеличивается, причем в интервале от 60 до 80% темпы его роста замедляются (рис. 2, б). Увеличение температуры закалки $T_{зак}$ и износ связаны неоднозначно. При закалке с температуры ниже 900 °С образовывался не мартенсит, а промежуточные структуры, что увеличивало износ образцов. Превышение этой температуры приводило к росту аустенитного зерна во время нагрева под закалку и снижению комплекса механических свойств. Наилучшую износостойкость показал половинчатый чугун без деформации, закаленный с температуры 900 °С.

Для дифференцированного деформационно-термического воздействия применяли штамповую оснастку, обеспечивающую за

Таблица. Результаты комбинированной обработки половинчатого чугуна

Рабочая часть изделия			Нерабочая часть изделия		
ε , %	$T_{\text{зак}}$, °C	I , мкм	ε , %	$T_{\text{отж}}$, °C	V , м/мин
<i>Обработка без градиента деформации</i>					
50	900	14	50	—	15
<i>Обработка с градиентом деформации</i>					
0	860	9	60	850	19
0	880	5	70	880	24
5	890	5	75	900	25
10	900	6	80	930	24
20	920	10	85	960	24

счет сменных элементов градиент степени деформации, распределенный по объему детали. Дополнительно после деформации для повышения износостойкости рабочую часть подвергали закалке, а хвостовую для улучшения обрабатываемости — отжигу. Исследовали различные сочетания деформационных и термических воздействий (таблица). Эксплуатационные характеристики чугуна сравнивали с базовым вариантом, при котором ГПД с $\varepsilon=50\%$ равномерно распределена по объему изделия.

Установлено, что в реальных условиях большой градиент деформации ($\varepsilon=80\text{...}90\%$), распределенный по объему детали, недостижим. Если подвергать одну часть изделия обжатиям, превышающим 70%, в остальной части изделия деформация будет не менее 10–20%. Если деформировать хвостовую часть изделия со степенью обжатия менее 70%, то при последующем отжиге не произойдет полного распада карбидной фазы, так как для этого недостаточно количества образующихся несовершенств структуры и обрабатываемость чугуна невысока. Если проводить деформацию рабочей части изделия со степенью обжатия более 10%, в процессе последующих термических обработок неизбежны распад части карбидной фазы и, как следствие, потеря уровня износостойкости. Таким образом, градиент деформа-

ции между отдельными частями изделия должен составлять не менее 60%, и эта величина практически достижима.

Промежуточная термическая обработка, проводимая после деформации, заключалась в отжиге хвостовой части изделия при 910 °C для улучшения ее обрабатываемости. После отжига структура нерабочей части состояла из феррито-перлитной основы, включений графита (около 15%) и отдельных изолированных включений карбидной фазы. Структура рабочей части состояла из феррито-перлитной основы, включений карбидной фазы (около 15–20%) и графита (10%).

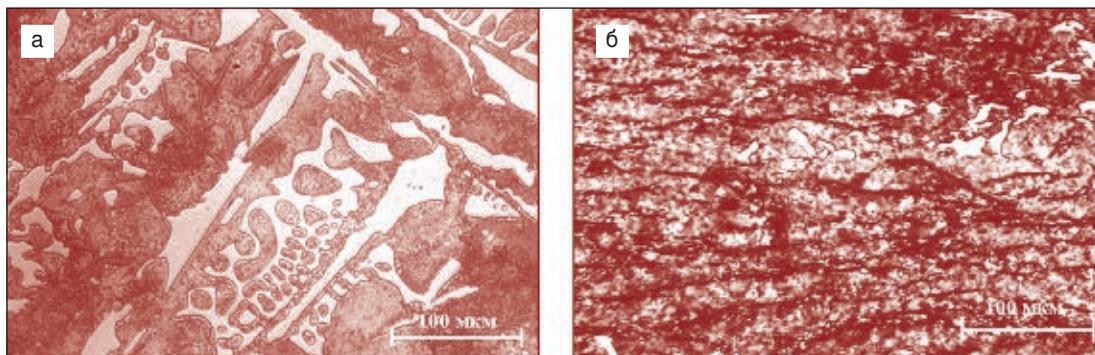
Завершающая термическая обработка заключалась в закаливании рабочего поверхностного слоя с температурой 900 °C для формирования структуры с мартенситной металлической матрицей и практически нераспавшимися цементитными включениями. После завершения всех этапов обработки исходно идентичные структуры отличаются кардинальным образом (рис. 3).

Наилучшие результаты при комбинированной обработке получены при степени деформации рабочей части до 5%, хвостовой части — 70–75%, температуре отжига и последующей закалки — 900–910 °C. При обработке без градиента деформации, величина износа меньше почти в 3 раза, а обрабатываемость лучше в 1,6 раза.

Таким образом, применение дифференцированного по объему изделия воздействия — деформационного и термического с градиентом температуры — позволяет более эффективно управлять структурой половинчатого чугуна.

Электронно-лучевая закалка из жидкого состояния. Электронно-лучевое оплавление поверхности заготовок после горячего объемного формообразования проводили на глубину 0,5–5 мм. При кристаллизации расплавленного металла формируется отбеленная ледебуритная структура. Графитные включения полностью отсутствуют. Морфо-

Рис. 3. Микроструктура рабочей (а) и хвостовой (б) части изделия из половинчатого чугуна, обработанного с градиентом деформации, $\times 350$



логия ледебурита в центре и на краю ванны расплава существенно отличается. Вблизи поверхности доля пластинчатого ледебурита составляет около 40% эвтектики, а пластины ориентированы перпендикулярно к фронту затвердевания, что говорит о ведущей роли этой фазы в процессе кристаллизации. Ближе к центру появляются характерные округлые темные зоны, из которых при кристаллизации выделялся аустенит, что приводит к постепенному снижению микротвердости. На расстоянии около 2 мм от края доля аустенитной составляющей, прорастающей сквозь ветви цементита, превышает 50%. Металл, закристаллизовавшийся последним, уже не имеет четко выраженной ориентированной дендритной структуры. По мере того, как аустенитные ветви утолщаются, а диффузия выравнивает состав жидкости, цементит прорастает между ветвями, и формируется колония грубого строения. Для него характерны крупные зоны аустенита общей площадью свыше 60% и участки сотового ледебурита с взаимным прорастанием цементитных прожилок и аустенита, которые закристаллизовались последними. Наличие подслоя с такими участками служит своеобразным буфером, предохраняющим ледебурит пластинчатого строения на поверхности от хрупкого разрушения. Тем не менее для устранения внутренних напряжений такой структуры желателен отпуск.

В образцах наблюдались разные формы графитовых включений, обусловленные характером нагрева и охлаждения при кристаллизации (скорость охлаждения достигает $1000\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$), а также влиянием модифицирующих добавок в исходном материале. Оплавление приводит к увеличению цементитной составляющей в результате уменьшения содержания несвязанного графита.

Микротвердость исходного материала (половинчатого или высокопрочного чугуна) колеблется от 4 до 6 ГПа, в зоне термического влияния — 8–10 ГПа, в приповерхностном оплавленном слое — 12–18 ГПа. Значительное повышение микротвердости на поверхности оплавленного материала связано с изменением фазового состава и его морфологии, увеличением доли цементитной составляющей. Испытания на износостойкость, проводимые в условиях трения о жестко закрепленные абразивные частицы (шлифовальная шкурка с частицами электрокорунда М40), показали снижение степени износа чугуна после электронно-лучевой обработки в 3,5–10 раз по сравне-

нию с образцами в литом и закаленном (объемной закалкой в печи) состояниях.

Изученный вариант комбинированного формообразования и упрочнения деталей из чугунов можно эффективно использовать для изготовления распределительных валов, впускных клапанов, перекидных рычагов, коромысел клапанов и других деталей двигателей внутреннего сгорания. Ресурс работы таких деталей может быть увеличен на 200–300% и более по сравнению с изготовленными по традиционной технологии. Применение дифференциального по объему заготовки деформационного воздействия и дополнительная термическая обработка изделия с градиентом температуры позволяют более эффективно управлять структурой чугуна.

Предварительная пластическая деформация приводит к повышению плотности дислокаций, появлению деформационных микротрещин, дроблению карбидов, поэтому деформация чугуна с $\epsilon=80\%$ сокращает продолжительность его графитизирующего отжига до 2,5 раз. После обработки чугуна с градиентом горячей пластической деформации и нагрева рабочая поверхность изделий обладает высокой износостойкостью, а хвостовая часть — невысокой твердостью.

Комбинированное воздействие горячей пластической деформации чугуна в сочетании с последующей электронно-лучевой обработкой поверхности формирует изделие со своеобразной «сэндвич-структурой», максимально выдерживающей прилагаемые нагрузки и триботехнические условия работы, твердостью до 16–18 ГПа. ● #682

Новые технологии в производстве цветного литья

ОАО «КАМАЗ-Металлургия» в настоящее время осваивает новый жаропрочный сплав для производства отливок для головки блока цилиндров (740.30–1003015) и саму технологию их изготовления. Применение нового жаропрочного сплава и изменение конструкции отливки позволит уменьшить склонность сплава к горячеломкости.

Задача по повышению качества и герметичности отливок из цветных сплавов решается за счет использования современных методов моделирования, испытания и внедрения новых рафинирующих флюсов (внедрен новый рафинирующий флюс фирмы «Эвтектика»). Это позволит обеспечить герметичность позиций «коллектор» и «труба».

Помимо разработки и реализации новых технологий в производстве цветного литья активно осваивается новая продукция. С января 2006 г. проводятся серийные поставки отливок, изготовленных методом литья под высоким давлением, для австрийского заказчика.

Чтобы разгрузить линии СПО–2 в производстве стального литья, в прошлом году начато освоение отливок для ремонтно-эксплуатационных нужд из износостойкого чугуна. На сегодняшний день номенклатура изделий из данного вида чугуна состоит из 87 позиций.

www.prometal.com

Водородное охрупчивание меди

О. Г. Касаткин, д-р техн. наук, В. Ю. Скульский, канд. техн. наук, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины

При определенных условиях водород может вызывать «статическую» усталость металла. Водородное охрупчивание — сложный многофакторный процесс, ведущий к замедленному разрушению металла при напряжениях, не превышающих предела текучести. К настоящему времени этот процесс в определенной мере изучен лишь для сталей и титана. В литературе практически не содержится информации о водородном охрупчивании меди.

На рис. 1 показан образец разрушенного медного токопровода сечением 70×25 мм и толщиной стенки 10 мм из лобовой части обмотки генератора типа ТВВ–1000 с поперечной сквозной трещиной. Этот генератор с водородным охлаждением мощностью 1 млн. кВт используют на атомных электростанциях. Польный токопровод с рабочей температурой 80 °С охлаждается протекающей дистиллированной водой. Токопровод находится в атмосфере водорода, охлаждающего генератор, и испытывает растягивающие и изгибающие напряжения при коротких замыканиях в сети.



Рис. 1
Разрушение токопровода

Таблица. Результаты испытаний образцов из меди типа МИ–2 на растяжение

Предел текучести, МПа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %
112,2	210,6	53,7	88,9
115,6	206,0	53,3	88,7
113,7	206,0	53,9	88,6
118,3	206,4	54,0	88,1
104,2	207,8	52,0	88,7
111,5	208,0	63,3	90,6
124,8	206,9	49,3	87,4

Медь токопровода достаточно чистая и по своему составу соответствует требованиям стандарта на медь марки М1. Следует отметить, что незначительная концентрация растворенного водорода в меди не характеризует его содержание в токопроводе, находящемся в рабочем состоянии, так как водород в значительной степени удаляется при нагреве меди в процессе демонтажа (распайки) токопровода.

Механические свойства меди в областях, примыкающих к трещине, также свидетельствуют о достаточной пластичности металла (таблица), о высокой пластичности меди свидетельствует и фрактограмма поверхности излома образцов при испытании на разрыв (рис. 2).

Трещина развивалась от внешней поверхности к внутренней, имела в основном межзеренный излом. При таком характере излома развитие трещины обычно связано с малыми затратами энергии.

Металлографические исследования поверхностей микрошлифов показали следующее:

- В микроструктуре имеются зерна различной величины, в том числе очень крупные (номера 3–1 и более по ГОСТ 5639–82).
- Трещины в токопроводе и элементарном проводнике распространяются в основном межзеренно.
- Параллельно основной трещине расположены более мелкие трещины и раковины.

Сильное укрупнение зерен может быть связано с перегревом металла при пайке (припой ПСР–40, температура его плавления около 600 °С) или распайке паяного соединения при вырезке поврежденного участка. Известно, что границы наиболее крупных зерен являются наиболее загрязненными и ослабленными. Кроме того, в диапазоне температур 250–550 °С пластичность меди резко снижается и достигает минимального значения, что может способствовать зарождению и развитию дефектов и трещин.

Следует также учитывать электромагнитные воздействия при повышенных значениях силы тока (короткие замыкания, неточная синхронизация при включении генератора в сеть и др.). При этом усилия на

1 см длины рассматриваемого участка токопровода, направленные на отрыв от статора, могут достигать десятков килограммов. Очевидно, что электромагнитные силы могут способствовать как зарождению, так и развитию поперечной трещины, поскольку эти силы вызывают изгибающий момент в токопроводе. Сам токопровод не имеет жесткого крепления. Следует отметить, что электромагнитные силы действуют на токопровод в одном и том же направлении в любой полупериод тока.

Несколько парадоксальным выглядит разрушение пластичного достаточно чистого металла как почти хрупкого материала (см. рис. 1). Версия о том, что основной причиной образования трещины является усталостное разрушение под действием циклических нагрузок, выглядит не вполне убедительно, так как медь непосредственно у трещины и на некотором удалении от нее имеет одинаковую твердость, т. е. не наклепана. В связи с этим следует отметить, что существенное влияние на разрушение металла оказывает водород, используемый для охлаждения генератора.

Растворенный водород можно рассматривать как элемент внедрения. Общая энергия системы «металл—водород» снижается, когда водород находится в дефектах кристаллической решетки (дислокациях, границах). Энергия связи водорода с дефектами типа дислокаций невелика, и дислокации являются низкоэнергетическими ловушками. Границы зерен и кристаллов являются стоками для дислокаций и одновременно ловушками для водорода с более высоким уровнем энергии связи. При пластической деформации дислокации перемещаются, увлекая за собой водород. В результате при деформации резко повышается концентрация водорода на границах — она может превышать среднюю на 2–3 порядка и более. Взаимодействуя с электронами внешней оболочки атомов, протоны ослабляют силы связи кристаллической решетки. В результате при достаточной концентрации водорода зарождение микроразрушений на границах зерен облегчается и снижается пластичность металла. Процесс водородного охрупчивания может привести к разрушению металла при нагрузках ниже предела текучести даже при чисто статическом нагружении.

Наличие протяженных недостаточно жестко закрепленных участков токопроводов в лобовой части генератора свидетельствует о том, что при создании генератора

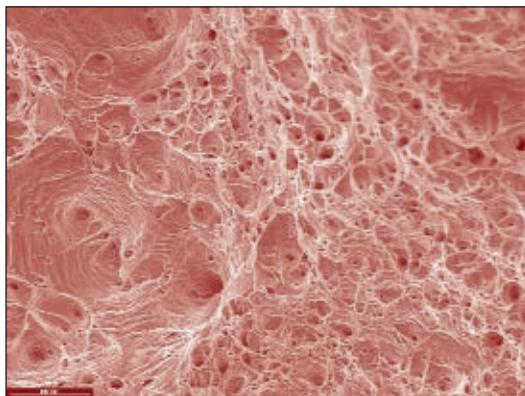


Рис. 2. Фрактография поверхности разрушения образца при испытании на разрыв

не учитывали возможность водородного охрупчивания токопроводов, элементарных проводников и, может быть, других деталей.

Таким образом, в генераторе существует уникальное сочетание факторов, которое может приводить к замедленному разрушению медных токопроводов.

Авторы выражают благодарность сотрудникам Ровенской АЭС за представленные образцы разрушенного токопровода. ● #683

Создан новый тип сверхпроводящего кабеля

Сверхпроводящие линии электропередач все еще остаются фантастикой, но теперь — более реальной и близкой.

Эмит Гойял (Amit Goyal) и его коллеги из американской национальной лаборатории в Окридже (Oak Ridge National Laboratory) создали прототип массового сверхпроводящего силового кабеля, способный выдерживать механические нагрузки и магнитное поле.

Высокотемпературные сверхпроводники, обычно сделанные на основе медных оксидов, проводят электрический ток без всякого сопротивления при температурах, близких к точке кипения азота — минус 196 °С. Такую температуру гипотетического силового кабеля могут обеспечить сравнительно недорогие и эффективные системы охлаждения. Однако энергетики не спешат менять обычные линии электропередач на сверхпроводящие, поскольку материал для промышленного сверхпроводящего кабеля должен быть стойким к воздействию сильного магнитного поля. Ранее появлялись интересные работы о проблеме разрушения состояния сверхпроводимости магнитным полем. Но речь в них шла либо об экзотической двухмерной сверхпроводимости, реализовать которую на практике едва ли возможно в ближайшее время, либо о кусочках сверхпроводников нанометровых размеров, от необычных свойств которых до промышленных изделий огромная дистанция. Кроме того, сверхпроводники ломкие. Делать из них длинный и тяжелый кабель проблематично.

Обе проблемы Гойял и его коллеги решили, создав необычный композит. В качестве сверхпроводника они взяли иттрий—барий—медный оксид (YBCO), причем «нанесли» его тонким слоем на полосу обычного гибкого металла. Это сделало провод прочным и гибким. Но главное усовершенствование состояло в том, что сверхпроводниковый материал заполнили мириадами квантовых точек (нанокристалликов) цирконата бария. Эти точки взяли на себя роль «проводников» для силовых линий внешнего магнитного поля, защищая от него сам сверхпроводник. Такой провод отвечает всем техническим требованиям промышленности.

Чтобы создать необычный провод, американцы взорвали порошковую смесь цирконата бария и YBCO при помощи лазерного луча. Полученный пар осаждался тонким слоем на металлической полоске. Авторы полагают, что стали ближе к практическому применению сверхпроводящих кабелей в промышленности и на транспорте.

www.membrana.ru

Гази, що утворюються при зварюванні

О. Г. Левченко, д-р техн. наук, ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України

Разом з пилом в виробничому середовищі розповсюджуються і шкідливі гази, які за певних умов можуть привести до раптового отруєння людей. Як правило, вони не визначаються візуально і в багатьох випадках не мають запаху, тому є небезпечними. Деякі досить поширені у виробничому процесі гази мають густину, більшу за густину повітря і накопичуються у низьких ділянках приміщень (підвалах, шахтах та ін.), досягаючи значних концентрацій. Це дуже небезпечно, бо може привести до отруєння, а в разі накопичення горючого чи вибухового газу — до вибуху або пожежі.

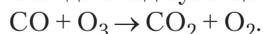
Машинобудівні підприємства, на яких застосовується зварювання, пов'язані з використанням таких газів, як діоксид вуглецю (CO_2), аргон (Ar), ацетилен (C_2H_2), або з утворенням оксиду вуглецю (CO), оксидів азоту (NO , NO_2), озону (O_3), фтористого водню (HF), тетрафтористого кремнію (SiF_4) та ін.

Процеси утворення газів при зварюванні. Під час зварювального процесу в повітря робочої зони, крім зварювального аерозолу, також надходить суміш газів (CO_2 , CO , HF , SiF_4 , TiF_4 та ін.), що утворюються при термічній дисоціації газошлакоутворюючих компонентів, які входять до складу зварювальних матеріалів, або в результаті фотохімічної дії ультрафіолетового випромінювання зварювальної дуги на молекули газів захисної атмосфери та оточуючого дугу повітря (NO , NO_2 , O_3).

При зварюванні в захисних газах склад газоподібних речовин, що утворюються, визначається складом захисної суміші. Основною причиною утворення токсичного монооксиду вуглецю при зварюванні в CO_2 є дисоціація останнього при високій температурі зварювальної дуги:

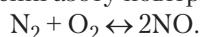


При виході із зони високих температур монооксид вуглецю знову з'єднується з киснем і озоном, перетворюючись на діоксид вуглецю:

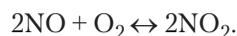


Монооксид вуглецю може утворюватись також в результаті відновлення вуглецю з його діоксиду металом і в результаті термічній дисоціації газоутворюючих карбонатів у складі шлакоутворюючих компонентів зварювальних матеріалів.

Монооксид азоту з'являється при високотемпературному окисненні азоту повітря, яке оточує дугу:



Під впливом ультрафіолетового випромінювання дуги монооксид азоту окиснюється киснем повітря до отруйного діоксиду азоту:

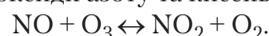


При зварюванні в CO_2 дуга горить в атмосфері цього газу, тому інтенсивність утворення оксидів азоту дуже невелика порівняно з монооксидом вуглецю.

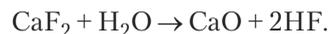
Озон утворюється з кисню повітря і захисного газу під дією ультрафіолетового випромінювання дуги:



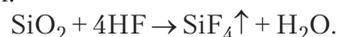
В початковий момент зварювання його концентрація висока, але потім він реагує з оксидом азоту, утворюючи діоксиди азоту та кисень:



При використанні зварювальних матеріалів, до складу яких входить фтористий кальцій або інші компоненти, що вміщують фтор, в повітрі спостерігається наявність фтористого водню та тетрафтористого кремнію. Фтористий водень з'являється в газовому середовищі при температурі вище 2000°C в результаті взаємодії фтористого кальцію з водяною парою:

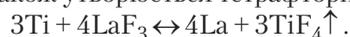


Потім при взаємодії фтористого водню з діоксидом кремнію, присутнім у складі зварювальних матеріалів, утворюється газоподібний тетрафтористий кремній:



За наявності в складі шлакоутворюючої основи зварювальних матеріалів діоксиду титану в повітрі з'являється газоподібний тетрафтористий титан TiF_4 .

При зварюванні титана під флюсами, які містять фтор (наприклад, при вмісті у флюсі фтористого лантану), також утворюється тетрафтористий титан:



Токсичність газів. Діоксид вуглецю — наркотик, подразнює слизові оболонки, викликає шум у вухах, запаморочення. Не горить і не підтримує горіння. CO_2 в півтора рази важчий за повітря, тому може накопичуватись в нижніх ділянках приміщення, знижувати вміст необхідного для дихання кисню в зоні дихання і привести до отруєння людини. В середовищі чистого CO_2 настає миттєва смерть внаслідок паралічу дихального центру, а концентрація вище 60% дуже небезпечна. Значення ГДК — 9000 мг/м^3 . Перевищення ГДК має місце в зачине-них невентильованих приміщеннях. Симптоми отруєння: млявість, нудота; повітря, що видихається, містить 4–5% об. CO_2 .

Велику небезпеку для людини становить оксид вуглецю. Це типовий представник промислових, транспортних та побутових забруднень повітря. Під час зварювальних процесів він може накопичува-

тись в недостатньо вентиляваних приміщеннях в значних концентраціях. Згідно з санітарними нормами ГДК СО становить 20 мг/м^3 . Він має специфічний запах. Отруйна дія СО базується на здатності створювати з гемоглобіном крові стійку комплексну сполуку — карбоксигемоглобін, що перевищує більше ніж у 200 разів здатність гемоглобіну приєднувати кисень. Тому $0,1\%$ СО в повітрі зв'язує таку ж кількість гемоглобіну (50%), що й кисень повітря. Присутність СО приводить до кисневого голодування організму, що при значних концентраціях СО в повітрі і тривалому часі може спричинити серйозні захворювання або смерть. Внаслідок кисневого голодування порушується функція центральної нервової системи. Коли потерпілого вивести на свіже повітря, оксид вуглецю виділяється з організму з повітрям, що видихається. Симптоми гострого отруєння у легких випадках такі: биття та відчуття тиску у скронях, запаморочення, головний біль, стиснення в грудях, слабкість, позиви до блювоти. У випадках тяжких отруєнь спостерігається втрата здатності до вільних рухів (прикутість до певного місця), затемнена свідомість, аж до її повної втрати. Це може супроводжуватись судорогами, прикусуванням язика, мимовільним сечовипусканням. Пульс частий, неправильний, тони серця глухі, дихання поверхневе. Мають місце психічне збудження, слухові та зорові галюцинації, порушення кольорового бачення. Для попередження гострого отруєння важливо своєчасно розпізнати перші ознаки отруєння, яке може мати і хронічний характер. Хронічна інтоксикація оксидом вуглецю характеризується поступовими змінами в нервовій системі.

Оксиди азоту (ГДК в перерахунку на NO_2 — 5 мг/м^3) можуть викликати гостре отруєння. Симптоми: спочатку невелике подразнення слизових оболонок очей, носа, незначний кашель, головний біль. Проявлення швидко стихають, можуть пройти непоміченими. Через деякий час на фоні, начебто, нормального стану раптово розгортається токсичний набряк легень. При хронічних отруєннях відзначають біль в грудях, кашель, біль в ділянці серця, головний біль. Гострі отруєння оксидами азоту під час виконання зварювання в замкнутих приміщеннях можуть відзначатись розвитком набряку легень.

Озон (ГДК — $0,1 \text{ мг/м}^3$) чинить на організм переважно подразнюючу дію. При гострому отруєнні відзначається сухість у роті, подразливість слизових оболонок очей і носа, біль за грудьми, кашель. Більш висока концентрація (близько 20 мг/м^3) може викликати запаморочення, почуття сильної втоми, серцево-судинні порушення. Працюючі в умовах постійної дії озону скаржаться на головні болі, підвищену дратівливість, плаксивість, зниження пам'яті, поганий сон; відзначаються вегетативні порушення (схильність до брадикардії та гіпотонії, приглушення тонів серця); явища подразнення верхніх дихальних

шляхів, хронічний бронхіт, іноді астмоїдного характеру; можливо розвинення пневмосклерозу.

Фтористий водень (максимальна ГДК — $0,5 \text{ мг/м}^3$, середньозмінна — $0,1 \text{ мг/м}^3$) чинить подразнюючу дію внаслідок утворення в організмі токсичного фтор-іона; вражає опорно-рухальний апарат, є протоплазматичною та ферментною отрутою багаторазової дії; порушує процеси мінерального обміну. Гостре отруєння фтористим воднем характеризується різким подразненням очей та верхніх дихальних шляхів, виразковим кон'юнктивітом, опуханням носа, виразкою слизових оболонок очей, носа, ротової порожнини, що важко заживляється, носовими кровотечіями, кашлем, бронхітом, токсичним набряком легень та іншими проявленнями. При хронічному отруєнні виникають ранні ознаки порушення чутливості зубів та ясен, зазубреність і стертість зубів, парадонтози, пекучі болі та опухання носа, астмоїдний бронхіт та інші захворювання; в виражених випадках — хронічна пневмонія, бронхіальна астма та ін.

Випадки отруєння *ацетиленом* бувають дуже рідко. Ацетилен — наркотична речовина, але причиною отруєння є не сам ацетилен, а присутні в ньому домішки: фосфористий водень (PH_3), оксид вуглецю (CO), діоксид азоту (NO_2), аміак (NH_3) та сірководень (H_2S). Ацетилен сприймається в легенях кров'ю, але на відміну від оксиду вуглецю не здійснює в ній прямих змін. Його впливу головним чином зазнає нервова система. В результаті тривалої дії настає ураження органів дихання, потім настає смерть.

Аргон — інертний газ, не засвоюється організмом; але при надходженні в легені, що можливо при аргонодуговому зварюванні, через більшу від повітря вагу може накопичуватись в їх нижній частині, що завдає труднощів при його виведенні з легень. Внаслідок цього присутність нетоксичного аргону в легенях приводить до зменшення в них необхідного для дихання кисню. Практика показала, що для повного видалення аргону з легень зварника доводиться низько нахилитися, що сприяє витіканню аргону.

Випадки отруєння комплексом газів були зафіксовані в практиці киснево-ацетиленового зварювання і різання в невеликих недостатньо вентиляваних приміщеннях та всередині котлів, трубопроводів і т. п. Під дією наркотичного ацетилену на нервову систему зварник непритомнів, отримувач отруєння оксидом вуглецю, а дія оксидів азоту приводила до набряку легень. В багатьох випадках це спричиняло смерть.

Слід зазначити, що на організм зварника, який працює в запиленому та загазованому приміщенні, також впливає інтенсивність праці та параметри мікроклімату. При цьому посилена дихальна діяльність приводить до поглинання підвищених доз повітря, а разом з ним шкідливих речовин; високі температури повітря посилюють шкідливу дію отрут на організм людини.

● # 684

Третья международная специализированная выставка «Сварка. Родственные технологии–2006»

С 10 по 13 апреля 2006 г. в Киеве в крупнейшем выставочном центре Украины «КиевЭкспоПлаза» состоялась 3-я международная специализированная выставка «Сварка. Родственные технологии–2006».

Выставка организована Научно-техническим комплексом «Институт электросварки им. Е. О. Патона» при поддержке Общества сварщиков Украины и Украинского общества неразрушающего контроля и технической диагностики.

В выставке приняли участие предприятия и организации, входящие в состав НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» во главе с Институтом электросварки им. Е. О. Патона, практически все ведущие производители сварочной техники Украины, а также ряд предприятий и фирм Австрии, Германии, Польши, России, США, Турции, Франции.

Выставка «Сварка. Родственные технологии–2006» является крупнейшим в Украине специализированным форумом, где демонстрируются современные оборудование, материалы и технологии для различных способов сварки, резки, наплавки, средства защиты сварщиков от вредных производственных факторов, оборудование и материалы для контроля качества и технической диагностики сварных соединений.

С каждым годом растет число участников выставки и количество стран, которые они представляют. Это во многом определяется динамично развивающимся сварочным производством Украины и увеличением объемов рынка сварочной техники, а также активной позицией НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» как организатора выставки, который

выполняет свою главную задачу — содействовать продвижению новых технологий, материалов и оборудования в промышленность.

Выставка «Сварка. Родственные технологии–2006» всегда привлекает внимание многочисленных посетителей, представителей практически всех отраслей промышленности, поскольку здесь можно не только познакомиться с современной сварочной техникой, но и узнать о перспективах развития сварочной науки.

Экспозиция НТК «ИЭС им. Е. О. Патона» включала широкий спектр разработок, связанных с развитием новых методов и технологий сварки, ремонтных технологий, инженерии поверхности и созданием новых конструкций с применением сварки. В разделе сварки давлением наибольший интерес вызвали установки для контактно-стыковой сварки



рельсов, а также труб различных диаметров.

Последние достижения в области электронно-лучевой сварки были представлены результатами, полученными при изготовлении натуральных элементов крыла самолета А-380 концерна Airbus Industrie, а также в ходе изготовления и поставки во многие страны мира широкой гаммы установок для электронно-лучевой сварки изделий различной толщины из разнообразных материалов.

Внимание привлекла экспозиция, посвященная ремонту и восстановлению лопаток турбин для авиации, морского транспорта и перекачки газа.

Большой интерес у посетителей выставки вызвала технология сварки с применением активирующих флюсов PATIG, которая позволяет существенно по-





высить глубину проплавления и улучшить экономические показатели изготовления изделий. Представители многих промышленных предприятий выразили готовность применить метод РАТIG на своих предприятиях. В центре внимания также находились представленные материалы для износостойкой наплавки с использованием сферического релита, нанесение различных покрытий, в том числе и для применения в медицине (имплантанты, инструменты и т. д.).

Сварка живых тканей вызвала особый интерес у посетителей выставки своей необычностью и многоплановостью использования разработанных технологий в клиниках Украины.

В качестве примера рационального использования сварки для быстрого создания и монтажа различных емкостей были представлены так называемые «трансформируемые конструкции». Суть этих технологий, разработанных для строительства орбитальных космических станций, состоит в том, что в заводских условиях в очень компактном виде изготавливаются сварные оболочечные конструкции, которые легко транспортируются и за считанные минуты при небольшом давлении воздуха могут быть превращены в полноразмерные изделия.

Раздел экспозиции, посвященный сварке высокопрочных алюминиевых сплавов и конструкций, включал разработку новых технологий и материалов, содержащих скандий и другие эффективные модификаторы, а также были широко представлены реальные изделия, сваренные для авиакосмического применения.

Посетители выставки также могли ознакомиться с журналами, каталогами, рекламными материалами, издаваемыми НТК «ИЭС им. Е. О. Патона».

Сварочное оборудование. *ОАО «Каховский завод электросварочного оборудования»* — крупнейшая в Украине и СНГ инжиниринговая и производственная компания, специализирующаяся на проектировании, изготовлении и сервисном обслуживании надежного, современного электросварочного

оборудования. Во многих странах мира успешно эксплуатируются машины завода для контактной стыковой сварки рельсов и труб.

На выставке были представлены модернизированные машины для контактной точечной и шовной сварки с новыми системами управления и контроля режимов сварки. Большое внимание уделяется оборудованию для дуговой сварки. *Новые разработки завода:* многопостовые выпрямители на 630 и 1200 А, специализированный источник питания КИУ-3001, полуавтоматы для сварки в защитных газах.

ОАО «Электромашиностроительный завод «Фирма СЭЛМА», отмечающее в этом году свое 60-летие, выпускает более 50 наименований оборудования для дугового способа сварки. Вся продук-



ция фирмы внедрена и сертифицирована системой управления качеством продукции по ISO 9001:2001.

Государственное научно-производственное предприятие «Объединение Коммунар», крупнейшее в Украине предприятие радиоэлектронной промышленности, серийно выпускает универсальные инверторные выпрямители марки ВДУЧ для ручной и механизированной дуговой сварки: ВДУЧ-160М, ВДУЧ-200У, ВДУЧ-315У, ВДУЧ-500. *Новые разработки завода:* инверторные выпрямители с микропроцессорным управлением ВДУЧ-315М2 и ВДУЧ-250 АС/DC.

ОАО «Симферопольский моторный завод» продемонстрировал новую разработку — серию профессионального оборудования «Гамма 2005».

Государственный Рязанский приборный завод производит малогабаритные инверторные источники питания серии «Форсаж» для ручной дуговой и механизированной сварки в среде защитных газов. Форсаж-160АД — аппарат для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом и ручной дуговой сварки (максимальная сила сварочного тока 160 А).

Опытный завод сварочного оборудования ИЭС им. Е. О. Патона представил на выставке широкий



ассортимент оборудования для дуговой сварки и воздушно-плазменной резки. Завод освоил производство инверторных источников питания.

Продукция ведущих европейских фирм *ESAB, Fronius, EWM, AirLiquide, Kemppi, Lincoln Electric* демонстрировалась на стендах их украинских дистрибьюторов.

Сварочные материалы. В выставке приняли участие все ведущие в Украине производители покрытых электродов, сплошной и порошковой проволоки, сварочных флюсов: Опытный завод сварочных материалов ИЭС им. Е. О. Патона, ОАО «Артемковский машиностроительный завод «Вистек», ООО «Арксэл», ООО «ТМ. Велдтек», ООО «Индустриальный метизный союз», ОАО «Запорожстеклофлюс».

Материалы для ручной дуговой сварки и наплавки демонстрировали ООО «Интерхим» (представители группы *Bohler Thyssen Welding*), «Кастолин-Украина» (представители групп *Messer Eutectic Castolin, Askaunak* (Турция).

Механическое сварочное оборудование на выставке демонстрировали: ОАО «Киевский завод сварочного оборудования» — вращатели, кантователи, манипуляторы); ООО «Навко-Тех» — установки и робототехнологические комплексы для дуговой сварки; АОУТ «Полисуд» — оборудование для орбитальной и механизированной сварки способами ВИГ, ВИГ с подогретой присадкой, МИГ/МАГ и плазменной сварки.

Оборудование для термической резки. ОАО «ЗОНТ» (Одесса) — известный в Украине и СНГ производитель машин для газокислородной резки, демонстрировал на выставке комплекс «Комета-2М-Т» для фигурной термической резки листового проката и труб.

ООО «Ви Ар Саплай» представило машину для плазменной резки компании *Multilam*. Компания *Oytum Machine* (Турция) предложила вниманию посетителей выставки ряд портативных и стационарных машин для газоплазменной и плазменной резки. Широкий ассортимент оборудования для газокислородной сварки и резки представил ООО «Завод автогенного оборудования «ДОНМЕТ».

Традиционным участником весенних сварочных выставок в Киеве является польская фирма *Pomet-2*. Продукция фирмы — электрододержатели, маски, инструменты для сварщиков хорошо знакомы потребителям в Украине.

Отличительной особенностью прошедшей выставки «Сварка. Родственные технологии-2006» явилась **специализированная экспозиция «Неразрушающий контроль и техническая диагностика»**. Более 30 фирм Украины, России и Германии продемонстрировали современное оборудование, материалы и методы контроля и диагностики сварных соединений и ответственных металлоконструкций.

Во время выставки состоялся *научно-технический семинар «Сварка и родственные процессы в промышленности»*, в котором приняли участие ведущие специалисты сварочного производства Украины и России.

Выставку посетило более 7000 специалистов практически всех отраслей промышленности и всех регионов Украины. Посетители и участники выставки отметили хорошую ее организацию, здесь была возможность узнать о новых разработках ведущих производителей сварочной техники и получить профессиональные консультации, а также ознакомиться с применением сварочных технологий в промышленности, чему способствовало одновременное проведение специализированной выставки «Трубопроводный транспорт».

Большинство участников выставки подтвердили заинтересованность в проведении ежегодной весенней специализированной выставки «Сварка. Родственные технологии» одновременно с машиностроительными выставками.

Следующая международная специализированная выставка «Сварка. Родственные технологии-2007», тематика которой будет значительно расширена, состоится в марте-апреле 2007 г. ● #685

Пресс-служба Научно-технического комплекса «ИЭС им. Е. О. Патона»

ПОДЯКА

Викладачі та студенти Київського механіко-металургійного технікуму висловлюють щирі вдячність оргкомітету виставки «Сварка. Родственныe технологии» за надану можливість щорічно відвідувати цю виставку.

Під час роботи виставки студенти мають змогу ознайомитись з новітніми технологіями та устаткуванням галузі, підвищити свій фаховий рівень, що наповнює гордістю за обрану професію та впевненістю у завтрашньому дні.

*Викладацький колектив
Київського механіко-металургійного технікуму*



Повышение эксплуатационной надежности систем трубопроводного транспорта

Научно-практический семинар

11 апреля 2006 г. в Киеве состоялся научно-практический семинар «Повышение эксплуатационной надежности систем трубопроводного транспорта». Семинар был организован Научно-техническим комплексом «Институт электросварки им. Е. О. Патона» НАН Украины, ДК «Укртрансгаз», Ассоциацией промышленного арматуростроения Украины и Украинским информационным центром «Наука. Техника. Технология» при поддержке НАК «Нефтегаз Украины». Семинар был проведен в рамках выставки «Трубопроводный транспорт».



На семинаре обсуждались вопросы диагностики и модернизации технологического оборудования и линейных участков магистральных трубопроводов; мониторинга и паспортизации технического состояния систем трубопроводного транспорта; материалов для трубопроводов; строительства трубопроводов; технологии ремонта и восстановления, в том числе технологии сварки, наплавки, резки и термообработки; защиты металлических трубопроводов от коррозии; контроля качества; трубопроводной арматуры; охраны труда; нормативно-технической документации. К началу семинара был издан сборник докладов (общее количество докладов — 27).

Большинство докладов было посвящено проблемам газотранспортной системы. В ряде докладов, темой которых было диагностирование трубопроводного транспорта, — ДК «Укртрансгаз», ГП «ОКТЬ ИЭС им. Е. О. Патона, Фраунгоферовский институт методов неразрушающего контроля (Германия), Уфимский государственный нефтетехнический университет, научно-производственная фирма «Зонд» (Ивано-Франковск) — даны полноценные решения задач контроля качества труб, трубопроводов и сварных соединений на них, причем для труб из сталей и из полимерных материалов. Подробно освещены все технологии термической, деформационно-термической и ударной послесварочной обработки сварных соеди-

нений стальных трубопроводов (НТК «ИЭС им. Е. О. Патона», Донецкий национальный технический университет, ООО «Нагрев», Москва). Представлен полный анализ современных технологий ремонта магистральных трубопроводов в условиях их непрерывной эксплуатации (ИЭС им. Е. О. Патона, ОАО «Укртрансгаз», ДК «Укртрансгаз»). Освещен опыт использования экспертной системы «Прочность» для оценки технического состояния газопроводов (НПО «Вектор», ИЭС им. Е. О. Патона, УМГ «Киевтрансгаз»).

На семинаре также были рассмотрены вопросы, касающиеся уплотнительных материалов (доклады ООО «Украинские Передовые Технологии», ЧП «Инкла-Киев») и проблемы защиты стальных трубопроводов от коррозии (ОАО «Харьковский трубный завод», Институт общей и неорганической химии и др.).

В докладе ЗАО «НПФ «ЦКБА» (Россия) описаны технические регламенты Российской Федерации на магистральный трубопроводный транспорт и трубопроводную арматуру.

В докладе научно-производственной фирмы «Зонд» (Ивано-Франковск) проанализирован нормативный документ ВСН 012–88 «Строительство магистральных и промышленных трубопроводов. Контроль качества и приемка работ» и обоснована необходимость разработки нового документа взамен вышеуказанного.

● #686

А. А. Кайдалов, д-р техн. наук, НТК «Институт электросварки им. Е. О. Патона»

Сварка и родственные процессы в промышленности

Научно-технический семинар

12 апреля 2006 г. в Киеве, в рамках международной выставки «Сварка. Родственные технологии–2006», состоялся научно-технический семинар «Сварка и родственные процессы в промышленности», организованный НТК «Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины», Обществом сварщиков Украины и Украинским информационным центром «Наука. Техника. Технология». В работе семинара приняли участие около 40 специалистов в области сварки и родственных технологий, в основном, из промышленных регионов Украины.

Открывая семинар, вице-президент Общества сварщиков Украины к. т. н. *В. М. Илюшенко* сказал, что сварка была и остается одним из важнейших технологических процессов в современном промышленном производстве. Он отметил, что работа семинара проходит в День космонавтики, и это очень символично ввиду той роли, которую сыграли сварщики в ракетостроении и освоении космоса.

Затем с докладом «Тенденции развития комбинированных и гибридных процессов дуговой и плазменной сварки» выступил д. т. н. *Н. М. Воронай* (ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ). Гибридные и комбинированные сварочные процессы, которые широко развиваются в последнее время, позволяют значительно повысить производительность и улучшить качество сварных соединений. В докладе, на основании обобщения литературных данных и результатов собственных исследований, авторы не только подробно рассмотрели особенности ряда новых комбинированных и гибридных процессов дуговой и плазменной сварки, но и отметили первоочередные задачи дальнейшего развития работ в этом направлении.

Большой интерес у участников семинара вызвал доклад «Современные технологии прецизионной сварки взрывом», в котором д. т. н. *Л. Д. Добрушин* рассказал о последних разработках специалистов из ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ в области сварки взрывом.

В докладе д. т. н. *В. Ф. Демченко* был представлен ряд компьютерных систем информационной поддержки сварочного производства. В ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ в настоящее время разработано несколько компьютерных систем, которые помогают заводским специалистам разрабатывать технологические процессы дуговой автоматической наплавки, сварки различных материалов, а также решать проблемы экологии сварочного производства.

О новых электродах для сварки конструкционных

углеродистых и низколегированных сталей доложил к. т. н. *И. Р. Явдоцин* (ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ). Новые электроды, разработанные в ИЭС, обладают отличными сварочно-технологическими свойствами и обеспечивают получение сварных швов с предельно низким содержанием водорода.

Большие работы ведутся в ИЭС им. Е. О. Патона по созданию новых сварочных плавящихся флюсов и флюсопродуктов для производства агломерированных флюсов. Об этих работах участникам семинара рассказал к. т. н. *И. А. Гончаров*. Предложенная авторами доклада технология рафинирования шлакового расплава позволит существенно снизить себестоимость производства плавящихся флюсов и создать конкурентоспособное производство отечественных агломерированных флюсов.

Несколько докладов на семинаре было посвящено наплавочным работам. Опыт автоматической и полуавтоматической наплавки деталей в различных отраслях промышленности поделился к. т. н. *И. А. Рябцев* (ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ). В докладе, в основном, были представлены работы по восстановлению ряда крупногабаритных деталей горно-обогажительных комбинатов: станины и корпуса кольца конусной дробилки, валов дробящих конусов конусных дробилок, корпусов тележек обжиговых машин для производства окатышей, зубчатых венцов шаровых мельниц размола руды и т. д.

Большие перспективы имеет электрошлаковая наплавка. Опыт внедрения технологических процессов ЭШН осветили в своих докладах д. т. н. *Ю. М. Кусков* и к. т. н. *О. Г. Кузьменко* (ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ). С помощью электрошлаковой наплавки можно с высокой производительностью восстанавливать чугунные прокатные валки, крупногабаритные штампы и т. д.

В докладе «Проблемы стандартизации в сварочном производстве Украины» инж. *К. О. Артюх* (ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ) поделилась опытом адаптации национальных стандартов Украины к требованиям международных стандартов. Внедрение гармонизированных стандартов в области сварочного производства будет способствовать повышению конкурентоспособности и безопасности отечественных сварных конструкций.

На семинаре был заслушан также ряд других докладов, представленных специалистами сварочного производства Украины и России. Все доклады научно-технического семинара опубликованы в сборнике «Сварка и родственные процессы в промышленности». ● #687

И. А. Рябцев, канд. техн. наук,

ТАЛОН-ЗАКАЗ

на специализированную литературу
издательства «Экотехнология»

Название книги	Цена (грн.)
Г. И. Лащенко. Плазменная резка металлов и сплавов. 2003. — 64 с.	12
Г. И. Лащенко. Вибрационная обработка сварных конструкций. 2001. — 56 с.	12
Г. И. Лащенко. Плазменное упрочнение и напыление. 2003. — 64 с.	12
В. М. Бернадський, О. С. Осика, Л. О. Симоненко, Л. С. Філоненко. Російсько-український словник зварювальної термінології. Українсько-російський словник зварювальної термінології. 2001. — 224 с.	30
В. М. Бернадський, О. К. Маковецька, Л. С. Філоненко, Б. В. Юрлов. Вчені і фахівці України в галузі зварювання і споріднених технологій. Довідник. 2002. — 144 с.	18
В. И. Лакомский, М. А. Фридман. Плазменно-дуговая сварка углеродных материалов с металлами. 2004. — 196 с.	24
И. А. Рябцев. Наплавка деталей машин и механизмов. 2004. — 160 с.	20
В. Я. Кононенко. Технологии подводной сварки и резки. 2004. — 136 с.	40
А. А. Кайдалов. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. Издание 2-е, переработанное и дополненное. 2004. — 260 с. ...	60
О. С. Осика, Н. Г. Хоменко, Л. С. Філоненко, Л. О. Симоненко. Англо-український словник зварювальної термінології. 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.	50
С. Т. Римский. Руководство по технологии механизированной сварки в защитных газах. 2006. — 60 с.	15

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, 62 или по факсу: **(044) 287-6502.**

Цены на книги указаны без учета НДС и стоимости доставки.

Открыта подписка-2006 на журнал «Сварщик»

в почтовых отделениях Украины и России,
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
	ООО «Бизнес Пресса»	(044) 248-74-60
	ЗАО «Блиц-Информ»	(044) 205-51-10
Киев	ООО «Периодика»	(044) 449-05-50
	ООО «Пресс-Центр»	(044) 252-94-77
	АОЗТ «САММИТ»	(044) 537-97-44
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0522) 32-03-00
Кировоград	ЗАО «Блиц-Информ»	(0522) 32-03-00
	ЗАО «Блиц-Информ»	(05366) 79-90-19
Кременчуг	ООО «САММИТ-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
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0322) 39-28-69
	«Львівські оголошення»	(0322) 97-15-15
	ООО «САММИТ-Львов 247»	(0322) 74-32-23
Львов	«Фактор»	(0322) 41-83-91
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0629) 33-54-98
Мариуполь	ЗАО «Блиц-Информ»	(0629) 33-54-98
Нежин	ЧП «Прес-Курьер»	(04631) 5-37-66
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0512) 47-10-82
	ООО «Ноу Хау»	(0512) 47-20-03
	ООО «САММИТ-Николаев»	(0512) 23-40-86
Николаев	ЧП «ТЕПС & Со»	(0512) 47-47-35
	ЗАО «Блиц-Информ»	(048) 711-70-79
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
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0652) 24-93-00
Симферополь	ДП «САММИТ-Крым»	(0652) 44-36-95
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0542) 27-52-09
Сумы	ООО «Диада»	(0542) 37-03-55
	ЗАО «Блиц-Информ»	(0352) 43-08-10
Тернополь	ЗАО «Блиц-Информ»	(03122) 2-38-16
Ужгород	ЗАО «Блиц-Информ»	(0572) 17-13-27
	АОЗТ «САММИТ –Харьков»	(0572) 14-22-61
	ДП «Фактор-Пресса»	(0572) 26-43-33
	«Форт» Издательство	(0572) 14-09-08
Харьков	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