

РАЗВИТИЕ СПОСОБОВ ДУГОВОЙ СВАРКИ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

И. В. ДОВБИЩЕНКО, Б. А. СТЕБЛОВСКИЙ, кандидаты техн. наук
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Освещена история создания и совершенствования способов и технологий дуговой сварки алюминия и его сплавов в отделе физико-металлургических процессов сварки легких металлов и сплавов ИЭС им. Е.О.Патона. Отмечена роль института в освоении технологий сварки конкретных изделий.

Ключевые слова: алюминиевые сплавы, дуговая сварка по флюсу, инертные газы, флюсы, вольфрамовые, покрытые электроды, сварочное оборудование

Научные исследования и инженерные разработки в области сварки алюминия и его сплавов были начаты под руководством Д. М. Рабкина в Институте электросварки им. Е. О. Патона в 1951 г. в лаборатории сварки цветных металлов и сплавов, которая с 1962 г. преобразована в отдел. Требовалось в сжатые сроки организовать поточное производство цистерн из сплава АМц толщиной 18...20 мм для перевозки и хранения жидкого кислорода, используемого для ракетных комплексов.

В 1951–1952 гг. Д. М. Рабкиным разрабатываются новый способ автоматической однодуговой сварки полуоткрытой дугой (по слою флюса) и флюс марки АН-А1 [1]. Он отличается от известного способа сварки стали под флюсом наличием тонкого слоя флюса впереди дуги. Модернизируется сварочное оборудование — трактор ТС-17 и головка АБС. В 1952–1953 гг. процесс был освоен на Уралвагонзаводе (г. Нижний Тагил) [2], где применялся более 30 лет. Способ сварки обеспечил не только необходимые качество металла шва и механические свойства соединений, но и высокую производительность процесса. Стыковые соединения сваривали с двух сторон, без разделки кромок со скоростью 15...16 м/ч.

Попытки использовать в то время на заводе сварку в инертных газах не дали положительных результатов, так как соединение металла толщиной 18...20 мм приходилось выполнять в разделку кромок за несколько проходов, требовалась (в отличие от сварки по флюсу) тщательная подготовка поверхности свариваемых кромок и проволоки. Кроме того, аргон высокой чистоты и тем более гелий были дефицитные и дорогие. Имело также значение и несовершенство оборудования того времени.

В 1956–1959 гг. способ сварки по флюсу совершенствуется. В работах принимают участие М. Л. Звонков, Б. А. Стебловский, И. В. Довбищенко, М. П. Порицкий. Применительно к металлу толщиной 12...22 мм разрабатывается технология сварки расщепленным электродом с общим токоподводом к обоим проволокам (двухэлектродная сварка) [3], что дало возможность выполнять первые внутренние швы — продольные и коль-

цевые на флюсовой подушке, а вторые наружные швы — на весу. Отпала необходимость устанавливать тяжелые стальные подкладки внутри котла, снизились требования к сборке.

Во второй половине 1950-х — начале 1960-х гг. автоматическая сварка по флюсу марки АН-А1 занимает ведущее положение в массовом производстве алюминиевых стационарных емкостей вместимостью от 2 до 100 м³ на заводах «Большевик» (г. Киев), «Красный Октябрь» (г. Фастов), Сумском машиностроительном и ряде других [4, 5], а котлов железнодорожных цистерн на Мариупольском ПО «Азовмаш» [6]. Котлы и емкости предназначались для хранения и транспортировки пищевых и химических продуктов — воды, молока, азотной кислоты, ракетного топлива и др. Выполняются соединения алюминиевых шин. На Кузнецком заводе металлоконструкций изготавливается уникальная вентиляционная труба из сплава АМц диаметром 6 м и высотой 100 м [7]. Для автоматической сварки по флюсу в ИЭС им. Е. О. Патона разрабатывается специализированное оборудование — сварочные трактора ТС-31, ТС-33 и ТС-36, подвесной аппарат А-586.

Для механизированной и ручной дуговой сварки низколегированных алюминиево-магниевого сплавов был разработан флюс АН-А4 и электроды АН-А103, которые обеспечивали прочность соединений сплавов АМг3 и АМг5 не менее 85...90 % прочности основного металла [8].

На этой основе в последние годы в ИЭС им. Е. О. Патона созданы новые электроды серии УАНА [9], предназначенные для сварки и наплавки деталей и конструкций из деформируемых и литых алюминиевых сплавов широкой номенклатуры. Состав покрытия и технология изготовления электродов обеспечивают им сварочно-технологические свойства на уровне лучших зарубежных аналогов.

В 1960-х — 1970-х гг. алюминиевые сплавы все шире используются в ракетно-космической технике, судостроении, танкостроении, вагоностроении, химической промышленности, строительстве и других отраслях.

Попытки применить сварку по флюсу для высоколегированных алюминиевых сплавов не дали положительных результатов — не обеспечивалось требуемое качество швов и необходимые свойства

соединений. При сварке металла толщиной свыше 18...20 мм увеличивалась опасность образования шлаковых включений и пор в швах, повышались требования к соблюдению санитарно-гигиенических условий труда. Указанные обстоятельства обусловили интенсивную разработку и совершенствование эффективных способов и технологий сварки в инертных газах и электронным лучом. Работы по этим направлениям велись параллельно, что позволяло гибко выбирать различные варианты технологии в зависимости от требований к изделиям, условиям их производства и эксплуатации.

Среди способов сварки в инертных газах алюминиевых сплавов в конце 1950-х – начале 1960-х гг. ведущее положение занимала аргонодуговая сварка неплавящимся электродом переменным током синусоидальной формы. Она позволяла получать по сравнению со сваркой плавящимся электродом в аргоне более высокие качество металла шва и механические свойства соединений. Однако проплавляющая способность дуги ограничивалась недостаточной стойкостью электродов из торированного вольфрама. Автоматическую сварку металла толщиной свыше 8...10 мм приходилось выполнять со скосом кромок за несколько проходов.

В результате совместных исследовательских работ с Московским заводом электровакуумных приборов, проводимых с начала 1960-х гг. Д.М. Рабкиным и О. Н. Ивановой, были получены радиационно безопасные активированные вольфрамовые электроды с присадкой до 1,5...2,0 % оксида лантана – ЭВЛ и до 3,5 % оксида иттрия – ЭВИ [10]. Электроды изготавливают по ГОСТ 23949–80. Дальнейшие исследования с участием Б. А. Стебловского и В. П. Будника позволили определить допустимые значения постоянного и переменного тока в зависимости от марки и диаметра электрода. Положительное влияние активирующей присадки наиболее полно проявляется при сварке на постоянном токе прямой полярности и на переменном токе при сдвиге тока в сторону прямой полярности [11].

Электроды ЭВЛ не уступают торированным по расходу, допустимой плотности тока и широко используются для ручной и автоматической сварки переменным и постоянным током. Итрированные электроды позволили увеличить плотность мощности в дуге в 1,5...2,0 раза без опасного перегрева электродов и добиться существенного повышения эффективности плавления свариваемого металла. С помощью итрированных электродов диаметром 10 мм получена возможность сваривать за один проход однофазной высокоамперной дугой (до 900...1000 А) алюминиевые сплавы толщиной 18...20 мм, а трехфазной дугой – 30...40 мм. Разработано сварочное оборудование. Значительно расширилась область использования сварки неплавящимся электродом. Уже к середине 1960-х гг. технология автоматической сварки высокоамперной дугой корпусных изделий ракет-носителей из сплава АМг6 осваивается совместно с работниками Куйбышевского завода «Прогресс», монтажно-испытательного комплекса в Байконуре, Южного ма-

шиностроительного завода, г. Днепропетровска и др.

Промышленный опыт изготовления конструкций ответственного назначения из сплава АМг6 показал, что несмотря на строгое соблюдение требований к подготовке металла и технологии сварки неплавящимся электродом в швах встречаются недопустимые включения оксидной пленки. Идея интенсификации перемешивания металла сварочной ванны с целью измельчения оксидных включений и одновременно его дегазации была реализована при сварке неплавящимся электродом пульсирующей дугой. Работы в этом направлении начаты в конце 1960-х гг. Д. М. Рабкиным, Н. М. Воропаем, В. А. Мишенковым [12, 13]. Были созданы опытные источники асимметричного тока типа ОАРС.

Дальнейшее изучение процесса при пульсирующем силовом воздействии дуги на сварочную ванну алюминиевых сплавов, выполненное А. Я. Ищенко, А. Г. Чаюном, Р. В. Илюшенко, А. Г. Покляцким [14, 15] позволило установить эффективные области его использования, создать специализированное сварочное оборудование (источники И-126, И-160).

В результате изменения амплитудных значений тока прямой и обратной полярности (асимметричный ток) удалось уменьшить в 3 раза относительную протяженность включений оксидной пленки в сварных швах сплава АМг6 и вероятность образования ее протяженных включений в швах литийсодержащих сплавов 1420 и 1460. Большие перепады амплитуды в период импульса и паузы (модулированный ток) обеспечивают снижение в 7...10 раз суммарного объема пустот в сварных соединениях сплавов 1420 и 1460 [16].

Использование термически упрочняемых и нагретых сплавов алюминия потребовало применения способов сварки с концентрированными источниками нагрева, которые обеспечивают достаточную глубину проплавления при сравнительно малом тепловложении. К таким способам дуговой сварки относятся микроплазменная сварка [17], плазменно-дуговая переменным током, гелиево-дуговая постоянным током вольфрамовым электродом и плавящимся электродом в инертных газах.

Исследования, проведенные И. В. Довбищенко, А. Г. Покляцким, А. П. Запарованым и др., показали эффективность применения переменного асимметричного тока прямоугольной формы для плазменно-дуговой сварки алюминиевых сплавов [18]. Время протекания тока обратной полярности, достаточное для катодной очистки поверхности металла, составляет 25...30 % общего цикла, благодаря чему снижается нагрузка на вольфрамовый электрод. В периоды прямой полярности достигается более глубокое проплавление основного металла. В результате повышается скорость сварки, снижается погонная энергия, уменьшаются масса и габариты плазмотрона. Возможность формирования обратной стороны шва «на весу» при сквозном проникновении дуги обеспечивает вынос на поверхность обратной стороны шва не разрушенных дугой оксидных плен и удаление газов из



Рис. 1. Орбитальный самолет «Буран»

расплавленного металла. Разработаны опытный источник питания И-196, плазмотрон ПД-154.

Научно-технологические исследования по разработке оборудования, аппаратуры управления и технологии сварки неплавящимся электродом постоянным током прямой полярности в гелии — гелиево-дуговой сварки относятся к началу 1970-х гг. (Д. М. Рабкин, О. Н. Иванова, В. П. Будник, Б. А. Стебловский).

Более высокая концентрация тепловой энергии при гелиево-дуговой сварке по сравнению со сваркой вольфрамовым электродом переменным током в аргоне способствует повышению проплавливающей способности дуги, снижению в 1,5...2,0 раза погонной энергии и соответственно уменьшению зоны термического влияния термообрабатываемых сплавов [19, 20].

Указанные обстоятельства определили широкое производственное внедрение процесса на предприятиях авиационно-космической техники при изготовлении конструкций из алюминиевых сплавов АМг6, 1201, в том числе изделий «Энергия» и кабина орбитального самолета «Буран» (рис. 1). Данная технология используется и в настоящее время.

Способ сварки плавящимся электродом (в отличие от сварки неплавящимся электродом) менее чувствительный к размерам зазора и превышению толщин соединяемого металла, обеспечивает более высокую скорость сварки и незначительный уровень остаточных деформаций в соединениях. Тем не менее, нестабильное качество швов, получаемых при



Рис. 2. Головной вагон скоростного электропоезда ЭР-200



Рис. 3. Автосамосвал МАЗ-5551

сварке стационарной дугой в аргоне, ограничивало применение этого способа выполнением угловых и нахлесточных соединений, где он удобен [21].

Разработка в ИЭС им. Е. О. Патона способа импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом [22] явилась значительным достижением в области сварки плавлением. Технологические исследования процесса импульсно-дуговой сварки с использованием первых генераторов импульсов тока ИИП-1 [23], а затем и других источников питания [24], в которых участвовали сотрудники отдела Б. А. Стебловский, М. П. Пашуля, В. Г. Игнатев и др., позволили определить преимущества способа при сварке алюминиевых сплавов. Помимо повышения стабильности горения дуги, значительно уменьшилось разбрызгивание металла и испарение легколетучих элементов, снизилось количество и размеры оксидных включений и пор в швах.

Благодаря этому с середины 1960-х гг., импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом находит все более широкое применение в промышленности. Она использовалась при изготовлении корпусных конструкций ракетных комплексов на Куйбышевском и Оренбургском заводах, корпусов легких десантируемых танков на Волгоградском заводе, узлов пассажирских железнодорожных вагонов [25] (рис. 2) и вагонов метро [26], самосвальных платформ автомобилей [27] (рис. 3), автомобильных холодильников, надстроек судов, строительных конструкций и других изделий.



Рис. 4. Железнодорожная цистерна для перевозки химических агрессивных продуктов



Рис. 5. Боевая машина пехоты

Высокие требования, предъявляемые к сварным соединениям емкостей из сплава АМцС и технического алюминия толщиной 20...30 мм для хранения и перевозки агрессивных продуктов, привели к разработке высокоэффективной технологии сварки плавящимся электродом диаметром 3...4 мм стационарной дугой в смеси инертных газов — гелия и аргона (Д. М. Рабкин, И. В. Довбищенко, В. С. Бугай, В. С. Машин). Использование гелий-аргоновых смесей позволяет не только уменьшить в 2...8 раз объем пустот в наплавленном металле, повысить механические свойства и коррозионную стойкость сварных соединений, но и увеличить на 40...60 % скорость сварки [28, 29].

Эта технология была успешно реализована при изготовлении емкостей из сплава АМцС на Балашихинском ПО «Криогенмаш» [30], поточном производстве алюминиевых котлов железнодорожных цистерн [31] (рис. 4) и корпусных элементов ракет из сплава АМгб [32] на ПО «Азовмаш». Сварка плавящимся электродом диаметром 3 мм в одном аргоне была внедрена на Курганском машиностроительном заводе для изготовления корпусов боевых машин пехоты из алюминиевой брони [33] (рис. 5).

Использование смесей газов при импульсно-дуговой сварке плавящимся электродом диаметром 1,0...1,6 мм позволило получить более высокий уровень механических свойств соединений алюминий-литиевых сплавов по сравнению со сваркой неплавящимся электродом пульсирующим током [34].

Для соединения толстостенных конструкций ($\delta_{мет} = 40...150$ мм) из плит, фасонных профилей сплавов АМгб, 1201 Б. А. Стебловским, В. И. Завирюхой, Ю. А. Рябцом разработана технология сварки импульсной и стационарной дугой плавящимся электродом в гелии и его смесях с аргоном в узкощелевую разделку кромок. Способ позволяет получить соединения в нижнем положении и на вертикальной плоскости. Сварка плавящимся электродом в узкий зазор по сравнению со сваркой в широкую Х-образную разделку свариваемых кромок позволяет сократить в несколько раз количество проходов, уменьшить зону термического влияния в 4...6 раз и уровень остаточных деформаций, экономятся сварочные материалы и

электроэнергия [35]. Процесс нашел применение в опытно-промышленном производстве узлов корпусов ракет на заводе «Прогресс» и корпусов боевых машин пехоты на Курганском машиностроительном заводе [33].

Снижение стоимости выполнения сварочных работ возможно за счет замены гелия в качестве защитного газа на готовые гелий-неоновые смеси ($Ne = 3...25\%$), получаемые в Украине [36]. Стоимость 1 м³ таких смесей в среднем на 25 % ниже чистого гелия.

Для сварки плавящимся электродом в ИЭС им. Е. О. Патона разработано оборудование — подвесные самоходные аппараты А-1002, А-1431, автоматы серии АД-238, сварочные трактора А-1012, ТС-56, сварочная установка УД-474 для сварки конструкций штампосварных катков из сплава АМгб для боевых машин пехоты, полуавтоматы ПШ-128, ПШ-144 и др.

В настоящее время в отделе проводятся исследования, нацеленные на комбинированное использование двух или более источников тепла, в том числе лазерного пучка с целью повышения производительности процесса улучшения качества соединений.

1. Рабкин Д. М. Новый способ автоматической сварки алюминия // Автомат. сварка. — 1953. — № 4. — С. 45–50.
2. Рабкин Д. М. Автоматичне зварювання алюмінію та його сплавів // Вісн. АН УРСР. — 1955. — № 7. — С. 41–44.
3. Рабкин Д. М., Звонков М. Л. Автоматическая сварка алюминия расщепленным электродом // Автомат. сварка. — 1958. — № 5. — С. 25–31.
4. Рабкин Д. М. Автоматическая сварка котлов из алюминия и его сплавов // Передовой науч.-техн. и производств. опыт. — 1958. — Вып. 1. — С. 15–19.
5. Довбищенко И. В., Свенцицкий В. Г. Опыт автоматической сварки алюминиевых сосудов объемом 2 м³ // Автомат. сварка. — 1958. — № 8. — С. 89–92.
6. Антопец Д. П., Довженко А. Ф. Поточная линия изготовления емкостей из алюминия // Там же. — 1965. — № 2. — С. 64–66.
7. Порицкий М. П., Стебловский Б. А., Народницкий Б. И. Опыт сварки алюминиевой вентиляционной трубы // Там же. — 1965. — № 1. — С. 61–63.
8. Рабкин Д. М., Звонков М. Л., Верченко В. А. Опыт изготовления сварных емкостей из алюминий-магниевого сплава // Там же. — 1958. — № 4. — С. 84–88.
9. Скорина Н. В., Машин В. С. Покрывые электроды для ручной дуговой сварки алюминия и его сплавов // Сварщик. — 2000. — № 2. — С. 26.
10. Влияние присадки окислов некоторых редких и редкоземельных металлов на свойства вольфрамовых электродов / Д. М. Рабкин, О. Н. Иванова, С. И. Ипатова и др. // Автомат. сварка. — 1964. — № 4. — С. 5–9.
11. Иванова О. Н., Рабкин Д. М., Будник В. П. Допустимые значения тока при аргонодуговой сварке вольфрамовыми электродами // Там же. — 1972. — № 11. — С. 38–40.
12. Рабкин Д. М., Воронай Н. М., Мищенко В. А. Аргонодуговая сварка алюминиевых сплавов при прямоугольной форме кривой переменного тока // Там же. — 1968. — № 7. — С. 74–75.
13. Рабкин Д. М., Воронай Н. М., Мищенко В. А. Энергетические характеристики процесса сварки на асимметричном разнополярном токе // Там же. — 1978. — № 4. — С. 5–10.
14. Ищенко А. Я., Чаюн А. Г., Илюшенко Р. В. Свариваемость и технология дуговой сварки сплава системы алюминий-магний-литий // Там же. — 1985. — № 10. — С. 47–49.
15. Ищенко А. Я., Покляцкий А. Г., Яворская М. Р. Предотвращение включений оксидной пленки в швах при аргонодуговой сварке алюминиевых сплавов // Там же. — 1989. — № 6. — С. 38–41.
16. Покляцкий А. Г., Гришук А. А. Влияние параметров асимметричного и модулированного токов на качество сварных

- соединений алюминиевых сплавов // Там же. — 2001. — № 7. — С. 33–36.
17. *Микроплазменная* сварка легких металлов и сплавов с катодным распылением окисных пленок / Н. М. Воропай, В. С. Гвоздецкий, В. В. Шербак, Л. М. Яринич // Там же. — 1969. — № 7. — С. 5–10.
 18. *Сварка* алюминиевых сплавов плазменной дугой на переменном токе / Е. Ю. Брик, И. В. Довбищенко, А. П. Запарованый и др. // Там же. — 1992. — № 4. — С. 53–54.
 19. *Сварка* алюминиевых сплавов на постоянном токе прямой полярности / Д. М. Рабкин, О. Н. Иванова, Б. А. Стебловский и др. // Там же. — 1971. — № 3. — С. 71–72.
 20. *Свойства* соединений алюминиевых сплавов, выполненных сваркой на постоянном токе прямой полярности / О. Н. Иванова, А. В. Лозовская, Д. М. Рабкин и др. // Там же. — 1973. — № 3. — С. 8–11.
 21. *Рабкин Д. М., Савич И. М., Рождественская Т. С.* Опыт изготовления цельнометаллического пассажирского алюминиевого вагона // Там же. — 1962. — № 2. — С. 60–65.
 22. *Патон Б. Е., Потальевский А. Г., Подола А. В.* Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом с программным регулированием процесса // Там же. — 1964. — № 1. — С. 1–6.
 23. *Импульсно-дуговая* сварка алюминиевых сплавов в аргоне / В. Ф. Лапчинский, А. Г. Потальевский, Б. А. Стебловский и др. // Там же. — 1966. — № 7. — С. 50–54.
 24. *Опыт* применения оборудования и технологий импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом изделий из алюминиевых сплавов / П. П. Шейко, Н. Н. Слепченко, М. П. Пашуля и др. // Актуальные проблемы сварки цветных металлов: Докл. I Всесоюз. конф. Киев, 21–23 нояб. 1978 г. — Киев: Наук. думка, 1980. — С. 170–174.
 25. *Сварка* кузова вагона электропоезда ЭР-200 / Д. М. Рабкин, М. П. Порицкий, Б. А. Стебловский и др. // Автомат. сварка. — 1975. — № 9. — С. 48–51.
 26. *Конструктивно-технологические* особенности изготовления сварного кузова вагона метро из алюминиевых сплавов / В. Г. Игнатъев, Л. М. Лобанов, Д. М. Рабкин и др. // Там же. — 1984. — № 2. — С. 51–53.
 27. *Алюминиевая* платформа самосвала БелАЗ-7510 / Д. М. Рабкин, М. П. Порицкий, Б. А. Стебловский и др. // Там же. — 1980. — № 3. — С. 68–69.
 28. *Рабкин Д. М., Рябов В. Р., Довбищенко И. В.* Применение гелия и его смеси с аргонном при сварке алюминиевых сплавов // Там же. — 1963. — № 9. — С. 1–6.
 29. *Довбищенко И. В., Ищенко А. Я., Махин В. С.* Применение гелия при сварке алюминиевых сплавов плавящимся электродом // Там же. — 1997. — № 2. — С. 14–15.
 30. *Сварка* сосудов из алюминиевого сплава / И. В. Довбищенко, Д. М. Рабкин, В. С. Бугай и др. // Там же. — 1967. — № 5. — С. 61–62.
 31. *Сварка* алюминиевых котлов плавящимся электродом в гелиево-аргоновой смеси / А. В. Цыплюхин, А. М. Новиков, В. М. Борошенко и др. // Там же. — 1986. — № 10. — С. 54–56.
 32. *Сопоставление* технологий сварки сплава АМг6 плавящимся электродом в гелиево-аргоновой смеси и трехфазной дугой в аргоне / В. С. Махин, Н. Н. Слепченко, В. М. Борошенко и др. // Сварка цветных металлов: Сб. науч. трудов. — Киев: Наук. думка, 1989. — С. 36–39.
 33. *Патон Б. Е., Гордоний В. Г.* Работы Института электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины в области танкостроения // Автомат. сварка. — 2002. — № 2. — С. 33–39.
 34. *Повышение* прочности швов при дуговой сварке сплава 1420 с применением скандийсодержащих присадок / А. Я. Ищенко, А. В. Лозовская, А. Г. Покляцкий и др. // Там же. — 2002. — № 1. — С. 11–15.
 35. *Технологические* особенности сварки плавящимся электродом алюминиевых сплавов больших толщин в узкощелевую разделку / В. И. Завирюха, Ю. А. Рябец, В. А. Стебловский и др. // Актуальные проблемы сварки цветных металлов: Докл. II Всесоюз. конф. Ташкент, окт. 1982 г. — Киев: Наук. думка, 1985. — С. 79–81.
 36. *Влияние* состава защитных газов на технологические характеристики дуги при сварке алюминиевых сплавов неплавящимся электродом / А. Я. Ищенко, В. П. Будник, А. Г. Покляцкий и др. // Автомат. сварка. — 2000. — № 2. — С. 19–22.

History of development and upgrading of methods and technologies of arc welding aluminium and its alloys by the Department for Physical-Metallurgical Processes of Welding Light Metals and Alloys at the E.O.Paton Electric Welding Institute is described. The role of the Institute in mastering the technologies for welding specific parts is noted

Поступила в редакцию 30.10.2002

ВНИМАНИЮ СПЕЦИАЛИСТОВ!
ИЭС им. Е. О. Патона в 2003 г.
проводит международные конференции при
информационной поддержке журнала "Автоматическая сварка"



ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СВАРКЕ И ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ

19—23 мая 2003 г.
 Украина, Крым, пос. Кацевели

АДРЕС ОРГКОМИТЕТА:
 Украина, 03680, г. Киев, ул. Боженко, 11
 Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины
 Тел: (380-44) 261-53-49, 269-26-23
 Факс: (380-44) 268-0486, 274-0277
 E-mail: journal@paton.kiev.ua
 E-mail: kovinvst@sovamua.com
 http://www.nas.gov.ua/pwj

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СВАРКИ И РЕСУРСА КОНСТРУКЦИЙ

24—26 ноября 2003 г.
 Украина, г. Киев, ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ

АДРЕС ОРГКОМИТЕТА:
 Украина, 03680, г. Киев, ул. Боженко, 11
 Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины
 Факс: (380-44) 268-04-86
 Тел: (380-44) 220-95-78
 E-mail: office@paton.kiev.ua
 http://www.nas.gov.ua/pwj

