



## Диссертация на соискание ученой степени



**Институт электросварки им. Е. О. Патона  
НАН Украины**

**И. В. Кривцун** (ИЭС) защитил 4 декабря 2002 г. докторскую диссертацию на тему «Комбинированные лазерно-дуговые процессы обработки материалов и устройства для их реализации».

В работе выполнен анализ современного состояния и обобщен опыт практического применения лазерно-дуговых и лазерно-плазменных технологий сварки и обработки материалов. Предложены новые схемы реализации комбинированных лазерно-плазменных процессов сварки, наплавки, напыления и др., базирующиеся на соосном объединении лазерного пучка и плазменной дуги при помощи специализированных устройств — интегрированных лазерно-дуговых плазмотронов. Разработаны основы теории комбинированных лазерно-плазменных процессов обработки материалов, методы расчета и опытные образцы устройств для их реализации.

Среди наиболее существенных научных результатов, полученных соискателем, следует отметить следующие.

Им установлено, что при взаимодействии сфокусированного пучка излучения CO<sub>2</sub>-лазера с плазмой столба электрической дуги возникает особый вид газового разряда — комбинированный лазерно-дуговой разряд, свойства которого отличаются как от свойств обычной дуги, так и от свойств оптического разряда. Доказано существование в таком разряде плазменной линзы, фокусирующие свойства которой зависят от тока дуги, состава и расхода плазмообразующего газа, что позволяет, варьируя режим горения дуги, управлять фокусировкой лазерного пучка в плазме. Показано, что комбинированный лазерно-дуговой разряд как источник тепла для обработки материалов, обладающий новыми возможностями управления концентраци-

ей тепловой и электромагнитной энергии, может быть положен в основу создания нового класса плазменных устройств — интегрированных лазерно-дуговых плазмотронов различного технологического назначения.

Диссертантом развита самосогласованная теория взаимодействия лазерного излучения и дуговой плазмы с конденсированными средами. Показана возможность лазерного управления катодными процессами на трубчатом термокатоде, рабочий конец которого подогревается пропускаемым через катод лазерным излучением. Получены выражения для расчета плотности теплового потока, вводимого в обрабатываемый металл каждой из составляющих комбинированного источника тепла, и давления на испаряющуюся поверхность расплава, установлены основные механизмы взаимовлияния лазерного и дугового воздействия на изделие при лазерно-дуговых процессах сварки и термообработки поверхности. Выявлены особенности лазерного нагрева диспергированных в газе керамических частиц, обусловленные интерференцией электромагнитных полей, возбуждаемых в мелкодисперсных керамических частицах лазерным излучением, и оптической неоднородностью частиц, возникающей в процессе их нагрева.

Результаты теоретических исследований легли в основу создания опытных образцов интегрированных плазмотронов для комбинированной лазерно-плазменной сварки и порошковой наплавки. Экспериментальные исследования разработанных устройств продемонстрировали широкие возможности и высокую эффективность их практического использования.

Создано программное обеспечение для компьютерного моделирования процесса напыления. Данное программное обеспечение используется Институтом физики плазмы им. Пьеро Калдиrola (Италия); Учебным и исследовательским институтом сварки (Германия); Университетом Троллхеттан (Швеция), а также фирмами Метал 7 (Канада); Альстом Лтд. (Швейцария); Праксэр Инк. (США) и Зальцер Метко (США).

УДК 621.791(088.8)

## ПАТЕНТЫ В ОБЛАСТИ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА\*

**Припой для пайки** содержит хром, вольфрам, цирконий и никель в качестве основы, отличающийся тем, что для пайки хромоникелевых сплавов со сплавами молибдена и вольфрама его составляющие находятся в следующей пропорции, мас. %: 23...34 хрома, 6...16 вольфрама, 14...20 циркония, остальное — никель. Патент Украины 43903. С. М. Самохин, В. Ф. Квасницкий, В. Ф. Хорунов и др. (Украинский государственный морской технический университет) [1].

**Порошковая проволока для сварки и наплавки высокопрочного чугуна**, отличающаяся тем, что шихта проволоки дополнительно содержит мрамор и никелевый порошок при следующем соотношении компонентов, мас. %: 17,5...30,6 графита; 18,9...34,2 силикокальция; 11,5...19,7 мрамора; 0,80...3,87 ферромарганца; 6,2...13,8 никелевого порошка; остальное — железный порошок, причем коэффициент заполнения порошковой проволоки составляет 26,2...32,4 %. Патент Украины 44122А. А. В. Пустовгар, А. И. Любич (Сумской государственный университет) [1].

**Плазменное устройство**, отличающееся тем, что цепь вторичной обмотки входного трансформатора содержит первое обмоточное устройство с первым эффективным числом витков для питания схемного устройства и второе обмоточное устройство с другим эффективным числом витков для питания второго

схемного устройства, причем указанные первое и второе эффективные числа витков отличаются. Патент Украины 44800. Д. Д. Аллен (Две Линкольн Электрик Компани, США) [3].

**Сварочный комплекс для сварки трубопроводов под водой**, отличающийся тем, что сварочная установка комплекса выполнена в виде подвешенной машины клещевого типа для автоматической контактной стыковой сварки с подвижными и неподвижными зажимами для труб, между которыми установлено устройство для защиты зоны сварки. Приведены и другие отличительные признаки. Патент Украины 44923. С. И. Кучук-Яценко, Б. И. Казымов, И. В. Зяхор (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона) [3].

**Порошковая проволока для наплавки**, отличающаяся тем, что в состав шихты ее дополнительно входят феррохром, ферросилиций, порошок алюминия и флюс АН-348А при следующем соотношении компонентов, мас. %: 75,0...78,0 стальной оболочки; 2,0...2,5 ферромарганца; 2,0...2,5 феррохрома; 0,9...1,2 ферросилиция; 0,15...0,30 ферротитана; 0,2...0,5 порошка алюминия; 4,0...6,0 флюса АН-348А; 9,0...15,75 порошка железа, при этом коэффициент заполнения порошковой проволоки составляет 25 %. Патент Украины 44801. Г. С. Микаэлян, И. А. Рябцев, В. В. Евтушенко (То же) [3].

**Устройство для дуговой сварки**, отличающееся тем, что первичная обмотка сварочного трансформатора одной стороной соединена через конденсатор с общей точкой ключей, соеди-

\*Приведены сведения о патентах, опубликованных в бюллетенях Украины «Промислова власність» за 2002 г. (в квадратных скобках указан номер бюллетеня).



ненных между собой последовательно и подключенных параллельно выходу входного выпрямителя к фильтру-конденсатору, соединенным между собой последовательно. Приведены и другие отличительные признаки. Патент Украины 45079А. В. А. Кучеренко (НТУУ «Киевский политехнический институт») [3].

**Устройство для дуговой сварки**, отличающееся тем, что первичная обмотка сварочного трансформатора одной стороной соединена с общей точкой ключей, соединенных последовательно и подключенных параллельно выводам входного выпрямителя, а другая сторона первичной обмотки сварочного трансформатора соединена с общей точкой фильтров-конденсаторов. Приведены и другие отличительные признаки. Патент Украины 45080. А. В. А. Кучеренко (То же) [3].

**Устройство для дуговой сварки**, отличающееся тем, что первичная обмотка сварочного трансформатора одним концом через ключ соединена с фильтром-конденсатором и анодом входного диода для подключения через этот диод к сети питания, другим концом первичная обмотка сварочного трансформатора через другой ключ соединена с общей точкой фильтров конденсаторов. Приведены и другие отличительные признаки. Патент Украины 45101А. В. А. Кучеренко (То же) [3].

**Охлаждающее устройство для снижения сварочных деформаций и напряжений**, отличающееся тем, что оно вместо специального кондуктора с вертикальными стойками оснащено двумя разборными роликами, которые свободно оборачиваются на соединительных трубках для подачи охладителя с роликом, и регулировочным вентилем. Патент Украины 45114А. А. И. Гедрович, И. А. Гальцов (Восточнукраинский национальный университет) [3].

**Способ пайки тавровых соединений труб или стержней металлических конструкций**, отличающийся тем, что вначале создают развитую поверхность пайки путем изготовления паза в одной из деталей, а пластическую деформацию осуществляют с помощью калибрующего инструмента в виде штампа путем создания равномерного давления в направлении, перпендикулярном оси хотя бы одной соединяемой детали. Патент Украины 45491. А. С. Письменный, А. С. Прокофьев, М. Е. Шинлов, А. Г. Дубко (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона) [4].

**Способ прессовой сварки с нагревом дугой, управляемой магнитным полем**, отличающийся тем, что управление дугой осуществляют путем смены величины радиальной и постоянной в направлении аксиальной составляющей индукции магнитного поля, при этом торцы деталей нагревают с помощью управляемого перемещения дуги по внешним кромкам, при достижении необходимого нагрева дугу смещают на внутренние кромки или к центру, а потом вместе с повышением сварочного тока перемещают к внешним кромкам деталей и выполняют осадку. Патент Украины 45411. В. С. Качинский, С. И. Кучук-Яценко, В. Ю. Игнатенко, М. П. Коваль (То же) [4].

**Машина для прессовой сварки труб с нагревом дугой, управляемой магнитным полем**, отличающаяся тем, что каждый зажимный вкладыш зажимного механизма имеет выпуклые пояски, внутренний радиус которых на 2...3 % меньше минимально допустимого внешнего радиуса свариваемых труб, а каждый гидроцилиндр осадки содержит пружинное кольцо, имеющее возможность взаимодействия с плавающим поршнем, размещенным на штоке гидроцилиндра, регулировочную гайку, соединенную с контрштоком гидроцилиндра не менее 50 % пропана, а присадка дополнительно содержит с возможностью упора в заднюю крышку гидроцилиндра и резьбовую втулку, соединенную с гидроцилиндром. Патент Украины 45449. С. И. Кучук-Яценко, В. А. Сахарнов, В. Ю. Игнатенко и др. (То же) [4].

**Электрододержатель для ручной дуговой сварки**, отличающийся тем, что в токоподводящем стержне рукоятки электрододержателя размещен винт, выходящий торцом в паз, одна из боковых стенок которого по высоте выполнена со скосом, нижняя — наклонно, а верхняя под прежним углом к оси электрододержателя. Патент Украины 24280. В. Н. Виногреев, В. А. Луценко, Е. И. Виногреева [4].

**Газ для сварки и резки металлов**, отличающийся тем, что используют углекислый газ, содержащий не менее 50 % пропана, а присадка дополнительно содержит спирт, в молекулах которых присутствует не больше 4-х атомов углерода при следующем соотношении компонентов, мас. %: 90...99 углекислого газа, содержащего не менее 50% пропана; 0,6...6,0 кетона; 0,4...4,0 спиртов, в молекулах которых не более 4-х атомов углерода. Патент Украины 45931А. В. А. Елишкевич, А. Н. Литвиненко, И. А. Филипов [4].

**Устройство для дуговой сварки**, отличающееся тем, что одна сторона первичной обмотки сварочного трансформатора устройства соединена через конденсатор и ключ с выходом входного выпрямителя, другая сторона первичной обмотки трансформатора подключена через другой конденсатор и другой ключ к другому выводу входного выпрямителя. Приведены и другие отличительные признаки. Патент Украины 45660А. В. А. Кучеренко (НТУУ «Киевский политехнический институт») [4].

**Устройство для дуговой сварки**, отличающееся тем, что первичная обмотка сварочного трансформатора устройства одним концом соединена с общей точкой конденсаторов, соединенных последовательно между собой и подключенных с одной стороны через ключ к общей точке фильтра-конденсатора и вывода входного выпрямителя, с другой стороны конденсаторы подключены через другой ключ к общей точке другого вывода входного выпрямителя и другого фильтр-конденсатора. Приведены и другие отличительные признаки. Патент Украины 45661А. В. А. Кучеренко (То же) [4].

**Устройство для дуговой сварки**, отличающееся тем, что первичная обмотка сварочного трансформатора устройства одним концом соединена со средней точкой конденсаторов, соединенных последовательно между собой и подключенных с одной стороны через ключ к общей точке, образованной анодом входного диода и фильтром-конденсатором, соединенным последовательно с другим фильтром-конденсатором. Приведены и другие отличительные признаки. Патент Украины 45662А. В. А. Кучеренко (То же) [4].

**Устройство для дуговой сварки**, отличающееся тем, что первичная обмотка сварочного трансформатора устройства одним концом подключена к общей точке ключей, соединенных последовательно и подключенных параллельно к соединенным между собой последовательно фильтрам конденсаторов. Приведены и другие отличительные признаки. Патент Украины 45663А. В. А. Кучеренко (То же) [4].

**Устройство для дуговой сварки**, отличающееся тем, что первичная обмотка сварочного трансформатора устройства одним концом соединена с общей точкой конденсаторов, соединенных последовательно между собой и подключенных с одной стороны через ключ к выходу входного выпрямителя. Приведены и другие отличительные признаки. Патент Украины 45664А. В. А. Кучеренко (То же) [4].

**Устройство для дуговой сварки**, отличающееся тем, что первичная обмотка сварочного трансформатора устройства одним концом через ключ соединена с фильтром-конденсатором и анодом входного диода для подключения катода этого диода к фазе сети питания. Приведены и другие отличительные признаки. Патент Украины 45665А. В. А. Кучеренко (То же) [4].

**Устройство для дуговой сварки**, отличающееся тем, что одна сторона первичной обмотки сварочного трансформатора соединена через конденсатор с общей точкой других конденсаторов, соединенных между собой последовательно и подключенных с одной стороны через ключ к общей точке фильтра-конденсатора и выходу входного выпрямителя. Приведены и другие отличительные признаки. Патент Украины 45666А. В. А. Кучеренко (То же) [4].

**Устройство для дуговой сварки**, отличающееся тем, что первичная обмотка сварочного трансформатора устройства одним концом подключена через конденсатор к общей точке ключей, соединенных последовательно между собой и подключенных параллельно к фильтрам-конденсаторам. Приведены и другие



отличительные признаки. Патент Украины 45728А. В. А. Кучеренко (То же) [4].

**Способ контроля качества формирования многопроходного шва и устройство для его осуществления**, отличающееся тем, что при этом контролируют геометрические размеры поперечного сечения каждого наплавленного слоя и его пространственное положение путем измерения на каждой секции выводной

технологической планки, немедленного отсоединения от нее после завершения процесса выполнения каждого прохода, и по результатам этих измерений осуществляют корректирование положения сварочного источника вдоль свариваемого стыка и параметров режима сварки. Патент Украины 45863А. И. А. Тарарычкин, Д. А. Оселедько [4].

## ПО ЗАРУБЕЖНЫМ ЖУРНАЛАМ\*

*WELDING TECHNIQUE (Япония),  
2001. — Vol. 49, № 5 (яп. яз.)*

### СВАРОЧНЫЕ СТАНДАРТЫ И НОРМЫ

**Маруока Ё.** Проектирование и обработка ферменных конструкций и соответствующие нормы (строительство), с. 62.

**Накадзима Н.** Проектирование и обработка сосудов давления и соответствующие нормы и стандарты, с. 67.

**Стандарты** и нормы на строительные конструкции, с. 72.

**Современное состояние** стандартизации в области сварки, с. 79.

**Японский проект** «Разработка надежных и высокоэффективных сварочных технологий», с. 84.

**Результаты** анкетирования по современному состоянию заводской резки, с. 86.

**Накаяма М.** Разработка оборудования для высокоскоростной лазерной обработки, с. 94.

**Итоу Ё., Танака А.** Оптимизация проектирования и производства сварных конструкций, с. 96.

**Пособие** по аттестации в области сварки, с. 101.

**Ремонтная** сварка куполов зданий, с. 117.

**Введение** стандарта ISO 9001, с. 118.

### ВОПРОСЫ И ОТВЕТЫ

**Оборудование** для воздушно-плазменной резки, с. 124.

**ЭШС** нерасходуемым мундштуком, с. 127.

**Наплавка** и напыление, с. 141.

**Коутаки Х.** Экзаменационный справочник по сварке титана. Ч. 2. Сварочное оборудование и спецификации, с. 129.

**ЛЕКЦИИ** по методам неразрушающего контроля

**Кагоу М.** Лекция 4. Методики поверхностной дефектоскопии, с. 147.

*WELDING TECHNIQUE (Япония),  
2001. — Vol. 49, № 6 (яп. яз.)*

### ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Мацуяма К.** Технологии соединения в эпоху информационных технологий, с. 58.

**Яманэ С.** Роботизированные сварочные системы с компьютерной сетью, с. 63.

**Абэ Т.** Диагностика оборудования на базе Интернета, с. 68.

**Ёснока Т.** Внедрение информационных технологий в производство с системой двумерных кодов, с. 74.

**Сугимура К., Мацуура Т.** Разработка новых сварочных систем с использованием информационных технологий, с. 77.

**Прогресс** технологий лазерной обработки в судостроении, с. 82.

**Ламарр А., Моулз М., Татибана Н.** Оценка результатов сварки трением с перемешиванием с помощью ультразвуковой дефектоскопии с использованием фазированных решеток, с. 83.

\* Раздел подготовлен сотрудницами научной библиотеки ИЭС им. Е. О. Патона. Более полно библиография представлена в Сигнальной информации (СИ) «Сварка и родственные технологии», издаваемой в ИЭС и распространяемой по заявкам (заказ по тел. (044) 227-07-77, НТБ ИЭС).

**Ямаути Т.** Разработка и применение способа ультразвуковой низкотемпературной пайки, с. 89.

**Стандарты** и нормы на конструкции автодорожных мостов, с. 94.

### ВОПРОСЫ И ОТВЕТЫ

**Проблемы** сварки нержавеющей стали, с. 103.

**Наплавка** и напыление, с. 123.

**Сравнение** японских и немецких стандартов по контролю качества, с. 108.

**Коутаки Х.** Экзаменационный справочник по сварке титана. Ч. 3. Способы сварки и повышения ее качества, а также методики испытаний, с. 113.

**ЛЕКЦИИ** по сварке трением с перемешиванием

**Синода Т.** Лекция 1. Основной принцип и оборудование, с. 128.

*WELDING TECHNIQUE (Япония),  
2001. — Vol. 49, № 7 (яп. яз.)*

### ТРАДИЦИОННЫЕ УРОВНИ КВАЛИФИКАЦИИ В СВАРКЕ

**Ясуда К.** Составление банков данных по квалификации и способы их применения, с. 58.

**Ямаути Ё.** Программное обеспечение для определения уровня квалификации специалистов в области сварки, с. 65.

**Традиции**, обучение и отработка практических навыков специалистов-сварщиков, с. 70.

**Куцуна М.** Состояние разработки квалификационных систем в эпоху информационных технологий, с. 73.

**Новые** технологии высокоэффективной и высококачественной сварки, с. 79.

**Цуцуми С.** Дуговая сварка и экологические проблемы, с. 80.

**Решение** экологических проблем в современном сварочном производстве, с. 89.

### ВОПРОСЫ И ОТВЕТЫ

**Сварка** МАГ, с. 93.

**Наплавка** и напыление, с. 133.

**Оканива Т.** Глубина провара при использовании активных флюсов, с. 107.

**Японский проект** по моделированию сварки, с. 111.

**Коутаки Х.** Экзаменационный справочник по сварке титана. Ч. 4. Методики оценочных испытаний, с. 121.

**Стандарты** и нормы на судовые стальные конструкции, с. 131.

**ЛЕКЦИИ** по сварке трением с перемешиванием

**Синода Т.** Лекция 2. Режимы, с. 138.

*WELDING TECHNIQUE (Япония),  
2001. — Vol. 49, № 8 (яп. яз.)*

### ПУТИ СНИЖЕНИЯ СТОИМОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

**Аримурра К.** Технологии обработки на станкостроительных заводах, с. 60.

**Мурата М.** Автоматизация и организация производственных линий на заводах строительного оборудования, с. 65.

**Минагава Х.** Применение плазменной сварки для раскроечных заготовок, с. 68.

**Пути** снижения стоимости производства, с. 71.