



как алюминий. Лента автоматически передвигается к следующей позиции после каждого шва, т. е. постоянно участвует в процессе сварки новой поверхности касания.

Кроме доступности, надежности и отсутствия разбрызгивания, DeltaSpot позволяет управлять качеством, упрощает и делает более точным документирование. Поскольку каждая сварная точка оставляет «отпечаток» на ленте, определить ее качество намного легче. Это удовлетворяет требованию автомобильной промышленности в части 100 % контроля сварных точек.

DeltaSpot расширяет границы традиционной контактной сварки и продвигается на ранее неизвестные виды изделий. Такое развитие даст новый толчок точечной сварке, в которой ранее наблюдался застой.

В 2005 г. товарооборот компании «Fronius», штат которой составляет 1600 человек, был равен приблизительно 200 млн евро. Семейная компания считается международным лидером в технологии дуговой сварки во всех отраслях металлообрабатывающей промышленности. «Fronius» предлагает своим покупателям сварочные уста-

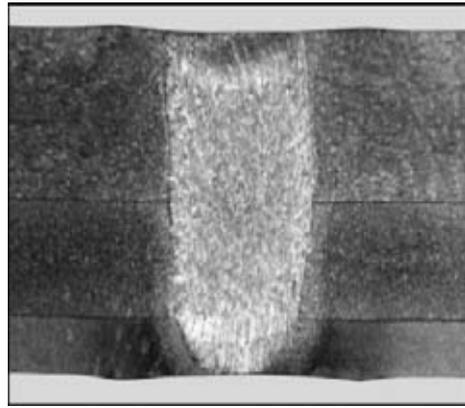


Рис. 2. Макрошлиф соединения трех алюминиевых листов (3, 2 и 1 мм), выполненного с использованием системы DeltaSpot (17 кА, 700 мс, 4 кН)

новки для ручной или автоматической высококачественной и рентабельной обработки. Техническая поддержка пользователей осуществляется 10 дочерними компаниями и 75 партнерами по продажам и обслуживанию во всем мире. Кроме сварочной технологии, у компании есть еще два подразделения: электроники на солнечных батареях и систем зарядки аккумуляторных батарей.

## ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

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



**А. И. Белый** (ИЭС) защитил 14 июня 2006 г. кандидатскую диссертацию по специальности 05.03.06 «Сварка и родственные технологии» на тему «Материалы и технология наплавки композиционным сплавом элементов бурильной колонны» (научный руководитель — канд. техн. наук А. П. Жудра).

Работа посвящена созданию материала и технологии плазменной наплавки композиционных сплавов на основе плавящихся карбидов вольфрама применительно к упрочнению наружной поверхности замков бурильных труб. Анализ существующих способов упрочнения замков показывает перспективность нанесения на замки композиционных сплавов на основе карбидов вольфрама, так как применение литых наплавочных сплавов требует создания износостойких слоев толщиной более 3 мм, что приводит к ухудшению промывки скважины. Определен оптимальный способ получения композиционных сплавов с

использованием плазменной дуги и присадочного материала — ленточного релита.

На основе теоретических и экспериментальных исследований пары трения «замок — обсадная труба» установлено, что упрочнение наружной поверхности замка литыми и композиционными материалами не приводит к увеличению износа обсадных труб. В диапазоне реальных условий нагружения до 5 МПа происходит снижение износа с повышением твердости литых наплавочных сплавов и повышение концентрации армирующих частиц в композиционном слое до 40 % объема и выше. С целью создания одновременного контакта армирующих частиц и матрицы композиционного сплава упрочненной поверхности замка с материалом обсадных труб целесообразно вывести армирующие частицы с верхних объемов сплава и образовать прослойку матричного сплава над армирующими частицами.

Разработана математическая модель формирования композиционного сплава, позволяющая установить основные принципы получения необходимого соотношения армирующих частиц и матрицы наплавленного металла благодаря снижению максимальной температуры нагрева поверхности армирующих частиц и ограничению времени взаимодействия частиц и матричного расп-



лава. Это достигается путем нанесения на них никелевого покрытия или создания охлаждающего эффекта сварочной ванны при достижении удельного объема армирующих частиц свыше 40 %. Более рациональным является второй путь.

Разработана методика количественного анализа структурных составляющих матрицы: твердого раствора вольфрама в железе, эвтектики и вторичных железобольфрамовых карбидов. Оптимальные свойства у матрицы зафиксированы при содержании структуры твердого раствора вольфрама в железе не менее 55 % объема, а структур эвтектики и вторичных железобольфрамовых карбидов соответственно не более 35 и 10 % объема. При этом количество армирующих частиц должно составлять не менее 40 % объема в композиционном сплаве. Массовая доля компонентов матрицы определяется оптическим эмиссионным спектральным методом. На способ анализа матрицы получен патент.

Раскисление и легирование сварочной ванны алюминием ускоряет прохождение армирующих частиц через расплав, способствует снижению времени контакта с металлом сварочной ванны. Это также обеспечивает более равномерное распределение частиц по объему наплавленного слоя, отсутствие износостойкой фазы на поверхности композиционного сплава и одновременный контакт армирующих частиц и матрицы с обсадными трубами, что значительно снижает их износ.

С целью предотвращения образования хрупких вторичных железобольфрамовых карбидов в матрице композиционного сплава осуществлено легирование сварочной ванны титаном в количестве от 1,3...1,5 до 2,6...3,0 мас. %, который связывает углерод в мелкодисперсные карбиды. Это позволило создать механизм влияния на процесс растворения армирующих частиц и обеспечить оптимальное формирование матрицы и соотношение ее структурных составляющих. На основании полученных результатов разработан состав присадочного материала для плазменной наплавки композиционных сплавов, который защищен авторским свидетельством.

Разработан способ плазменной наплавки композиционных сплавов, который защищен авторским свидетельством. Создана промышленная технология и серия оборудования для автоматической плазменной наплавки замков бурильных труб. Широкие промышленные испытания показали, что износостойкость замков бурильных труб, наплавленных композиционным сплавом, не менее чем в 3 раза выше по сравнению с ненаплавленными. На конструкцию замка бурильной трубы с наплавленной наружной поверхностью получено авторское свидетельство и патент.



**Е. В. Шаповалов** (ИЭС) защитил 14 июня 2006 г. кандидатскую диссертацию по специальности 05.13.07 «Автоматизация технологических процессов» на тему «Средства технического зрения как элемент обратной связи в системах слежения дуговой сварки» (научный руководитель —

д-р техн. наук. Ф. Н. Киселевский).

Диссертация посвящена разработке средств технического зрения для систем слежения за стыком без разделки кромок. Для решения этой проблемы предложен телевизионный метод, основанный на компьютерной обработке видеоизображений линии стыкового соединения, одновременно освещенной источниками структурированного и рассеянного света. При освещении стыка с зазором, близким к нулю, источником рассеянного света лучи, попавшие в зазор между свариваемыми деталями, практически полностью поглощаются. Линия стыкового соединения на видеоизображении выглядит в виде темной протяжной полосы. Компьютерная обработка такого, видеоизображения позволяет получить направление линии стыкового соединения. Дальность до свариваемых поверхностей определяется с помощью метода светового сечения. Разработанный метод позволяет рассчитать непосредственное отклонение сварочного инструмента от линии стыкового соединения.

Предложен способ селекции лазерного излучения, диффузно отраженного от металлических свариваемых поверхностей. Показано, что диффузно отраженное лазерное излучение деполаризовано значительно сильнее, чем зеркальное, что позволило посредством поляризационного светофильтра бланкировать попадание зеркальной составляющей в объектив видеокамеры.

Адаптивное управление источником рассеянного света осуществляется специализированным контроллером посредством изменения скважности ШИМ преобразователя микропроцессора, что позволяет обеспечить инвариантность сенсора к оптическим свойствам свариваемых поверхностей.

Проведенные экспериментальные и теоретические исследования спектров аргоновых дуг позволили обоснованно выбрать оптические диапазоны длин волн видимого и ближнего инфракрасного спектра. Наиболее приемлемые для работы средств технического зрения АСУ ТГ аргонодуговой сварки.

Показано, что в оптическом тракте средств технического зрения, основанных на методе лазерной локации, для увеличения отношения сигнал – шум целесообразно использовать поляризационный светофильтр, установленный на



объективе видеокamеры, что позволяет на практике повысить отношение сигнал – шум.

Разработана математическая модель распознавания образа стыкового соединения на видеоизображениях с возможностью самообучения. В модели реализован пошаговый метод принятия решения о принадлежности объектов к классам, что позволяет значительно сократить объем

вычислений и применить разработанную модель в системах реального времени.

В работе также выполнено моделирование процесса наведения горелки на стык с помощью современного программного пакета MATLAB/Simulink. Созданная Simulink модель позволила исследовать устойчивость и поведение системы слежения для различных режимов работы сенсора и параметров настройки регулятора.



## По зарубежным журналам\*

### МОНОГРАФИИ, СБОРНИКИ, ТРУДЫ КОНФЕРЕНЦИЙ

*Доклады на конференции SCHEWISSEN UND SCHNEIDEN 12–14 сентября 2005 г., ЭССЕН, Германия*

#### *Der Werkstattpraktiker (1)*

**Krueger F. K., Mußmann J. W.** Требования по измерению температуры при термообработке сварных соединений, с. 1–7.

**Zwaetz R.** Дефекты при изготовлении и монтаже сварных деталей, с. 8–13.

**Kusch M.** Скорость подачи проволоки — важный параметр при сварке, с. 14–17.

#### *Der Werkstattpraktiker (2)*

**Gerster P., H. van der Poel.** Ультразвуковая обработка — возможность повысить долговечность сварных конструкций, с. 18–23.

**Ammann T.** Формовка сложных деталей и чувствительные материалы, с. 24–27.

**Baugatz J., Berger H., Konig W.** Надежность при применении способов контроля поверхностных трещин, с. 28–31.

#### *Energiearmes Lichtbogenfuegen*

**Bruckner J., Himmelbauer K.** «Перенос холодного металла» — новый способ в технике соединения, с. 32–37.

**Metzke E. et al.** Оптимизация процесса сварки сверхлегких конструкций прерывистой дугой, с. 38–43.

\* Раздел подготовлен сотрудниками 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) 287-07-77, НТБ ИЭС).