



нусоидальных импульсов представлена на рис. 4. Исследование сварки с комбинированным управлением позволяет сделать вывод о значительном его влиянии на процесс дуговой сварки.

Из приведенных примеров становится очевидным, что для достижения полного управления процессом механизированной дуговой сварки следует более тщательно подходить к выбору системы и механизма подачи электродной проволоки, при этом для получения большего эффекта возможны комбинированные решения с использованием управляемых нестационарных процессов, что способствует получению большего эффекта.

1. Лебедев В. А., Пичак В. Г. Новый подход к конструированию механизма подачи электродных проволок // Автомат. сварка. — 2000. — № 4. — С. 35–38.

Considered are current developments in the field of electrode wire feed mechanisms for welding, surfacing and cutting of steels and aluminium alloys. Classification of the main types of feed mechanisms is given. Of particular interest for welding specialists are the mechanisms that feed electrode wire with controlled non-stationary character of movement (intermittent, modulated or pulsed feed). Advantages and drawbacks of some ingenious designs of the pulsed mechanisms are considered.

Поступила в редакцию 28.12.2005

## НОВОСТИ

### Сварка трением с перемешиванием проникает все глубже и глубже

Отделение Британского Института сварки «TWI Ltd.», специализирующееся в области соединения материалов, в своем Технологическом центре в Йоркшире, используя имеющееся оборудование и накопленные знания, стремятся к достижению новых успехов в совершенствовании сварочных технологий. Сварку трением с перемешиванием — новый процесс соединения, разработанный в Британском институте сварки, использовали для соединения за один проход двух алюминиевых листов толщиной 75 мм (3 дюйма). Это феноменальный шаг вперед по сравнению с предыдущим пределом 50 мм, а также уровнем, который в начале 1990-х годов, когда процесс был изобретен, считался далеким будущим. Однако последняя программа развития все еще находится на стадии становления, и специалисты TWI уверены, что они смогут еще больше раздвинуть границы показателей процесса. Институт уже является лидером в разработке методов сварки трением с перемешиванием для материалов больших толщин, работает над одним из наиболее значительных проектов, связанных с герметизацией медных контейнеров для хранения отработанного ядерного топлива по заказу шведской фирмы SKB, спе-

циализирующейся на захоронении отходов атомной промышленности. Контейнеры данного назначения имеют диаметр 1 м и толщину стенок 50 мм.

Планируется, что оборудование, на котором были получены швы, будет установлено в Технопарке перспективных технологий — новом предприятии TWI в Йоркшире. Здесь возможности установки будут расширены посредством добавления второй сварочной головки, которая будет расположена непосредственно под существующей головкой, что позволит сваривать детали одновременно с двух сторон. При данном уровне знаний это позволит сваривать за один проход материал толщиной 150 мм, но кто знает, где находится предел возможностей?

Джонатан Мартин, руководитель отделения сварки трением с перемешиванием в TWI в Йоркшире, комментирует это таким образом: «Это только начало наших исследований пределов сварки трением с перемешиванием материалов больших толщин с использованием нашей новой установки. Надеемся раскрыть много уникальных характеристик установки и расширить возможности процесса».

Все заинтересованные в данной информации могут связаться с Джонатаном Мартином в отделении TWI в Йоркшире по тел.: 0114 269 9046 или по электронной почте: jonathan.martin@twi.co.uk



## Инновационные технологии фирмы «СКАНСОНИК» в области соединений лазером

**Интегрированная сенсорика для автоматизации контроля поверхности шва при лазерной сварке.** Новый «Golf 5» является одним из немногих типов автомобилей, при производстве которого применяют самые современные технологии. Лазерная техника повышает не только продуктивность, но и более прочно соединяет отдельные детали кузова, что в свою очередь существенно повышает жесткость конструкций в целом. Лазерная техника помогает также дизайнерам внедрять в производство самые сложные и разнообразные контуры кузовов.

Более трети всех лазерных головок, применяемых при производстве автомобилей в г. Вольфсбурге, произведены на предприятии «Скансоник» в г. Берлине.

Как же получилось, что молодое, инновационное предприятие, основанное в 2000 г., за короткий срок быстро достигло столь серьезных успехов в довольно непростой области промышленности?



В этот период велись поиски новых инновационных технологических процессов соединения деталей. Использование лазерной техники, с одной стороны, давало очень хорошие и желаемые результаты, а с другой — практическое применение этой техники в автоматизированном промышленном процессе постоянно сталкивалось с различными проблемами. Например, было сложно запрограммировать управление роботом так, чтобы лазерный луч повторно проходил место соединения детали при каждом новом элементе конструкции. Поэтому приходилось ограничиваться простыми сварными швами в доступных местах конструкции.

**Дополнительная проволока в качестве управляющего узла.** В 1999 г. группой инженеров во главе с Игорем Хашке был разработан новый спо-

соб, позволяющий существенно расширить область применения методов лазерного соединения деталей в промышленном производстве. Ключевым звеном процесса было точное ведение лазерного луча с помощью так называемой проволоки, которая, с одной стороны, является связующим материалом для пайки двух листов, а с другой — служит управляющим механизмом (щупом) для точного направления лазера в место соединения.

Успешное развитие и актуальность нового метода привело к тому, что «Скансоник» менее чем за один год с начала теоретических разработок приступил к промышленному производству своих систем. Это было в 2000 г. — году «рождения» предприятия «Скансоник» под руководством Игоря Хашке.

Произведенные этим молодым инновационным предприятием приборы лазерной оптики с управлением качества формирования шва (АЛО 1) доказали промышленности их пригодность и незаменимость. Поступило множество заказов и уже в 2001 г., имея всего 17 сотрудников, предприятие достигло торгового оборота в 1,5 млн евро.

Методика, разработанная на заказ для лазерной пайки, была успешно перенесена и доработана для лазерной сварки.

**Дополнительная проволока как механический щуп — адаптивная лазерная оптика (АЛО).** Типичная задача в промышленном производстве: два листа стали необходимо соединить под углом 90° с помощью лазерной техники. Качественно это удастся выполнить только тогда, когда лазерный луч расплавляет проволоку точно в месте углового соединения обоих листов. Тоже можно отнести и к другим формам стыка деталей.

При пайке проволока выступает в роли металлического «клея» для обоих компонентов конструкции. При сварке проволока «связывает» детали и три компонента становятся единым целым. Дополнительно проволока поддерживает безопасность всего процесса и повышает возможность обработки конструкций с большим зазором между отдельными деталями.

Для достижения необходимой стабильности элементов конструкции и безошибочного соединения двух деталей лазерный луч должен расплавлять проволоку точно в





месте их соединения (стыка).

Ранее это было наиболее сложной проблемой управления процессом. С одной стороны, сложно запрограммировать точное прохождение луча по трехмерным контурам, с другой — программирование проводили на заданную, определенную форму и величину. Робот выполнял только конкретно запрограммированную задачу, несмотря на возможно встречающиеся отклонения. Такие отклонения, так называемая толерантность элемента конструкции, могут возникать из-за неточного закрепления деталей, но небольшие отклонения от идеальной формы возможны уже при выходе деталей из-под пресса. Такие отклонения приводили ранее к тому, что фокус лазера располагался не точно в месте стыка деталей. Как следствие этого: неправильные, некачественные швы. Щели и отверстия снижают стабильность и качество продукции. Все это ведет к доработкам, которые дорого стоят.

«Скансоник» решил эту проблему! Лазерная головка управляется не с помощью программирования, а проволокой. В этом случае дополнительная проволока и лазерная оптика представляют единое целое. Эта система функционирует следующим образом: при изменении хода шва из-за отклонений в элементе конструкции проволока меняет свое положение; фокус лазера следует точно за проволокой к новой позиции, абсолютно не влияя при этом на сам процесс соединения. Таким образом, спай получается точно в месте необходимого стыка деталей. Результат — ровные швы, прочно соединенные листы и оптимальные профили швов.

**Разнообразие дизайна благодаря применению метода «Скансоник».** Лазерные головки «Скансоник» применяются также там, где необходимо соединять части на видимой поверхности конструкций. Теперь стыки деталей, которые ранее необходимо было зачищать, уменьшать и покрывать специальными средствами, благодаря применению АЛО, выполняются настолько чисто и аккуратно, что не нуждаются в последующей обработке, а могут быть оставлены в оригинальном виде. Хорошим примером является применение на протяжении нескольких лет этого метода для лазерной пайки частей крыши и боковин, а также сложной дизайнерской конструкции задней двери в производстве кузовов некоторых марок автомобилей.

Метод применения дополнительной проволоки в качестве механического шупа лазерной головки, разработанный предприятием «Скансоник», приносит предприятиям, использующим головки «Скансоник», ряд преимуществ:

- позволяет выполнять сложные, нетрадиционные швы, например, при трехмерных контурах,

которые ранее были сложно или почти не выполнимы из-за дорогостоящего программирования роботов. Благодаря методу управления формированием шва дополнительной проволокой расширились области применения и возможности внедрения современного промышленного дизайна;

- позволяет обрабатывать малые радиусы конструкций. Это указывает на то, что лазерная техника получила возможность использования в тех областях промышленности, где ранее применение ее технически было не возможно;

- отсутствует необходимость в компенсации опережения, имеющая место при применении оптических датчиков;

- процесс механического тестирования дополнительной проволокой высокоустойчив к различным помехам таким, как загрязнения, высокие температуры и неровности обрабатываемых поверхностей, которые обычно являются нарушающими факторами при оптическом управлении шва;

- возможность визуального слежения за прохождением и обработкой шва.

## Резюме

В настоящее время ни один метод не может сравниться с качеством формирования угловых и кромочных швов, выполненных техникой «Скансоник». И эти достоинства высоко оцениваются различными предприятиями. Спрос на продукцию «Скансоник» высок. Многие производители систем управления автоматизированных производственных процессов применяют продукцию «Скансоник» в своих установках.

Поэтому «Скансоник» является кооперационным партнером таких известных предприятий, как «KUKA сварочная аппаратура», «Thyssen Krupp Drauz», «FFT техника автоматизации», «EDAG», «TMS», «COMAU» и др. Интенсивная совместная работа с этими предприятиями ведет к тому, что продукция «Скансоник» еще на ранней стадии планирования различных сложных комплексов аппаратуры для автоматизации промышленного производства становится неотъемлемой частью технологического процесса.





С помощью техники «Скансоник» собраны такие марки автомобилей, как: VW Golf 5, VW Touregan, VW Caddy, VW Beetle, Audi A3, Skoda Octavia, Seat, Mercedes SL, Renault.

И, так как эти автомобили производятся в настоящее время не только в Германии, предприятие «Скансоник» имеет мировую известность. Лазерные головки «Скансоник» успешно работают в Сан Пауло и Куритибе (Бразилия), в Пуэбле (Мексика), Познани, Братиславе, Брюсселе, Шанхае и Чан-Чунге, Южной Африке и Корее.

Инженеры предприятия «Скансоник» постоянно работают над расширением возможностей применения методики. На протяжении ряда лет «Скансоник» сотрудничает с австрийским предприятием «Инокон», производящим сварочную аппаратуру на основе плазматрона®. Метод управления шва дополнительной проволокой «Скансоник» при сварке и пайке успешно применяется в промышленном производстве не только с лазерными головками, но и с плазматроном®.

<http://www.scansonic.de>

## ДИССЕРТАЦИЯ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

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

**Ю. Э. Рудой** (ИЭС) защитил 1 марта 2006 г. кандидатскую диссертацию на тему «Разработка градиентных теплозащитных покрытий и электронно-лучевой технологии их осаждения на лопатки газовых турбин»

В работе определены условия осаждения на подложке теплозащитного покрытия с градиентом химического состава и структуры по толщине с внешним керамическим слоем, включающие электронно-лучевой нагрев и испарение смеси металлов (сплавов) и оксидов с различным давлением пара при температуре испарения в виде спрессованной таблетки, расположенной на торце керамического слитка из стабилизированного диоксида циркония.

Представлены результаты исследования структуры и функциональных свойств градиентных теплозащитных покрытий металл – керамика с переходной зоной на базе систем Al–ZrO<sub>2</sub>(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Al–Pt–ZrO<sub>2</sub>(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и Al–Y–ZrO<sub>2</sub>(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), полученных одностадийным процессом нанесения. Показана возможность регулирования структуры градиентных покрытий путем изменения химического состава испаряемых смесей. Оптимизация химического состава испаряемой таблетки позволяет получать долговечное градиентное теплозащитное покрытие с высокой термодинамической долговечностью на воздухе.

Диссертантом исследованы закономерности изменения химического состава и структуры переходных зон металл – керамика осаждаемых градиентных покрытий как функции технологических параметров процесса осаждения.

Разработан оптимальный температурный режим осаждения за один технологический цикл металлургического связующего слоя, градиентной переходной зоны и внешнего керамического слоя, а также режим последующей термообработки в вакууме градиентных теплозащитных покрытий.

Рассмотрен механизм формирования градиентных структур, получаемых путем электронно-лучевого испарения композиционного керамического слитка на основе диоксида циркония. Представлены результаты исследований химического состава, структуры и свойств рекомендуемых теплозащитных градиентных покрытий NiCoCrAlY + AlCr/ZrO<sub>2</sub>(7Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и Me<sub>x</sub>C<sub>y</sub> + NiAl/ZrO<sub>2</sub>(7Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), осаждаемых из паровой фазы на поверхность жаропрочных сплавов.

Проведены термодинамические испытания стандартных и градиентных теплозащитных покрытий на различных жаропрочных сплавах, которые показали преимущество градиентных теплозащитных покрытий со связующим слоем типа Me<sub>x</sub>C<sub>y</sub> + NiAl и NiCoCrAlY + AlCr, за счет их более высокой термической стабильности вследствие формирования градиентных переходных зон на границе связующий слой/жаропрочный сплав и связующий слой/керамический слой.

Одностадийная электронно-лучевая технология, базирующаяся на испарении композиционного керамического слитка, позволяет осаждавать градиентные теплозащитные покрытия на лопатки газовых турбин с более высоким уровнем надежности и долговечности при снижении стоимости покрытий по сравнению с существующими многостадийными технологическими процессами получения теплозащитных покрытий.