



ПО СТРАНИЦАМ ЖУРНАЛА *WELDING and CUTTING*, 2010, № 1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ BLUETOOTH ПРИ СВАРКЕ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ. — С. 12–13.

Как известно, способ сварки трением с перемешиванием (Friction Stir Welding) по сравнению с другими способами обладает следующими преимуществами: более высокими механическими свойствами сварного соединения, минимальным короблением соединяемых металлов, возможностью соединения металлов, относящихся к категории ограниченно свариваемых, например, магниевых и медных сплавов, сталей и титановых сплавов.

Способ характеризуется нагревом до температуры порядка 80% от точки плавления соединяемых металлов и применяется при изготовлении разнообразных сварных конструкций космического, авиационного, железнодорожного, морского и автомобильного транспорта, при строительстве мостов, изготовлении сосудов под давлением и в других областях техники.

Однако широкое использование этого способа сварки ограничивается высокой стоимостью разработки и изготовления узкоспециализированного оборудования, а также достаточно высоким уровнем технологических затрат.

Для исключения этих недостатков фирма Sigmapl System Ltd. совместно с TWI (The Welding Institute, Cambridge/UK) и фирмой BAE System разработала новый процесс сварки трением с перемешиванием, названный LowStir процесс, использующий специальную сварочную головку, которая стандартным конусным хвостовиком может быть закреплена в отверстии шпинделя обычного вертикального фрезерного станка, что позволяет расширить использование этого процесса на любом малом предприятии. В комплект сварочной головки входит система программного обеспечения, позволяющая проводить настройку технологических режимов и регистрацию параметров для дальнейшего анализа качества сварки.

Поскольку на обычных фрезерных станках отсутствует система регистрации технологических параметров, необходимых для обеспечения высокого качества процесса сварки, для использования этих станков в процессах сварки трением с перемешиванием была разработана сварочная головка, внутри которой разместили систему датчиков регистрации технологических параметров, источник питания (блок аккумуляторов) и вращающуюся антенну, обеспечивающую по системе радиосвязи обмен информацией с расположенным вблизи зоны сварки ноутбуком с модулем Bluetooth.

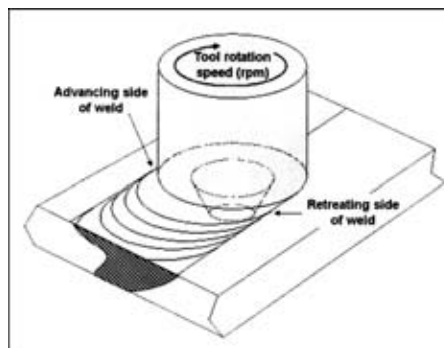
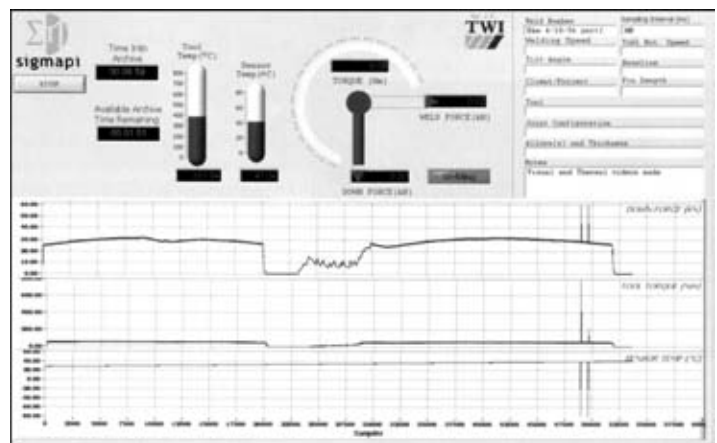


Схема процесса сварки трением с перемешиванием

Типичная картина бланка регистрации технологических параметров на дисплее компьютера



Разработанная новинка позволяет вместо узкоспециализированного оборудования, стоящего сотни тысяч фунтов стерлингов, использовать относительно недорогую сварочную головку, программное обеспечение и фрезерные станки, имеющиеся почти в каждой мастерской.

Система регистрации технологических параметров позволяет измерять при частоте считывания параметров в пределах 1...100 Гц силы приложения вертикального и горизонтального усилий (в пределах 50 и 25 кН соответственно), крутящий момент на сварочном инструменте (до 100 Н·м), температуру датчиков и вращающихся деталей, измеряемую двумя термопарами. Более подробную информацию по данной теме можно найти на сайте www.lowstir.com.

**ДУГОВАЯ ПАЙКА ОЦИНКОВАННОЙ СТАЛИ. — С. 20.**

Основные затруднения при сварке оцинкованной стали обусловлены тем, что цинк начинает испаряться намного раньше температуры плавления основного металла (температура его плавления равна 420 °С, а температура испарения — 900 °С). При этом наличие его паров над сварочной ванной способствует появлению пористости сварного шва, непроваров и возникновению трещин. Сварочная дуга в парах цинка теряет устойчивость, и самое главное пары цинка вредно влияют на здоровье сварщика.

В связи с этим при сварке оцинкованной стали желательнее использовать процесс нагрева с меньшим значением тепловложения. Одним из альтернативных вариантов является использование сварочной проволоки на основе меди, например, широко используемых проволок из сплава медь-кремний (CuSi₃) или медь-алюминий (CuAl8). При этом достигаются следующие преимущества: отсутствие коррозии в зоне паяного шва, минимальное разбрызгивание металла, незна-

чительное выгорание покрытия, малое значение тепловложения, низкие затраты на зачистку паяного шва, катодная защита основного металла.

В связи с высоким содержанием меди в сварочной проволоке температура плавления этих бронз снижается до 1000...1080 °С (в зависимости от состава сплава). Поскольку при использовании данных присадочных материалов основной металл не плавится, то такого рода соединения можно отнести к категории паяных, хотя в отличие от них при дуговом нагреве не требуется использование флюсов. Дуга при этом служит источником тепла, по величине сравнимого с теплом, выделяемым при газопламенном нагреве.

Для этого способа соединения возможно применение различных вариантов дугового нагрева: с плавящимся электродом, с вольфрамовым электродом в среде инертного газа, можно использовать плазменный нагрев, а также все чаще применяемый в настоящее время нагрев лазерным лучом.

МАГНИТНЫЙ ЗАЖИМ СВАРОЧНОГО КАБЕЛЯ. — С. 21.

При сварке сталей (за исключением немагнитных хромоникелевых сплавов) вместо обычных заземляющих сварочный кабель зажимов можно использовать «заземление» в виде магнитной скобы. Однако одним из обязательных условий использования магнитного устройства является необходимость периодической очистки достаточно большой по-

верхности прилегания магнита к свариваемому изделию от застывших на нем разбрызгиваемых в процессе сварки капель металла, так как протекание электрического тока через точки с высоким электрическим сопротивлением (через отдельные металлические шарики) приводит к появлению на свариваемом изделии пятен подгорания.

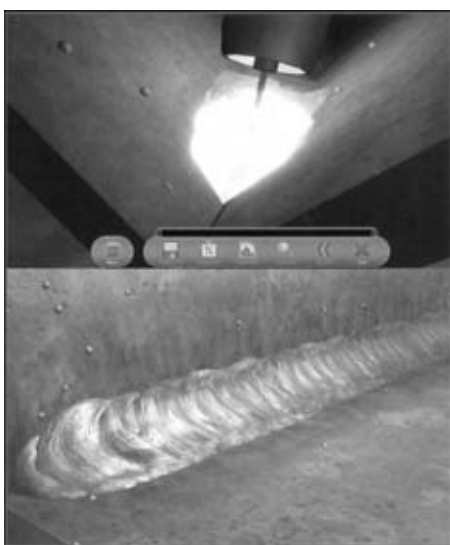
«ARC+» — ВИРТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ СВАРЩИКОВ. — С. 24–28.

Фирма 123 Certification Inc. (Монреаль) представила разработку тренажера активного обучения практическим технологическим навыкам проведения процесса дуговой сварки с применением технологии стопроцентного отображения виртуальной реальности на основе компьютерной программы обучения без использования реальной сварочной дуги и свариваемого образца.

В комплект имитатора сварочного процесса входит стандартный электрододержатель для дуговой сварки плавящимся электродом или сварочная горелка с вольфрамовым электродом в среде инертного газа; дисплей с трехмерным отображением сварочной дуги и изделия, смонтированный внутри сварочной маски, система электронных датчиков и система слежения с шестью степенями свободы для момен-

тального (в системе он-лайн) фиксирования любых перемещений руки сварщика относительно визуального маркера на дисплее.

Стереоскопическое (трехмерное) изображение, имитирующее сварочный процесс, с высокой степенью разрешения ученику сварщика позволяет видеть влияние его манипулирования на процесс сварки во время тренировки на дисплее внутри сварочной маски, а затем просматривать запись выполнения процесса сварки на экране компьютера для выявления своих ошибок и корректировки полученных практических навыков, сверяя свои действия с комментариями инструктора.



Кадр изображения на экране дисплея виртуального процесса выполнения сварки углового шва плавящимся электродом в среде инертного газа



Процесс обучения сварщика приемам аргодуговой сварки на тренажере «ARC+»



Имитация процесса сварки основана на физических законах и эмпирическом анализе большого количества экспериментальных данных, полученных в результате более чем двадцатилетней разработки программного продукта и технологических параметров, заложенных в базу данных компь-

ютера. К технологическим параметрам, характеризующим ход сварочного процесса, относятся следующие: перемещение сварочной горелки, расстояние электрода до свариваемого изделия, скорость сварки, угол наклона и поворота горелки и др.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЫЧНОГО ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА ДЛЯ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ ПРОМЫШЛЕННОГО АЛЮМИНИЯ. — С. 40–45.

Фирма «Boeing» лет пятнадцать назад вложила около 15 млн дол. США в разработку способа сварки трением с перемешиванием и в настоящее время как NASA, так и Lockheed Martin используют этот способ для сварки подвесных баков шаттлов, изготавливаемых из наилегчайших алюминий-литиевых сплавов.

К преимуществам данного способа относится то, что соединение достигается за счет деформации металла, и процесс сварки происходит в твердой фазе, в результате чего из-за отсутствия дефектов сварного шва, связанных с плавлением и последующим затвердеванием металла, прочность сварного соединения достигает прочности основного металла.

Благодаря этим преимуществам можно с большой долей уверенности предположить, что по мере совершенствования данный способ сварки с успехом заменит плазменно-дуговую и электронно-лучевую сварку в некоторых специфических сферах применения конструкций из алюминия и титана.

В данной работе рассмотрена возможность реализации данного способа для сварки листов промышленного алюминия на обычных вертикально-фрезерных станках. При этом подходе к основным затруднениям, возникающим при реализации данного способа, относится узкий диапазон регулирования числа оборотов шпинделя фрезерных станков (1500...1070 об/мин), узкий диапазон регулирования скорости перемещения стола (20...50 мм/мин) и отсутствие регулирования усилия прижима инструмента к свариваемым деталям.

Проведенные прочностные испытания сварных образцов показали возможность достижения требуемых значений угла загиба сварного шва без образования трещин и достижения механической прочности сварного соединения (при испытании на растяжение) на уровне прочности основного металла.

В ходе выполнения исследований установлено, что требуемая прочность соединений при этом способе сварки достигается за счет выбора следующих технологических факторов: способа фиксации свариваемых образцов алюминия (толщиной 6,3 и 12,6 мм с размерами образцов в плане 100×50 мм), скорости перемещения инструмента вдоль



Сварочный инструмент из быстрорежущей стали (а) и внешний вид фрезерного станка с ним (б)

линии контакта свариваемых листов (скорости сварки около 31,5 мм/мин), числа оборотов инструмента и высоты рабочего выступа относительно заплечиков инструмента.

При увеличении скорости вращения инструмента происходит повышение температуры металла из-за возрастания трения, более интенсивная деформация и более интенсивное перемешивание металла на границе раздела. Однако при увеличении скорости сварки и снижении числа оборотов инструмента прочностные параметры сварного соединения ухудшаются. Предполагается, что причиной снижения прочности в этом случае является недостаточный нагрев свариваемых листов, необходимый для требуемого перемешивания металла.

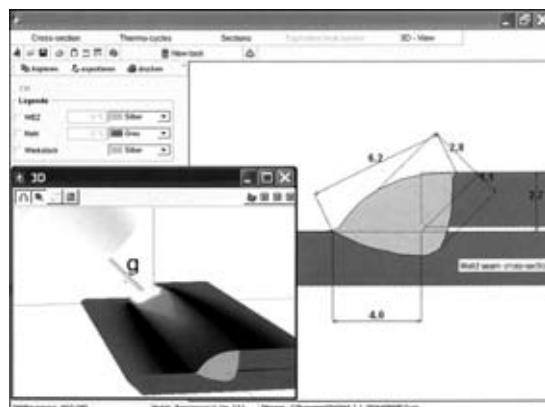
Основной вывод проведенных исследований заключается в том, что реализация процесса сварки промышленных марок алюминия возможна при использовании стандартных фрезерных станков, но при некотором снижении скорости сварки.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДУГОВОЙ СВАРКИ ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ ДУГОЙ. — С. 46–51.

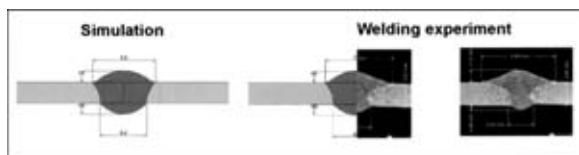
Использование моделирования процесса автоматической сварки предоставляет возможность использования базы данных, содержащей информацию о качественных и количественных взаимосвязях между заданными параметрами, параметрами реального процесса и критериями качества сварного соединения.

В данной работе представлена концепция разработки и использования компьютерной модели для оптимизации и проведения исследований обычного процесса дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитного газа, включая детальное описание метода создания необходимой базы данных, разработку программного продукта, моделирующего реальный процесс, а также конечную оценку используемой модели процесса сварки.

Предполагается, что в ближайшем будущем результаты компьютерного моделирования сварочного процесса могут быть использованы для наладки и мониторинга (оперативно-



Результаты моделирования конкретного процесса сварки



Сопоставление результатов математического моделирования и параметров сварного шва, полученных в результате экспериментальной проверки

го контроля) процесса автоматической дуговой сварки пульсирующей дугой. Применение моделирования открывает возможность выявления и установления количественных зависимостей между заданными параметрами процесса, текущими параметрами и качественными показателями сварного соединения.

При этом появляется возможность существенного сокращения времени, требуемого для переналадки параметров процесса сварки в случае изменения вида свариваемой продукции, более того, возможен переход к стратегии автоматической оптимизации сварочных параметров, нацеленной на повышение качества конечного продукта, нес-

мотря на изменения граничных условий процесса сварки нового изделия.

На первом этапе реализации математического моделирования процесса сварки необходимо использовать синтез зависимостей между параметрами модели и экспериментальными данными конкретного процесса сварки. В случае изменения постановки задачи результаты моделирования, выполненные в соответствии с разработанной системой SimWeld, могут обеспечить моментальную выдачу некоторых вероятных параметров процесса, наиболее близких к реальным.

Проведение сравнительного анализа результатов моделирования и экспериментальных данных показывает, что для достижения приемлемых показателей моделирования необходимо закладывать в базу данных результаты не менее двух тысяч технологических зависимостей между устанавливаемыми параметрами процесса сварки и геометрией сварного шва.

Разработка компьютерной программы, моделирующей процесс сварки на основании экспериментальных данных, занимает довольно большой отрезок времени, поэтому на данный момент не является законченной.

КОНТАКТНАЯ ТОЧЕЧНАЯ СВАРКА ВЫСОКОПРОЧНЫХ И СВЕРХВЫСОКОПРОЧНЫХ ФЕРРИТНЫХ ОЦИНКОВАННЫХ СТАЛЕЙ С ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫМИ АУСТЕНИТНЫМИ ХРОМОНИКЕЛЕВЫМИ СТАЛЯМИ. — С. 52–57.

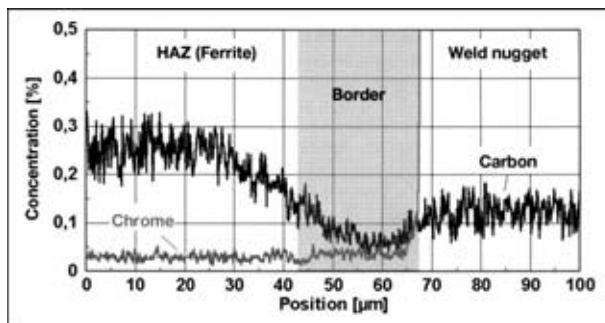
За последнее время намечается тенденции использования более высокопрочных металлов как для облегчения сварных конструкций, так и для повышения их жесткости и надежности в эксплуатации, особенно при изготовлении крупногабаритных узлов большегрузных автомобильных и железнодорожных транспортных средств. Однако в связи со снижением пластичности большинства сталей при повышении их прочности разработки новых сортов сталей проводятся с целью достижения наиболее выгодного соотношения показателей прочности и пластичности.

Практическая реализация данной тенденции приводит к тому, что при изготовлении современных сварных конструкций возникает необходимость в сварке разнородных сталей, причем процесс контактной точечной сварки является одним из наиболее распространенных при изготовлении кузовных узлов, состоящих из различных марок ферритных и аустенитных сталей.

В данной статье представлены некоторые результаты исследований точечной контактной сварки высокопрочных и сверхвысокопрочных ферритных оцинкованных сталей DX54D+Z100 (марки 1.0306), микролегированной мелкозернистой стали HX340LAD+Z100 (марки 1.0933) и TRIP стали HCT690TD (марки 1.0947), обозначаемых в данной статье как НI, НII и НIII, с высоколегированной аустенитной коррозионностойкой хромоникелевой сталью типа X8CrMnNi19-6-3, (марки 1.4376, толщиной 1,5 мм), специально разработанной для изготовления узлов автомобильных и железнодорожных корпусов.

Для сварки использовали обычную стационарную установку для точечной сварки, обеспечивающую сварку на постоянном токе с частотой пульсации сварочного тока около 1000 Гц. При сварке листов металла с различной обработкой поверхности (осветленной после проката, с нанесением покрытия гальваническим путем и методом погружения в расплав) учитывали полярность тока сварки при заданном чередовании листов металла из различных сплавов.

Перед проведением исследований был определен диапазон сварочных режимов (ток сварки в пределах 5...7 кА, время сварки в пределах 300...600 мс, при рабочей поверхности электрода около 8 мм и усилия сварки 4 кН), обеспечивающий воспроизводимое качество сварных соединений самых различных сочетаний марок сталей.



Распределение углерода и хрома (пропорционально в мас. %) в области раздела между зоной термического влияния в металле ферритной стали и сварочным ядром стали 1.4376 и стали 1.0947 + Z

Проведенные металлографические исследования сварных образцов с целью выявления схемы разрушения металла показывают, что в случае сварки сталей различных марок встречается вариант разрушения сварного соединения с местным вырывом (по границе сварного ядра), который обычно не наблюдается при сварке сталей одной марки, и это объясняется, вероятнее всего, резким различием прочности металла на границе ядра сварной точки с зоной термического влияния.

По мнению авторов, декарбюризация металла в зоне раздела, которая является причиной снижения прочности сварного соединения, может быть в некоторой степени устранена в случае подавления процесса диффузии углерода из зоны раздела между сварным ядром и зоной термического влияния, что позволит повлиять на характер разрушения сварного соединения.

Существующие технологические приемы повышения прочности сварного соединения в основном ограничены использованием дополнительного импульса подогрева, благодаря которому снижается твердость металла в зоне термического влияния, но, к сожалению, этот подход не влияет на твердость металла сварного ядра и на характер разрушения сварной точки.