

## **Машины для контактной стыковой сварки ленточных пил, прутков, проволок и стержней**

Контактная стыковая сварка ленточных пил имеет свои особенности, связанные с геометрической формой поперечного сечения пилы (ширина значительно больше толщины). При сварке сопротивлением случайный характер расположения участков контактирования в стыке и обусловленная этим неравномерность нагрева таких сечений является большой проблемой. Тепло, выделяемое на участках контактирования, вызывает в них быстрое повышение температуры, которая сохраняется и после исчезновения контактного сопротивления до конца цикла сварки. Это приводит к перегреву металла на данных участках со всеми вытекающими последствиями — ростом зерен, скоплением примесей по границам зерен и др. Пластические и прочностные свойства металла данной зоны снижаются и улучшить их высоким отпуском, применяемым в контактных машинах, невозможно. Кроме того, большая плотность тока, необходимая для нагрева сопротивлением (значительно большая, чем при нагреве оплавлением) приводит к выплескам металла при нагреве и образованию оксидов в зоне соединения. Поэтому сварные соединения ленточных пил, полученные контактной стыковой сваркой сопротивлением, не имеют высокого, а главное, стабильного качества. При сварке ленточных пил оплавлением единичные контакты в зоне оплавления равномерно распределены по всему поперечному сечению стыка, что обеспечивает его равномерный нагрев и получение более стабильных свойств сварных соединений.

Для контактной стыковой сварки ленточных пил мировой промышленностью выпускаются машины как для сварки сопротивлением, так и оплавлением.

Машины для сварки сопротивлением всех производителей (FULGOR, GRIGGIO, IDEAL) устроены практически одинаково и удовлетворительно справляются со сваркой пил шириной до 20 мм. Для повышения спроса их технологические возможности были расширены путем доработки зажимов для установки лент шириной 40, а в некоторых машинах и до 60 мм. В данной ситуации речи о стабильной и надежной сварке нет.

Машины для контактной стыковой сварки оплавлением ленточных пил, предлагаемые на рынке, IDEAL BAS-050, IDEAL BAS-060 и др. (Германия), FULGOR FW400, (Италия), FL50 (Китай) выполнены по традиционной однотипной схеме и отличаются друг от друга, в основном, мощностью и внешним видом. Машины украинских производителей Г-22 и облагороженная внешне, но ухудшенная по содержанию и жесткости конструкции ее копия МС4 — тяжелые, ненадежные, не отвечающие настоящему времени конструкции.

Наиболее удачными и, соответственно, популярными, являются машины фирмы «IDEAL». Машины могут комплектоваться пирометрами, позволяют получать стабильное качество сварки. Для этого производитель рекомендует снимать токоподводящие губки с машины и производить их шлифовку каждые 10...20 сварок (в зависимости от ширины свариваемых лент). Для этого требуется наличие шлифовального станка, что, по понятным причинам, затратно.

Процесс оплавления сопровождается выделением большого количества частиц металла в виде брызг и аэрозоля. Поэтому во всех сварочных машинах чрезвычайно уязвимы подшипники каретки подвижного зажима и контактные поверхности зажимов.

Существенный ресурс повышения качества сварных соединений ленточных пил при контактной стыковой сварке оплавлением — это увеличение скорости закрытия искрового зазора. Увеличение скорости уменьшит окисление расплавленного металла, повысит скорость деформации зоны соединения и обеспечит получение более мелкозернистой структуры металла шва. Однако существенно увеличить скорость осадки при сварке на существующем оборудовании затруднительно, так как большие усилия осадки приводят к потере устойчивости торцов лент, а большие инерционные массы подвижных зажимов определены конструкциями машин и не могут быть изменены. Особенно мала скорость осадки при сварке сечений, которые являются минимальными для сварочной машины, о чем традиционно свидетельствует низкое качество сварки получаемых соединений. При сварке пружинных и быстрорежущих сталей, из которых изготовлены биметаллические пилы, повышение скорости осадки также крайне желательно, поскольку известно, что получить стабильное качество сварки биметаллической пилы на существующих машинах задача трудная.

При сварке оплавлением для обеспечения устойчивого оплавления применяют трансформаторы с трех-пятикратным запасом мощности. При большой мощности даже кратковременный срыв оплавления с переходом на нагрев сопротивлением (кратковременное короткое замыкание) приводит к резкому увеличению тока в свариваемых деталях и к перегреву металла в зоне соединения. Это обусловлено тем, что напряжения, необходимые для устойчивого оплавления, приблизительно в 1,5 раза выше, чем напряжения, необходимые для нагрева сопротивлением. Поэтому разработка новых сварочных машин с меньшим запасом электрической мощности, обеспечивающих высокое и стабильное качество соединений, весьма актуальна.

Основной недостаток устройства практически всех ручных зажимов стыкосварочных машин состоит в том, что они не раскрываются полностью после каждой сварки для очистки токоподводящих электродов, а усилие зажатия в них не контролируется. Усилие зажатия тонких и узких лент следует уменьшать, так как при зажатии узких лент пила может деформировать токоподводящий электрод. Кроме того, нет необходимости в сильном зажатии, поскольку осадки мало и вероятность проскальзывания пилы в зажимах машины также мала. В связи с этим, целесообразна разработка конструкции зажимов, в которых будут решены выше указанные проблемы.

Контроль качества соединений ленточных пил, прутков и проволок — важная часть технологии сварки. Контроль проводится, в основном, внешним осмотром и испытанием на количество перегибов на 180°. Испытания на количество перегибов позволяют оценивать как прочностные, так и пластические свойства сварных соединений, но дают лишь консультативную информацию. Такие испытания проводятся после каждой переналадки машины на другой режим сварки. Поэтому крайне желательно иметь параметр, по которому возможно оценить качество полученного соединения без его разрушения. Таким параметром может являться величина деформации стыка при осадке. При малой величине осадки в зоне соединения наблюдаются оксидные пленки и непровары, большая величина может свидетельствовать о перегреве металла. Поэтому представляет интерес разработка метода контроля величины осадки.

Для достижения поставленной цели — разработки новых сварочных машин, лишенных выше перечисленных недостатков, были решены следующие задачи:

- ♦ уменьшены массы подвижных частей машины, что улучшило качество сварки сечений, которые являются минимальными для сварочной машины;
- ♦ подвижная каретка сконструирована таким образом, что не имеет трущихся частей — направляющих, подшипников и других традиционных элементов и связей. Она подвешена в пространстве на пружинах, обеспечивающих жесткость в вертикальном и гибкость в горизонтальном направлениях при движении каретки. Благодаря такой конструкции отпала необходимость в обслуживании каретки в процессе эксплуатации машины;
- ♦ трансформатор сконструирован с учетом обеспечения устойчивого оплавления при минимальном запасе мощности, потери мощности от магнитных потоков рассеяния сведены к минимуму;
- ♦ предложен подход к оценке качества получаемых сварных соединений по величине осадки. В версии машины с микропроцессорным управлением измеряется и отображается на дисплее реальное значение полученной осадки;
- ♦ разработаны зажимы с симметричным расположением лент по отношению к оси сварочного трансформатора (обеспечивают равномерный нагрев лент, поскольку электромагнитное поле трансформатора не смещает линии тока). Конструкция зажимов обеспечивает доступ к токоподводящим электродам после каждой сварки, контролируемое усилие прижатия ленты пропорциональное ее толщине, легкую и понятную настройку равномерного распределения усилия прижима (и, соответственно, равномерного нагрева) по ширине ленты. Шлифовка электродов осуществляется без их снятия со сварочной машины.

Технические данные машин для контактной стыковой сварки оплавлением «Чайка» приведены ниже.

Разработанное оборудование запатентовано, имеет высокую надежность и обеспечивает стабильное качество сварных соединений как ленточных пил, так и прутков, и проволок.

Сегодня производятся две новые модели сварочных машин. Первая машина — с ручным взводом и с гидравлическим приводом оплавления, вторая — полностью автоматическая с электрическим

**Технические характеристики машин для контактной стыковой сварки оплавлением «Чайка»**

Параметры	«ЧАЙКА» МКССО-40	«ЧАЙКА» МКССО-60
Первичное напряжение сети, В	380	380
Максимальный первичный ток (при сварке), А	10	15
Ширина/толщина свариваемых лент, мм	10...40 0,6...1,3	20...60 0,7...1,3
Диаметры свариваемых проволок и стержней из низкоуглеродистых сталей, мм	1,0...8,0	1,5...9,0
Количество сварок (лент) в час	30...40	30...40
Время сварки, с	0,9...2,0	1,0...2,0
Напряжение сварки, В	2,8...3,2	2,8...3,4
Охлаждение	Водяное, автономное	Водяное, автономное
Усилие осадки, Н	200...400	200...800
Регулировка термообработки	Ручная	Ручная/Автоматическая
Габаритные размеры, мм	250×500×400	250×500×400
Масса, кг	85	85

приводом оплавления, управляемая микроконтроллером. Управление машинами осуществляется одним рычагом либо джойстиком (нет кнопок управления).

В первой модели применен разработанный гидравлический привод оплавления с саморегулированием скорости оплавления [5]. Саморегулирование осуществляется следующим образом. При срыве оплавления по какой-либо причине (окисленные торцы, падение напряжения сети и т.д.) нагрев лент переходит из процесса оплавления в процесс нагрева сопротивлением. При этом твердые слои металла оплаваемых торцов соприкасаются (опираются друг о друга) и давление жидкости в гидроцилиндре уменьшается. Скорость перемещения поршня снижается и, соответственно, скорость оплавления автоматически уменьшается. Машина выходит из кризиса (стабилизируется оплавление) без потери качества сварного соединения. Особенностью машины является то, что время сварки непостоянно вследствие саморегуляции скорости оплавления. Для контроля времени сварки предусмотрена индикация.

Вторая модель сварочной машины автоматизирована и управляется микроконтроллером. Это упростило конструкцию механической части машины и выбор оптимального ускорения при оплавлении, времени сварки и точного дозирования тепловыделения при осадке. Последнее обеспечивается путем строгого дозирования количества импульсов тока и их мощности, проходящих через стык после включения осадки. Для оценки качества получаемых соединений после каждой сварки производится измерение реальной величины осадки и ее значение отображается на дисплее.

На машине установлены разработанные зажимы, которые раскрываются полностью после каждой сварки для очистки контактных поверхностей верхних губок и токоподводящих электродов (рис. 1). В данных зажимах независимо от усилия на кулачке, закрывающего зажим, усилие прижатия ленты верхней губкой к электроду пропорционально толщине зажимаемой ленты.

Равномерное распределение усилия прижима по ширине ленты и, соответственно, равномерный нагрев обеспечиваются предварительной установкой на шкале зажима значения толщины свариваемой ленты.

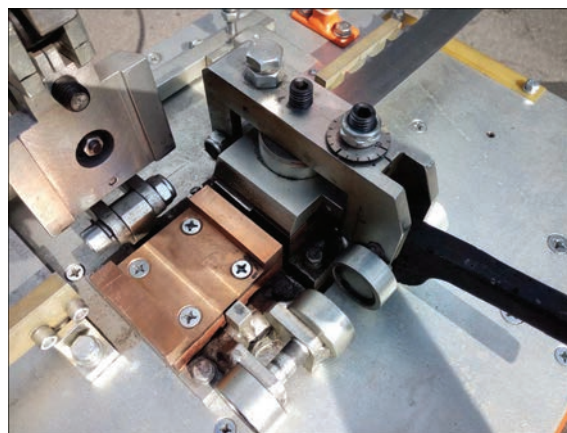


Рис. 1. Зажимы сварочной машины

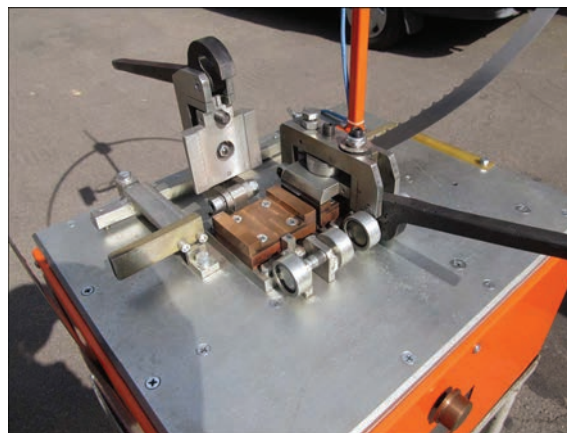


Рис. 2. Упорная рамка пилы



Рис. 3. Блок-схема машины с микроконтроллерной системой управления

Благодаря специально разработанному алгоритму управление сварочной машиной осуществляется одним четырехпозиционным джойстиком, которым выполняется как выбор предварительных настроек сварки, так и запуск самой сварки и термообработки. Упорная рамка, регулирующая свес зуба из зажимов машины и обеспечивающая прямолинейную сварку лент, выполнена общей для двух зажимов, имеет облегченную настройку и допускает поддержку пилы как по зубу, так и по «спине» (рис. 2).

Программное обеспечение сварочного аппарата позволяет обновление встроенной программы самим пользователем, что дает возможность оперативно отреагировать на просьбы оператора по корректировке алгоритма работы. Многоязыковый интерфейс облегчает использование машины в различных странах. Блок-схема работы машины с электронным управлением представлена на рис. 3.

Микроконтроллерная система управления позволяет облегчить работу благодаря пошаговым подсказкам, высвечивающимся на дисплее. Оператору остается только выбрать по программе тип свариваемой пилы, установить ее в зажимы и наклонить джойстик в положение «СВАРКА». Далее машина автоматически выполнит процесс сварки. По окончании сварки автоматически производится измерение величины осадки полученного сварного соединения. Измеренное значение выводится на дисплей. После сварки по пошаговым инструкциям на дисплее осуществляется термообработка сварного шва. Автоматический

процесс термообработки происходит без участия оператора. Температура сварного шва контролируется с помощью пирометра по программе микроконтроллера сварочной машины. В случае использования ручного режима термообработки оператору требуется самостоятельно регулировать нагрев стыка джойстиком, ориентируясь визуально по яркости свечения раскаленного металла. Предлагается 20 предустановленных режимов сварки и термообработки разнообразных пил, ножей и лобзиков.

Машина с микроконтроллерной системой управления характеризуется очень широкими возможностями по установке, регулировке и выполнению параметров сварки со стабилизацией тепловыделения в стыке при осадке. Для ее использования не требуется специального обучения оператора-сварщика.

В заключение следует отметить, что представленные машины для контактной стыковой сварки имеют следующие эксплуатационные преимущества: каретка не имеет трущихся частей (нет подшипников) и не требует обслуживания в процессе эксплуатации, обеспечивается контролируемое усилие прижатия ленты, равномерный нагрев по ширине, стабилизация тепловыделения в стыке при осадке, автоматическая термообработка, полный доступ к электродам после каждой сварки, высокое и стабильное качество сварки, в том числе и малых сечений, оценка качества получаемых сварных соединений без их разрушения.

Д.В. Чайка (НТУУ «Киевский политехнический институт»),  
 В.Г. Чайка (ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ),  
 С.П. Крушневич (Институт газа НАНУ),  
 Б.И. Волохатюк (ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ),  
 А.А. Хатаян (Фирма «RELEMA», Литва)