

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ МЕДНЫХ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ**

**Можаев А.В.**

**научный руководитель – Бусыгин С.Л.**

*Сибирский Федеральный Университет Политехнический институт*

Стыковая сварка применяется для соединения малоуглеродистой стали, а также цветных металлов и их сплавов. В ряде случаев посредством стыковой сварки соединяют разнородные металлы, например: малоуглеродистую сталь с легированной, сталь с медью с алюминием и др.

Стыковая сварка широко используется в современном производстве металлических изделий. Имеются машины для сварки встык тонких проволочных деталей, с площадью поперечного сечения порядка  $0,001 \text{ мм}^2$ , и машины для сварки толстых стержней и других крупных деталей, с площадью поперечного сечения до  $144000 \text{ мм}^2$ , например для сварки стальных листов толщиной до 12 мм при длине стыка до 12м.

Стыковые машины применяются в ламповом производстве для сварки нитей ламп, в инструментальном деле при изготовлении составного инструмента, в автотракторной промышленности при изготовлении колес и многих других деталей, в общем машино-аппаратостроении, для сварки цепей, труб и различных сосудов, на транспорте, в строительстве, для сварки рельсов и т.п. Стыковая сварка подразделяется на сварку сопротивлением и сварку оплавлением. При стыковой сварке сопротивлением торцевые поверхности двух свариваемых деталей, зажатых в контактных колодках машины, приводятся в соприкосновение друг с другом и через эти детали пропускают электрический ток. После того как металл в месте соединения будет нагрет до пластического состояния, производится его осадка - сдавливание. В начале сварки обычно дается пониженное давление, для того чтобы увеличить количество выделяемого в стыке тепла, и затем под повышенным давлением производится осадка. В настоящее время способ сварки сопротивлением имеет ограниченное применение, так как в большинстве случаев он оказывается менее рациональным, чем способ сварки оплавлением, сварка сопротивлением имеет ряд недостатков: большое потребление мощности, повышенный расход электроэнергии, значительный нагрев и чрезмерные деформации деталей, большая осадка металла, необходимость тщательной подготовки поверхностей деталей.

При стыковой сварке оплавлением детали, зажатые в контактные колодки, приближаются друг к другу до соприкосновения. При этом ток, проходя через отдельные соприкасающиеся участки торцевых поверхностей, быстро доводит их до температуры плавления. Таким образом, осуществляется оплавление торцевых поверхностей, и после достижения надлежащей температуры производится осадка деталей.

Процесс оплавления представляет собой весьма сложный комплекс различных явлений. Характер этих явлений не постоянен для всех случаев, а зависит от ряда таких факторов, как физические свойства и величина сечения свариваемого металла, электрическая характеристика и конструкция машины, характеристика скорости ведения процесса. Возникновению дугового процесса мешает почти непрерывное замыкание торцевых поверхностей соседних точек, которое происходит в следствии подачи деталей друг к другу во время их оплавления, а также при выбрасывании из

стыка жидкого металла. Замыкание тем или иным путем создает дополнительные каналы для прохождения тока, уменьшает напряжение и плотность тока в месте разряда и, таким образом, ограничивает возможность его образования. После взрыва перемычки жидкий металл, вылетая из узкого зазора между торцевыми поверхностями деталей, замыкает их друг с другом.

Через эти движущиеся перемычки из жидкого металла проходит ток, который весьма быстро доводит их до парообразного состояния. Участки торцевых поверхностей в местах, где образуется повторное замыкание через жидкие перемычки, нагреваются в более короткие промежутки времени, так как жидкий металл уже имеет высокую температуру. Поэтому лунки, образующиеся при этой стадии процесса на торцевых поверхностях, вследствие более коротких промежутков времени прохождения тока, имеют меньшую глубину. При повышенном вторичном напряжении и относительно большой мощности образуются более глубокие лунки, которые в ряде случаев могут затруднить получение плотного соединения свариваемых деталей по всему сечению стыка.

Замыкание торцевых поверхностей не через жидкий металл, а через сильно нагретые выступы также должно образовывать лунки меньшей глубины. Поэтому торцевые поверхности деталей, благодаря незначительной глубине лунок, образующихся при кратковременном протекании тока, будут иметь относительно ровную поверхность. Плотное соприкосновение поверхностей в этом случае происходит при сравнительно небольших давлениях.

Количество отдельных единичных процессов оплавления, образующихся в единицу времени, зависит от скорости подачи деталей друг к другу во время оплавления и величины их поперечного сечения. Чем выше скорость подачи, тем большее количество перемычек образуется в единицу времени и тем выше будет температура стыка.

Во время процесса оплавления, при определенной скорости протекания процесса, пространство между торцевыми поверхностями находится под некоторым давлением паров металла. Наличие давления паров металла создает естественную защитную зону в стыке, предохраняющую от проникновения в зазор между оплавленными поверхностями кислорода и азота воздуха.

Соприкосновение торцевых поверхностей свариваемых деталей, при правильном ведении процесса оплавления и соответствующем моменте времени выключения тока, происходит без наличия каких-либо окислов или прочих посторонних включений. Таким образом, в процессе оплавления происходят: подогрев деталей, зачистка свариваемых поверхностей и защита их от проникновения к ним кислорода и азота воздуха.

*Технология контактной стыковой сварки оплавлением медных обмоток электродвигателя*

Способ и режимы стыковой сварки в значительной мере зависят от формы и сечения свариваемых деталей. Необходимое качество сварки обеспечивается при тщательной подготовке кромок и соблюдении строгой параллельности их расположения.

После резки на концах полос не должно быть значительных заусенцев и расслоя, ведущего к некачественной сварке. Не допускается коробчатость и рваные кромки, затрудняющие зачистку в гратоснимателе. Торец одной стороны должен быть перпендикулярным их оси, а другой заострен под углом 90 градусов к их оси. Подготовка торцов под сварку показана на рис. 1.

Качество соединений и производительность модуля зависят от точности и быстроты установки полос. Совпадение их кромок по высоте обеспечивается

правильным положением нижних губок. Надежное закрепление тонких полос при соблюдении постоянства конечного расстояния достигается изготовлением верхних губок со скосом.

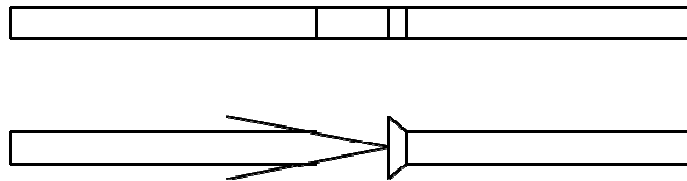


Рисунок 1 – Подготовка торцов под сварку

Величина осадки при сварке полос часто ограничивается упорами между подвижной и неподвижной плитами машины. Это позволяет не только снять паклеп и понизить твердость металла в стыке, но также облегчить деформацию неровностей на торцах. Предупреждение быстрой кристаллизации расплава, а следовательно, и интенсивного окисления устраняет хрупкое разрушение отдельных участков соединения при загибе с образованием надрывов.

#### *Сборка экспериментального сварочного модуля ЭСМ*

Сборка модуля ЭСМ (рис. 2) осуществляется на сварочную раму, которая изолирована от модуля стеклотекстолитной плитой (толщиной 40 мм), на эту плиту ложим стальную плиту 5 на которой крепится привод сжатия электродов и каретка 2. Также на изолированную плиту крепится неподвижная сварочная головка 1. Каретка 2 выполнена из двух швеллеров №10 сваренных между собой, образуя короб, и приваривается к плите 5. В каретку 2 помещаем шток 6, который делает возвратно-поступательные движения за счет привода сжатия. На штоке 6 закрепляем токоподвод и верхнюю губку. С противоположной стороны в шток вкручивается ось 7 на которую крепятся пружины 27. Ось 7 опирается на стойку 10. Ось 7 соединена со штоком пневмоцилиндра цапфой 11. Шток толкает поршень пневмоцилиндра. Пневмоцилиндр 3 закрепляется к плите 5 болтовым соединением.

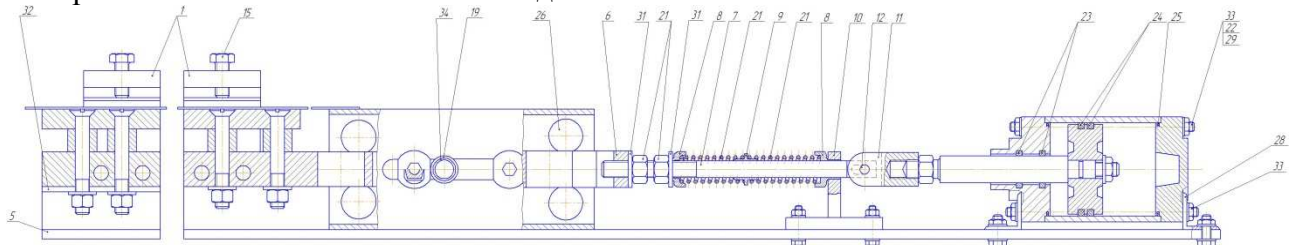


Рисунок 2 – Экспериментальный сварочный модуль

#### *Привод сжатия электродов*

Привод сжатия предназначен для сжатия свариваемых деталей в процессе сварки. Особенностью и новизной привода является автоматное регулирование сжатия деталей на стадии нагрева и осадки.

Усилие сжатия деталей осуществляется пружиной 27, а усилие осадки совместно пружиной и пневмоцилиндром 3.

#### *Состав механизма*

Исходное состояние:

- при выключенном пневмоцилиндре под действием пружины шток 6 перемещается и находится в крайнем левом положении;

- при подаче сжатого воздуха в левую полость цилиндра происходит сжатие пружин 27 и шток 6 перемещается в крайнее правое положение, образуя между сварочными губками определенный зазор  $L=L1+L2$ , где  $L1$  и  $L2$  – установочные длины свариваемых деталей (3-5 мм);

- ограничение хода осуществляется при помощи опорных винтов установленных на корпусе каретки 2;

- свариваемые детали устанавливаются в сварочные губки, когда шток находится в крайнем левом положении. В свою очередь пружины 27, действуя на шток 6, осуществляют предварительное сжатие свариваемых деталей;

- после установки свариваемых шин пружина отводится с помощью пневмоцилиндра на заданное расстояние  $L = 5-8$  мм. Происходит зацепление пружины;

- после установки свариваемых деталей подводятся сварочные головки с зажатыми в них электродами, подключенные к сварочному трансформатору контактной машины МСО-201. Включается ток между деталями и головка совершает обратнопоступательные движения, торцы деталей оплавляются. Оплавленные торцы заготовки под действием усилия пружины деформируются;

- после того как торцы деталей получили необходимую деформацию, включается пневмоцилиндр 3 и происходит дополнительное усилие осадки. Ток выключается, процесс сварки завершается. Пневмоцилиндр 3 выключается;

- детали следуют в прокатные вальцы (рис. 3), в которых они выравниваются до нужных размеров и дополнительно упрочняется сварное соединение.

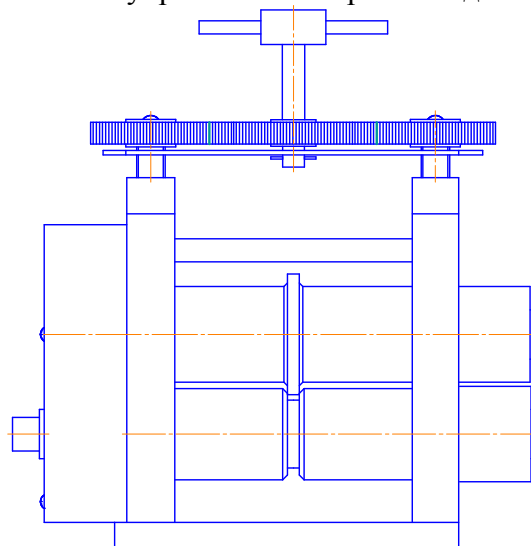


Рисунок 3 – Прокатные вальцы

Регулировка усилия сжатия свариваемых деталей осуществляется при помощи гаек 21 путем сжатия пружин 27.

Усилие осадки зависит от давления сжатого воздуха в рабочей камере пневмоцилиндра, которое регулируется при помощи воздушного редуктора снабженного монитором.

Режимы сварки выбирают на основании анализа особенностей данного вида сварки, свойств свариваемых металлов и формы соединяемых деталей.

*Вывод:*

В процессе ремонта и изготовления медных обмоток роторов электродвигателя, целесообразно использовать контактную стыковую сварку оплавлением, так как получается прочное сварное соединение без потери электропроводности и лишних экономических затрат.