

мизации данных параметров, а так же времени и уменьшении экономических затрат оптимально применять РТК.

Для сварки данной тяги отлично подходит Nordica Sterling РТК ДС. Используя данный комплекс, мы можем четко контролировать время и параметры сварки, тем самым подбирать оптимальные значения и избавляться от обязательного применения подогрева с последующей термообработкой. Так же, используя данный РТК, мы оптимизируем экономические параметры и избавляемся от человеческого фактора. Благодаря внедрению данного комплекса мы сможем получать качественные, стабильные сварные соединения с уменьшением экономических затрат и времени на сварку.

УДК 621.791.72+621.791.75

### Гибридные технологии сварки: лазерно-дуговая сварка

Студент гр.10403112 Кецко А.Н.

Научный руководитель – Голубцова Е.С.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Цель данной работы – показать преимущества гибридной сварки перед другими видами сварки и область ее применения.

Характерной особенностью гибридной сварки плавлением является то, что объединение двух источников нагрева (рисунок 1) с различной плотностью энергии позволяет практически полностью использовать сварочно-технологические особенности каждого из них одновременно нивелировать их недостатки. При этом достигаются принципиально новые технологические возможности, включая повышение производительности и улучшение качества соединения, а также снижение энергопотребления и общих производственных затрат.

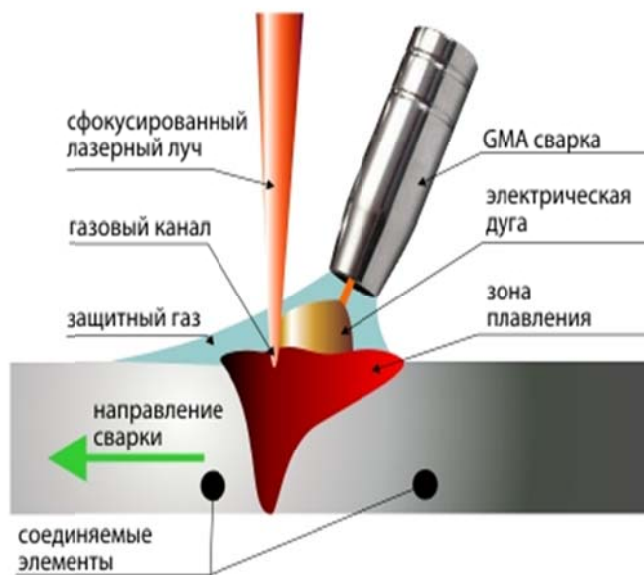


Рисунок 1 – Схема процесса гибридной лазерно-дуговой сварки

Гибридная лазерно-дуговая сварка (рисунок 2) основана на смещении высококонцентрированного лазерного излучения ( $\text{CO}_2$ - или АИГ-лазера) с обычным стандартным процессом газозлектроической сварки плавящимся (МИГ/ МАГ) или неплавящимся (ТИГ) электродом в случае сварки особо тонкого металла.

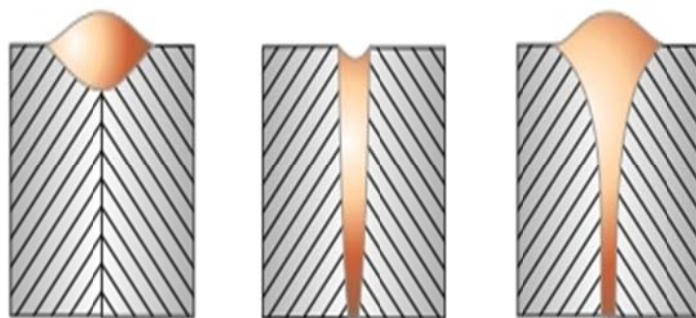


Рисунок 2 – Поперечный разрез шва при дуговой, лазерной, лазерно-дуговой сварке

Одновременно воздействуя на сварочную ванну, лазерный пучок благодаря его высокой концентрации энергии обеспечивает глубокое кинжальное проплавление корня шва и высокую скорость сварки, а менее концентрированная электрическая дуга с плавящимся электродом – заполнение верхней части шва и хорошее формирование валика сплавным его переходом к основному металлу.

Гибридная технология обеспечивает более мягкий технический цикл, снижение требований к величине зазора и позволяет повысить скорость сварки по сравнению с возможностями каждого из процесса в отдельности. В промышленном производстве в качестве источников нагрева обычно используют серийные ( $\text{CO}_2$ - или АИГ).

Началу массовому применению технологических лазеров, а позднее лазерно-дуговой гибридной сварки было связано с переходом мирового автомобилестроения на инновационную технологию штамповки кузовов и их элементов из тонколистовых (0,8 – 1,2 мм) сварных заготовок, составленных из различных по толщине и качеству фрагментов.

Поскольку сварка заготовок толщиной (0,8 – 1,6 мм) в тот период могла быть решена только на основе лазерной сварки, то значительные инвестиции автомобильных фирм были направлены на целевую разработку промышленных лазеров, технологию лазерной сварки и создание автоматизированных линий по сборке и сварке составных заготовок. Лазерная сварка обеспечивала очень узкие (0,5 – 1,5 мм) стыковые швы на стальных листах толщиной (0,8 – 2,0 мм) со скоростью 6 – 8 м/мин ( $\text{CO}_2$  – лазер, 4 кВт), сварные швы имели небольшую выпуклость и достаточную пластичность. Для повышения штампуемости сварных швов на высокопрочных сталях технологический процесс включает послесварочную обработку расфокусированным лучом.

Зазор под лазерную сварку металл толщиной (0,5-2,0 мм) не должен был превышать 0,08 мм. Применение гибридной лазерно-дуговой сварки взамен лазерной способствовало кардинальному решению при сохранении общей схемы производства и незначительных капиталовложений в основном на дополнительную аппаратуру для ТИГ – сварки. Гибридный процесс обеспечил более мягкий режим и возможность сварки по зазору при одновременном повышении скорости сварки почти в 2 раза.

Следующими отраслями применения лазерной и гибридно-лазерной сварки металла малых толщин (2.5 -5.0 мм) явились производство легких сварных строительных конструкций, изделий бытовой техники и судостроения. Для однопроходной лазерно-дуговой сварки стали толщиной до 10-30 мм необходимо соответствующее повышение мощности лазера. Как правило, для сварки стали до последнего времени в основном применяли  $\text{CO}_2$  – лазеры.

Согласно эмпирическому правилу, для проплавления 1 мм стали необходим 1 кВт мощности, что позволяет ориентировочно определить мощность лазера для сварки средних и больших толщин. Собственно для лазерно-дуговой сварки сочетание двух процессов позволяет несколько снизить мощность лазера. Твердотельные АИГ–лазеры более универсальны вследствие того, что длина их волны излучения в 10 раз меньше, чем  $\text{CO}_2$ -лазеров, что рас-

ширяет практику их применения, в частности для гибридной сварки сплавов алюминия и меди.

Серьезный инновационный прорыв в технологии лазерной гибридной сварке обеспечило создание и появление на рынке твердотельных волоконных лазеров мощностью от 1,0 до 30 кВт. По темпам производства и продаж они резко опережают другие типы технологических лазеров.

Из выше перечисленного можно сделать вывод, что лазерно-дуговая сварка – это наиболее экономичная, качественная и надежная сварка, нежели привычные нам всем виды сварки. Остается только вопрос о времени: когда лазерно-дуговая сварка начнет применяться более широко.

УДК 621.791.

### **Исследование зоны термического влияния низкоуглеродистой стали при различных способах сварки**

Студент гр. 10403112 Марукович Д.А.

Научный руководитель – Голубцова Е.С.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Целью настоящей работы является исследование микротвердости и микроструктуры в сварных образцах, выполненных сваркой плавлением низкоуглеродистой стали.

Обеспечение требуемой работоспособности сварных соединений в значительной мере определяется ходом структурно-фазовых превращений, протекающих в металле шва и ЗТВ.

К низкоуглеродистым конструкционным сталям по классификации, принятой в сварочной технике, относят стали, содержание углерода в которых не превышает 0,25%. Они хорошо свариваются в широком диапазоне режимов сварки независимо от толщины свариваемых элементов и температуры воздуха.

В зоне термического влияния сварного соединения из низкоуглеродистой стали различают участки: неполного расплавления, перегрева, полной перекристаллизации или нормализации, неполной перекристаллизации, рекристаллизации и синеломкости.

Участок неполного расплавления – переходный от наплавленного металла к металлу свариваемой детали. Ширина этого участка очень мала, она измеряется микронами, но его роль в сварном соединении весьма важна. Здесь происходит сплавление, т. е. образование металлической связи между металлом шва и свариваемой деталью. Если между зёрнами имеется пленка окислов или осажденных газов, то в этом месте не произойдет прочной металлической связи и этим можно объяснить образование трещин в зоне сплавления.

Участок перегрева находится в границах температур нагрева металла 1100 – 1450 °С и характеризуется значительным ростом зерна. Поверхность перегретых зерен может превышать поверхность начальных зерен в 16 раз при ацетилено-кислородной и в 12 раз при дуговой сварке. Перегрев снижает механические свойства стали, главным образом пластичность и сопротивление ударным нагрузкам. Эти свойства тем ниже, чем крупнее зерна и шире участок перегрева. Перегретый металл является самым слабым местом в сварном соединении, поэтому здесь чаще всего оно и разрушается.

В настоящей работе исследовали влияние режимов аргонно-дуговой сварки стали 3. Провели исследование образцов на микротвёрдость  $H, \text{кгс/мм}^2$  при нагрузке 20 Гс на микротвердомере ПМТ-3. За основу были взяты 2 образца, сваренные при различных силах сварочного тока. Сварку осуществляли при следующих режимах:  $I=120 \text{ А}$ ,  $I=175 \text{ А}$ .

Исследуемые зоны показаны на рисунке 1.