

## СВАРКА ЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ ОЦИНКОВАННОЙ И НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗЛУЧЕНИЯ ОПТОВОЛОКОННОГО ЛАЗЕРА.

*Девойно О.Г., Лапковский А.С., Луцко Н.И.*

Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь

Оцинкованная сталь является достаточно популярным материалом в строительной сфере. Однако в условиях постоянной конкуренции и задач снижения себестоимости все больше применения оцинкованные изделия находят в машиностроении. В машиностроительной сфере оцинкованные изделия наиболее часто выступают заменителями и для более дорогостоящих и менее технологичных в плане обработки коррозионноустойчивых сталей. Все вышесказанное приводит к возрастающей потребности соединения изделий из этих материалов.

Существуют три наиболее распространенных способа получения соединений нержавеющей и оцинкованных сталей. Первым способом является механическое крепление, преимущественно посредством болтовых или клепаных соединений, однако соединение листовых материалов данным способом затруднено плохой обрабатываемостью нержавеющей сталей. Следующим способом является образование паяных соединений, для этих целей применяются припой на основе меди и кремния. Характерной особенностью данного метода является температурный режим от 1050-1100°C, что является достаточным для расплавления припоя и цинкового покрытия, однако прочность соединения при этом методе существенно ниже прочности материала. Наиболее популярным и эффективным является метод сварки в различных модификациях, но и он не лишен недостатков. Температура плавления цинка составляет 420°C, а температуры выше 906°C приводят к кипению цинка. Данный факт представляет значительные трудности при процессах обработки, связанных со значительным тепловым вкладом. Так, при электродуговой сварке пары цинка создают повышенную вероятность появления пористости, происходит нарушение цинкового покрытия на величину не позволяющую обеспечить коррозионную защиту. Это приводит к необходимости последующей операции по восстановлению покрытия, кроме того, зачастую, существует необходимость сохранения внешнего вида материала с оборотной стороны шва, что ограничивает применение методов, в которых инструмент контактирует с изделием. Указанных сложностей в процессе сварки можно избежать путем применения концентрированных источников энергии, в частности лазерного излучения.

К основным преимуществам лазерной сварки относят [1]: высокие скорости сварки; высокие плотности мощности лазерного излучения, что позволяет добиться локальности воздействия и минимизировать тепловой вклад; низкие тепловые деформации; возможность сварки разнородных материалов; выполнение сварки в труднодоступных местах, при любых пространственных положениях шва; относительная простота переналадки комплексов лазерной обработки для обработки другой номенклатуры деталей.

Целью проведенных исследований являлось определение целесообразности применения лазерной сварки оптоволоконными лазерами листовых материалов из оцинкованной и нержавеющей стали при схемах сварки встык и внахлест.

Для исследования применялась 3-координатная система, укомплектованная оптоволоконным лазером IPG модели YLR-1000, имеющим следующие характеристики: максимальную выходную мощность – 1 кВт; длина волны излучения – 1,06 мкм; тип излучения – многомодовый; режим модуляции – квазинепрерывный; фокусное расстояние линзы – 150 мм; диаметр сфокусированного луча – 0,16 мм. Защитным газом являлся аргон. Сварка производилась на образцах из стали AISI304 и оцинкованной стали 0,8кп 40х250 мм, толщинами 1 и 2 мм.

Первоначально проводилась сварка образцов «встык». Первые же эксперименты показали, что при сквозном проваре и газовой защите шва как с лицевой, так и с тыльной стороны, процесс сварки оцинкованных и нержавеющей сталей идентичен процессу сварки нержавеющей и низкоуглеродистых конструкционных сталей. В процессе обработки цинк испаряется с поверхности материала и удаляется потоком защитного газа, не нанося ущерб качеству соединения. Оптимальные режимы для процесса сварки встык представлены в таблице 1. При сварке деталей толщиной в 1 и 2 мм образовывался узкий шов шириной 0,5 мм и 0,8 мм соответственно, а испарение цинка с поверхности не превышало 0,7 мм и 0,9 мм, что позволяет говорить об отсутствии нарушения анодной защиты и отсутствии необходимости дополнительных операций. При отсутствии газовой защиты обратной стороны шва существенно увеличивалась зона повреждения покрытия и ухудшался внешний вид тыльной стороны шва.

Однако следует отметить, что из-за маленького фокусного расстояния образцы находились близко от головки, что приводило к быстрому выходу из строя защитных стекол, предположительно вызванных воздействием паров цинка, т.к. при сварке образцов без покрытий данная проблема не наблюдалась.

Таблица 1 – Режимы сварки образцов при сварке «встык».

Толщина, мм	Скорость сварки, мм/мин	Мощность излучения, Вт	Положение фокуса, мм	Расход защитного газа, л/мин
1	5500	1000	-0,4	10
2	3400	1000	-0,7	10

При сварке «внахлест» расположение свариваемых материалов не влияло на характеристики шва, только на внешний вид шва. В дальнейших экспериментах подложкой выступала нержавеющая сталь.

Первоначальные образцы выполненные на режимах характерных для сварки нержавеющей и конструкционной стали, при сварке внахлест имели большое количество дефектов (поры, раковины, непровар, нарушения геометрии шва). Незначительное понижение скорости и увеличение расхода защитного газа до 20л/мин для толщины 1мм и до 30 л/мин для толщины 2 мм позволило практически полностью избавиться от пористости, однако привело к выдуванию части металла из сварочной ванны. Наиболее вероятно, что снижение пористости, связано с эффектом стабилизации парогазового канала описанным Г. Белерини[2], т.к. защитный газ в зону сварки подавался как радиально, так коаксельно. Эффект не наблюдался при отсутствии сквозного проплавления.

С целью обеспечения бездефектного соединений при сварке нержавеющей и конструкционной стали «внахлест» была применена схема сварки представленная на рисунке 1.

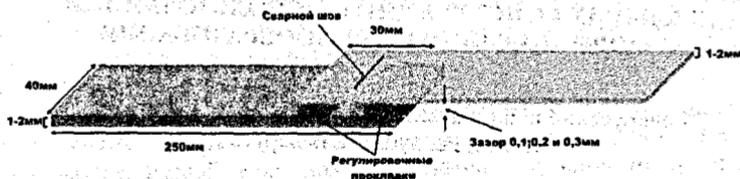


Рисунок 1 – Схема процесса сварки «внахлест»

Особенностью данной схемы является наличие прокладок для обеспечения постоянного зазора между свариваемыми пластинами с целью обеспечения возможности выхода паров цинка не только через парогазовый канал.

Данный способ позволил получить шов высокого качества без внешних и внутренних дефектов. Режимы для схемы сварки «внахлест» представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Режимы сварки образцов при сварке «внахлест»

Толщина, мм	Величина зазора, мм	Скорость сварки, мм/мин	Мощность излучения, Вт	Положение фокуса, мм	Расход защитного газа, л/мин
1	0	3300	1000	-0,7	20
2	0	2750	1000	-1,2	30
1	0,2	2800	1000	-0,7	10
2	0,2	2100	1000	-1,2	10

Увеличение зазора более 0,2мм приводило к частичному несплавлению шва.

Из всего вышеперечисленного можно сделать следующие выводы:

1. Применение аргона в качестве защитного газа является достаточным при сварке волоконными лазерами, отсутствует необходимость добавления гелия (как в CO<sub>2</sub>).

2. Сварка нержавеющей и оцинкованных листов встык может осуществляться без дополнительной подготовки на режимах, близких к режимам сварки нержавеющей и конструкционных сталей.

3. При сварке нержавеющей и оцинкованных сталей внахлест единственным эффективным инструментом борьбы с образованием дефектов является обеспечение постоянного зазора между свариваемыми частями.

4. При сварке нержавеющей и оцинкованных сталей внахлест без зазора при полном проплавлении возможно избежать дефектов в объеме шва путем существенного увеличения давления защитного газа, однако это приводит к выдуванию металла из ванны расплава и образованию наружных дефектов.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Григорьянц, А.Г. Технологические процессы лазерной обработки: учеб. пособие для вузов / А.Г. Григорьянц [и др.]; под ред. А.Г. Григорьянца. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 667 с.

2. Сварка твердотельными и CO<sub>2</sub> -лазерами листовой оцинкованной стали и нестандартных заготовок в среде аргона и в смесях на его основе / Г. Белерини[и др.] // Фотоника. – 2013. – №4. – С. 52-65.