

УДК 621.791

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЛАЗЕРНОЙ
СВАРКИ НА СВАРИВАЕМОСТЬ ОБРАЗЦОВ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ 20**Ронжин Дмитрий Александрович⁽¹⁾, Колчанов Дмитрий Сергеевич⁽²⁾*Аспирант 1 года ⁽¹⁾, кандидат технических наук, доцент ⁽²⁾,
кафедра «Лазерные технологии в машиностроении»
Московский государственный технический университет**Научный руководитель: А.Г. Григорьянц,
доктор технических наук, профессор кафедры «Лазерные технологии в
машиностроении»*

В работе выполнена лазерная сварка в стык пластин малых толщин из титанового сплава ВТ20. Определена оптимальная схема газовой защиты при лазерной сварке. Показано влияние положения линзы на геометрию сварного шва. Исследовано строение геометрии шва, микроструктура, и определена зона термического влияния. Проведенные исследования позволили охарактеризовать влияние параметров обработки на качество сварки и наличие таких дефектов, как подрез корня шва и провисание шва. Установлены режимы для бездефектной сварки титановых сплавов.

Титановые сплавы занимают важное положение в современной авиакосмической отрасли. Сочетание прочностных и пластичных свойств, работа в агрессивных средах и низкие весовые характеристики определили высокую востребованность данного материала. Технология сварки титановых сплавов требует тщательного соблюдения технологических предписаний. Титан – химически активный материал, при нагреве взаимодействует с кислородом и впитывает водород – концентратор напряжений в сварных швах [1]. Защита шва и нагретой остывающей области от окружающего воздуха обязательны для получения качественного сварного соединения [2]. Помимо защиты параметры процесса сварки оказывают влияние на наличие или отсутствие дефектов. Указанные вопросы рассмотрены в данной работе.

В ходе эксперимента была проведена сварка образцов малой толщины из титанового сплава ВТ20 с псевдо α структурой. Образцы представляли собой пластины с размерами 100x50x2 мм. Перед началом сварки кромки пластин шабрили, обрабатывали ацетоном и спиртом. В процессе сварки перемещалась сварочная головка с системой защиты инертного газа относительно неподвижных образцов, закрепленных в прижимном приспособлении. Во всех случаях обеспечена защита корневой части сварного шва аргоном с расходом 10 л/мин. Для этого аргон подавался в полость, расположенную в прижимном приспособлении. Защита ванны расплава была обеспечена при помощи сопла сварочной головки. Расход аргона из сопла составил 10 л/мин. Хвостовая часть ванны расплава защищалась при помощи подвода четырех трубок к соплу сварочной головки. Расход аргона на одну трубку составлял примерно 18 л/мин. На одном из образцов подача аргона на хвостовую часть ванны расплава не производилась (режим 2). Режимы сварки представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Параметр Режим	Мощность лазера, Вт	Скорость сварки, м/ч	Фокусное расстояние, мм	Расход защитного газа, л/мин
1	1000	72	13,5	18

2	1000	72	15	18
3	1000	72	15	0

Сварка образцов произведена при помощи комплекса лазерной сварки КЛП 1000. В качестве источника излучения применялся оптоволоконный лазер (IPG) мощностью до 1 кВт и сварочной головой (Precitec), перемещающейся на 6-ти осевом роботе (ABB). С целью исследования микроструктуры образцов были изготовлены микрошлифы поперечного сечения шва. На полученных микрошлифах исследована геометрия сварного шва [3] и измерена микротвердость по Викерсу [4]. Лазерная сварка проведена согласно приведенной технологической схеме, рисунок 1.

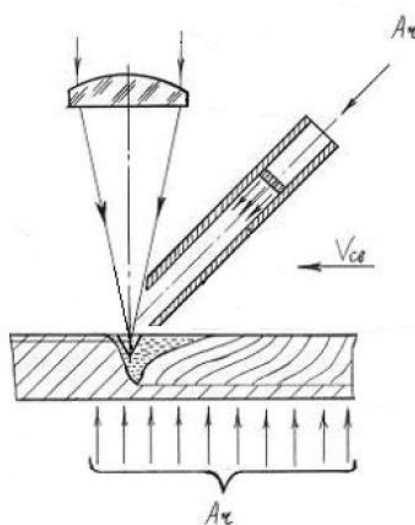


Рис. 1. Схема лазерной сварки с дополнительной защитой сварочной ванны и остывающего металла

На полученных образцах во всех сечениях наблюдается провар на всю толщину образца с образованием зоны термического влияния (ЗТВ) вокруг сварного шва, что подтверждается результатами замеров микротвердости. Таблица 2. Микроструктура сварных швов с использованием инертного газа при защите хвостовой части ванны расплава имеет дендритное строение. Рисунок 3.

При сварке на режиме 1 были выявлены следующие дефекты: подрез корня шва и провисание шва. Рисунок 2. Наличие таких дефектов является не допустимым в авиационном и космическом машиностроении [5]. Данные дефекты получилось устранить за счет изменения фокуса линзы. Было увеличено положение линзы на 1,5 мм, что позволило избежать указанных дефектов сварных швов при сварке на оптоволоконном лазере.

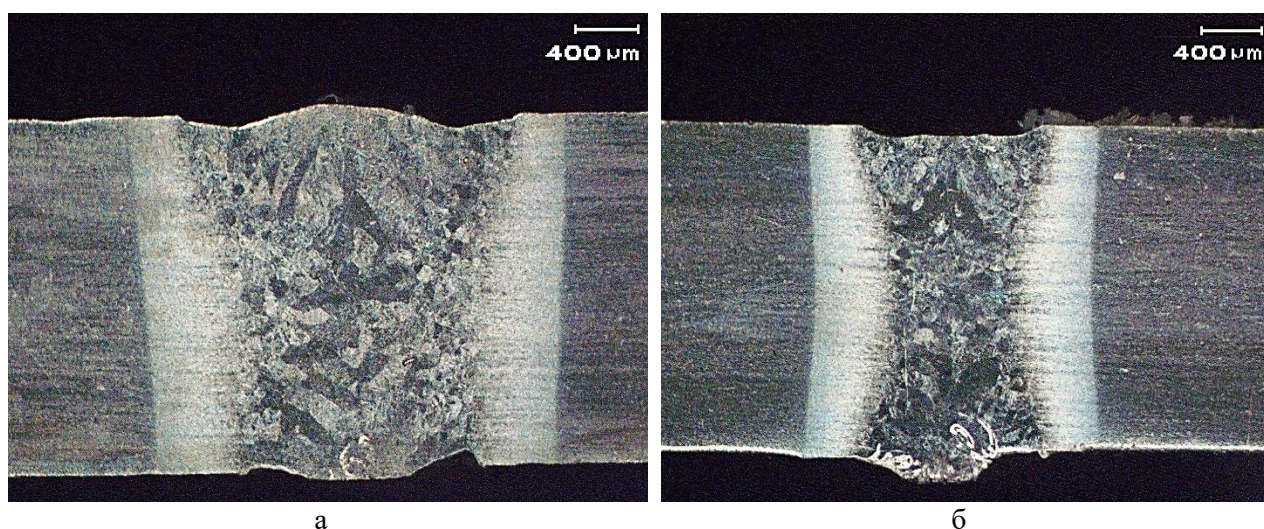


Рис. 2. Дефекты сварки: а) подрез корня шва; б) провисание шва.

Структура сварного шва образца без дополнительной защиты инертным газом имеет отличное строение. Рисунок 3. На образце, сваренном без дополнительной защиты инертным газом, обнаружены газовые поры округлой формы размером от 0,04-0,12 мкм.

Таблица 2.

Образец	Микротвердость, HV100 кгс/мм ²		
	Литая зона	ЗТВ	Основной материал
С инертным газом	340-370	320-330	300-310
Без газа	400-420	380-340	300-300

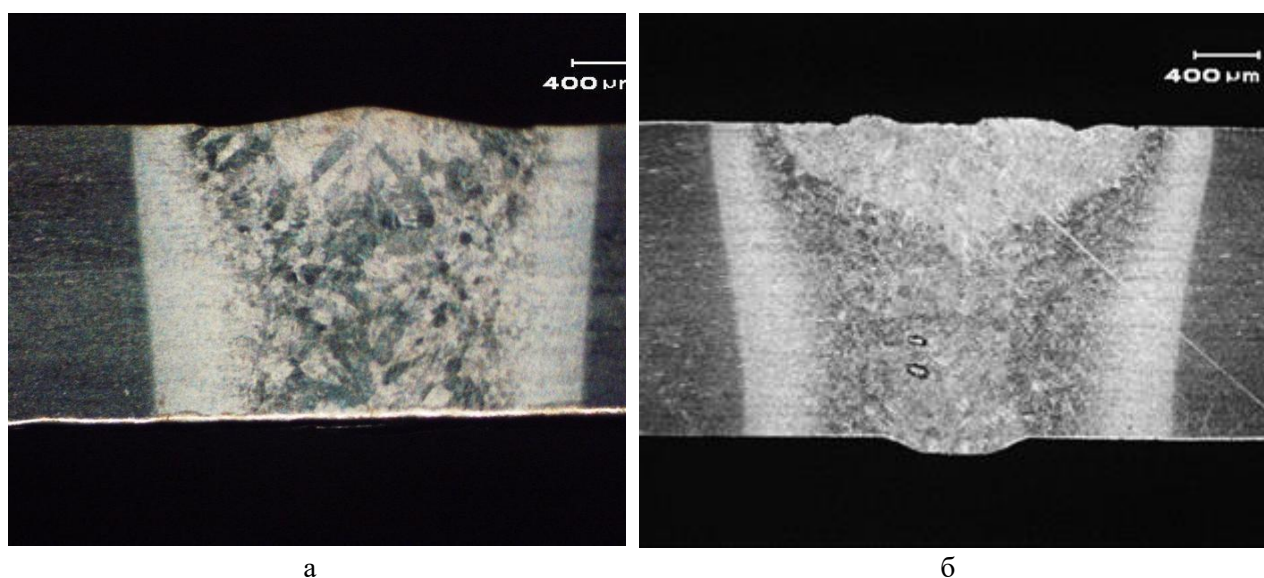


Рис. 3. Макрошлифы полученных образцов: а) режим - сварка с использованием защитного газа; б) режим 3 - без защитного газа.

По результатам проделанной работы можно сделать вывод, что с увеличением положения линзы: L – ширина шва и R – высота шва увеличиваются. Рисунок 4. Глубина проплавления – r – уменьшается. Уменьшение положения линзы от сопла к образцу приводит к увеличению глубины проплавления, что ведет к дефектообразованию, как провисание шва и подрез корня шва. Для уменьшения ЗТВ и устранения пор при лазерной

сварке титановых сплавов, шов необходимо дополнительно защищать боковым поддувом инертного газа.

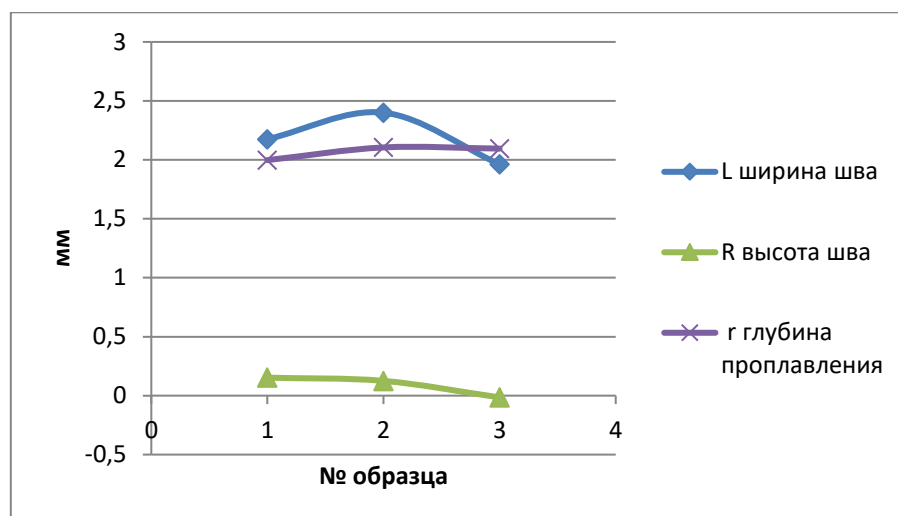


Рис. 4. Зависимость высоты шва, глубины проплавления и ширины шва от положения линзы.

Литература

1. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки // М.: Издательство МГТУ, С. 660. 2006.
2. Бабко А. П., Бахматов П. В. Лазерная сварка титановых сплавов // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов. – 2018. – С. 10-13.
3. ГОСТ EN 4678-2016 Авиационно-космическая серия. Сварные и паяные для авиационно-космических конструкций. Соединения металлических материалов, выполненные лазерной сваркой. Качество сварных изделий.
4. ГОСТ 9450-76 Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников.
5. Патон, Б.Е. Лазерная сварка титановых сплавов / Б.Е. Патон [и др.]// Автоматическая сварка. Производственный раздел. – 2009. – №10. – С. 35-39.