

## Надежная нержавеющая сталь 304, сваренная лазером YAG, для упаковки фотонных устройств

*М.В. Поклонская*

*Донской государственный технический университет*

**Аннотация:** В данной статье рассматривается испытание сварных соединений на прочность путем вытягивания материалов соединения с помощью автоматизированной системы тестирования материалов.

**Ключевые слова:** лазерная сварка YAG, упаковка фотонных устройств, лазерная обработка материалов.

### Введение

Устройства фотоники, используемые для телекоммуникаций военного назначения, обычно должны работать в течение длительного срока эксплуатации в областях с потенциально влажной, коррозионной и механически турбулентной средой. Следовательно, долгосрочная надежность в таких неблагоприятных условиях эксплуатации требует прочной фиксации выровненных компонентов и герметичного уплотнения фотонных устройств внутри металлических гибридных корпусов [1]. Для применения в фотонной упаковке большинство сварных швов представляют собой стыковые или внахлест, для которых требуется, чтобы глубина проплавления шва была больше ширины шва. Более того, для миниатюрных упаковок, содержащих некоторые чувствительные соединительные компоненты, глубина проникновения должна быть достаточно большой, чтобы достичь прочного крепления. В то же время ширина сварного шва должна быть небольшой, чтобы свести к минимуму загрязнение и, следовательно, предотвратить повреждение чувствительных оптических компонентов [2].

## Описание исследования

В этом исследовании для получения сварного соединения используется ультракомпактный импульсный Nd:YAG-лазер Unitek Miyachi LW10E с длиной волны 1,064 мкм. Энергия на выходе импульса находится в диапазоне от 1 до 20 Дж, пиковая мощность лазерного луча составляет до 3,5 кВт, а длительность импульса составляет от 0,3 мс до 10,0 мс.

Оптоволоконные кабели передают лазерный луч на сварочные фокусирующие линзы внутри корпуса объектива. Система лазерной сварки также оснащена направленным диодным лазерным лучом, который упрощает позиционирование лазерного пятна на листе нержавеющей стали. Точечный сварной шов и сварной шов шва производятся с использованием двух типов соединений: стыкового соединения и соединения внахлест [3, 4].

Элементный состав нержавеющей стали 304 и сварной нержавеющей стали 304 исследован с использованием метода энергодисперсионного рентгеновского излучения (EDX). На рисунке 1 показан элементный состав нержавеющей стали 304, изменяющийся при сварке лазерным лучом Nd:YAG. Замечено, что нет никаких изменений в элементном составе до и после сварки нержавеющей стали 304.

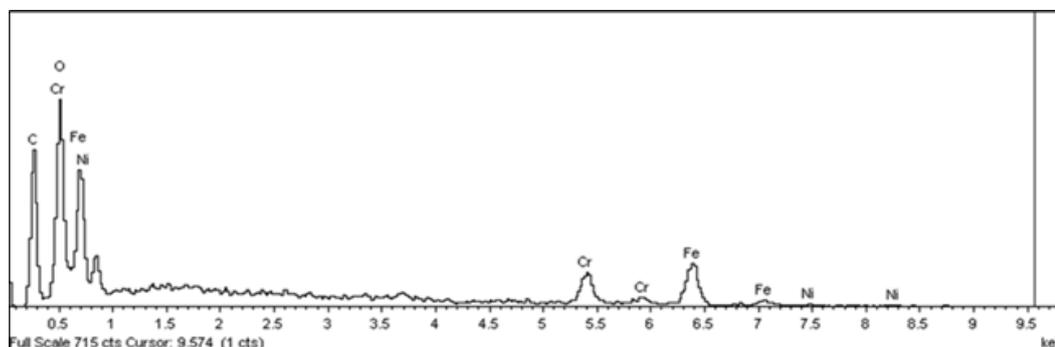


Рисунок 1. – Анализ EDX элементного состава сварной нержавеющей стали 304.

Испытание на прочность стыкового соединения и внахлестного соединения при одиночной точечной сварке проводится для нержавеющей стали 304. Стыковое соединение также применяется к Invar™, который является коммерческим сварочным материалом для упаковки фотонных устройств. Испытание, кроме того, выполняется для сварки швов, которая производится путем непрерывной подачи лазерных импульсов вдоль границ раздела  $10,0 \pm 0,1$  мм из нержавеющей стали 304. Результат показывает, что стыковое соединение обеспечивает гораздо более прочное крепление, чем внахлестное. Более прочному креплению способствует больший объем сваренной нержавеющей стали на стыках соединений [5, 6]. Для соединения внахлест толщина нержавеющей стали 304 увеличивается вдвое, поскольку верхний и нижний листы нержавеющей стали накладываются друг на друга. Если лазерный луч обеспечивает недостаточную глубину проникновения, то, таким образом, на стыках соединения образуется лишь небольшой объем сваренной нержавеющей стали 304. Что касается сравнения сварочных материалов, то коммерческий сварочный материал Invar™ обеспечивает более прочное соединение, чем нержавеющая сталь 304. Стыковое соединение при сварке швом обеспечивает гораздо более прочное крепление, чем соединение внахлест, аналогичное случаю одиночного точечного шва [7].

В миниатюрных сборках для крепления используется лишь небольшое количество лазерных точечных сварных швов из-за относительно небольших деталей. Прочность при количестве лазерных точечных сварных соединений до четырех точек исследована для стыкового соединения и внахлестку [8]. Затем сравнивается максимальная прочность для обоих типов соединений. На рисунке 2 видно, что прочность увеличивается, когда увеличивается количество точек для стыкового и внахлестного соединения. Получена линейная зависимость прочности обоих швов от количества пятен, и она

имеет одинаковый градиент, равный 0,122 и 0,120, соответственно. Это говорит об отсутствии существенной разницы во влиянии количества точек на прочность для обоих типов соединений. Прочность нержавеющей стали 304 показана на рисунке 3. Он обеспечивает прочность 5,2866 кН при вытягивающем смещении 18,23 мм. Прочность нержавеющей стали 304 почти в два раза выше, чем у сваренной швом нержавеющей стали 304. Таким образом, свариваемый материал не может достичь прочности самого основного материала. Вытягивающее смещение указывает на то, что модуль упругости нержавеющей стали 304 намного больше, чем у сварной нержавеющей стали 304.

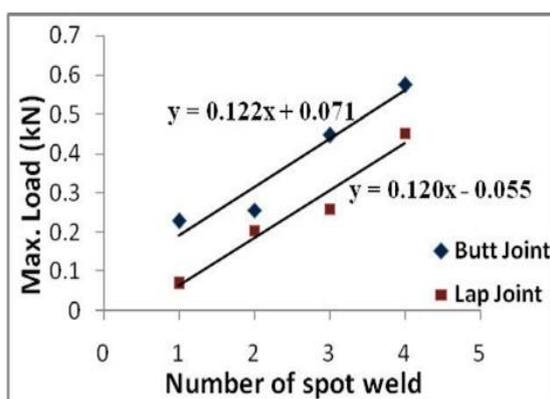


Рисунок 2 – Сравнение прочности стыкового соединения и соединения внахлест для вариационного номера точечного шва

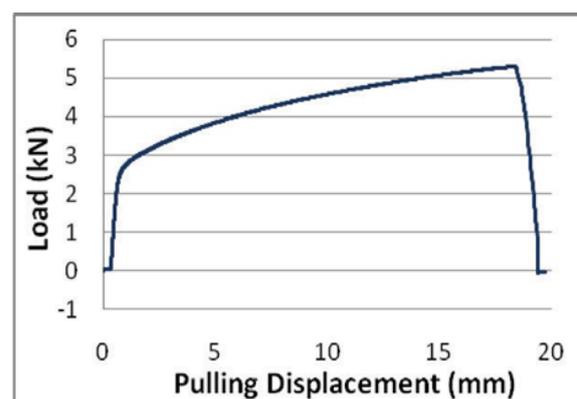


Рисунок 3. Прочность нержавеющей стали 304 толщиной  $1,0 \pm 0,1$  мм и шириной  $10,0 \pm 0,1$  мм

## Заключение

В заключение следует отметить, что стыковое соединение обеспечивает гораздо более прочное крепление, чем внахлест. Более прочному креплению способствует больший объем сваренной нержавеющей стали 304 на стыках соединений. Замечено, что каждая точка вдоль сварного шва имеет одинаковую максимальную прочность, но это достигается не одновременно. Аналогичный градиент, полученный в линейной зависимости, предполагает, что нет существенной разницы во влиянии количества пятен на прочность стыкового и внахлестного соединений. Коммерческий сварочный материал varTM обеспечивает более прочное соединение, чем нержавеющая сталь 304. Сваренная нержавеющая сталь 304 не может достичь прочности и модуля упругости самой нержавеющей стали 304. По результатам испытаний на прочность установлено, что нержавеющая сталь 304 является хорошим кандидатом для использования в качестве сварочного материала для упаковки фотонных устройств с использованием технологии импульсной Nd: YAG лазерной сварки [9, 10].

## Литература

1. Карнаухов И.С., Жданов А.В. Гибридная технология лазерной сварки – лазерно-плазменная сварка. – Актуальные проблемы авиации и космонавтики, 2019. – С. 531-532
2. Малащенко А.А., Мезенов А.В. Лазерная сварка металлов. Плазмотроны. – Машиностроение, 1984, 46 с.
3. Оришич А.М. Лазерное преобразование сварки. – Наука из первых рук, 2010. – С. 18-19.
4. Григорьянц А.Г. Основы лазерной обработки материалов. – Машиностроение, 1989, 304 с.
5. Андрияхин В.М. Процессы лазерной сварки и термообработки. – Наука, 1988, 176 с.
6. Усов С.В., Свириденко Д.С., Сафонов С.В., Грицюк В.Г. Особенности технологии лазерной сварки разнородных материалов. – Вестник Воронежского государственного технического университета, 2012. – С. 58-61
7. Рыкалин Н.Н., Углов А.А., Зуев И.В., Кокора А.Н. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов: Справочник. – Машиностроение, 1985, 496 с.
8. Гирфанов Н.Э., Галимова М.П. Сравнение лазерной и плазменной сварки по экономическим показателям. – Современные материалы, техника и технологии, 2017. – №1 (9). – С. 67-70.
9. Николаев Г.А. Сварка в машиностроении – М.: Машиностроение, 1978, 504 с.
10. Забелин А.Л. Анализ применения лазерно-гибридной сварки в производственной среде. – Транспортное машиностроение, 2018. – №1 (62) – С.14-17.

## References

1. Karnaukhov I.S., Zhdanov A.V. Aktual`ny`e problemy` aviatsii i kosmonavtiki, 2019, pp. 531-532
2. Malashhenko A.A., Mezenov A.V. Lazernaya svarka metallov. Plazmotrony [Laser welding of metals. Plasmotrons]. Mashinostroenie, 1984, 46 p. P. 24.
3. Orishich A.M. Nauka iz pervy`x ruk, 2010, pp. 18-19.
4. Grigor`yancz A.G. Osnovy` lazernoj obrabotki materialov [Fundamentals of laser material processing]. Mashinostroenie, 1989, 304 p.
5. Andriyaxin V.M. Processy` lazernoj svarki i termoobrabotki [Laser welding and heat treatment processes]. Nauka, 1988, 176 p.
6. Usov S.V., Sviridenko D.S., Safonov S.V., Griczyuk V.G. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta, 2012, pp. 58-61.
7. Ry`kalin N.N., Uglov A.A., Zuev I.V., Kokora A.N. Lazernaya i e`lektronno-luchevaya obrabotka materialov: Spravochnik [Laser and Electron Beam Processing of Materials: A Handbook]. Mashinostroenie, 1985, 496 p.
8. Girfanov N.E`, Galimova M.P. Sovremenny`e materialy`, texnika i texnologii, 2017, №1 (9), pp. 67-70.
9. Nikolaev G.A. Svarka v mashinostroenii [Welding in mechanical engineering]. M.: Mashinostroenie, 1978, 504 p.
10. Zabelin A.L. Transportnoe mashinostroenie, 2018, №1 (62), pp. 14-17.