

Как уже упоминалось ранее, наиболее часто используемой комбинацией для лазерной сварки являются сталь и алюминий, поскольку эти материалы широко применяются в качестве конструктивных элементов. Основные физические свойства алюминия и железа приведены в таблице 2. Анализ этих данных показывает значительные различия между свойствами обоих металлов, включая их атомную структуру. Например, постоянная решётки различается примерно в 1,5 раза, а атомный радиус алюминия составляет 143 пм, тогда как у железа он равен 126 пм. Кристаллическая решётка алюминия совпадает лишь с γ -железом.

Железо представляет собой переходный металл. Согласно фазовой диаграмме, оно формирует эвтектику с алюминием и характеризуется низкой растворимостью в твёрдом алюминии. Алюминий, напротив, хорошо растворим в α -железе, формируя такие устойчивые фазы, как Fe_3Al , FeAl_2 , Fe_2Al_5 , FeAl_3 , каждая из которых обладает определённой областью гомогенности 5, 8, 15%. Учитывая указанные различия в структуре и свойствах алюминия и железа, процесс сварки плавлением этих двух металлов представляет собой сложную технологическую задачу.

В исследовании [16] описаны различные типы сварочно-паяльных соединений, используемых в автомобильной промышленности (рисунки 3а, б). В применяемой методике лазерный луч направляется на присадочный пруток, который в расплавленном состоянии вступает во взаимодействие со сталью DX51D и сплавом AlMgSi1 (рисунок 4). При этом соединяемые материалы остаются неразрушенными под воздействием лазерного излучения.

Авторы представили результаты исследований лазерной сварки с использованием различных присадочных материалов (AlSi5 , AlSi12 , ZnAl2). Наибольшее значение прочности было достигнуто у образцов с присадочными материалами на основе цинка (220 МПа), в то время как прочность образцов с алюминиевыми присадками составила 160–180 МПа.

Разрушения образцов происходили преимущественно в зоне термического влияния алюминия (рисунок 5а, б).

Влияние формы разделки кромок (рисунки 6а, б, с) при сварке встык алюминиевого сплава 6061-T6 и стали DP590 проанализировано в работе \$17\$. Также был проведён сравнительный анализ полученных результатов с результатами математического моделирования распределения теплового поля в зависимости от формы разделки кромок. Предложенные модели оказались верифицированными. Предел прочности при растяжении исследованных образцов находился в диапазоне 108–145 МПа, а удлинение составляло менее 1 мм. Образцы с формой разделки, показанной на рисунке 6с, продемонстрировали наилучшую прочность и наименьшую толщину интерметаллических слоёв (ИМС) – всего 8,8 мкм. Напротив, образцы с формой разделки кромок, изображённых на рисунке 6а, показали самые низкие значения предела прочности при растяжении и наибольшую толщину ИМС.

Исследования сварки листов из алюминия и стали внахлёт описаны в работах \$18\$-\$20\$. В частности, работа \$18\$ посвящена изучению влияния удельной мощности лазера и метода сварки (облучения со стороны алюминия или со стороны стали) на механические характеристики сварных швов. Авторы пришли к выводу, что методика сварки, при которой лазерный луч воздействует на алюминий, не является оптимальной, так как расплавленный алюминий интенсивно реагирует со сталью, что может привести к формированию толстых слоев интерметаллидов и даже к появлению трещин.

Таким образом, несмотря на сложности, возникающие при сварке таких разнородных материалов, как сталь и алюминий, существует множество методов и подходов, позволяющих минимизировать риски образования дефектов и обеспечить высокую прочность сварных соединений.