

В.Н. Мышковец, А.В. Максименко, Г.А. Баевич, В.В. Грищенко

**УО «Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины», Гомель, Беларусь**

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ
ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ
ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ЛАЗЕРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**

Алюминиевые сплавы как конструкционные материалы широко применяются в различных отраслях промышленности: авиастроении, автомобилестроении, приборостроении, судостроении, и др. Основными достоинствами их как конструкционных материалов является малая плотность, высокая удельная прочность, высокая коррозионная стойкость.

Сварка и наплавка алюминиевых сплавов имеет определенные трудности, обусловленные тем, что эти металлы обладают особыми физико-химическими свойствами, такими как низкие значения модуля упругости и температуры кипения, высокие значения

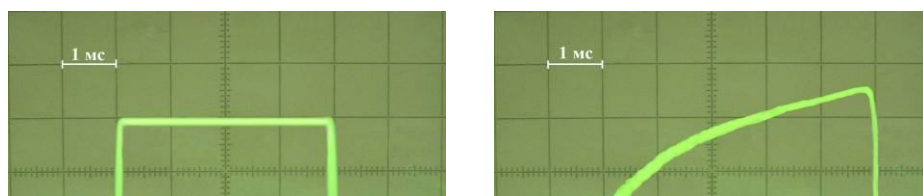
теплопроводности, удельной теплоемкости и коэффициента линейного расширения. Металлургические особенности сварки алюминиевых сплавов определяются взаимодействием их с газами окружающей среды, интенсивностью испарения легирующих элементов, а также особенностями кристаллизации в условиях сварочного процесса. Известно [1–3], что при температуре выше температуры плавления алюминий интенсивно окисляется. Образующийся оксид алюминия покрывает поверхность детали пленкой с температурой плавления 2050 °С. Коэффициент теплового расширения оксидной пленки в 3 раза меньше коэффициента расширения алюминия, поэтому при нагреве металла в ней образуются трещины. Наличие оксидной пленки на поверхности металла, а также вышеперечисленные особенности алюминиевых сплавов приводят к тому, что в процессе лазерной сварки и наплавки в сварном шве и наплавляемом металле могут возникать такие дефекты, как поры, микротрещины, непровары и др.

Для получения качественных сварочных соединений и наплавляемых покрытий из алюминиевых сплавов необходимо проводить экспериментальные исследования по установлению оптимальных режимов и условий обработки. Для импульсной лазерной сварки и наплавки алюминиевых сплавов необходимо оптимизировать параметры лазерного излучения, такие как: энергия в импульсе, длительность импульсов и их форма, и параметры процесса: скорость сварки, коэффициент перекрытия и расход газа в зоне воздействия лазерного излучения.

Целью данной работы являлось исследование влияния пространственно-энергетических и временных характеристик лазерного излучения, а также условий обработки на формирование покрытий из алюминиевых сплавов.

Экспериментальные исследования процесса наплавки алюминиевых сплавов проводились на лазерной установке, разработанной и созданной на базе твердотельного импульсного лазера на алюмо-иттриевом гранате с длиной волны излучения 1,06 мкм. Данная установка позволяет производить обработку материалов импульсами различной формы с длительностью от 250 мкс до 20 мс, максимальной средней мощностью излучения 400 Вт и частотой следования импульсов до 200 Гц.

В ходе выполнения экспериментальных исследований проводилась наплавка присадочного материала в виде проволоки из сплава АК-6 диаметром $d = 0,3 \cdot 10^{-3}$ м на поверхность образцов из сплава АК-6. Для наплавки применялись импульсы длительностью $(4-20) \cdot 10^{-3}$ с, формы которых представлены на рисунке 1.



- а) – импульс прямоугольной формы;
б) – импульс треугольной формы с возрастающим передним фронтом;
в) – импульс треугольной формы с убывающим задним фронтом.

Рисунок 1 – Формы импульсов генерации лазерного излучения

Частота следования импульсов лазерного излучения варьировалась в пределах от 5 до 20 Гц. Наплавка проводилась в среде аргона (расход аргона 4–6 л/мин). Перед проведением наплавки поверхности присадки и основы обезжиривались и подвергались травлению.

Металлографические исследования наплавляемых покрытий проводились с использованием автоматического микротвердомера DM-8 при увеличении $100\times$.

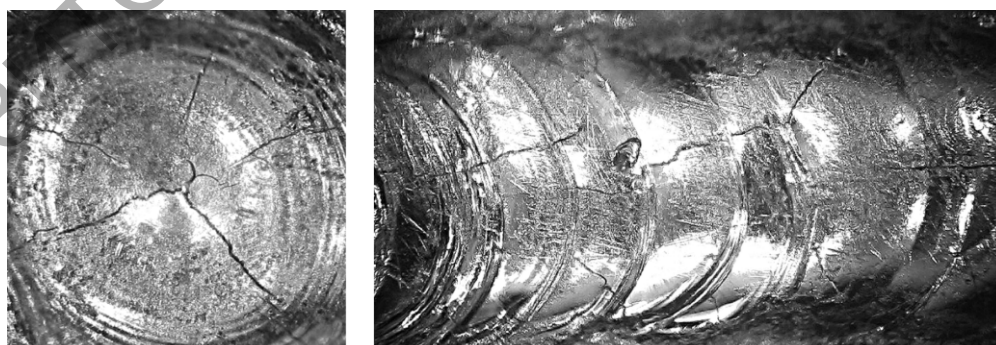


Рисунок 2 – Наплавка при использовании лазерных импульсов прямоугольной формы и треугольной формы с возрастающим передним фронтом

На рисунке 2 представлен вид поверхности наплавленного покрытия

при использовании импульсов прямоугольной формы и треугольной формы с возрастающим передним фронтом в заданных энергетических и временных диапазонах. Из рисунка видно, что на поверхности присутствуют радиальные трещины, количество и глубина которых зависит от плотности мощности лазерного излучения в зоне воздействия.

При использовании импульсов треугольной формы с убывающим задним фронтом в диапазоне изменения длительности от 6 до 20 мс и энергией 20 Дж радиальные трещины на поверхности металла не наблюдались (рисунок 3).

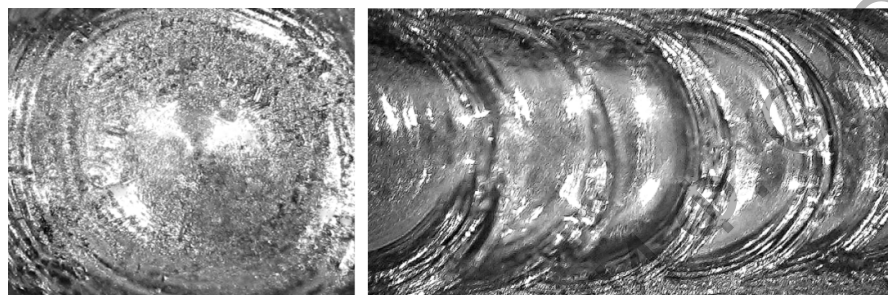


Рисунок 3 – Наплавка при использовании лазерных импульсов треугольной формы с убывающим задним фронтом

Для определения влияния характеристик импульсного лазерного излучения на процесс трещинообразования в зоне воздействия лазерного излучения были изготовлены шлифы, по которым определялось количество трещин. Внешний вид зоны лазерного воздействия с наличием микротрещин представлен на рисунке 4. Анализ исследований показал, что наименьшее количество микротрещин по глубине металла наблюдается при использовании импульса в виде треугольника с убывающим задним фронтом (рисунок 4,в).

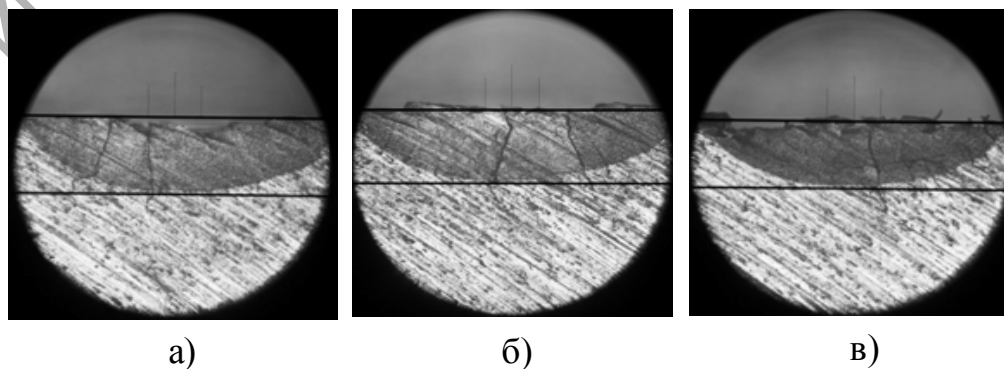


Рисунок 4 – Внешний вид зоны лазерного воздействия с наличием микротрещин

Можно предположить, что образование микротрещин в расплавах

является следствием тангенциальных термических напряжений, возникающих при сверхбыстром нагреве и охлаждении сплавов, а также разности плотности твердой и жидкой фаз. Действие этих механизмов трещинообразования подтверждается тем, что глубина проникновения трещин охватывает не только переплавленную часть слоя, но и смежную с ней область термического влияния (рисунок 4). Для определения характера формирования термических напряжений и их величины в алюминиевых сплавах при импульсном лазерном воздействии необходимо провести теоретические исследования по установлению закономерности распределения тепловых полей в зоне обработки, что и является целью наших дальнейших исследований.

Литература

1. Бондарев, А.А. Лазерная сварка алюминиевых сплавов (обзор) / А.А. Бондарев, Андр. А. Бондарев // Автоматическая сварка. – 2001. – № 12. – С. 21–28.
2. Технология и оборудование сварки плавлением / Г.Д. Никифоров, Г.В. Бобров, В.М. Никитин, В.В. Дьяченко. // М.: Машиностроение, 1987. – 327 с.
3. Астапчик, С.А. Лазерные технологии в машиностроении и металлообработке / С.А. Астапчик, В.С. Голубев, А.Г. Маклаков. – Минск: Белорус. наука, 2008. – 251 с.