

ИЗМЕНЕНИЕ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ СПЛАВОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ УФ НАНОСЕКУНДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Миколюцкий С.И.¹, Малинский Т.В.¹, Роголин В.Е.¹, Хомич Ю.В.¹, Каплунов И.А.², Люшинский А.В.³, Пантелеенко Ф.И.⁴, Миньков А.Л.⁴

¹Институт электрофизики и электроэнергетики РАН, Санкт-Петербург ²Тверской государственный университет, Тверь

³ООО «Авиационно-космические технологии», Москва ⁴Белорусский национальный технический университет, Минск

E-mail: Mikolserg@mail.ru

Формирование микронных и субмикронных структур при лазерной обработке поверхности твёрдых тел может приводить к улучшению электронно-эмиссионных, трибологических, излучательных и поглощательных свойств материалов. Интересным с практической точки зрения является изменение адгезионных свойств поверхности при диффузионной сварке конструкционных материалов, используемых в авиационном и атомном машиностроении, что приведет к повышению качества их соединений [1-3]. В данной работе исследовалось воздействие наносекундных лазерных импульсов УФ излучения на структуру поверхности коррозионностойких сплавов и их адгезионные свойства.

Экспериментальная установка

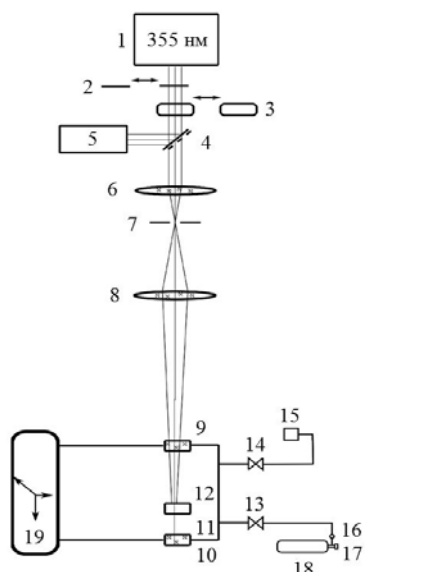


Рисунок 1. Схема установки для лазерного микроструктурирования: 1 – Nd:YAG лазер; 2 – затвор; 3 – калиброванный измеритель энергии; 4 – полупрозрачное зеркало; 5 – приемник излучения; 6 – конденсор; 7 – диафрагма; 8 – проекционная линза; 9, 10 – флюоритовые окна; 11 – облучаемый образец; 12 – газовая камера; 13, 14 – вентили; 15 – вакуумный насос; 16 – манометр; 17 – вентиль; 18 – газовый баллон; 19 – трехкоординатный подвижный столик.

Лазерная обработка материалов

Для экспериментов использовались образцы цилиндрической формы высотой 10 мм и диаметром 15 мм. Лазерная обработка образцов производилась на длине волны излучения 355 нм, при длительности импульса в 10 нс, частота следования импульсов составляла 100 Гц, скорость сканирования менялась от 0,5 до 1,0 мм/с.

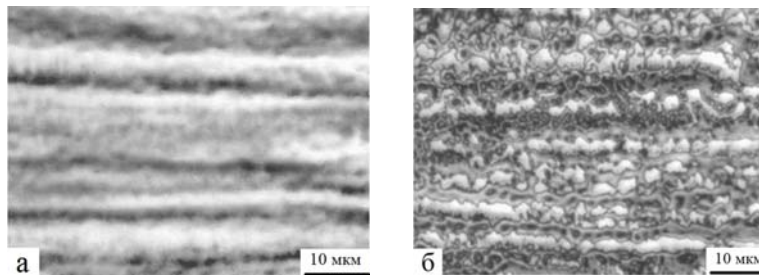
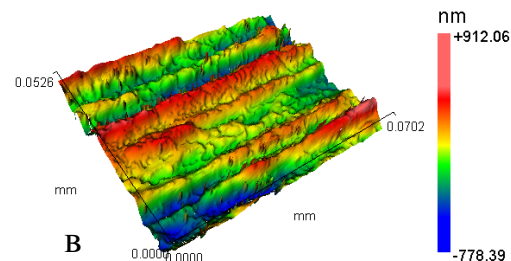


Рисунок 2. Микрофотографии поверхности коррозионностойкой стали до обработки (а) и после обработки (б) сканирующим пучком Nd:YAG-лазера в вакуумной камере (плотность энергии в импульсе – 1,1 Дж/см², скорость сканирования – 1,0 мм/с) с данными профилометрии обработанной поверхности (в)



Исследование адгезионных свойств материалов при их диффузионной сварке

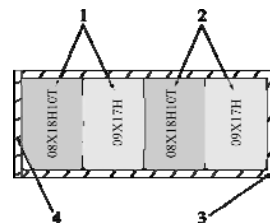
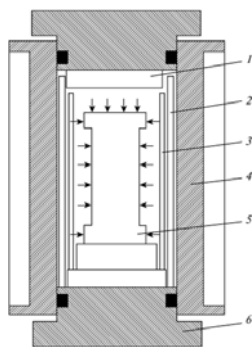


Рисунок 4. а) Схема укладки образцов из стали 08X18H10T и 09X17H в контейнер для диффузионной сварки: 1 - сборка 08X18H10T – 09X17H с обработанными поверхностями; 2 - контрольная сборка 08X18H10T – 09X17H (без лазерной обработки); 3 - тонкостенный контейнер; 4 - крышка контейнера; б) фото сваренной заготовки с вырезанными из нее образцами для механических испытаний.

Таблица 1. Предел прочности диффузионно-сварных соединений сталей

Тип соединения	Лазерная обработка (плотность энергии в импульсе, Дж/см ²)	Предел прочности, МПа
08X18H10T+09X17H	–	416
08X18H10T+09X17H	2,0	474

Диффузионная сварка широко используется при изготовлении прецизионных узлов для соединения металлов, сплавов и керамических изделий в таких высокотехнологических отраслях как аэрокосмическая промышленность и атомная энергетика. Ее преимуществами являются высокое качество сварного соединения, возможность сварки разнородных материалов и деталей различных форм и размеров. В работе использовалась сварка в условиях горячего изостатического прессования под давлением 160 МПа при температуре 1160 °С. Стальные заготовки сваривались по торцевой поверхности. Сварка всех групп осуществлялась одновременно и при одинаковых условиях. После сварки проводились измерения предела прочности сварного шва. Из сваренной заготовки изготавливали образцы тип 1 по ГОСТ 6996-66 и испытывали их на статическое растяжение при комнатной температуре. Результаты испытаний сварных соединений приведены в таблице 1.

Результаты

За счет предварительной лазерной термообработки поверхностей коррозионностойких сталей наносекундными импульсами УФ диапазона удалось повысить предел прочности сварного соединения с 416 МПа до 474 МПа, то есть на 14 %, что говорит об изменении адгезионных свойств материалов и возможности улучшения качества такого рода соединений. Результаты выполненных исследований могут быть использованы для повышения надежности узлов в атомном, аэрокосмическом и авиационном машиностроении.

References:

- [1] Миколюцкий С.И., Хомич Ю.В. // Физика металлов и металловедение. 2021. Т. 122. № 2. С. 159-165.
 [2] Khomich Yu. V., Malinsky T. V., Mikolutskiy S. I., Rogalin V. E., Yamschikov V. A., Kaplunov I. A., Ivanov A. I. // Journal of Physics: Conference Series. 2020. V. 1697. P. 012254.
 [3] Малинский Т.В., Роголин В.Е. // Журнал технической физики. 2022. Т. 92. № 2. С. 268-273.