

# ОСОБЕННОСТИ ЭРОЗИОННОГО ФАКЕЛА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА МЕТАЛЛИЧЕСКУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

Федоров В.А., Кузнецов П.М., Яковлев А.В.

Тамбовский государственный университет им. Г.П. Державина, Тамбов, Россия.  
[feodorovi@tsu.tmb.ru](mailto:feodorovi@tsu.tmb.ru)

При воздействии лазерного излучения на поверхность материалов появляется эрозионный факел, свойства которого до конца не изучено. Поэтому, исследование процесса развития эрозионного факела является актуальной задачей.

В экспериментах использовали пластины сплава Fe-Si (4,3% Si), имеющие размеры  $60 \times 10 \times 0,27$  мм. Эксперименты проводили на установке ЛТА-4-1 с активным элементом на основе иттрий алюминиевого граната легированного ниодимом (Nd:YAG), с длиной волны 1,064 мкм и гауссовским пространственным распределением интенсивности пучка, а также прямоугольным временным профилем. Энергию и время воздействия лазерного импульса определяли при помощи измерителя энергии и мощности ИЭМ-4-1. Характерный размер (ширина по полувысоте) пятна лазерного излучения на поверхности образцов, не превышал 0,5 мм. Для регистрации эрозионного факела применяли фотоэлементы Ф-14 (с полосой пропускания в видимой области), подключенные к 8 битному АЦП. Эксперименты производили в защитной атмосфере аргона. Обработка полученных сигналов производилась в программе Origin.

Принципиальная схема измерений представлена на рис. 1.

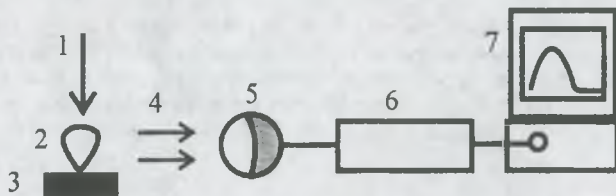


Рис. 1. Методика регистрации излучения эрозионного факела, где цифрами обозначено: 1. Лазерное излучение; 2. Эрозионный факел; 3. Образец; 4. Излучение; 5. Фотоэлемент (Ф-14); 6. АЦП; 7. ЭВМ.

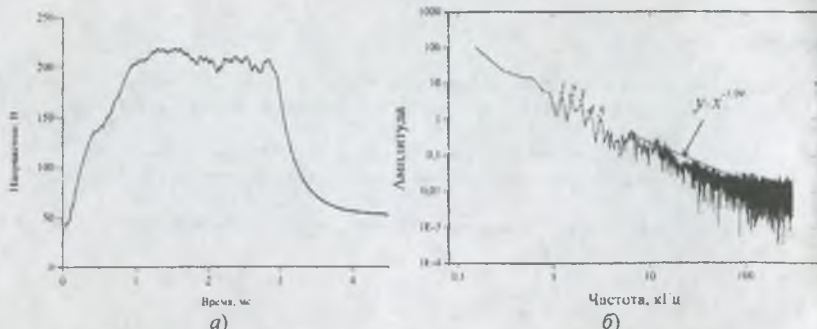


Рис. 2. а) характерный вид сигнала фотоэда (энергия в импульсе 1,93 Дж); б) Характерный Фурье-спектр верхней части сигнала фотоэда полученный для энергии 1,93 Дж (для рис. 2а).

Из рис. 2а видно, что при достижении максимальной интенсивности излучения в течение 2 мс она носит колебательный характер. Изменения интенсивности излучения несут информацию о процессах, происходящих в эрозионном факеле (интенсивность излучения зависит от скорости истечения материала образца). Можно предложить несколько механизмов колебаний эрозионного факела: 1) колебания приповерхностной плазмы; 2) автоколебательный режим факела; 3) турбулентность газодинамической струи (факела). Для выяснения вклада каждого из указанных механизмов необходимо детально изучить полученный сигнал. Поэтому, для более подробного изучения колебаний, полученные данные разлагались в спектр Фурье при помощи быстрого Фурье преобразования (Fast Fourier transform) выполненного в программе Origin. Для третьего механизма необходимо определить показатель Колмогорова. Как известно из теории турбулентного течения (например [1]) показатель Колмогорова необходим, как показатель диссипации энергии в среде.

Из рис. 2 видно, что характер частотной зависимости не имеет выраженного диссипативного интервала, но имеет только инерционный интервал [2]. Показатель степенной функции, огибающей максимумы амплитуд в высокочастотной части спектра, близок к единице. Т.о., амплитудный спектр не имеет турбулентного характера.

Для характеристики автоколебательного режима необходимо определить характерные частоты. Частоты колебаний, а также вклад (по отношению к первой частоте №1 указанной на рис. 2) каждой частоты для рис. 2 представлены в таблице 1

Таблица 1.

№ гармоники	Частота, кГц	Вклад в спектр, %
1	1,22	100
2	1,5	86
3	1,9	61
4	2,44	25
5	3,0	22

Частоты с номерами 1–3 относятся к автоколебаниям эрозионного факела, а 4, 5 относятся к колебаниям приповерхностной плазмы [3].

Т.о., спектр не связан с турбулентностью. Обнаруженные частоты связаны с автоколебаниями эрозионного факела и с колебаниями приповерхностной плазмы.

#### Список литературы

1. Фрик П.Г. Турбулентность: подходы и модели. Ижевск.: РХД, 2010 г. 332 стр.
2. Гарбарук А.В., Стрелец М.Х., Шур М.Л. Моделирование турбулентности в расчетах сложных течений: учебное пособие – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 88 с.
3. Зайкин А.Е., Левин А.В., Петров А.Л. Влияние индуцируемых лазером капиллярных волн на тепло- и массоперенос при лазерно-дуговой обработке металлов // Квантовая электроника. 21. № 5. 1994. с. 486–490