

Влияние давления фонового газа на качество лазерной обработки металлов

С.В. Васильев, И.К. Губаревич, А.Ю. Даукша, А.Ю. Иванов,
В.И. Недолугов

Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, Гродно
E-mail: ion_ne@mail.ru

В качестве воздействующего лазера использовался лазер ГОР-100М, работавший в режиме свободной генерации, что позволяло получать импульсы длительностью $\sim 1,2$ мс с энергией E , варьировавшейся в пределах от 5 до 60 Дж. Фокусирующая система формировала на поверхности изучаемого образца изображение диафрагмы. Диаметр полученного таким образом пятна излучения с резкими краями варьировался в ходе экспериментов от 1 до 2 мм. Образец, находящейся в вакуумной камере, помещался в одно из плеч голографического интерферометра Маха-Цендера, который освещался излучением рубинового лазера, работавшего в режиме свободной генерации. Зондирующее излучение направлялось в коллиматор, позволяющий получать параллельный световой пучок диаметром ~ 3 см. Интерферометр был состыкован со скоростной фоторегистрирующей камерой СФР-1М. Полученные отдельные кадры голограммы сфокусированного изображения имели пространственное разрешение по полю объекта ~ 200 мкм, временное разрешение составляло ~ 1 мкс. Зарегистрированные интерферограммы были использованы для расчета полей показателя преломления лазерной плазмы и связанных с ними полей распределения электронной плотности.

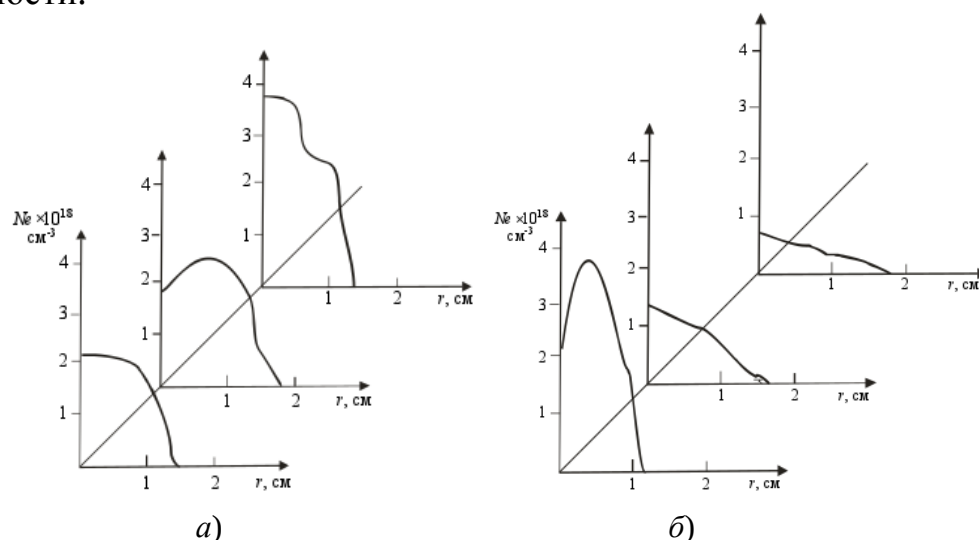


Рис. 1. Распределение электронной плотности в момент времени 16 мкс в лазерной плазме при атмосферном (а) и при пониженном (10^{-1} Па) (б) для сечений, отстоящих от поверхности образца на расстоянии 3 (1), 5 (2), 10 (3) мм

На рисунке 1. представлены рассчитанные по интерферограммам поля плотности электронов в лазерной плазме в различные моменты времени. Для исследования формы поверхности образовавшегося на пластине кратера использовался метод проекции полос. На рисунке 2 представлены фотографии образовавшегося на металлической мишени кратеров при различном давлении окружающего газа.

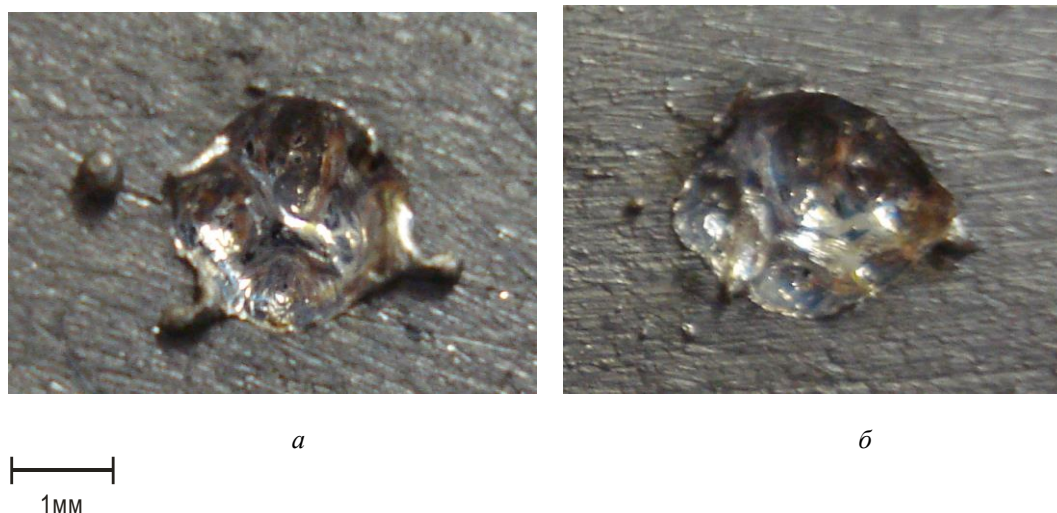


Рис. 2. Фотографии кратеров при атмосферном (а) и при пониженном (10^{-1} Па) (б) давлении окружающего образец газа

Проведенные исследования показали, что поверхностная структура и рельеф кратера, полученного при различных давлениях окружающего газа, различны. Кратер, полученный при воздействии лазерного излучения на образец при атмосферном давлении ($P = 10^5$ Па) имеет внешние наплавы расплавленного и застывшего металла, на которых по направлению ярко выраженных выбросов, связанных с распределением освещения, в пятне фокусировки лазерного излучения, находятся крупные капли с размерами $\sim 0,3$ мм. Внутренняя часть кратера имеет гладкую, хорошо оплавленную, почти зеркальную поверхность, рельеф передает пространственную структуру лазерного излучения. При давлении $P = 10^{-1}$ Па капли металла, находящихся вне кратера уменьшаются до размера $\sim 0,05$ – $0,08$ мм, сам кратер при $P < P_0$ имеет четкую внешнюю границу практически без буртиков. Внутренняя часть зоны разрушения представляет собой шероховатую, как бы испещренную трещинами поверхность, внутри наблюдаются капли размером $< 0,01$ мм. Максимальная глубина кратера при атмосферном давлении и воздействующей энергии 20 Дж, площадь пятна фокусировки 4 мм^2 составляла 0,3 мм, а при давлении 10^{-1} Па и тех же параметрах $\sim 0,25$ мм. Соответственно различны и их объёмы; они составляют $\sim 1 \text{ мм}^3$ (P_0) и 0,8 мм (P).