

УДК 621.797

Куливар В.В., аспирант, Деревягина Н.И., к.т.н., доцент,
*Национальный технический университет «Днепропетровская политехника», г. Днепр,
 Украина*

Кириченко А.Л., к.т.н., главный технолог,
*Государственное предприятие «Научно-производственное объединение
 «Павлоградский химический завод», г. Павлоград, Украина*

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ К ДЕЙСТВИЮ ЛАЗЕРНОГО ИМПУЛЬСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Более 25 лет назад в Горной академии Украины был изготовлен первый в мире экспериментальный образец оптической системы инициирования зарядов взрывчатых веществ (ВВ) В [1,2]. Это изобретение стало возможным благодаря разработке и синтезу ряда светочувствительных первичных ВВ нового класса и методов их испытания [3-7], способов формирования профилированных ударных волн и их применения [8-10].

Для обработки экспериментальных данных необходимо знать диаметр лазерного пучка на поверхности ВВ. В [11] предложена методика измерения диаметра лазерного пятна по отпечаткам, возникающим при действии лазерных импульсов на материал, претерпевающий фазовое превращение, наблюдаемое визуально или под микроскопом. Фазовый переход должен носить пороговый характер, т.е. осуществляться при воздействии лазерной энергии, плотность которой превышает некоторую пороговую величину E^* . В этом случае получают контрастные отпечатки, размеры которых могут быть измерены с большой точностью. В качестве такого материала использовалась засвеченная и проявленная фотобумага, меняющая окраску при лазерном воздействии (рисунок 1).

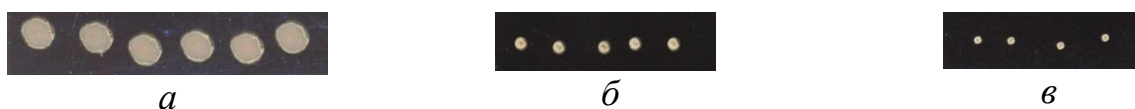


Рис. 1– Примеры отпечатков лазерных отпечатков на фотобумаге:
 а, б, в – М 1:1

Основное допущение, принятое в методике, заключается а в том, что функция распределения интенсивности излучения в поперечном сечении пучка не меняется от импульса к импульсу. Это требование выполняется при стабильной работе ОКГ, генерирующего импульсы с одинаковой энергией. Изменение плотности энергии излучения осуществлялось с помощью калиброванных светофильтров.

Распределение плотности энергии по сечению пучка приближенно будем искать в следующем виде:

$$E(r)=E_0\omega(r), \quad (1)$$

где E_0 - плотность энергии в центре пучка, r -радиус окружности, на которой ищется значение величины $E(r)$.

Представление функции плотности энергии в виде (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**) предполагает радиальную симметрию функции распределения.

Нормируем эту функцию на полную энергию в импульсе W

$$W = 2\pi E_0 \int_0^{\infty} \omega(r)rdr. \quad (2)$$

Разделив (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**) на (2), получим

$$E(r)/W=\omega(r)/2\pi k, \quad \text{где } k = \int_0^{\infty} \omega(r)rdr.$$

Меня пропускание лазерного тракта, получали серию отпечатков, радиусы которых измеряли с помощью микроскопа (рисунок). Граница отпечатков соответствует пороговой энергии изменения окраски E^* . Используя результаты измерений, запишем систему уравнений в виде:

$$E^*(r)/W_i=\omega(r_i)/2\pi k, \quad i=1, \dots, n, \quad (3)$$

где n - количество измерений; W_i – энергия излучения, при которой радиус отпечатка равен r_i .

Построив зависимость $W(r)$ методом экстраполяции находим энергию $W(0)$, при которой радиус отпечатка равен нулю. Зная эту величину, определяем пороговую энергию фазового превращения фотобумаги:

$$E^*/W(0)=\omega(0)/2\pi k=1/2\pi k. \quad (4)$$

Разделив последовательно уравнения системы (3) на уравнение (4), получим:

$$\omega(r_i)=W(0)/W_i, \quad i=1, \dots, n. \quad (5)$$

Знание функции распределения $\omega(r)$ полностью решает поставленную задачу. Для определения плотности энергии в центре пучка E_0 , а также E^* необходимо путем графического интегрирования найти величину k .

Плотность энергии в центре пучка E_0 вычислялась по формуле:

$$E_0=W/(2\pi k). \quad (6)$$

В качестве характеристики чувствительности может быть выбрана или средняя плотность энергии лазерного импульса $E_{cp}=4W/\pi d_*^2$, или плотность энергии в центре пучка E_0 . Здесь d_* – диаметр отпечатка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. OPSIN – A new system of blasthole and deep-hole charges blasting in explosives / V.V. Sobolev, A.V. Chernay, N.M. Studinsky // 5th – International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, Sao Paulo, Brazil, 22-25 October 1996. – Sao Paulo, 1996. – P. 441-443.

2. Соболев В.В., Чернай А.В., Чернай В.А., Илюшин М.А. К вопросу о разработке системы лазерного взрывания зарядов ВВ // Высокоэнергетическая обработка материалов. Сб. науч. тр. / Редкол.: Соболев В.В. (Отв. ред.) и др. - Днепропетровск: Арт-Пресс, 1997. – С. 63-67

3. Chernai, A.V., Sobolev, V.V., Chernaj, V.A., Ilyushin, M.A., Dlugashek, A. (2003) Laser ignition of explosive compositions based on di-(3-hydrazino-4-amino-1,2,3-triazole)-copper (II) perchlorate. *Combustion, Explosion and Shock Waves* Vol. 39, Issue 3, May 2003, Pages 335-339.

4. Chernai, A.V., Sobolev, V.V., Chernaj V.A., Ilyushin, M.A., Dlugashek, A. (2003) Laser initiation of charges on the basis of di-(3-hydrazino-4-amino-1,2,3-triazol)-copper (II) perchlorate // *Fizika Goreniya i Vzryva*. Volume 39, Issue 3, 2003, Pages 105-110.

5. Чернай А.В., Соболев В.В., Чернай В.А., Илюшин М.А., Длугашек А. Лазерное инициирование взрывчатых составов на основе ди (3-гидразино-4-амино-1,2,3-триазол) медь (II) перхлора // *Физика горения и взрыва*. – 2003. – №3. – С.105-110.

6. Chernai, A.V., Sobolev, V.V., Ilyushin, M.A., Zhitnev, N.E., Petrova, N.A. (1996) On the mechanism of ignition of energetic materials by a laser pulse // *Chemical Physics Reports* Volume 15, Issue 3, 1996, Pages 457-462.

7. Кириченко А.Л., Куливар В.В., Соболев В.В. Взрывчатые композиты, высокочувствительные к импульсному лазерному излучению // *Вісті Донецького гірничого інституту*. –2017. – №2(41). – С. 138-145.

8. Chernaj, A.V., Sobolev, V.V., Ilyushin, M.A., Zhitnik, N.E. The method of obtaining mechanical loading pulses based on a laser initiation of explosion of explosive coatings// *Fizika Goreniya i Vzryva* Volume 30, Issue 2, March 1994, Pages 106-111.

9. Chernai, A.V., Sobolev, V.V., Ilyushin, M.A., Zhitnik, N.E. Generating mechanical pulses by the laser blasting of explosive coating // *Combustion, Explosion, and Shock Waves* Volume 30, Issue 2, March 1994, Pages 239-242.

10. Chernaj, A.V., Sobolev, V.V. Laser method of profiled detonation wave generation for explosion treatment of materials // *Fizika i Khimiya Obrabotki Materialov* Issue 5, September 1995, Pages 120-123.

11. Sobolev V., Shiman L.N., Nalisko N.N. Kirichenko A.L. (2017) Computational modeling in research of ignition mechanism of explosives by laser radiation // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, – 2017, – №6. – P. 53-60.