

УДК 621.797

Скобенко О.В., к.т.н., доцент, декан факультету будівництва, Кулівар В.В., аспірант, Дараган Т.В., магістр, лаборант, Пост Л.В., магістр, гр. 184М-19-2 ФБ, *Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»*, м. Дніпро, Україна

ЗАКОНОМІРНОСТІ ІНІЦІУВАННЯ СВІТЛОЧУТЛИВИХ ВИБУХОВИХ КОМПОЗИТІВ

Ефективність будь-яких підривних робіт залежить головним чином від технічного стану засобів підривання фізико-технічних характеристик системи ініціювання зарядів вибухових речовин. Під ефективністю в першу чергу слід розуміти здатність систем забезпечити високий рівень безпеки під час підготовки та виконання вибухових робіт, абсолютну відсутність реакції до дії зовнішніх електромагнітних наведень. Значний вплив на ступінь безпеки надають засоби ініціювання, що включають первинні ВР. Тому найбільш ефективний і майже чи не єдиний шлях вирішення проблеми – створення первинних ВР з чутливістю до механічних та теплових полів аналогічною такій, яка відповідає вторинним ВР (наприклад, пентаерітриттетранітрат – ТЕН).

Такі питання як безпека використання засобів підривання їх надійність і прецезійність, екологічна, технологічна і економічна ефективність набувають особливої актуальності при виконанні масового підривання шпурових або свердловинних зарядів ВР. Достатньо навести приклади з організації робіт при підземному видобуванні вугілля і залізної руди та на відкритих розробках корисних копалин і будівельних матеріалів у тому числі [3]. Стає зрозумілим, що вирішення поставлених питань має безпосередній зв'язок з вирішенням ключової проблеми – розробкою, створенням технології та синтезом принципово нових первинних ініціюючих вибухових речовин [4-6], властивості яких відповідають вимогам сучасних технологій, і системи їх ініціювання [7].

У зв'язку з цим, одним з найбільш актуальних напрямів в області хімії та фізики вибуху є дослідження закономірностей взаємодії вибухових речовин з лазерним імпульсним випромінюванням. Зокрема, для розуміння механізму збудження детонації важливе значення мають дослідження оптичних властивостей вибухових речовин. У цьому сенсі актуальність розуміння фізики процесу запалювання та фундаментальні знання є важливою основою для створення нового класу первинних вибухових речовин з характеристикою аномально високої світлочутливості.

Розвиток досліджень цього напрямку в Україні помітно почав зростати з використанням лазерів у дослідженнях запалювання бризантних ВР. З початку 90-х років роботи проводилися науковцями Дніпропетровського гірничого інституту як разом з колегами з Російської федерації [8-14] та Польщі [15-18].

Чисельне моделювання здійснювалося з використанням фізичних параметрів вибухової речовини з імпульсним випромінюванням лазера на неодимовому склі з довжиною хвилі 1,06 мкм. Математична модель дозволяє досліджувати особливості ініціювання вибухового перетворення бризантних вибухових речовин короткими світловими імпульсами. На прикладі ТЕНу показано, що цей процес повністю визначається параметрами, які характеризують інтенсивність випромінювання і поглинальні властивості вибухової речовини. Залежно від значення цих величин можуть бути реалізовані якісно різні процеси ініціювання – на поверхні або у середині речовини. У останньому випадку виділення хімічної енергії призводить до утворення так званого «хімічного» піку тиску. До чинників, що впливають на ініціювання вибухової речовини випромінюванням лазера, часто беруть до уваги початкову температуру зразка вибухової речовини. За даними деяких досліджень відома залежність чутливості вибухової речовини до дії лазерного випромінювання від початкової температури. Експериментально спостерігалось незначне підвищення чутливості зразків флегматизованого азиду свинцю при збільшенні початкової температури на 420 К, якщо використовується лазер в режимі вільної генерації (імпульс до 1 мс). Але у режимі велетенського імпульсу ($\tau = 30$ нс) вплив температури нагріву зразка на чутливість не виявлено.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Илюшин М.А. Разработка компонентов высокоэнергетических композиций (Монография) / М.А. Илюшин, И.В. Целинский, А.М. Судариков и др. // СПб: ЛГУ им. А.С. Пушкина, 2006. – 150 с.
2. Илюшин М.А. Металлокомплексы в высокоэнергетических композициях: монография / М.А. Илюшин, А.В. Смирнов, А.М. Судариков и др. / Под.ред. И.В. Целинского. – Санкт-Петербург: ЛГУ им. А.С. Пушкина. – 2010. – 188 с.
3. Соболев В.В. Технология та безпека виконання підривних робіт / В.В.Соболев, Р.М.Терещук, О.Є.Григор'єв. – Дніпро: НГУ, 2017. – 317 с.
4. Кириченко А.Л. Взрывчатые композиты, высокочувствительные к импульсному лазерному излучению / А.Л.Кириченко, В.В.Куливар, В.В.Соболев // Вісті Донецького гірничого інституту. -2017. – №2. – С. 138-146.
5. Возможные механизмы зажигания взрывчатых веществ лазерным импульсным излучением / В.В.Соболев, В.В.Куливар, А.Л.Кириченко и др. // Форум гірників- 2017. –Дніпро: Національний гірничий університет, 2017. – С. 219–228.
6. Кириченко А.Л., Куливар В.В. Расчет оптических характеристик микроразмерных неоднородностей взрывчатых веществ с использованием теории /Ми // Форум гірників- 2018. –Дніпро: Національний гірничий університет, 2018. – С. 84–89.
7. Элементы оптической системы инициирования и некоторые их характеристики / А.С.Романова, В.В.Куливар, В.В.Соболев // XIII Всеукраїнська

наук.-техн. конф. «Сучасні технології ведення буровибухових робіт та безпека застосування гранульованих і емульсійних вибухових речовин. Їх економічна ефективність і техногенна безпека»: матеріали конференції. – Кременчук: КрНУ, 2016. – 68 с. – С. 26-29.

8. Chernaj A. V., Sobolev V. V., Ilyushin M. A., Zhitnik N. E. (1994), "The method of obtaining mechanical loading pulses based on a laser initiation of explosion of explosive coatings", *Fizika Goreniya i Vzryva*, Vol. 30, No. 2, pp. 106-111.

9. Chernaj A. V., Sobolev V. V., Ilyushin M. A., Zhitnik N. E. (1994), "Generating mechanical pulses by the laser blasting of explosive coating", *Combustion, Explosion, and Shock Waves*, Vol. 30, No. 2, pp. 239-242.

10. Chernaj 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*, Vol. 15, No. 3, pp. 457-462.

11. Chernaj 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*, Vol. 3, pp. 105-110.

12. Chernaj A. V., Sobolev V. V., Chernaj V. A., Ilyushin M. A., Dlugashek A. (2003), "Dlugashek, 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, No. 3, pp. 335-339.

13. Sobolev V. V., Gubenko S. I. (1995), "Some features of the distribution of elements in the structure of pressure-treated cast iron", *Metal Science and Heat Treatment*, Vol. 37, No. 11, pp. 446-449.

14. Sobolev V., Chernaj A., Studinski N. (1996), "OPSIN – a new system of blast-hole change blasting in explosives", 5-th International symposium on mine planning and equipment + selection. San Paulo, Brazil. pp. 441-443.

15. Sobolev V. V., Chernaj A. V., Kashuba O. I. (1996), "The new optical system for initiating drilling explosive charges", ["Novaya opticheska sistema za initsiirane na sondazhni vzrivni zaryady"], *Minno delo i geologiya*, No. 9, pp.16-18 (in Bulgarian)].

16. Соколев В.В., Чернай А.В. Использование метода монте-карло для решения задачи возбуждения детонации в заряде ВВ лазерным моноимпульсом // Информационный бюллетень Украинского союза инженеров-взрывников. – 2013. – № 1. – С. 3-8.

17. Sobolev V. V., Shyman L. N., Nalisko M. M., Kyrychenko O. L. (2017), "Computational modeling in research of ignition mechanism of explosives by laser radiation", *"Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu"*, No. 6, pp. 53-60.

18. Sobolev V. V., Ustimenko E. B., Nalisko N. N., Kovalenko I. L. (2018) The macrokinetics parameters of the hydrocarbons combustion in the numerical calculation of accidental explosions in mines // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, –2018– №1– P. 89-98.