

Б.И. Паламарчук, д.ф.-м.н.,  
А.Н. Манченко, А.В. Черкашин,  
А.Т. Малахов, В.А. Кулешов  
(Институт электросварки им. Е.О. Патона)

## **МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ ВЗРЫВА НА ОСНОВЕ ГАЗОСОДЕРЖАЩИХ ГЕТЕРОГЕННЫХ СРЕД**

Приведено результати дослідження локалізації вражаючої дії ударних хвиль перетворювачами енергії на основі гетерогенних матеріалів при обробці металів вибухом. Представлено експериментальні дані по структурі й параметрах ударних хвиль (УХ), а також проведено їхнє зіставлення з параметрами УХ при вибуху відкритих зарядів.

## **MULTIPURPOSE CONVERTERS OF EXPLOSION ENERGY ON THE BASIS OF GAS-LIQUID HETEROGENEOUS MEDIUMS.**

Results on localization of damaging action of shock waves by converters of energy on the basis of heterogeneous materials at metal treatment by explosion are presented. Experimental data on structure and parameters of shock waves (SW) and their comparison to SW parameters at explosion of open charges are given.

Применение взрывных технологий на объектах топливно-энергетического комплекса по сравнению с традиционными методами дают значительный выигрыш по производительности, а иногда не имеют альтернативы в силу условий, в которых необходимо проводить технологические операции обработки материалов, резки и демонтажа конструкций различного назначения.

Однако, использование зарядов взрывчатых веществ для металлообработки взрывом сопровождается также рядом негативных факторов, таких как: ударные волны, импульсный шум, осколки, опасность возгорания при ведении работ в пожароопасных средах.

На рис. 1 представлены общий вид кумулятивных зарядов используемых для резки металлоконструкций взрывом.

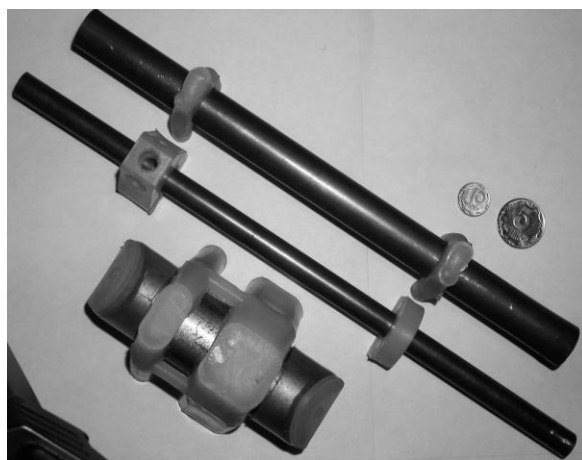
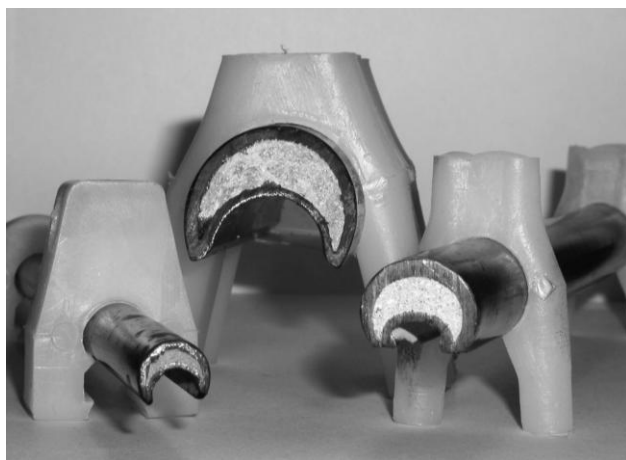


Рис. 1 - Удлиненные кумулятивные заряды различных типоразмеров с крепёжными элементами

Ниже, на рис. 2 представлены осколки, образующиеся в результате срабатывания кумулятивных зарядов, которые представляют собой фрагменты зарядов, электродетонаторов и крепёжных элементов.



Рис. 2 - Осколки, образующиеся в результате срабатывания кумулятивных зарядов

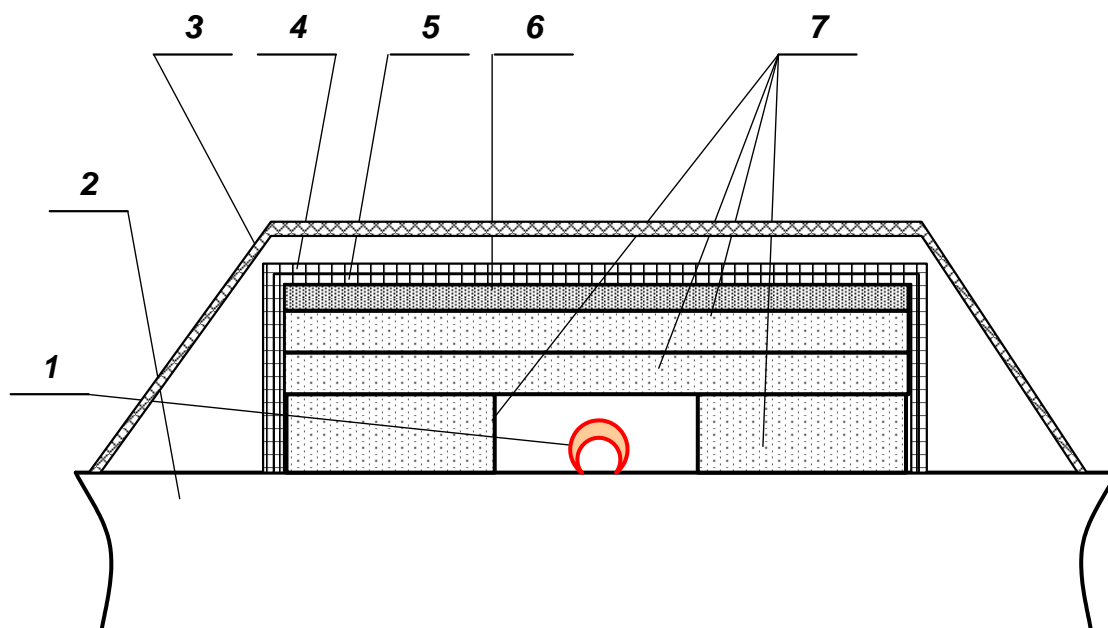
Традиционные взрывозащитные камеры для металлообработки взрывом имеют соотношение массы камеры к массе ВВ в тротиловом эквиваленте подрываемого заряда на уровне 1000. Лучшие образцы взрывозащитных камер для перехвата осколков имеют защитные жесткие оболочки из композитных волокнистых материалов с металлическими каркасными элементами. Наименьшее соотношение массы камеры и массы взрывающегося заряда из конденсированного ВВ для таких камер равно 235 кг на 1 кг тротила.

Применение гетерогенных сред (ГС) типа водо-воздушных пен и пузырьковых сред для локализации действия взрыва с целью обеспечения безопасности и экологической чистоты взрывных технологий имеет свои преимущества и недостатки. К основным недостаткам широко используемых для демпфирования ударных волн газожидкостных сред следует отнести их термодинамическую неустойчивость и необходимость специального оборудования для создания этих сред на месте проведения взрывных работ. Вместе с тем преимущества, связанные с мобильностью таких средств защиты и простотой их применения, в ряде случаев делают их незаменимыми при проведении технологических взрывных работ, когда невозможно использование традиционных металлических взрывных камер или полигонов.

Основным физическим механизмом, обеспечивающим снижение параметров ударных волн при взрыве в ГС является контактный теплообмен между газом и конденсированной фазой (КФ). В пенах эти процессы можно интенсифицировать путем замены воздуха в ячейках пены на гелий или водород. Однако для газосодержащих сред, типа пузырьковых сред, такая замена газа уже не является определяющей для снижения параметров УВ. Детальный

анализ влияния процессов испарения путем численного моделирования показывает, что испарение КФ не дает дополнительного эффекта снижения параметров УВ, поскольку перевод конденсированной фазы в газ, вносит дополнительный вклад в давление УВ. Поэтому, основным фактором, увеличивающим диссипативные потери при взрыве является высокая сжимаемость ГС в УВ, обеспечиваемая теплообменом между КФ и газом. В диапазоне массовых концентраций КФ соответствующей газожидкостным пенам наблюдается максимальное значение тепловых потерь определяющих высокую эффективность использования пен для снижения параметров УВ. Эффективная диссипация энергии взрыва гетерогенными средами и сглаживание профиля волны давления позволяет значительно снизить импульсную нагрузку на оболочки, в которых заключена гетерогенная среда. С другой стороны заключение гетерогенной среды в эластичные оболочки позволяет получить дополнительное снижение параметров ударных волн и полностью локализовать осколки от применяемых для резки взрывом зарядов.

На рис. 3 представлена схема многофункционального преобразователя энергии ударных волн – эластичная взрывозащитная камера на основе гетерогенного локализатора действия взрыва Мах.



1 – заряд взрывчатого вещества; 2 – разрезаемая или обрабатываемая труба; 3 – внешняя оболочка камеры; 4, 5 – внутренние оболочки камеры; 6 – противосколочные экраны; 7 – гетерогенный наполнитель.

Рис. 3 - Устройство эластичной взрывозащитной камеры для резки и обработки трубных конструкций взрывом

Основные закономерности снижения давления в ударных волнах при выходе взрывной волны из гетерогенной среды в воздух изложены в [1-7].

На рис. 4 приведено визуальное сопоставление взрывов ВВ при технологической обработке трубных конструкций детонирующими шнурами.



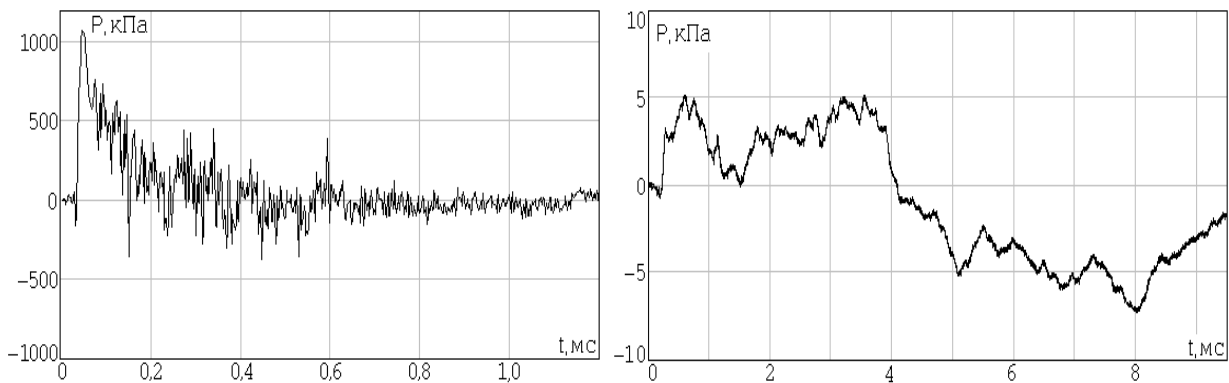
Открытый заряд



С использование защитного устройства

Рис. 4 - Обработка детонирующими шнурами трубных конструкций.

На рис. 5 приведены регистрограммы профилей ударных волн, образующихся при приведенной выше обработке материалов зарядами с тротильным эквивалентом 41 г.



Открытый заряд

С использование защитного устройства

- Расстояние от заряда до датчика  $h = 400$  мм;    - Расстояние от заряда до датчика  $h = 330$  мм;
- Избыточное давление на фронте ударной волны  $\Delta P = 1100$  кПа;    - Избыточное давление на фронте ударной волны  $\Delta P = 5$  кПа;
- Импульс давления  $I_+ = 76,6$  Па·с;    - Импульс давления  $I_+ = 11,25$  Па·с;

Рис. 5 - Регистрограммы профилей отраженных ударных волн при резке трубных конструкций кумулятивными зарядами Обработка детонирующими шнурами трубных конструкций

На основе анализа экспериментальных данных показано, что использование разработанных гетерогенных локализаторов взрыва обеспечивает экологическую чистоту и пожаро-взрывобезопасность взрывных технологий при проведении наземных и подводных работ; исключает разрушение близлежащих объектов, конструкций и остекления при ведении взрывных работ; снижает в десятки раз перепад давления на фронте воздушных и гидроударных волн; преобразует взрывную волну в волну сжатия, характерную для бытовых пиротехнических устройств и традиционных импульсных установок, работающих на сжатом газе, обеспечивая допустимый уровень звукового давлe-

ния в воздушной ударной волне по ГОСТ для пиротехнических устройств в 140 Дб (А, I) на расстояниях 3-4 м от заряда ВВ; обеспечивают полный перехват осколков серийных кумулятивных зарядов с металлической оболочкой; позволяет проводить взрывные работы во взрывоопасной среде, исключая возгорание окружающих объектов, термические и термобарические поражения; обеспечивает эффективное пылеподавление в месте проведения взрывных работ; даёт возможность быстрой установки защитного устройства (2-5 минут) на горизонтальных, вертикальных и криволинейных поверхностях без нарушения технологических схем и операций; обеспечивает прозрачность в рентгеновском диапазоне при обследовании и контроле; масса одного модуля не превышает 10 кг.

Статья подготовлена по материалам доклада Международной научной конференции “Импульсные процессы в механике сплошных сред” (17-21 августа 2009, г. Николаев).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Palamarchuk B.I, Malakhov A.T., Manchenko A.N., Cherkashin A.V., Korpan N.V. Multifunctional protective devices for localizing the blast impact when conducting the ground and underwater operations of explosion cutting. Proceedings ISSW 26, Goettingen 2007, P. 135-141.
2. Воздействие ударных волн на окружающую среду при ведении взрывных работ / Б.И.Паламарчук, В.А.Вахненко, А.В.Черкашин, А.Т.Малахов // Использование энергии взрыва для пр-ва металлических материалов с новыми свойствами: Тр. VII Междунар. симп., Готтвальдов, окт. 1988 г. - Готтвальдов (ЧССР), 1988. - С. 529-534.
3. Palamarchuk B.I. Attenuation of Blast Waves in a Heterogeneous Medium. 18-th Int. Shock Interaction Symposium, CORIA, Rouen, France, July 15-18. - Rouen: - CORIA, 2008 - P. 187-189.
4. Palamarchuk B.I. Some aspects of environmental safety of technologies that use the explosion energy. High Energy Rate Fabrication (Proceedings of X International Conference) Sept. 18-22, 1989, Ljubliana, Yugoslavia. P. 891-898.
5. Gelfand B.E., Silnikov M.V. Explosions and blast control. - St. Peterburg: Asterion, 2004. - 296 p.
6. Raspet R., Griffiths S.K. The reduction of blast noise with aqueous foam. J. Acoust. Soc. Amer. - 1983. - V.74. - N.6. - P.1757-1763.
7. Raspet R., Butler P.B., Jahani F. The effect of material properties on reducing intermediate blast noise. Applied Acoustics. - 1987. - V.22.- P.243-259.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. К.К. Софійським 18.08.09*