

УДК 621.791.76.03:621.7.044.2

¹Л.Р. Вишняков, д.т.н.
²Б.И.Паламарчук, д.ф.-м.н.
¹В.П.Мороз, к.т.н.
¹Б.Н.Синайский, к.т.н.
¹Л.Г. Вишневский
²А.Н.Манченко
¹Н.Н.Хохлова

РАЗРАБОТКА ВОЛОКНИСТЫХ СЛОИСТО-КОМБИНИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭЛАСТИЧНЫХ ВЗРЫВОЗАЩИТНЫХ КАМЕР

¹Институт проблем материаловедения им. И.Н.Францевича НАН Украины, г.Киев,
е-mail: leonvish@ipms.kiev.ua

²Институт электросварки им. Е.О.Патона НАН Украины, г.Киев, е-mail: pala@paton.kiev.ua

Исследовано применение слоисто-комбинированных материалов из высокопрочных нитей (арамидных и полиамидных) в качестве защитных слоев эластичных взрывозащитных камер, которые обеспечивают технологическую и экологическую безопасность при проведении металлообработки (разрезки) взрывом.

Ключевые слова: взрывная камера, эластичная оболочка, трикотажное полотно, осколки.

Вступление

Взрывные технологии все шире применяются в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК) Украины на транспортных сетях нефти и газа, а также в энергетических объектах при ремонтах, реконструкциях и возникновении чрезвычайных ситуаций. Стратегия обеспечения технологической и экологической безопасности взрывных технологий в значительной мере строится на пассивных и активных составляющих безопасности, в которых существенную роль играет применение взрывозащитных камер. Наряду с металлическими камерами сложной конструкции в последнее время находят применение неметаллические камеры, изготовленные из высокопрочных волокнистых композитов, в которых значительные нагрузки при взрыве должны выдерживать каркасные воздухопроницаемые ткани и полотна [1].

Существующие металлические взрывозащитные камеры не учитывают все условия проведения технологических процессов особенно с позиции экологической безопасности, они чрезмерно тяжелые и недостаточно приспособлены для работы на объектах ТЭК, например, на вертикальных поверхностях. Поэтому дальнейшее расширение областей применения взрывных технологий связано с использованием высокопрочных и высокомодульных волокнистых организованных материалов (тканей, трикотажа, непрерывных волокон, эластичных тканых ремней и т.д.), которые, являясь составными частями эластичной конструкции камеры, обеспечивают экологически безопасные операции металлообработки взрывом.

Цель исследований

Цель исследований состояла в разработке эластичных защитных камер за счет комбинаций волокнистых слоистых материалов с использованием высокопрочных волокон для поглощения ударной волны, свободного удаления газовых выбросов и эффективного улавливания обломков, образующихся при взрывных процессах.

Методика и результаты исследований

В Институте проблем материаловедения НАН Украины накоплен определенный опыт изготовления и внедрения высокопрочных тканей и конструкций из волокнистых материалов для средств индивидуальной и коллективной защиты [2, 3]. В работе на основе проведенного анализа свойств известных текстильных материалов были выбраны полиамидные и параарамидные волокна и ткани, которые имеют высокую прочность [4]. Для изготовления эластичных взрывозащитных камер были использованы как базовые параарамидные волокна и ткани Кевлар, так и волокна СВМ, углеродные волокна и ткани.

Путем управления структурой и последовательности расположения текстильных слоев с применением объемных каркасов и благодаря определенным переплетениям волокон нами были изготовлены несколько видов образцов слоисто-волокнистых материалов. Текстильные

способы получения этих материалов с использованием сшивки слоев высокопрочными нитями позволяют создавать разные формы оболочек и лент, которые применяются в конструкциях взрывозащитных камер.

На рисунке 1 *а, б* приведены структуры трикотажных полотен, которые были разработаны для лент и оболочек камер, они изготовлены из полиамидных и арамидных нитей, а на рисунке 1 *в* - структура ткани из полиамидных нитей.

Образцы материалов взрывозащитных оболочек изготавливали также из трикотажных комбинированных полотен и из арамидных тканей ТСВМ-ДЖ, Кевлар. Трикотаж благодаря объемному строению, а также широким возможностям применения разных по природе волокон в пучке, который образует петельное полотно, имеет наибольшую технологичность при разработке организованных структур, в которых реализуется определенная анизотропия свойств.

При изготовлении образцов слоисто-комбинированных структур была разработана технология получения трикотажа из полиамидных, арамидных, углеродных нитей на плосковязальных машинах типа ПВК разных классов. Характеристики изготовленных образцов слоисто-комбинированных трикотажных структур в виде лент приведены в таблице 1, а показатели механических характеристик лент и оболочек представлены в таблице 2.

Таблица 1

Характеристика образцов слоисто-комбинированных трикотажных структур.

Состав полотен	Наименование показателей					
	Поверхностная плотность, г/м ²	Количество слоев трикотажного полотна в ленте	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Тип переплетения
Полиамидные нити (1 нить полиамидная 93,5 текс, 2 нити полиамидные 29 текс). Между двумя слоями трикотажа размещена путанка из нитей Кевлар	785	2	950	250	70	Ластик 1+1
Арамидные и полиамидные нити. (1 нить СВМ 58,8 текс; 1 нить полиамидная 29 текс). Между двумя слоями трикотажа размещена путанка из нитей Кевлар	516	2	950	250	70	Ластик 1+1

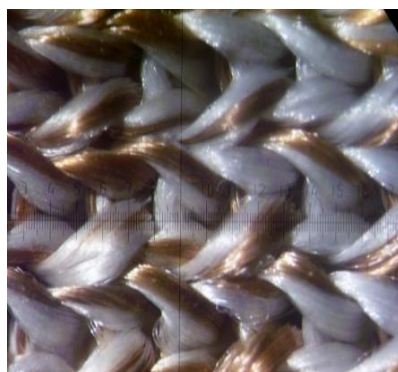
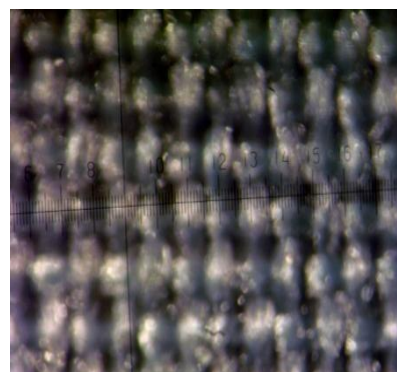
*а**б**в*

Рис. 1. Структура трикотажных полотен из полиамидных и арамидных нитей (*а, б*) и ткани из полиамидных нитей (*в*)

Таблиця 2
Механические свойства трикотажных структур и тканей для эластичных взрывозащитных камер

№ п/п	Состав	Заправка вязания (поверхностная плотность, г/м ²)	Разрывная Нагрузка полоски, Н	Относи- тельное удлине- ние полоски, %
1	Трикотажное полотно из полиамидных нитей Вдоль петельного столбика полотна (по длине)	1 нить 93,5 текс, 2 нити 29 текс (785)	4145	350
2	Трикотажное полотно из полиамидных и арамидных нитей (СВМ) Вдоль петельного столбика полотна (по длине)	1 нить 29,5 текс 1 нить СВМ 58,8 текс (516)	4540	228
3	Трикотажное полотно из полиамидных и арамидных нитей (СВМ). Вдоль петельного столбика полотна (по длине) Вдоль петельного ряда полотна (по ширине)	3 нити 29 текс 1 нить СВМ 58,8 текс (672)	3822 1554	225 412
4	Ткань Кевлар Вдоль основы ткани (по длине) Вдоль утка ткани (по ширине)	(220)	6600 5680	68 140

Примечание: Пробная полоска шириной 50 мм с длиной рабочей части 100 мм.

Среднее значение показателей подсчитано по результатам испытаний 5 образцов.

Результаты экспериментов и их обсуждение

Испытания эффективности локализации побочного действия взрыва и систем взрывозащитных камер проведены на трубах диаметром от 273 до 325 мм с использованием высокобризантных кумулятивных зарядов в медной оболочке (радиус разлета осколков до 150 метров в незащищенном состоянии) и детонирующих шнуров с массой зарядов в тротиловом эквиваленте до 120 г. Результаты испытаний образцов разработанных элементов взрывозащитных камер подтвердили возможность замены дорогостоящих импортных материалов типа Кевлар, трикотажными материалами, изготовленных из отечественных нитей по опытной технологии.

На основании проведенных испытаний, показано, что разрабатываемая взрывозащитная камера для проведения резки взрывом с использованием гетерогенных композиционных материалов имеет соотношение массы камеры к массе взрывчатого вещества (ВВ) на уровне 100-200.

На рис. 2 представлен пример эластичной взрывозащитной камеры для резки и обработки взрывом трубных конструкций. В качестве взрывчатого вещества использовался детонирующий шнур и кумулятивные заряды с общей навеской до 120 г в тротиловом эквиваленте.

В результате проведенных в Институте электросварки им. Е.О.Патона НАН Украины взрывных испытаний образцов защитных эластичных камер было установлено, что слоисто-комбинированная структура в виде лент за счет своего локального разрушения значительно сдерживает разлет металлических обломков, а трикотажная петельная структура оболочки (см. рисунок 1 а, б), улучшает поглощение части энергии ударной волны. При этом трикотажные петли растягиваются и через них удаляются газовые выбросы, которые образуются ударной волной. В то же время недостатком такой структуры является то, что предложенный трикотаж по прочности уступает параарамидным тканям. С учетом указанного недостатка была предложена усовершенствованная конструкция внешней оболочки, которая дополнительно усилена текстильными ремнями поверх оболочки. Такая конструкция изделия может принимать на себя существенно большую нагрузку во время взрыва без разрушения взрывозащитной камеры. На рисунке 3 приведены фотографии осколков, представляющих собой фрагменты детонаторов и кумулятивных зарядов, перехваченных противоосколочными экранами взрывозащитной камеры. Начальная скорость разлёта таких осколков составляла около 2 км/с.

В ходе проведенных исследований показано, что разработанные образцы эластичных взрывозащитных камер на основе гетерогенных материалов и высокопрочных тканей

обеспечивают экологическую чистоту и пожаро-взрывобезопасность технологий металлообработки взрывом на трубах диаметром от 273 до 325 мм; полностью перехватывают осколки серийных кумулятивных зарядов.

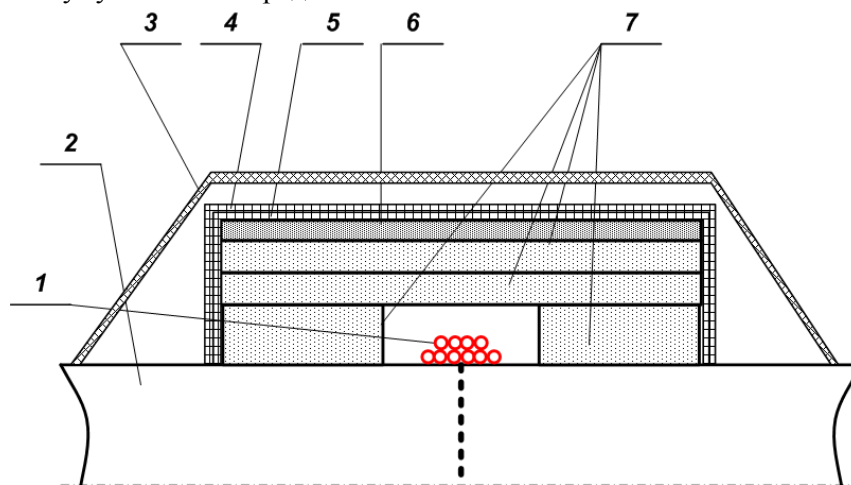


Рис.2. Схема эластичной взрывозащитной камеры.

1 – заряд ВВ; 2 – обрабатываемая труба; 3 – внешняя оболочка камеры; 4, 5 – 1-й и 2-й слои внутренней оболочки камеры; 6 – противоосколочный экран; 7 – гетерогенный наполнитель.



Рис.3. Осколки, образующиеся при взрыве кумулятивного заряда, перехваченные эластичной взрывозащитной камерой.

Выводы

С использованием локализаторов действия взрыва Мах на основе гетерогенных сред, обеспечивающих эффективное подавление поражающих факторов взрыва, и оболочек из высокопрочных тканей созданы образцы эластичных взрывозащитных камер, обеспечивающие техническую и экологическую безопасность операций металлообработки взрывом..

Список литературных источников

1. Федоренко А.Г., Сырунин М.А., Иванов А.Г. Критерии выбора композиционных материалов для оболочек конструкций, локализирующих взрывы (Обзор)//Физика горения и взрыва, 2005.- т.41.- № 5.- С.3-13.
2. Вишняков Л.Р., Мазна О.В., Нешпор О.В. и др. Вплив конструктивно-технологічних факторів на ефективність бронееlementів на основі кераміки//Проблеми прочності, 2004, № 6. – С.128-138.
3. Патент України № 72152, МПК⁷ F 41H1/02. Броньова панель. Л.Р.Вишняков, О.В.Нешпор, О.М.Олексюк та інші. – Опубл. 25.03.08, Бюл. № 3.
4. Мачалаба Н.Н., Будницкий Г.А., Щетинин А.М., Френкель Г.Г. Тенденции в области развития синтетических волокон для баллистических материалов // Химические волокна.- 2001.- № 2.- С.31-40