

**ГАЗОТЕРМИЧЕСКОЕ НАПЫЛЕНИЕ  
СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА  
НА ПОВЕРХНОСТЬ ПАРА-АРАМИДНЫХ ТКАНЕЙ**

**О. Г. ДЕВОЙНО**

*Белорусский национальный технический университет, Беларусь;*

**А. П. ПИЛИПЧУК**

*Военная академия, Беларусь*

*Предложен способ формирования слоев на основе пара-арамидных тканей и сверхвысокомолекулярного полиэтилена методами газотермического напыления*

В настоящее время перспективным направлением прикладных исследований является разработка элементов защиты от воздействия высокоскоростных поражающих элементов. Решение сформулированной задачи имеет значение для строительных и горнодобывающих отраслей, а также военной техники [1]. При разработке защитных элементов основной целью является создание самой легкой и простой структуры, защищающей от пробивания, т.е. элементов высокой удельной прочности. Традиционно для производства элементов защиты от воздействия высокоскоростных поражающих элементов используется высококачественная сталь. Требуемый уровень свойств обеспечивается повышением ее твердости в ходе термообработки [2]. Однако при твердости стальных защитных элементов выше 55 НРС повышается хрупкость, и, как следствие, вероятность пролома или раскола. Отмеченное обстоятельство определило необходимость поиска нового технического решения, примером которого является создание индивидуальных средств защиты широко применяются пара-арамидные ткани из материала Кевлар (США), Тварон (Голландия), СВМ, Русар, Армос (Россия) и др. Сочетание высокого модуля упругости и относительно низкой плотности полимера приводит к очень высоким значениям продольной скорости упругих волн в волокнах. Данный эффект обеспечивает быстрое превращение кинетической энергии пули в работу деформирования достаточно большого объема защитного материала, что определяет эффективность текстильной брони. Одним из недостатков текстильной брони является низкая стойкость при взаимодействии с колющими предметами.

Альтернативным способом создания элементов защиты является оптимизация распределения свойств материала элемента. Примером реализации данного подхода является гетерогенная броня, имеющая наружный (воспринимающий удар средства поражения) слой высокой прочности и тыльный (или тыльные) вязкий, пластичный слой, который не создает осколков или так называемого тыльного скола, поражающих запреградное пространство [2]. Фактически данная конструкция является примером градиентного материала. Для создания гетерогенных защитных элементов в настоящее время применяются сварка взрывом и пакетная прокатка. Основными недостатками применяемых способов являются ограничения по номенклатуре соединяемых материалов, ограничения по форме поверхности (в первую очередь кривизне), необходимость использования уникального оборудования, проведения работ в заводских условиях и использования взрывчатых веществ.

Перспективным методом создания градиентных материалов является газотермическое напыление. Данный метод отличается простотой и универсальностью применяемого оборудования, позволяющий создавать покрытия из широкой номенклатуры материалов (металлы, полимеры, керамика). Также одним из достоинств данного метода является возможность формирования требуемого уровня свойств поверхностного слоя в результате создания новых составов для напыления на основе стандартных материалов, а также за счет включения конструктивных элементов из специальных материалов или сплавов.

Перспективным материалом для создания покрытий в настоящее время является сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) [3]. СВМПЭ обладает высокой прочностью и ударной вязкостью в широком диапазоне температур, от  $-200$  до  $+100$  С, очень высокой химической стойкостью к агрессивным средам, высокой светостойкостью, высокие показатели по скольжению, высокой износостойкостью. Перечисленные свойства позволяют широко использовать его в механизмах подверженных воздействию ударных нагрузок и износа: зубчатые передачи, облицовка ковшей, кузовов. В целом СВМПЭ можно определить как конструкционный полимерный материал с уникальными физико-механическими свойствами для разнообразных областей применения, в том числе в экстремальных условиях.

В научно-исследовательской инновационной лаборатории плазменных и лазерных технологий проводятся работы по исследованию закономерностей формирования слоев на основе пара-арамидных тканей и сверхвысокомолекулярного полиэтилена методами газотермического напыления.

Получены результаты, подтверждающие возможность применения данных материалов в качестве элементов защиты от воздействия высокоскоростных поражающих элементов, что подтверждает актуальность данной темы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Легкие баллистические материалы / под. ред. А. Бхатнагара. – М. : Техносфера, 2011. – 392 с.
2. Загорянский, В.Г. Оптимизация характеристик противопульной биметаллической брони по критерию предельной скорости пробития / В.Г. Загорянский // Обработка сплошных и слоистых материалов. – 2015. – № 1 (42). – С. 28–34.
3. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен высокой плотности / И.Н. Андреева [и др.]. – Л. : Химия, 1982. – 80 с.