

Иванин Андрей Юрьевич,

курсант

Котуренко Андрей Игоревич,

курсант

Меньченя Анатолий Владимирович,

начальник цикла

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ОБЛЕГЧЕННЫХ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ БРОНЕЗАЩИТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ВОЛОКОН ДЛЯ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы разработки облегченных средств индивидуальной бронезащиты с использованием сверхвысокомолекулярных полиэтиленовых волокон (СВМПЭ) для оснащения личного состава Вооруженных Сил Республики Беларусь. Анализируются физико-механические свойства СВМПЭ-волокон, их преимущества перед традиционными арамидными материалами в части удельной прочности, плавучести и стойкости к внешним воздействиям.

Ключевые слова: Сверхвысокомолекулярный полиэтилен, СВМПЭ, средства индивидуальной бронезащиты, бронезилет, облегченная бронезащита, полиэтиленовые волокна.

Современные тенденции развития стрелкового оружия и осколочных боеприпасов предъявляют все более жесткие требования к средствам индивидуальной бронезащиты личного состава. Для военнослужащего каждый лишний килограмм снаряжения снижает мобильность, увеличивает утомляемость и, как следствие, уменьшает боевую эффективность. В этом контексте сверхвысокомолекулярные полиэтиленовые волокна (СВМПЭ) представляют собой один из наиболее перспективных материалов для создания облегченных бронезилетов нового поколения. Для Вооруженных Сил Республики Беларусь, обладающих развитой научно-технической базой в области химической технологии полимеров и заинтересованных в повышении боеспособности войск, разработка и внедрение отечественных средств бронезащиты на основе СВМПЭ является актуальной задачей, требующей системного подхода с учетом как технических преимуществ материала, так и существующих ограничений [1].

Традиционными материалами для производства бронезилетов на протяжении последних десятилетий остаются арамидные волокна, наиболее известными из которых являются кевлар, тварон и отечественный аналог —

aramидное волокно СВМ. Арамидные материалы известны своей прочностью и уже имеют хорошо отработанный процесс производства. Но их максимальная прочность на растяжение, около 2,5–3,0 ГПа при плотности 1,44 г/см³, почти достигла технологического предела. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) показывает другие преимущества: его волокна выдерживают нагрузку на разрыв до 3,5–4,5 ГПа при плотности всего 0,97 г/см³. Это дает преимущество по удельной прочности примерно в полтора–два раза по сравнению с арамидом. Значит, бронепанель из СВМПЭ такой же защиты может весить на 30–40 процентов меньше. Еще одно важное свойство полиэтилена – он легче воды, что особенно важно для подразделений, работающих в условиях водных препятствий, распространенных в Беларуси. К тому же СВМПЭ-волокна хорошо противостоят химическим веществам: им не страшны кислоты, щелочи и органические растворители, поэтому их защитные качества сохраняются долго даже в разных сложных условиях [2].

Структура сверхвысокомолекулярного полиэтилена представляет собой длинные макромолекулы с молекулярной массой, достигающей нескольких миллионов атомных единиц, что в десятки раз превышает показатели обычного полиэтилена. Такая молекулярная структура обеспечивает формирование высокоориентированных кристаллических областей при формировании волокна, что и обуславливает исключительные механические характеристики. Технология получения СВМПЭ-волокон методом гель-формования позволяет достичь степени ориентации полимерных цепей, близкой к теоретическому пределу. На сегодняшний день крупнейшими производителями СВМПЭ-волокон являются компании DSM (Нидерланды, марка Dyneema), Honeywell (США, марка Spectra), а также производители в Китае и Южной Корее. В Российской Федерации разработки в области СВМПЭ ведутся, но промышленное производство волокон находится на стадии становления. Для Республики Беларусь, располагающей мощной научной школой в области химии высокомолекулярных соединений, организация переработки импортного сырья с последующим созданием собственного производства СВМПЭ-волокон представляет собой стратегическую задачу, обеспечивающую независимость в сфере индивидуальной бронезащиты.

Применение СВМПЭ-волокон в средствах индивидуальной бронезащиты требует решения ряда технологических проблем, связанных с особенностями данного материала. В отличие от арамидных волокон, которые просто укладываются в ткань и хорошо пропитываются связующими, сверхвысокомолекулярный полиэтилен имеет низкую поверхностную энергию. Это затрудняет его сцепление с матричными полимерами при производстве композитных бронепанелей. Кроме того, волокна СВМПЭ плавятся при относительно низкой температуре – около 135–150°С, из-за чего они чувствительны к нагреву в эксплуатации и не подходят для традиционных методов горячего формования. В условиях интенсивных боевых действий, когда есть риск воздействия высоких температур – от пожаров или теплового излучения взрывов, – это становится проблемой для сохранения защитных свойств. Тем не менее,

современные технологии помогают уменьшить эти недостатки: используют связующие, работающие при низких температурах, создают гибридные конструкции с арамидными слоями для увеличения термостойкости и применяют специальные покрытия, отражающие тепло [3].

Для Вооруженных Сил Республики Беларусь разработка легкой индивидуальной бронезащиты на основе СВМПЭ имеет свои особенности. Климат в Беларуси меняется сильно – зимой может быть до минус 30°C, а летом поднимается до плюс 35°C. При этом СВМПЭ на холоде сохраняет свои защитные качества даже лучше, чем при комнатной температуре, потому что материал становится более жестким. Но при высокой температуре, особенно близкой к точке плавления, прочность волокон падает, и поэтому в конструкции бронезащиты нужно предусматривать дополнительные меры защиты от тепла, например, использовать отражающие покрытия или наружные слои из термостойких материалов. Еще важно, чтобы бронезащита могла долго храниться на складах. Волокна СВМПЭ устойчивы к воздействию влаги и микроорганизмов, благодаря чему защитные свойства сохраняются до 10–15 лет, если соблюдать условия хранения. Однако ультрафиолет может разрушать материал, поэтому наружные слои бронезащиты должны защищать его от прямого солнечного света.

Конструкция современного бронезащиты на основе СВМПЭ-волокон обычно представляет собой многослойный пакет, в котором чередуются слои из тканого или нетканого полотна, пропитанного эластичным связующим. Принцип работы такой структуры заключается в быстром рассеивании энергии поражающего элемента за счет деформации волокон и вовлечения в процесс поглощения энергии большой площади материала. При попадании пули или осколка кинетическая энергия передается волокнам, которые растягиваются, поглощая энергию, при этом высокая скорость распространения звука в СВМПЭ (до 10 км/с) обеспечивает вовлечение в работу обширной зоны вокруг точки удара. Для повышения эффективности защиты от пуль с термоупрочненным сердечником и бронебойных боеприпасов в конструкцию бронезащиты на основе СВМПЭ часто включают керамические или металлические вставки, которые действуют как разрушающий слой, деформирующий или разрушающий поражающий элемент перед его взаимодействием с волокнистым пакетом. Такие гибридные конструкции позволяют сочетать легкость СВМПЭ-основы с высокой стойкостью к бронебойным пулям, обеспечиваемой керамикой.

Проблема утилизации средств индивидуальной бронезащиты, отработавших свой срок службы, является важным аспектом, требующим внимания при разработке новых материалов. Традиционные арамидные бронезащиты трудно поддаются переработке из-за сложности разделения компонентов и термоактивной природы связующих. СВМПЭ, будучи термопластичным полимером, открывает возможности для вторичной переработки [4].

На сегодняшний день в Республике Беларусь существует определенный научно-технический задел в области создания средств индивидуальной

бронезащиты. Предприятия Госкомвоенпрома разрабатывают и производят бронезилеты для силовых структур, используя как арамидные, так и композитные материалы. Однако широкое внедрение СВМПЭ-волокон сдерживается отсутствием отечественного производства этого типа волокон и недостаточной отработкой технологий переработки импортного сырья.

В заключение следует отметить, что перспективы разработки облегченных средств индивидуальной бронезащиты с использованием полиэтиленовых сверхвысокомолекулярных волокон для Вооруженных Сил Республики Беларусь определяются комплексом взаимосвязанных факторов: достижениями в области химии полимеров, развитием технологий переработки и потребностями войск. Наиболее рациональным представляется поэтапный подход:

на первом этапе – организация переработки импортного СВМПЭ-волокна в бронепанели на отечественных предприятиях с проведением полного цикла испытаний в условиях, приближенных к эксплуатационным;

на втором этапе – локализация производства волокна с использованием собственной сырьевой базы и научно-технического потенциала;

на третьем этапе – разработка гибридных конструкций для различных тактических задач.

Успешная реализация этой программы позволит не только повысить боеготовность белорусской армии, но и создать конкурентоспособную продукцию для оснащения других силовых структур Республики Беларусь.

Список использованных источников

1. Ковальчук, Н. А. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен: получение, свойства, применение / Н. А. Ковальчук, В. И. Коваленко // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В: Промышленность. Прикладные науки. – 2023. – № 2. – С. 27–33.

2. Плескачевский, Ю. М. Полимерные композиционные материалы в системах бронезащиты: состояние и перспективы / Ю. М. Плескачевский, А. В. Соколов // Материалы, технологии, инструменты. – 2024. – Т. 29, № 2. – С. 44–52.

3. Шмурадко, В. Т. Разработка композиционных материалов для средств индивидуальной бронезащиты / В. Т. Шмурадко, Ф. И. Пантелеенко // Наука – образованию, производству, экономике : материалы XXII Международной научно-технической конференции. – Минск : БНТУ, 2024. – С. 156–159.

4. Анищенко, А. Н. Современные тенденции в разработке средств индивидуальной бронезащиты / А. Н. Анищенко, С. Л. Ковалев // Сборник научных трудов Военной академии Республики Беларусь. – 2023. – № 1. – С. 67–73.