

УДК 548.52+679.822

ПРОЗРАЧНАЯ БРОНЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ В УКРАИНСКОЙ БРОНЕТЕХНИКЕ



ПУЗИКОВ

Вячеслав Михайлович – академик НАН Украины, директор (2004–2014) Института монокристаллов НТК «Институт монокристаллов» НАН Украины



ЛИТВИНОВ

Леонид Аркадьевич – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института монокристаллов НТК «Институт монокристаллов» НАН Украины

Международным коллективом с участием Института монокристаллов НТК «Институт монокристаллов» НАН Украины была разработана легкая прозрачная броня на базе сапфира и специальных стекол. Данная броня легче и эффективнее стеклопакетов, применяемых в отечественных бронемашинах.

Ключевые слова: прозрачная броня, сапфир, бронетехника, стеклопакет, калибр пули.

Проблема относится к вечному поиску гармонии между защитой и атакой, мечом и щитом как каббалистическое «рацо и шув» (бег и возвращение).

Введение

К окнам бронетехники, боевых вертолетов, скоростных локомотивов, инкассаторских машин, кассовых и сейфовых помещений, кабин охраны, автомобилей VIP-класса предъявляются особые требования по пулестойкости. Так, согласно действующему стандарту американской Федеральной железнодорожной администрации (Federal Railroad Administration), остекление поездов, движущихся со скоростью более 200 км/час, должно выдерживать удар пули, выпущенной из нарезного оружия 22-го калибра и имеющей при столкновении скорость 293 м/с. Кроме того, прозрачная броня должна обеспечивать хорошую обзорность и естественное освещение. Обычно в качестве пулестойких окон используют многослойные пакеты прозрачных материалов, в состав которых входят пласты с разными физическими свойствами. Например, пакет наиболее часто используемого пулестойкого автомобильного остекления состоит из семи слоев: стекло, PVB-пленка, стекло, PVB-пленка, стекло, полиуретан, поликарбонат. Такой многослойный состав окна поясняется необходимостью удовлетворить, как правило, противоречащие друг другу требования по прочности, массе

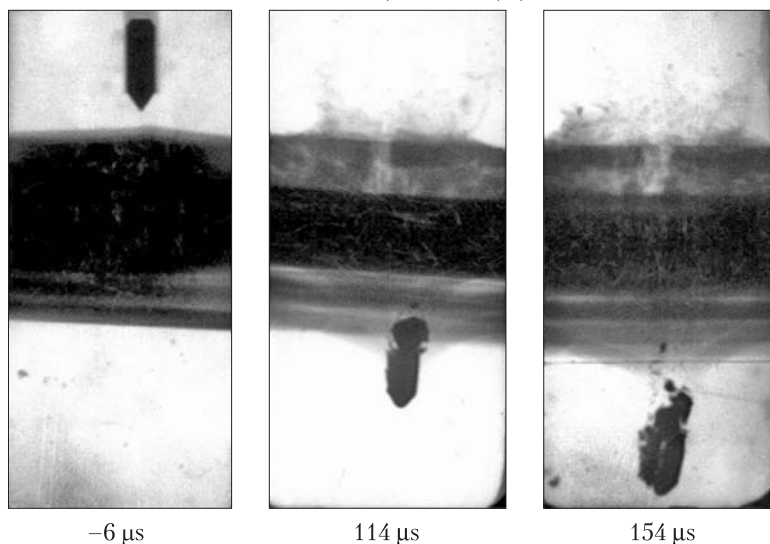
Shot # 2391 ($V = 949$ m/s)

Рис. 1. Разрушение пули при прохождении через прозрачную броню (скоростная рентгенограмма). Темное поле — сапфир. Общая толщина пакета — 35 мм

пакета, безопасности пассажиров, оптическим свойствам и себестоимости изделия.

Бронированные автомобили выпускают уже в течение 80 лет. На фирме Mercedes-Benz организовано даже специальное подразделение — Guard. Масса бронированного «Мерседес-600» достигает 5 т, масса внедорожника G500 Guard — 4,4 т. Такое существенное увеличение массы автомобиля обусловлено тем, что внедорожник защищает от пуль автомата Калашникова или винтовки М16 (в соответствии с санкциями ЕС экспорт в Россию машин G500 Guard запрещен как изделия двойного назначения).

Для противостояния пуле из пистолета Макарова достаточен стеклопакет толщиной 20 мм. По мере увеличения калибра, твердости и скорости пули увеличивается толщина остекления, что в свою очередь увеличивает вес автомобиля, ухудшает его устойчивость из-за более высокого расположения центра масс. Если для противостояния пуле калибра 7,62×54R В32АРІ толщину стеклопакета в 55 мм при массе 137 кг/м² еще можно считать приемлемой, то для противостояния пулям с более твердыми сердечниками соотношение

толщина/масса стеклопакета просто зашкаливает (см. таблицу).

В России в серийное производство запущены пули повышенной пробиваемости — 5,56-мм патрон (индекс RS 101); 7,62×51-мм винтовочный патрон (индекс RS 51), превосходящие западные аналоги (5,56-мм патрон с пулей SS109 и 7,62-мм — с пулей R50). То есть в соревновании атаки и защиты бронестекла безнадёжно проигрывают пулям. В США разра-

Сравнительные параметры брони из стеклопакетов и сапфиростеклопакетов

Калибр и тип (скорость) пули	Толщина (мм)/масса (кг/м ²) брони	
	Стеклопакет	Сапфир/стеклопакет
7,62 × 54R В32АРІ	55/137	25/81
7,62 × 39АRІ ВZ	58/145	21/76
7,62 Б-32 со стальным сердечником (930 м/с)	80/200	30/97
7,62×51АP-8 CW (930 м/с)	120/298	45/145
12,5 (1000 м/с)	—	50–55



Рис. 2. Окно бронетранспортера, подготовленное к испытаниям

ботано наиболее прочное стекло марки Gorilla Glass, но существенно повысить твердость даже закаленного и упрочненного стекла, хотя бы до твердости пули, невозможно [1].

Сущность разработки

Разработчики легкой прозрачной брони увидели выход из тупика во введении в состав пакета твердых (в 3 раза тверже бронестекла) и прочных оптически прозрачных в видимом диапазоне упрочненных специальным образом кристаллов. Было предложено использовать в составе пакета сапфир — материал по твердости уступающий только алмазу. По технологиям выращивания и модификации свойств сапфира накоплен значительный опыт [2].

Применение сапфира позволяет затупить (сплющить) конусную часть пули, снизив тем самым скорость пули и удельную нагрузку на следующие слои пакета, задача которых — погасить оставшуюся кинетическую энергию пули. На рентгенограмме (рис. 1) видна динамика деградации пули, имеющей в момент контакта с преградой скорость 949 м/с, по мере ее продвижения через окно. Спустя 114 мкс после контакта при выходе из сапфирового слоя на пуле уже видны разрушения, особенно заметные через 154 мкс. Последний слой из поликарбоната предотвращает попадание осколков в кабину.

В соответствии с проектом НАТО Science for Peace and Security Programme CBP NR SFPP 981770 группой ученых из нескольких стран была разработана легкая прозрачная броня. Окончательные демонстрационные стрельбы для экспертов НАТО были проведены в 2009 г. на чешском полигоне по стандарту EN 1063. На рис. 2 запечатлен момент подготовки окна для испытаний. Стрельбы показали, что разработанный пакет прозрачных материалов на базе упрочненного сапфира и стекла при значительно меньшей толщине (рис. 3) и весе выдерживает выстрелы бронебойными пулями и пулями из карбида вольфрама. Руководителем проекта от Украины был специалист Института монокристаллов НАН Украины. Резуль-

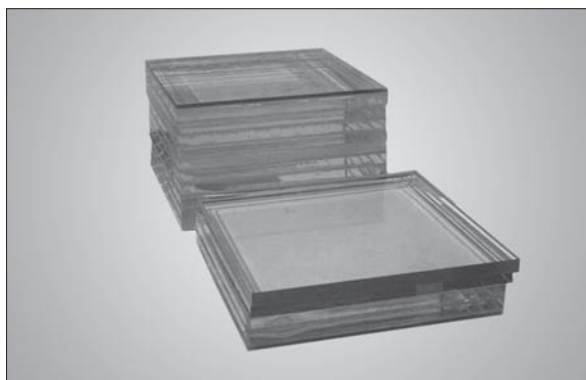


Рис. 3. Сравнительная толщина стеклопакета и сапфиростеклопакета



Рис. 4. Окно 500 × 500 мм². На заднем плане — окно после попадания трех пуль

таты разработки широко освещались в прессе и были опубликованы в специализированных изданиях [3, 4].

Сапфировый слой набран из крупных фрагментов размерами $90 \times 90 \text{ мм}^2$ или $50 \times 250 \text{ мм}^2$, наклеенных на стеклянную основу (рис. 4). Фрагментарность нужна для того, чтобы окно, в соответствии со стандартами НАТО и США, выдерживало попадание трех пуль с расстояния 10 м.

В дальнейшем были изготовлены окна для бронетранспортеров (рис. 5), рассчитанные на попадание трех пуль снайперской винтовки калибра 7,62 со стальным сердечником и стальной оболочкой, по заказам фирм Германии, Чехии и Голландии. Окна соответствуют стандарту STANAG 4569. Кроме того, окна пулестойкого остекления требуются также в некоторых наружных приборах.

Разработанные технологии и развитые в Украине производственные мощности позволяют выращивать крупные объемные и профилированные сапфиры, необходимые для изготовления бронированных окон. В Украине разработаны также современные производственные ростовые установки (рис. 6). В стране имеется завод-изготовитель спецстекла, имеющий опыт производства сапфиростеклопакетов. В Институте проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины работают крупные специалисты, владеющие методами расчета оптимальных композиций пакетов многослойного остекления при интенсивных кратковременных воздействиях по заданным прочностным, конструктивным и технологическим критериям [5, 6]. Таким образом, в нашей стране имеются все условия для производства в достаточном количестве легкой прозрачной брони.

Традиционно в состязании средств нападения и защиты последние всегда отстают. В зоне военного конфликта появились новые снайперские винтовки, оснащенные патроном калибра 12,7. Пуля этого патрона проходит сквозь стеклопакет, лишь несколько снижая скорость. Прибор самонаведения компании Teledyne Dalse в составе высокоточного стрел-



Рис. 5. Бронетранспортер, оснащенный прозрачной броней на основе сапфиростеклопакетов



Рис. 6. Ростовая установка «СПЕКТР», выпускаемая в Украине

кового комплекса EXACTO позволяет управлять пулей калибра 12,7 на расстоянии 2 км [7]. В Швеции разработан патрон со сверхтвердой пулей, обладающей еще большей пробивной способностью. Если действовать на опережение, то следует разрабатывать сапфиросте-

клопакет, задерживающий и такую пулю, тем более, что все технические возможности для этого имеются.

Можно также усилить защиту отечественных серийных бронетранспортеров: линейных БТР-4Е, командных БТР-4К и штабных БТР-4Ш, а также новых машин типа «Дозор-Б» и БМПТ-64. Площадь полного остекления одной машины составляет порядка 0,84 м².

Мы понимаем, что в кризисных условиях основные усилия производителей бронетехники направлены на количество изготавливаемых машин, но кризис не вечен. После его завершения преимущество получают предприятия, которые станут выпускать более защищенную бронетехнику. С такими дальновидными предприятиями мы готовы сотрудничать уже сегодня.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Коневский П.В., Литвинов Л.А.* Ударное разрушение сапфира и стекла. Сверхтвердые материалы. Киев. (в печати).
2. *Добровинская Е., Литвинов Л., Пищик В.* Энциклопедия сапфира. — Изд-во Ин-т монокристаллов, 2004.
3. *Литвинов Л.* Легкая прозрачная броня // Defence express. — 2009. — № 11.
4. *Galusek D., Lytvynov L., Kozhushko A. et al.* Light weight and transparent armours. NATO Final Report. 2009.
5. *Шутиков А.Н., Литвинов Л.А., Узримов С.В. и др.* Исследование волновых процессов в сапфировых стержнях при ударном нагружении // Вісн. Національного технічного університету «ХПІ». Сер.:Динаміка і міцність машин. — 2012. — № 55 (961). — С. 171—179.
6. *Колодяжный А.В., Севрюков В.И.* Ударные и импульсные воздействия на конструкции и материалы. — К.: Наук. думка, 1986. — 168 с.
7. Пресс-релиз Sandia's self-guided bullet prototype can hit target a mile away, 2014.

Стаття надійшла 31.12.2014.

В.М. Пузіков, Л.А. Литвинов

Інститут монокристалів НТК «Інститут монокристалів» НАН України
проспект Леніна, 60, Харків, 61001, Україна

ПРОЗОРА БРОНЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ УКРАЇНСЬКОЇ БРОНЕТЕХНІКИ

Міжнародним колективом за участю Інституту монокристалів НАН України було розроблено легку прозору броню на основі сапфіру і спеціальних стекл. Ця броня легша і ефективніша за склопакети, які застосовуються у вітчизняних бронемашинах.

Ключові слова: прозора броня, сапфір, бронетехніка, склопакет, калібр кулі.

V.M. Puzikov, L.A. Lytvynov

Institute for Single Crystals of STC "Institute for Single Crystals" of NAS of Ukraine
60 Lenin Ave., Kharkov, 61001, Ukraine

TRANSPARENT ARMOR AND PROSPECTS FOR ITS USE IN UKRAINIAN ARMORED VEHICLES

An international team involving Institute for Single Crystals of NAS of Ukraine developed lightweight transparent armor based on sapphire and special glasses that opposes bullet 7.62 B-32 with tempered steel core. Designed armor is lighter and more efficient than pack of glasses used in domestic armored vehicles.

Keywords: transparent armor, sapphire, armored vehicle, glass pack, bullet caliber.