



СПОРЕДБЕНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ЕДНОНАСОЧНИТЕ И ДВОНАСОЧНИТЕ КОМПОЗИТИ НАМЕНЕТИ ЗА БАЛИСТИЧКА ЗАШТИТА

Димко Димески¹, Дијана Спасеска², Зоре Ангелевски³

¹“Еурокомјоџиј”, МК-7501 Прилеп, ddime@yahoo.com

²Технолошко-металуришки факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“
и. фах 580, МК-1001 Скопје, Република Македонија

³Технички факултет, МК-7500 Бишопа, Република Македонија

Вовед

Кај композитите за балистичка заштита зајакнувачките влакна можат да бидат применети во различни текстилни форми: ткаенини, филц, еднонасочни ленти. Доминантни текстилни форми се ткаенините, врз база на кои се изработуваат двонасочните (BD-bidirectional) композити и еднонасочните ленти врз база на кои се изработуваат еднонасочните (UD-unidirectional) композити. Филцевите имаат доста ограничена примена и тоа само за изработка на балистички елеци кои штитат од фрагменти на експлодирани мини и бомби. За заштита од стрелачка муниција не се ефикасни [1].

Постои голема разлика во перформансите и цените меѓу еднонасочните и двонасочните композити. Разликата во перформансите, при константност на сите останати параметри, произлегува од различната текстилна форма во која се преработени влакната, додека, разликата во цената-од различните трошоци на производството на ткаенините и еднонасочните ленти [2]. Во трудов, истражувани се разликите во балистичките перформанси на композитите врз база на HPPЕ (High Performance Polyethylene) влакна и полимерна матрица.

Експериментален дел

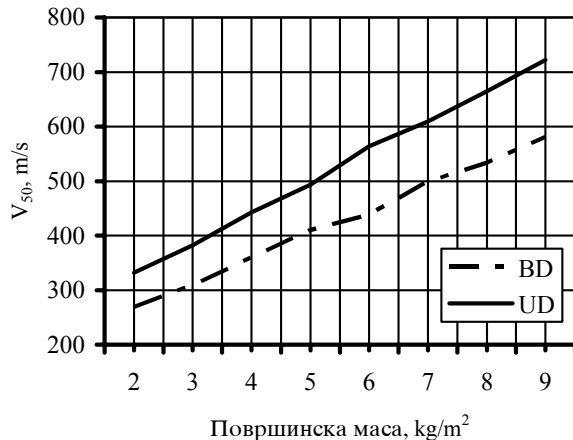
Изработени се UD и BD композити со површинска маса од 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9 kg/m² за да се проучи зависноста на балистичката јакост, V_{50} , од површинската маса на композитот, како и UD композити од 15 kg/m² и BD композити од 20 kg/m² за да се проучи трауматолошкиот ефект. Сите композити се пресувани при 6 МПа, на 130 °C и кај сите запазен е односот влакна/матрица 80/20.

Испитувањето на балистичката јакост кај композитите со површинска маса 2-9 kg/m² е вршено со симулатори на фрагменти според НАТО стандардот Stanag 2920 додека трауматолошкиот ефект е определуван според американскиот полициски стандард NIJ 0101.03 а испитувањето е извршено со муниција 7.62 x 39 mm, Калашников.

Резултати и дискусија

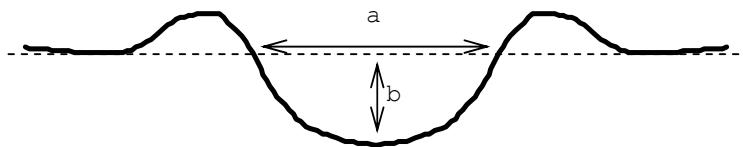
Резултатите од испитувањето на балистичката јакост V_{50} во зависност од површинската маса на композитите се претставени на слика 1. Земени се површински маси на композитите 2-9 kg/m² затоа што се тоа маси кои се користат за изработка на опрема за лична балистичка заштита, за што и беше наменето истражувањето. Помалата маса од 2 kg/m² не би овозможила соодветна заштита, додека, поголемата е непрактична заради преголемата маса.

Како што може да се забележи, при иста површинска маса UD композитите имаат многу поголема балистичка јакост од BD композитите. Во испитуваниот опсег постои право пропорционално зголемување на V_{50} со зголемувањето на површинската маса. Карактеристично е што нагибот на кривите е скоро идентичен.

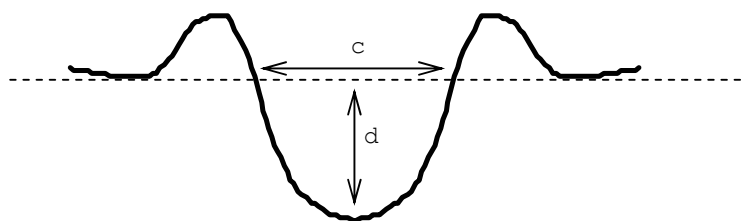


Сл. 1. Балистичка јакост на еднонасочните и двонасочните композити врз база на HPPE влакна

Резултатите од испитувањето на трауматолошкиот ефект презентирани се на сликите 2 и 3.



Сл.2. Трауматолошки ефект кај еднонасочните композити



Сл.3. Трауматолошки ефект кај двонасочните композити

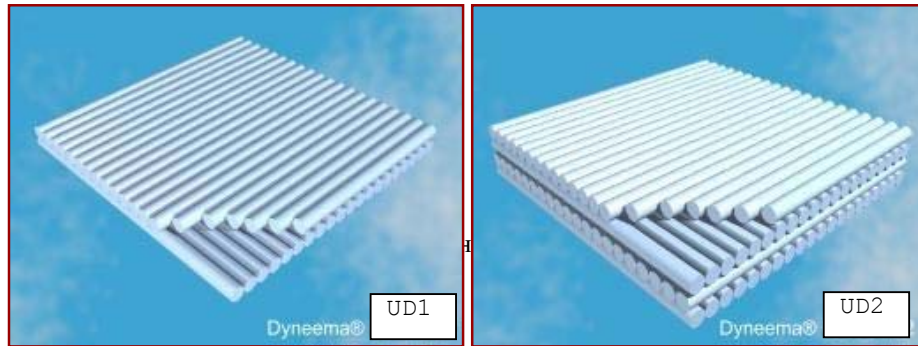
Очигледна е разликата во трауматолошкиот ефект меѓу UD и BD композити. Кај UD композитите тој зафаќа поголема површина и е поплиток, додека кај BD композитите тој зафаќа помала површина но е подлабок, или:

$$a > c \quad (1)$$

$$b < d \quad (2)$$

Причините за овие разлики лежат во различните текстилни форми во кои се преработени влакната. Кога проектилот ќе удри во композитот се создава шок или деформационен бран кој се шири низ предивото [3]. Кај ткаенините примарно удреното предиво содејствува со другите предива преку спојот каде што се вкрстуваат предивата по јаток и основа, така што деформациониот бран се проширува по многу предива, како по јаток така и по основа. Позитивна страна на овој ефект е што кинетичката енергија на проектилот ќе биде апсорбирана на голема површина на влакна. Брзината на деформациониот бран и на дисипацијата на енергијата зависат правопрпорционално од модулот на влакната [4]. Негативна страна е што точките на вкрстување рефлектираат дел од деформациониот

бран и го инхибираат пропагирањето на поголемо растојание. Точките на вкрстување се однесуваат како фиксирани краеве (fixed ends), па заради тоа амплитудата на рефлектираниот бран има ист правец но спротивен смер со амплитудата на примарниот бран, што води до суперпонирање меѓу брановите. Како резултат на тоа, доаѓа до издолжување на влакната до нивниот максимум, издолжување-припрекин (elongation at break), што води до нивно прекинување и олеснување на продорот на проектилот низ композитот.



Сл.4. Градба на еднонасочните препрези

Токму овој негативен ефект од преплетувањето кај ткаенините е причина за развојот на UD композитите за балистичка заштита. Кај нив влакната се положени еднонасочно во рамките на еден слој. Повеќе слоеви (2 или 4) се поставуваат вкрстено под $0^\circ/90^\circ$ и го градат препрегот, слика 4. При ваква еднонасочна конструкција, предивата немаат "класични" точки на вкрстување како кај ткаенините. Тоа овозможува деформациониот бран непречено да се движи низ предивото и така да помине поголемо растојание од местото на ударот. Подолгиот пат значи дека поголема маса од влакната е ангажирана во запирање на зрното, па оттука следи поефикасна заштита, односно поголема балистичка јакост при единица маса од композитот [5].

Според некои теории [6,7] површината на трауматолошкиот ефект одговара на патот којшто го поминува деформациониот бран оддалечувајќи се од местото на ударот. Кај UD композитите, заради непостоење на преплетување, движењето е непречено и деформациониот бран поминува поголем пат (a на сликата 2) отколку кај BD композитите ($a > c$), при што доаѓа до деформација на поголема површина од композитот. Кај BD композитите, заради точките на преплетување, деформациониот бран поминува помало растојание (c на сликата 3), со тоа помала маса од влакната се ангажира во стопирањето на балистичкиот удар, што резултира со нивно поголемо напрегање. Тоа, пак, се манифестира во подлабока (d на сликата 3) деформација на ангажираните влакна ($d > b$). Деформацијата на сликата 2 е попожелна, затоа што длабината на деформацијата која е опасна за носителот на балистичката заштитна опрема, е помала.

Референци

1. J.A.Warten et al., Testing simulation and interpretation of materials impact characteristics, Symposium on instrumented impact testing of plastics and composites, Houston, USA, 1985, 117-144
2. D.Roylance et al., Ballistic response of polymer composites, *Polymer Composites* **18** (1973), pp.196-202
3. R.W.Mortimer et al., Behaviour of laminated composite plates subjected to impact, Foreign object damage impact to composites symposium, Philadelphia, USA, 1973, pp.173-174
4. R.L.Woodward et al., Resistance to penetration and compression of fiber-reinforced composite materials, *Composite Engineering* **4** (1994), pp.329-341
5. P.M.Cuniff, A semiempirical model for the ballistic impact performance of textile-based personnel armor, *Textile Research Journal* **2** (1996), pp.45-59
6. J.H.Grimberg et al., Dyneema non-wovens and fabrics in ballistic protection, II-nd Int.Ballistic Conference, Moscow(1996)
7. D.C.Prevorsek et al., Strain rate effects in ultrastrong polyethylene fibers and composites, Journal of applied polymerscience, *Applied polymer symposium* **47**, 45-66(1991), John Wiley & Sons, Inc.