

UNAPREĐENJE BALISTIČKIH KARAKTERISTIKA I ODRŽAVANJA ZAŠTITNIH BALISTIČKIH PRSLUKA

Vojkan M. Radonjić^a, Danko M. Jovanović^b,
Goran Ž. Živanović^b, Branko V. Resimić^a
^a Vojska Srbije, Tehnički remontni zavod Čačak
^b Generalštab Vojska Srbije, Uprava za logistiku

DOI: 10.5937/vojtehg62-4992

OBLAST: održavanje tehničkih sistema
VRSTA ČLANKA: stručni članak
JEZIK ČLANKA: srpski

Sažetak:

U radu su realizovana istraživanja materijala neophodnog za održavanje zaštitnih balističkih prsluka. Predloženo je novo konstrukciono rešenje sa savremenim materijalom za izradu balističkih uložaka. U radu su prikazani rezultati laboratorijskih balističkih ispitivanja uložaka sa novim materijalom. Na osnovu rezultata ispitivanja zaključuje se da predloženo konstrukciono rešenje za izradu balističkih uložaka u potpunosti ispunjava zahteve aktuelnog standarda.

Ključne reči: Dyneema; prsluk; zaštitni; materijali; umeci.

Uvod

Zaštitni balistički prsluk je sastavni deo borbene opreme svakog modernog vojnika, namenjen da ga zaštiti od povreda koje neprijatelj pokušava da mu nanese svojim oružjem. Osnovno sredstvo kojim se danas napada protivnik je vatreno oružje koje protivničkom vojniku povrede nanosi ispaljenim metkom iz streljačkog vatrene oružja. Vojnik može biti povređen i gelerima artiljerijskih projektila, komadima nastalim usled rušenja objekata, razletanja zemlje, kamena i sl., drugo kao posledica eksplozija, ali i udara vazduha kao posledica povećanja (ili smanjenja) pritiska na mestima eksplozija.

Prvi zvanično uvedeni zaštitni prsluci u bivšoj JNA su bili britanske proizvodnje. Nekoliko godina kasnije "Borovo" je počelo da proizvodi zaštitne prsluke, u početku po nabavljenim britanskim modelima, a kasnije su i sami iznalazili i neka rešenja koja su se pokazala dobrim.

Jedno od tih rešenja je bilo i "antitrauma jastuče" koje se nalazilo iza balističkog panela i koje je imalo svrhu da ublaži ugibanje materijala izazvano udarom projektila u prsluk i telo. "Antitrauma jastuče" je bilo punjeno prirodnim materijalom - perjem.

Razvojem tehnologije i unapređenjem aktualne tematike balističkih materijala, "Borovo" je balističke materijale pravilo od materijala *Kevlar 29*¹. Kasnije su u upotrebi bili zaštitni prsluci firme "Point Blanc" koji su pravljene od materijala *Kevlar 129*. Ovaj materijal je za oko 20% imao bolja svojstva i bilo je potrebno manje slojeva *Kevlara* da bi se postigao isti stepen zaštite. Takođe, umesto "antitrauma jastučeta" koristio se umetak od nekoliko slojeva materijala poznatog pod nazivom "Spectra", firme Honewell.

Devedesetih godina prošlog veka pojavljuju se novi balistički materijali koji zamenjuju aramidne materijale², sa materijalima koji imaju puno bolja balistička svojstva. Dugi niz godina, pa i danas, nalazi se u upotrebi materijal pod oznakom *Dyneema 21* (<http://hrcak.srce.hr/file/116682.pdf>). Svojstva ovog i novijih materijala dat je u nastavku rada.

Cilj istraživanja prikazanih u radu bio je da se poboljša konstrukcija postojećih zaštitnih balističkih prsluka predlogom novog konstrukcionog rešenja balističkog uložka, i da se sagleda opravdanost predložene konstrukcije na osnovu rezultata laboratorijskih ispitivanja.

Postojeće konstrukciono rešenje

Snaga zaštitnog prsluka je u jačini i elastičnosti materijala od kojeg je balistički uložak napravljen. Danas se vrlo često koristi materijal pod komercijalnim nazivom "*Dyneema*"³, holandskog proizvođača. Ovaj materijal ima za oko 40% bolja balistička svojstva od klasičnog *Kevlara*. Zato su zaštitni prsluci od ovog materijala lakši po težini, jer je potreban manji broj slojeva balističkog materijala.

Balistički zaštitni materijali za zaštitne prsluke se tkaju kao klasično platno – od niti (konca). Način tkanja (prepletaj niti) obezbeđuje dodatnu otpornost prsluka. Naime, prilikom pogodka metka u prsluk (balistički sloj), on ne samo da teško kida nit (jer je elastičan), već i "vuče" nit iz tkanja što izaziva trenje i otpor. Dakle, kombinacija otpornosti same niti na kidanje, otpor koju pruža nit prilikom izvlačenja iz tkanja, kao i gustina, u vidu većeg broja slojeva platna naslaganog jedno na drugo, zaustavlja zrna. Zato i nema rikošeta jer se platno "gužva" i nedozvoljava projektilu da sklizne. Iz tog razloga skrojene listovi platna se nikad ne porubljaju na krajevima, već se ostavlja platno ne porubljeno. Da bi se ostvarila kompaktnost slojeva platna ono se delimično štepa na krajevima ili blago proštepa po sredini.

¹ *Kevlar* – vrsta aramidnog vlakna američkog porekla,

² Aramidni materijali – vrsta vlakna, materijala za proizvodnju opreme sa balističkom zaštitom, za ojačanje optičkih kablova, izradu zaptivki i sl. Proizvodi se pod nazivima: *Kevlar* (SAD), *Twaron* (Nemačka), *DuPont* (Švajcarska, SAD).

³ *Dyneema*- vrsta polietilenskog vlakna holandskog proizvođača

Kod aramidnih vlakana izdržljivost materijala dosta zavisi od načina skladištenja i pri tome se posebno mora paziti na uticaj vlage, sunca i visoke temperature. Upravo ove činjenice su dovele do razvoja novih materijala od kojih su napravljeni postojeći modeli koji su u upotrebi u Vojsci Srbije. Oni su vrsta polietilenskog vlakna visoke molekularne gustoće (Ultra High Molecular Weight Polyethylene – UHMWPE).

U Vojsci Srbije nalaze se tri modela zaštitnih balističkih prsluka u upotrebi i to (Generalštab Vojske Srbija i Crna Gora, Tehnička uprava, 2002), (Generalštab Vojske Srbija i Crna Gora, Tehnička uprava, 2003):

- model M99,
- model M02 i
- model M03.

Osnovni delovi zaštitnih balističkih prsluka su :

- balistički ulošci, za nivo zaštite III A i
- balističke ploče, za nivo zaštite III.

U ovom radu se razmatra novo konstrukciono rešenje balističkih uložaka za nivo zaštite III A.

Balistički ulošci, kod navedenih modela zaštitnih balističkih prsluka, napravljeni su od kombinacije nepoznatog materijala i Kevlara, čiji je vremenski rok upotrebe (vremenski resurs), po preporuci proizvođača, pet godina. Zbog resursa materijala koji je istekao zaštitni prsluci ne mogu vojniku da osiguraju potreban nivo zaštite. Postojeća konstrukciona rešenja balističkih uložaka prikazani su na slici 1 (Ministarstvo odbrane, Službeni vojni list br. 12/02, 2002).

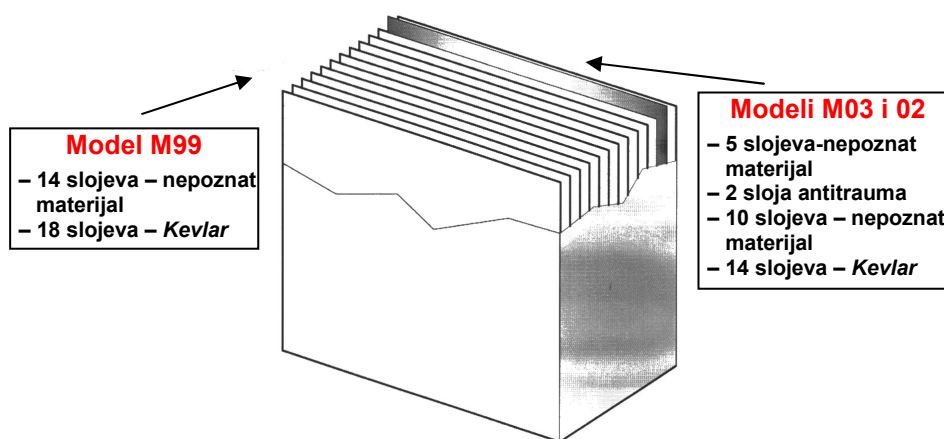
Balistički ulošci u modelu M99 izrađeni su od sledećih materijala (Ministarstvo odbrane, Odeljenje za standardizaciju, metrologiju i nomenklaturu, 1999):

- 14 listova belog materijala nepoznatog porekla⁴,
- 18 listova materijala *Kevlar*.

Balistički ulošci u modelima M02 i 03 izrađeni su od sledećih materijala (Ministarstvo odbrane, Odeljenje za standardizaciju, metrologiju i nomenklaturu, 2002):

- 5 listova belog materijala nepoznatog porekla,
- 2 lista antitrauma materijala:
 - 1 list sunđera,
 - 2 lista materijala *Kevlar*,
- 10 listova belog materijala nepoznatog porekla,
- 14 listova materijala *Kevlar*.

⁴ U postojećoj dokumentaciji nisu dati podaci o materijalu koji je korišćen u izradi balističkih uložaka.



Slika 1 – Postojeće konstrukciono rešenje balističkih uložaka
 Figure 1 – Existing structural solution ballistic inserts

Standardi balističke zaštite

Na slici 2 prikazani su nivoi balističke zaštite po standardu NIJ (National Institute of Justice) 0101.04 . U Vojski Srbije je usvojen standard NIJ 0101.03 i za očekivati je da se isti prilagodi međunarodnom standardu NIJ 0101.04 i NIJ 0101.06 (<http://www.ncjrs.gov/pdffiles1/183651.pdf>).





Sa slike 2 se vidi da nivo zaštite III A podrazumeva da zaštitni balistički prsluk štiti vojnika od pištoljskog metka početne brzine 426 m/s. Nivo zaštite III (prsluk sa balističkom pločom) štiti vojnika od pušcanog metka početne brzine od 732-950 m/s.

Zahtev standarda⁵ je da se ispitivanje izvodi ispaljivanjem metka sa rastojanja od 5 metara za nivo zaštite III A, a za više nivo zaštite sa rastojanja 15 metara i da se pri tome zadovolje određeni zahtevi standarda prikazani u nastavku rada (rezultati laboratorijskih ispitivanja). To su zahtevi standarda koji podrazumevaju:

- zaustavljanje metka (bez proboja) i
- da otisci u pozadinskom materijalu (plastelinu) budu manji od 44 milimetra.

U skladu sa zahtevima standarda NIJ 0101.04 konstruisaće se zaštitni balistički ulošci, koji zajedno sa balističkim pločama treba da obezbede vojniku nivo zaštite III A i III, respektivno.

⁵ Standard definiše, za svaki nivo zaštite pojedinačno, zahteve u pogledu: uslova i metoda ispitivanja radi sagledavanja postignutog nivoa zaštite i zahteve koji se moraju ispuniti da bi se postigao zahtevani nivo zaštite.

 NATIONAL INSTITUTE OF JUSTICE <small>The following levels are protected by different systems of armor. In each case, all levels can protect against all weapons from lower levels. NIJ standard requires stopping 6 shots at each level. Shots must be 3 inches from each other and 2 inches from side in order to pass. NIJ IV only requires stopping single shot.</small>						
LEVEL	WEAPON	SIZE	BULLET		SPEED (m/s)	SHOTS
			MASS (g)	TYPE		
IIIA	 Hand Gun	9 mm	8.0	FMJ/S	425	6
		0.357 Magnum	10.2	JSP	426	
		0.44 Magnum	15.6	SWC	425	
III	 Rifle M16 Rifle AK-47	7.62 x 39	9.7	FMJ/S	732	6
		5.56 x 45	4.0	FMJ/S	950	
		7.62 x 51	9.5	FMJ/S	838	
IV	 Rifle	7.62 x 51 AP	9.5	FMJ/HC	869	1

Slika 2 – Zahtevi standarda NIJ STD 0101.04
 Figure 2 – The requirements of NIJ STD 0101.04

Savremeni balistički materijali

Prekretnica u razvoju balističkih materijala su 90-te godine prošlog veka pojavom materijala pod komercijalnim nazivom Dyneema. To je materijal izrađen od polietilenskog vlakna za koga je, iz ne znanja u početku, davana garancija od pet godina. Stečeno iskustvo pokazuje da je materijal dosta otporan na spoljašnje uticaje, posebno na vlagu, UV zračenje i na trenje. Iz ovih razloga garancija na materijal, odnosno njegova balistička svojstva, godinama se povećala.

Prvi modeli imali su oznaku Dyneema SB 21 i SB 31⁶, koji su svojom pojavom i balističkim karakteristikama daleko nadmašili aramidne materijale. Danas, najpoznatiji materijal navedenog proizvođača, ima oznaku Dyneema SB 51. Ovi polietilenski materijali daju maksimalnu zaštitu i kao takvi su do 15 puta jači od kvalitetnog čelika, a 30-40% lakši i čvršći od aramidnih vlakana. Sa ovakvim balističkim karakteristikama, materijal SB 51 je daleko kvalitetniji po balističkim karakteristikama od drugih poznatih materijala. Dyneema materijali se odlikuju još i karakteristikama da plutaju na vodi, jako su izdržljivi, otporni na vlagu, hemikalije i UV svetlo. Takođe, proizvođač daje garanciju na kvalitet materijala duplo više od prethodnih materijala istog proizvođača, odnosno do 10 godina.

Najnovija generacija balističkih materijala proizvođača Dyneema pod oznakom SB 51 poseduje navedene karakteristike uz garantni rok do 10 godina. Balistički materijali oznake SB 51 daleko nadmašuje aramidna vlakna, pa i

⁶ Dyneema SB21 i SB31 izrađeni su od polietilenskih vlakana, a razlika između materijala je u gustini tkanja kojom se zadržava energija zrna.

prethodne materijale ovog proizvođača pod oznakom SB 21 i SB 31. Dyneema SB 51 ima sveukupna poboljšanja 10-20% u odnosu na materijal SB21.

U konstrukcionom pogledu ovaj materijal u dovoljnom broju listova omogućuje zaštitu vojniku i balističke nivoe zaštite III A i III. Materijal se može kombinovati sa trauma linerom-polietilenskom penom (antitrauma sloj)⁷, kao i sa rešenjima za zaštitu od uboda nožem u prslucima konstruisanim za postizanje balističke zaštite prema međunarodnim standardima balističke zaštite, uključujući standard NIJ 0101.04. Zbog svojih karakteristika Dyneema SB 51 omogućuje da se u konstrukciji balističkih uložaka koristi manji broj slojeva materijala, te je uložak tanak i lagan, a prsluk udoban za nošenje.

Sa aspekta održavanja (remonta) sa Dyneema SB 51 je lagano rukovanje, što dovodi do smanjenja vremena i troškova slaganja i rezanja materijala. Upravo zbog toga nivo balističke zaštite se može jednostavno podići, izradom balističkih uložaka sa većim brojem listova materijala.

Predlog novog konstrukcionog rešenja

Sagledavajući karakteristike svih poznatih materijala koji, određenim konstrukcionim rešenjima, omogućuju zaštitu vojnika prema zahtevima standarda III A, za predlog novog konstrukcionog rešenja izabran je materijal holandskog proizvođača *Dyneema* pod oznakom SB 51. Novo konstrukciono rešenje balističkih uložaka formira se sa sledećom idejom: *izraditi zaštitne balističke uloške slojevitim slaganjem listova izabranog balističkog materijala u broju koji ne narušava ukupnu težinu balističkog uloška, uz istovremeno poštovanje zahteva standarda NIJ 0101.04 koji se odnose na nivo zaštite III A.* Nakon sprovedenih laboratorijskih balističkih ispitivanja uzorka uloška sa novim konstrukcionim rešenjem, ukoliko bude proboja metka, treba povećati broj slojeva materijala, u suprotnom ne smanjivati broj postavljenih listova materijala od kojih je izrađen balistički uložak. Predloženo konstrukciono rešenje balističkog uloška, kroz rezultate laboratorijskih ispitivanja, porediće se sa drugim konstrukcionim rešenjima balističkih uložaka.

U radu su sprovedena istraživanja poređenjem rezultata ispitivanja balističkih uložaka sa različitim konstrukcionim rešenjima. Pored navedenog konstrukcionog rešenja balističkih uložaka, zbog potrebe istraživanja, izrađena su još dva konstrukciona rešenja balističkih uložaka, ali od druge vrste materijala. Laboratorijska istraživanja su realizovana na sledećim rešenjima:

- balističkom ulošku od materijala Dyneema SB 51,
- balističkom ulošku od materijala Dyneema SB 21 i
- balističkom ulošku od kombinacije starog materijala i novog materijala Dyneema SB 21.

⁷ Antitrauma sloj ne predstavlja zaštitni materijal sa aspekta balistike, već se koristi radi amortizacije udara u cilju smanjenja traume, na način da smanjuje energetski potencijal zrna i dodatno smanjuje visinu udara zrna sa druge strane balističkog uloška.

Predlog konstrukcionog rešenja od materijala Dyneema SB 51 je potekao upravo od sprovedene analize na osnovu koje je zaključeno da navedeni materijal ima najbolja balistička svojstva i daleko najduži vremenski resurs (10 godina). Konstrukciono rešenje izrade balističkog uložka od materijala SB 51 prikazan je na slici 3.

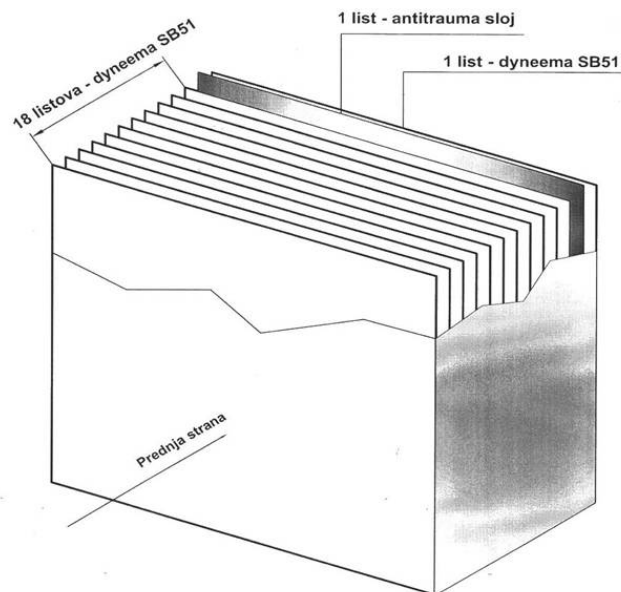
Predlog konstrukcionog rešenja balističkog uložka prikazanog na slici 3 čini slojevito slaganje balističkog materijala SB 51 u tri nivoa prema sledećem redosledu:

- 18 listova materijala Dyneema SB 51,
- 1 list antitrauma materijala tip Twaron LFT AT 780⁸ i
- 1 list materijala Dyneema SB 51.

Konstrukciono rešenje izrade balističkih uložaka od materijala Dyneema SB 21 prikazan je na slici 4.

Predlog konstrukcionog rešenja balističkog uložka prikazanog na slici 4 čini slojevito slaganje balističkog materijala u tri nivoa prema sledećem redosledu:

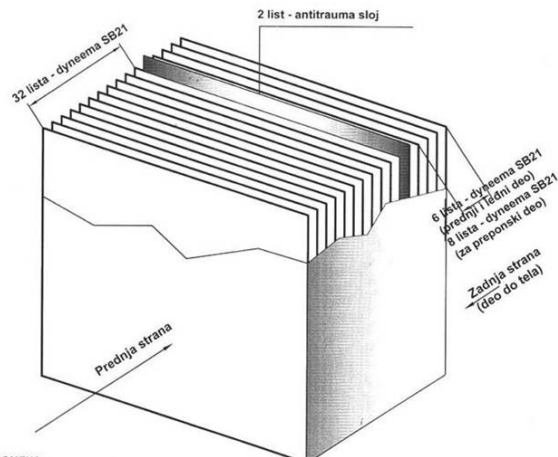
- 32 lista materijala Dyneema SB 21,
- 2 lista antitrauma materijala tip Alveolen NT 1103⁹ i
- 6 lista materijala Dyneema SB 21.



Slika 3 – Predlog konstrukcionog rešenja uzorka broj 1
 Figure 3 – Proposal for construction solution of the sample # 1

⁸ Twaron – proizvođač antitraume materijala,

⁹ Alveolen – proizvođač antitraume materijala.

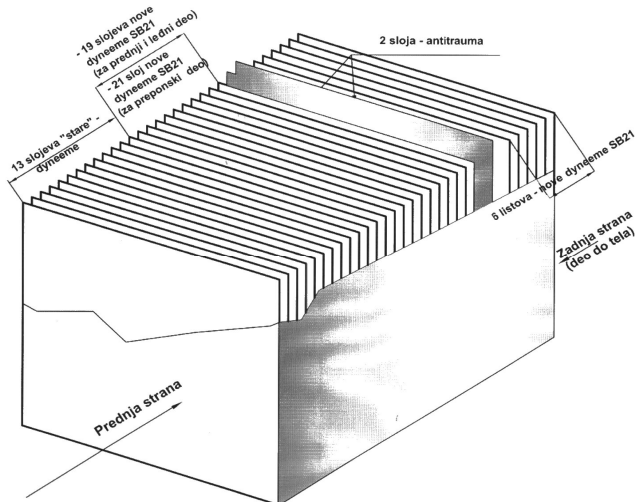


Slika 4 – Predlog konstrukcionog rešenja uzorka broj 2
 Figure 4 – Proposal for construction solution of the sample # 2

Konstrukciono rešenje izrade balističkog uložaka od starog materijala i novog materijala Dyneema SB 21 prikazan je na slici 5 i čini ga slojevito slaganje materijala u četiri reda prema sledećem:

- 13 listova starog materijala nepoznatog porekla,
- 19 listova novog materijala Dyneema SB 21,
- 2 lista antitrauma materijala tip Alveolen NT 1103 i
- 6 lista novog materijala Dyneema SB 21.

Sa definisanim predlozima konstrukcionih rešenja balističkih uložaka realizovana su laboratorijska balistička ispitivanja prema zahtevima standarda NIJ 0101.04.



Slika 5 – Predlog konstrukcionog rešenja uzorka broj 3
 Figure 5 – Proposal for construction solution of the sample # 3

Realizacija laboratorijskih balističkih ispitivanja

Balistička ispitivanja predloženih konstrukcionih rešenja balističkih uložaka realizovana su u ovlašćenoj laboratoriji Instituta bezbednosti. Ispitivanja su realizovana za sledeće uzorke balističkih uložaka:

- **Uzorak br. 1/1** – prednji panel zaštitnog prsluka, prema predlogu konstrukcionog rešenja sa slike 3, težine 1490 grama,
- **Uzorak br. 1/2** – zadnji panel zaštitnog prsluka, prema predlogu konstrukcionog rešenja sa slike 3, težine 1755 grama,
- **Uzorak br. 1/3** – prednji karlični štitnik, prema predlogu konstrukcionog rešenja sa slike 3, težine 500 grama,
- **Uzorak br. 2/1** – prednji panel zaštitnog prsluka, prema predlogu konstrukcionog rešenja sa slike 4, težine 1450 grama,
- **Uzorak br. 2/2** – zadnji panel zaštitnog prsluka, prema predlogu konstrukcionog rešenja sa slike 4, težine 1700 grama,
- **Uzorak br. 2/3** – štitnik leđa, prema predlogu konstrukcionog rešenja sa slike 4, težine 550 grama,
- **Uzorak br. 3/1** – prednji panel zaštitnog prsluka, prema predlogu konstrukcionog rešenja sa slike 5, težine 1600 grama,
- **Uzorak br. 3/2** – zadnji panel zaštitnog prsluka, prema predlogu konstrukcionog rešenja sa slike 5, težine 1600 grama,
- **Uzorak br. 3/3** – štitnik leđa zaštitnog prsluka prema predlogu konstrukcionog rešenja sa slike 5, težine 720 grama.

Balističko ispitivanje navedenih konstrukcionih rešenja balističkih uložaka, pripremljenih za ispitivanja prema navedenim i označenim uzorcima, izvršeno je prema metodologiji za testiranje zaštitnih prsluka, na dejstvo pištoljske i revolverске municije, koja je utvrđena standardom NIJ STD 0101.04 i TU za nivo zaštite III A.

Gađanje je vršeno iz sledećeg oružja:

- opritne cevi dužine 200 mm, kalibra .44 Magnum,
- opritne cevi dužine 450mm, kalibra 9mm PARA.

Municija sa kojom su vršena ispaljenja je:

- kalibra .44 Magnum sa zrnom SJHP (semi-jacket hollow point, polukošuljica šupli vrh) mase 15,5 grama proizvođača "Prvi partizan" Užice,
- kalibra 9mm PARA sa zrnom PMJ (puna metalna košuljica) istog proizvođača.

Ispitivanje je izvršeno sa daljine 5 metara, a brzina je merena na 3 metra od usta cevi, kako se zahteva standardom.

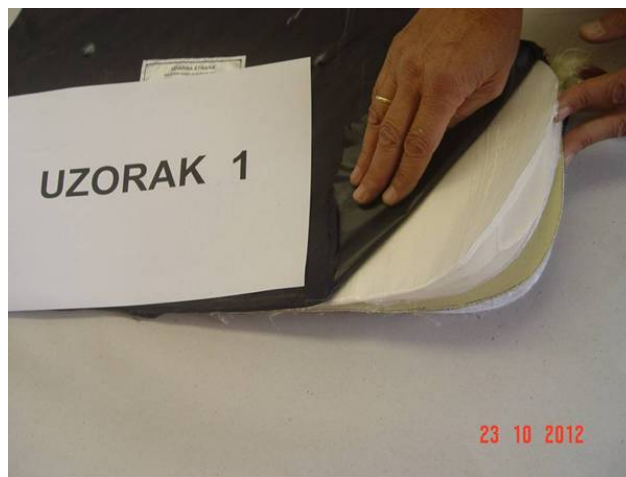
Na slici 6 prikazan je izgled jednog od uzoraka pripremljenih za laboratorijska ispitivanja.

Analiza rezultata ispitivanja

Rezultati laboratorijskih ispitivanja balističkih karakteristika predmetnih uzoraka balističkih uložaka, prikazan je u tabeli 1.

Zaključak ispitivanja:

Svi uzorci balističkih uložaka sa predloženim konstrukcionim rešenjima su **zaustavili projekte**, a prema standardu relevantne traume – BFS otisci¹⁰, koji se mere u pozadinskom materijalu (plastelinu), bili su u **propisanim granicama**, tj. manji od 44 milimetra. Ispitivani uzorci meke balistike **zadovoljavaju nivo zaštite III A** prema NIJ STD 0101.04.



Slika 6 – Primpremljeni uzorak za ispitivanje
Figure 6 – The sample for testing

Tabela 1 – Rezultati laboratorijskih balističkih ispitivanja
Table 1 – Results of laboratory tests of ballistic

Red. Br.	Broj uzorka	Kalibar	Poč. brzina (m/s)	Otisak u plastelinu		Proboj uložka	
				Zahtev	Rezultat	Zahtev	Rezultat
1	Uzorak br. 1/1	.44 Magnum	438-448	< 44mm	33 mm	Bez proboja	DA
2	Uzorak br. 1/2	9mm PARA	438-448	< 44mm	17-31 mm	Bez proboja	DA
3	Uzorak br. 1/3	.44 Magnum	431-440	< 44mm	40 mm	Bez proboja	DA
4	Uzorak br. 2/1	.44 Magnum	434-440	< 44mm	37-42 mm	Bez proboja	DA

¹⁰ BFS (BackFaceSignature) – otisak u plastelinu. Prema zahtevu standarda, prilikom ispitivanja postignutog nivoa zaštite, u pozadini ispitivanog uzorka postavlja se plastelin. Prilikom ispitivanja, usled proboja zrna kroz materijale unutar uložka i neposredne energije zrna, u plastelinu se stvara otisak čija dubina mora biti manja od 44mm.

Red. Br.	Broj uzorka	Kalibar	Poč. brzina (m/s)	Otisak u plastelinu		Proboj uložka	
				Zahtev	Rezultat	Zahtev	Rezultat
5	Uzorak br. 2/2	9mm PARA	438-447	< 44mm	23-25 mm	Bez proboja	DA
6	Uzorak br. 2/3	.44 Magnum	436-440	< 44mm	39 mm	Bez proboja	DA
7	Uzorak br. 3/1	.44 Magnum	432-437	< 44mm	38-39 mm	Bez proboja	DA
8	Uzorak br. 3/2	9mm PARA	429-448	< 44mm	22-23 mm	Bez proboja	DA
9	Uzorak br. 3/3	.44 Magnum	434-439	< 44mm	39 mm	Bez proboja	DA

Na slikama 7 i 8 prikazani su balistički ulošci nakon sprovedenih laboratorijskih ispitivanja:



Slika 7 – Uzorak 2 nakon sprovedenih laboratorijskih ispitivanja
Figure 7 – Sample 2 after conducting laboratory tests

Sa definisanim predlozima konstrukcionih rešenja balističkih uložaka realizovana su laboratorijska balistička ispitivanja prema zahtevima standarda NIJ 0101.04.

Ekonomska strana izrade navedenih uzoraka balističkih uložaka sa novim konstrukcionim rešenjem, prikazaće se cenom nove izrade ispitivanih uzoraka prema sledećem:

- uzorak br. 1 – ukupna cena izrade iznosi **380** eura,
- uzorak br. 2 – ukupna cena izrade iznosi **445** eura i
- uzorak br. 3 – ukupna cena izrade iznosi **380** eura.

Sa ekonomske strane gledišta za dalju upotrebu balističkih uložaka, najisplativiji su balistički ulošci izrađeni prema uzorku br. 1 (izrađeni od materijala Dyneema SB 51) i uzorku br. 3 (kombinacija starog i novog materijala Dyneema SB21).



Slika 8 – Uzorak 3 nakon sprovedenih laboratorijskih ispitivanja
 Picture 8 – Sample 3 after conducting laboratory tests

Sveobuhvatnom analizom zaključuje se da zaštitni balistički ulošci izrađeni prema konstrukcionom rešenju sa slike 3 (uzorak br. 1), imaju najbolje rezultate po svim elementima analize. Na osnovu dobijenih rezultata predlog je da se pri održavanju zaštitnih balističkih prsluka (remontu) izrađuju balistički ulošci prema konstrukcionom rešenju sa slike 3, od materijala Dyneema SB 51, čiji je balistički nivo zaštite u skladu sa zahtevima standarda NIJ STD 0101.04, vremenski resurs upotrebe 10 godina i cena nove izrade 380 eura. Predloženi način održavanja zaštitnih balističkih prsluka ekonomski je isplativ.

Zaključak

Cilj sprovedenih istraživanja bio je da se dođe do rezultata koji će eksplicitno pokazati najbolji materijal za izradu balističkih uložaka u tehnološom procesu održavanja zaštitnih balističkih prsluka. Sprovedena istraživanja kroz ekonomsku stranu analize i kroz laboratorijska ispitivanja pokazala su da balistički ulošci izrađeni od materijala Dyneema SB 51 prema predloženom konstrukcionom rešenju sa slike 3 ispunjavaju zahteve standarda NIJ 0101.04 i omogućuju:

- bolja balistička svojstva za nivo zaštite IIIA,
- duži vremenski resurs, do 10 godina,
- manji broj slojeva listova balističkog materijala za izradu uložaka,
- manju količinu materijala za izradu balističkih uložaka za zahtevani nivo zaštite,

- lakše sečenje listova balističkog materijala prilikom krojenja i izrade balističkih uložaka,
- manje vreme nove izrade balističkih uložaka,
- manje novčanih sredstava za izradu balističkih uložaka za zahtevani nivo zaštite.

Literatura

Generalštab Vojske Srbija i Crna Gora, Tehnička uprava, 2002., *Tehničko uputstvo TU I, II, III – Opis, rukovanje, osnovno i tehničko održavanje, opravke i imenik sastavnih delova za PBB M-99, M-99A, M-99A1, M-99A2, M-99A3, M-99A4 i M-99A5*, Generalštab Vojske Srbija i Crna Gora, Tehnička uprava,

Generalštab Vojske Srbija i Crna Gora, Tehnička uprava, 2003, *Tehničko uputstvo TU I, II, III – Opis, rukovanje, osnovno i tehničko održavanje, opravke i imenik sastavnih delova za PBB M03 i M03A*, Generalštab Vojske Srbija i Crna Gora, Tehnička uprava,

Ministarstvo odbrane, Službeni vojni list br. 12/02, 2002., *SORS 8675/02 – Odeća zaštitna balistička*, Ministarstvo odbrane, Službeni vojni list br. 12/02,

Ministarstvo odbrane, Odeljenje za standardizaciju, metrologiju i nomenklaturu, 1999., *Propis o kvalitetu proizvoda PKP 6421/99, Prsluk borbeni balistički modeli M-99, M-99A, M-99A1, M-99A2, M-99A4, M-99 A5, M-03, M-03A*, Ministarstvo odbrane, Odeljenje za standardizaciju, metrologiju i nomenklaturu,

Ministarstvo odbrane, Odeljenje za standardizaciju, metrologiju i nomenklaturu, 2002., *Propis o kvalitetu proizvoda PKP 6531/02, Prsluk borbeni balistički modeli M-02, M-02A i M-02A1*, Ministarstvo odbrane, Odeljenje za standardizaciju, metrologiju i nomenklaturu,

<http://hrcak.srce.hr/file/116682.pdf> Aramidna vlakna,

<http://www.ncjrs.gov/pdffiles1/183651.pdf> Standard NIJ STD 0101.04.

BALLISTIC CHARACTERISTICS IMPROVING AND MAINTENANCE OF PROTECTIVE BALLISTIC VESTS

FIELD: maintenance of technical systems and materials

ARTICLE TYPE: professional paper

ARTICLE LANGUAGE: Serbian

Summary:

The work presents research of the materials necessary for the maintenance of protective ballistic vests. In this paper is proposed a new construction design with modern materials for ballistic inserts producing. This paper also presents the results of laboratory tests of ballistic

cartridges with new materials. Based on the test results, it can be concluded, the proposed technical solution for making ballistic inserts adequately meets current standards.

Introduction

The introduction explains the purpose of the armor and the history of models of protective vests for us. The aim of this study is to improve the structure of existing protective ballistic vests, to propose a new mechanism construction ballistic cartridge, and to examine the validity of the proposed design based on the results of laboratory tests.

Existing structural solution

In the above is explained existing model of protective ballistic vests that are in use in our army. Structural solution, composition of these models and used materials for ballistic inserts are shown. It is explained reactions (resistance) of the ballistic inserts materials, when bullets pass through them. Time resource of the materials for current models of body armor is expired. According to this fact, it is started research work, with intention to extend the current time resource.

Standards of ballistic protection

It is shown requirements for standards of ballistic protection level III and III A. Also are explained standards requirements and under what circumstances is performed laboratory testing of protective ballistic vests.

Modern ballistic materials

The characteristics and description of the currently most advanced materials for ballistic inserts that meet the requirements of the protection level III A are explained. The comparison of material characteristics Dyneema producer of the first models to contemporaneously under the symbol SB 51 is performed. Based on the characteristics of the analyzed material, in the research is used material Dyneema SB 51.

Proposal of a new structural solutions

In papaer is proposed a new construction solution from the cartridge ballistic material Dyneema SB 51, which should satisfy the protection level III A. In addition, we prepare two new samples of material combinations SB 21 and old material and material SB 21. With such samples the ballistic protective inserts started with laboratory tests.

Analysis of test results

In tables we show results of testing the samples of ballistic inserts. The conclusion from the performed tests is all samples meet the requirements of the current standards. With observing other aspects of

the samples, we give the proposal for maintain ballistic inserts with implementation of material Dyneema SB 51. The reason for this proposal is given in conclusion.

Conclusion

The aim of the research conducted was to get results that will explicitly show the best material for making ballistic inserts in the technological process of maintenance of protective ballistic vests. Conducted research in the economics analysis and the laboratory tests showed that the ballistic inserts made of a material Dyneema SB 51 to the proposed construction solutions to meet the requirements of Figure 3 standard NIJ 0101. 04 and allow:

- better ballistic properties of the protection level IIIA,*
- the long time resource, up to 10 years,*
- reduce the number of layers of sheets of ballistic materials for making cartridges,*
- a small amount of material for making ballistic inserts for the required level of protection,*
- easier to cut sheets of ballistic material during cutting and making ballistic inserts,*
- less time developing new ballistic inserts,*
- less money for making balčističkih cartridges for the required level of protection.*

Key words: Dyneema; Vest; protective; Materials; inserts.

Datum prijema članka/Paper received on: 25. 11. 2013.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 30. 12. 2013.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 03. 01. 2014.