

## **OPRACOWANIE TECHNOLOGII WYKONANIA ODŁAMKÓW STANDARDOWYCH DO TESTOWANIA LEKKICH OSŁON BALISTYCZNYCH ZGODNIE Z NORMĄ STANAG 2920**

*W artykule przedstawiono wyniki prac dotyczących opracowania i badań specjalnych pocisków stosowanych do oceny lekkich osobistych osłon balistycznych. Zaprezentowano kilka równorzędnych rozwiązań materiałowych wykonania sabotu służącego do napędzania stalowego podpocisku będącego symulatorem odłamka. Przeprowadzono badania porównawcze różnych rozwiązań materiałowych. Wszystkie rozwiązania zmierzały do spełnienia wymagań zawartych w STANAG 2920.*

### **1. Wstęp**

Do chwili obecnej dwa ośrodki badawcze w kraju, działające w ramach akredytowanych przez PCA laboratoriów, dysponują zestawem do badań odporności balistycznej osłon zgodnie z wymaganiami porozumienia normalizacyjnego STANAG 2920. Są nimi WITU oraz ITWW "MORATEX". Ocenia się, że dla potrzeb badań własnych oraz badań odbiorczych sprzętu indywidualnej ochrony balistycznej takich kompletów do badań (sabot + stalowy penetrator) potrzebnych jest w kraju od 5 do 8 tys. rocznie.

Import w tej skali oczywiście jest możliwy, lecz kłopotliwy z uwagi na stosunkowo długi czas realizacji zamówienia, koszty oraz związane z nim wymagania formalne.

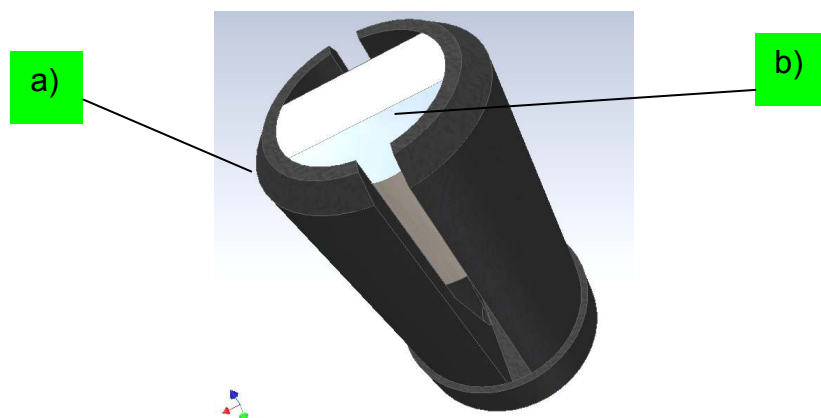
Uważa się, że opracowanie własnej technologii wytwarzania pocisków tego typu uniezależniłoby zainteresowane laboratoria od zakupów zagranicznych, co jednocześnie stworzyłoby możliwości do zaopatrywania "ad hoc", oferując znacznie niższe koszty w stosunku do wyrobów importowanych. Należy tu jednocześnie podkreślić, że wyżej cytowaną normą STANAG 2920 objęto jedynie stalowy penetrator pod względem kształtu, tolerancji masy oraz twardości. Norma dopuszcza pełną dowolność w konstrukcji i materiałach związanych z elementem zapewniającym odpowiednią prędkość stalowego penetratora.

Sabot w oryginalnej postaci występuje jako wypraska wtryskowa z kopolimeru ABS (akrylonitryl - butadien - styren). Przetwórstwo tego materiału jest dobrze znane polskim przetwórcom termoplastycznych tworzyw sztucznych. Jednak opracowanie procesu wtrysku, zaprojektowanie i wykonanie wielogniazdowej formy oraz, co najważniejsze zapotrzebowanie na te elementy powinny być ekonomicznie uzasadnione. Ponieważ nie ma masowego (ponad 100 tys. szt. rocznie) zapotrzebowania na tego rodzaju wyroby, a są to potrzeby w granicach jak już wcześniej powiedziano kilku tys. sztuk, gdzie zamówienia są nierytmiczne, uważa się, że zastosowanie zastępczej technologii do wytwarzania sabotów ma ekonomiczne uzasadnienie.

Pod pojęciem " technologia zastępcza" rozumie się w tym przypadku metodę odlewania w silikonowych formach elementów tworzywowych o właściwościach odpowiadających oryginalnemu wyrobowi uzyskiwanemu metodą wtrysku. Zastosowane polimery do odlewania w silikonowych formach posiadają podobne właściwości do kopolimeru ABS. Problem w ich zastosowaniu polega na tym, aby ich skład i postać w wyrobie gwarantowały powtarzalność parametrów dynamicznych całego pocisku. Jednocześnie metoda wykonywania sabotów musi być ekonomiczna, co oznacza, że przy obecnym zapotrzebowaniu musi w znaczący sposób obniżyć przewidywane koszty związane z uruchomieniem produkcji technologią wtrysku.

Technologia wtrysku wymaga wykonania wielognazdowej formy wtryskowej, wykorzystania odpowiedniej wtryskarki itp. Pociąga to za sobą odpowiednie koszty. Oczywiście istnieje możliwość zlecenia takiej pracy do firmy specjalizującej się w tego rodzaju produkcji. Wydaje się jednak, że wobec aktualnego zapotrzebowania oraz jego struktury, w kraju powinny istnieć niezależne możliwości wykonania tych wyrobów.

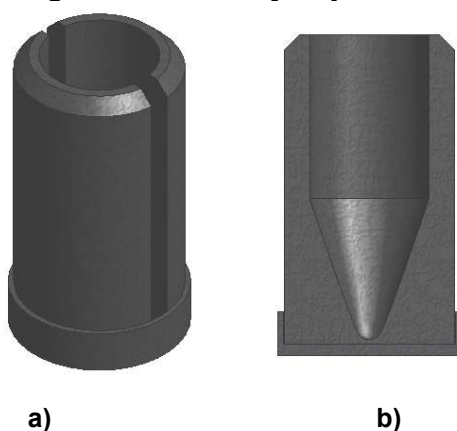
Widok kompletu – sabot + odłamek standardowy przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Widok kompletu: a) sabot, b) odłamek – podpicisk, przeznaczony do badania osłon osobistych zgodnie ze STANAG 2920

## 2. Sabot

Sabot pocisku określonego normą STANAG 2920 stanowi element wykonany z tworzywa termoplastycznego ABS metodą wtrysku. Element ten przedstawiono na rys.2.



Rys. 2. Sabot podpicisku do badania osłon osobistych: a) w całości, b) po fragmentacji.

Funkcją sabotu jest nadanie odpowiedniej prędkości podpociskowi przedstawionemu na (rys. 1).

W tabeli 1 przedstawiono podstawowe właściwości kopolimeru ABS.

Tabela 1. Podstawowe właściwości kopolimeru ABS.

L.p.	Nazwa właściwości	J.m.	Wartość
1	2	3	4
1	Gęstość	kg/m <sup>3</sup>	1060
2	Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	48 ÷ 54
3	Wydłużenie przy zerwaniu	%	13 ÷ 21
4	Udarność wg Izoda - z karbem	J/m	66 ÷ 272
5	Moduł sprężystości przy rozciąganiu	MPa	ok. 2800
6	Skurcz przetwórczy	%	0,4 ÷ 0,7

Uwaga: właściwości wytrzymałościowe w temp. 23° C.

Uzyskanie właściwości materiałowych sabotu wykonanego z termoplastycznego tworzywa ABS jest w praktyce nieosiągalne przy zastosowaniu materiałów zastępczych, takich jak np. odlewane poliuretany. ABS jest materiałem termoplastycznym, formowanym wtryskowo, z czego wynika jego wysoka jednorodność. Utwardzanie wyrobu następuje poprzez schłodzenie tworzywa w formie. Jest to kopolimer o liniowej budowie makrocząsteczek, częściowo krystaliczne. Połączenie w tej trzech składników w postaci akrylonitrylu, butadienu i styrenu dało w efekcie materiał o bardzo wysokich właściwościach mechanicznych i wysokiej udarności. ABS jest znany od kilkudziesięciu lat i stosowany w wielu wyrobach szeroko pojętej techniki a przede wszystkim tam, gdzie wymagana jest wysoka udarność o odporność na ścieranie.

Powyżej przedstawione informacje dotyczą stanu obecnego, czyli oryginalnych sabotów wykonywanych z ABS.

W celu realizacji pracy i spełnienia założeń wynikających ze STANAG 2920 należało wytypować materiał, który charakteryzowałby się właściwościami zbliżonymi do ABS, a który mógłby być przetwarzany metodą odlewania w tanich i prostych konstrukcyjnie formach silikonowych.

Firmy zajmujące się produkcją i dystrybucją materiałów stosowanych w technologii "rapid prototyping - ang.: szybkie prototypowanie) oferują szeroką gamę utwardzalnych poliuretanów, które najlepiej odzwierciedlają właściwości docelowego wyrobu. W rezultacie analizy właściwości dostępnych materiałów wytypowano dwa rodzaje poliuretanów dwuskładnikowych, których parametry przetwarzania są podobne a ich właściwości, mówiąc w skrócie, nawzajem się uzupełniają.

Kompozycja poliuretanowa oznaczona symbolem PU 365 jest dwuskładnikowym systemem poliuretanowym bez wypełniacza. Zastosowanie tego materiału związane jest głównie z wykonywaniem wzorców, form, prototypów i modeli. Materiał ten, charakteryzuje się bardzo małą lepkością podczas przetwarzania, doskonale odtwarza szczegóły powierzchni oraz, co jest szczególnie ważne w przypadku sabotu, posiada doskonałą stabilność wymiarową.

W tabeli 2 przedstawiono właściwości przetwórcze i mechaniczne tego systemu poliuretanowego.

Tabela 2. Właściwości systemu PU 365

L.p.	Nazwa właściwości	J.m.	Wartość
1	2	3	4
1	Gęstość mieszaniny	g/ml	1.06
2	Lepkość mieszaniny	mPas	40 ÷ 55
3	Czas życia (200 g) w temp. +20° C	min.	4 ÷ 5
4	Czas do wyjęcia z formy (200 g) w temp. +20° C	min.	20 ÷ 25
5	Twardość Shore D	-	69
6	Skurcz liniowy	%	0,17
7	Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	20 ÷ 23
8	Wydłużenie przy zerwaniu	%	10 ÷ 11

Przetwórstwo powyższego materiału polega na dokładnym wymieszaniu obydwu składników w stosunku wagowym 1:1, przy zapewnieniu odpowietrzenia kompozycji. Czas wyjęcia z formy gotowego elementu jest uzależniony od grubości ścianki. W wyrobach cienkościennych, takich właśnie jak sabot, czas ten wydłuża się do ok. 60 min w stosunku do przedstawionego w tabeli 2 czasu rozformowania.

Z powyższego materiału wykonano kilkadziesiąt sztuk sabotów. Przetwórstwo nie było kłopotliwe a uzyskane wypraski wiernie odzwierciedlały model, który stanowił oryginalny wyrób. Niepokojące wydawało się jednak to, że wyroby były kruche. Przeznaczono je jednak do badań strzelaniem.

Z uwagi na kruchość wyprasek, i konieczność uzyskania materiału o bardziej zbliżonych do tworzywa ABS właściwościach należało zastosować łącznie z systemem PU 365 inny system poliuretanowy. Była to specjalna żywica poliuretanowa o symbolu MG 933. Jej przeznaczenie jest podobne do systemu PU 365. Wspólną cechą obydwu materiałów jest czas przetwarzania, tzn. ok. 4 min. Pozwalało to na wytworzenie odpowiedniej mieszaniny tych dwóch materiałów. W tabeli 3 przedstawiono właściwości przetwórcze i mechaniczne systemu MG 933.

Tabela 3. Właściwości systemu poliuretanowego do odlewania MG 933

L.p.	Nazwa właściwości	J.m.	Wartość
1	2	3	4
1	Gęstość mieszaniny	kg/l	1,18
2	Lepkość mieszaniny	mPas	1500 ÷ 2000
3	Czas życia mieszaniny	min.	4
4	Czas do wyjęcia z formy	min.	60
5	Temperatura utwardzania	° C	70
6	Twardość Shore D	-	79 ÷ 82
7	Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	42 ÷ 47
8	Wydłużenie przy zerwaniu	%	35 ÷ 40
9.	Skurcz liniowy	%	ok. 0,18

Tak jak w przypadku systemu PU 365 wykonano kilkadziesiąt wyprasek sabotów. Charakteryzowały się one większą elastycznością, tzn. pękały przy większych niż poprzednie odkształceniach. Jednocześnie wypraski zachowywały wymaganą stabilność wymiarową. Przetwórstwo mieszaniny obydwu kompozycji było o tyle kłopotliwe, że czas przetwarzania obydwu kompozycji wynosił łącznie 4 min. Czas ten jednak pozwalał na odformowanie dziesięciu sztuk sabotów w jednej operacji. Mieszanina składała się z systemu PU 365 oraz MG 933 w proporcji 1 ÷ 1. Układy

w innych proporcjach charakteryzowały się zbyt dużą lepkością (trudne do odlewania) lub zbyt małą elastycznością - przy przewodzie PU 365. W trakcie przetwarzania tych materiałów stwierdzono, że zgodność chemiczną można uzyskać jedynie mieszając obydwa składniki po uprzednim zmieszaniu żywic zasilonych właściwymi dla nich utwardzaczami. Inne kombinacje, tzn. np. początkowe mieszanie samych żywic a następnie dodawanie kolejno właściwych dla nich utwardzaczy prowadziło do zżelowania kompozycji bez końcowego utwardzenia.

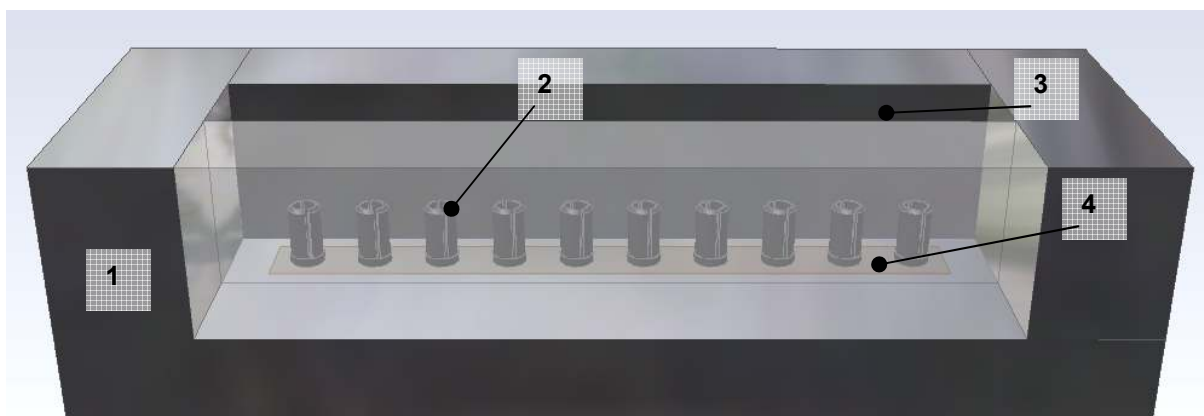
Obydwie kompozycje do odlewania były przetwarzane w formie wykonanej z elastomeru silikonowego o nazwie MONOFORM AS 3158 - 1.

MONOFORM AS 3158 - 1 jest zaawansowanym technologicznie produktem o wysokich parametrach technicznych, używanym do wykonywania stabilnych wymiarowo form kauczukowych. Podstawowym jego zastosowaniem jest produkcja form do wzorników i wtórników z żywic, gdzie dokładność odwzorowania kształtu i wymiaru ma podstawowe znaczenie. Produkt utwardza się w temperaturze pokojowej i charakteryzuje się długim czasem życia. Utwardzanie może zostać znacznie skrócone poprzez podgrzanie w temperaturze nawet do + 200° C. Produkt charakteryzuje się bardzo małym skurczem, mniejszym niż 0.2 %. Dane techniczne przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Dane techniczne i przetwórcze kauczuku silikonowego MONOFORM AS 3158.

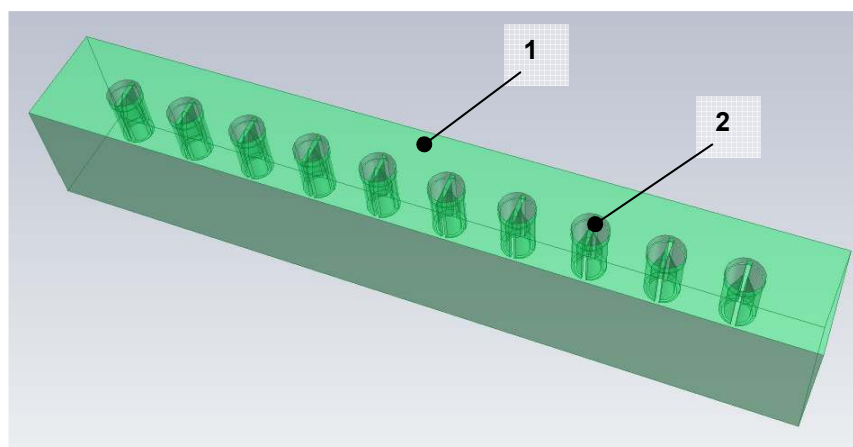
L.p.	Postać materiału	Właściwość	Jedn. miary	Wartość lub postać składnik A	Wartość lub postać składnik B
1	2	3	4	5	
1	Nie utwardzony	kolor	-	beżowy	zielony
2		stosunek mieszania	wag.	10	1
3		lepkość	mPas	150 000	4 000
4		gęstość	g/cm <sup>3</sup>	1,28	1,04
5	Zmieszany AS 3158-1 (A+B)	czas życia	h	2,5 h (temp. +20° C)	-
6		czas pracy	h	2 (temp 20° C)	-
7		lepkość	mPas	120 000	-
8	Utwardzony AS 3158-1 (A+B) czas utwardzania 72 h w temp. +25° C	czas rozformowania	h	24	-
9		twardość	Sh A	62 (po 48 h)	-
10		wytrzymałość na rozciąganie	MPa	7,3	-
11		Wydłużenie	%	200	-
12		skurcz liniowy	%	< 0,2	-
13		temp. pracy	° C	- 60 ÷ + 200	-

Technika wykonania formy polegała na wykorzystaniu oryginalnych sabotów pochodzących z importowanych zestawów. Stanowiły one modele do odwzorowania gniazd formujących odlew silikonowego. Formę przed zalaniem silikonem przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Widok formy przed zalaniem silikonem z umieszczonymi modelami sabotów: 1 – obudowa, 2 – modele sabotów, 3 – gniazdo, 4 – taśma „obustronnielepna” mocująca modele

Formę zalewano jednopunktowo w narożu obudowy, w najniższym położonym punkcie. Jest to podstawowa zasada, która gwarantuje wypchnięcie powietrza ze wszystkich miejsc modeli, które to miejsca muszą być zastąpione kauczukiem silikonowym. Na rysunku 4 przedstawiono formę z kauczuku silikonowego.



Rys. 4. Forma do wykonywania odlewów sabotów: 1 – blok kauczuku silikonowego, 2 – gniazdo formujące poliuretanowy odlew

Gniazda formy, po usunięciu modeli wiernie odzwierciedlały kształt sabotów oryginalnych. Ich mankamentem było uzyskiwanie odlewów z meniskiem wypukłym, co wynika z różnicy napięć powierzchniowych materiału odlewane - PU (bardzo niskie) oraz materiału formy (bardzo duże). Menisk usuwano po utwardzeniu kompozycji.

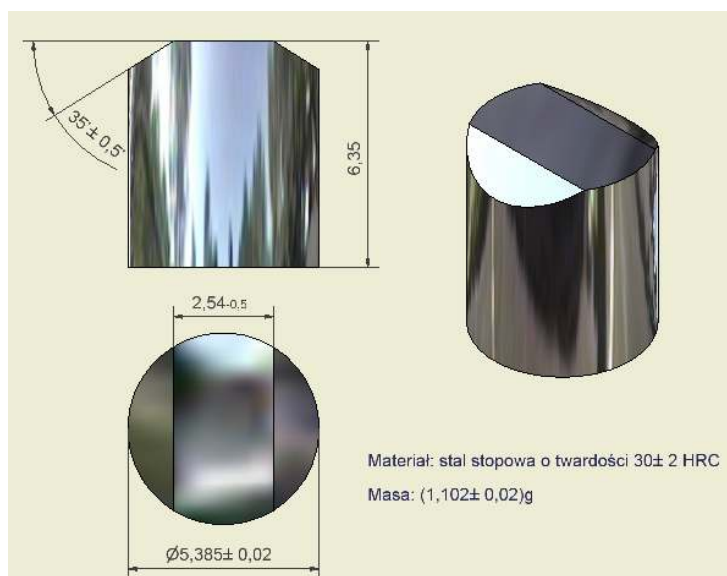
Jako trzeci rodzaj sabotów wykonano kilkaset sztuk metodą wtrysku. Jako materiału do wtrysku użyto granulatu tworzywa ABS. Wypraski posiadały wszystkie cechy sabotów oryginalnych. Ponieważ WITU nie dysponuje wtryskarką do tworzyw termoplastycznych, całość prac w tym zakresie, tzn. zaprojektowanie i wykonanie formy oraz wtrysk kilkuset sabotów, wykonano w Przedsiębiorstwie Sprzętu Ochronnego "MASKPOL" S.A. - Konieczki - Panki.

Celem takiego postępowania była konieczność posiadania pełnego obrazu możliwości technologicznych w zakresie wykonania elementów do badań balistycznych,

których zastosowanie do badań lekkich osłon osobistych gwarantowałaby ich wiarygodność w stosunku do elementów oryginalnych.

### 3. Odłamek

Odłamek standardowy, zgodnie z tą normą STANAG 2920 przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Odłamek standardowy (podpocisk) do badania odporności balistycznej osłon osobistych

Jak wynika z przedstawionego powyżej rysunku pocisk miotany poprzez balistyczną lufę o kalibrze 7,62 mm musi być osadzony w sabocie wykonanym z materiału, który gwarantuje właściwe jego uszczelnienie (np. kształtka z tworzywa sztucznego).

Wąskie tolerancje masowe i wymiarowe oraz ściśle tolerowana twardość podpocisku są konieczne do uzyskania powtarzalności parametrów uderzenia w badany obiekt, którym może być czerep hełmu lub wkład balistyczny do kamizelki kuloodpornej. Pocisk tego typu jest wykorzystywany do określania granicy odporności balistycznej (ang.: *ballistic limit*) danego wyrobu służącego ochronie osobistej.

Badanie osłony za pomocą tego pocisku polega na określeniu prędkości  $v_{50}$ , przy której prawdopodobieństwo częściowej penetracji pancerza przez pocisk wynosi 0,5. Sterowanie prędkością pocisku odbywa się poprzez zmianę naważki prochu w zespole miotającym.

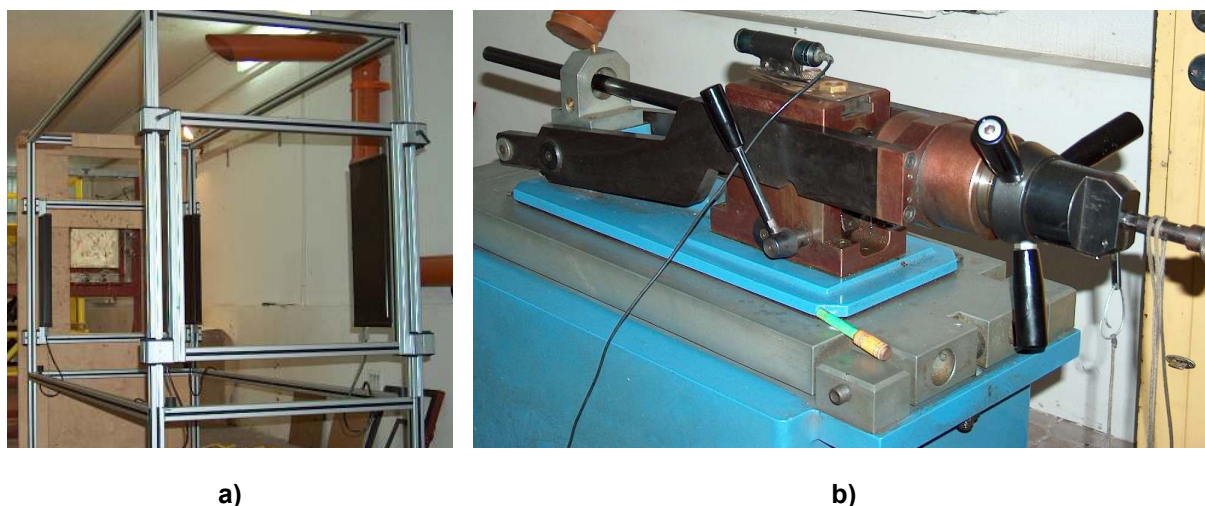
Oryginalnie wykonany pocisk, składający się z dwóch elementów, tzn. tworzywowego sabotu i penetratora stalowego (odłamka standardowego) jest wykonywany, jak wcześniej wspomniano: sabot metodą wtrysku polimeru termoplastycznego (ABS), natomiast stalowy obróbką skrawaniem.

W trakcie realizacji pracy odłamki standardowe zgodnie z rysunkiem 2 wykonano na frezarce wyposażonej w wielotarczową głowicę służącą do jednoczesnej obróbki kilku odłamków zamocowanych w specjalnym uchwycie. Materiałem wyjściowym do ich wykonania był pręt ze stali w gatunku WCLV, która nie wymagała obróbki cieplnej i w postaci wyjściowej posiadała wymaganą przez normę STANAG 2920 twardość 35 HRC. Wspomniane wcześniej tolerancje masowe i wymiarowe odłamka mogły być zrealizowane, pomimo pozornej prostoty wyrobu, jedynie na bardzo precyzyjnej

frezarce. Pożądany efekt uzyskano dzięki pomocy PSO "MASPOL" S.A., gdzie wykonano kilkaset sztuk odłamków standardowych spełniających założenia normalizacyjne. Odłamki te były stosowane do badań zestawów we wszystkich wersjach materiałowych sabotu.

#### 4. Badania

Ocena wykonanych modelowych kompletów, tzn. sabot i odłamek, polegała na badaniach prędkości odłamka. Badania przeprowadzono w LBUSO WITU. Stanowisko do badań przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Fotografie stanowiska do miotania odłamków standardowych wg STANAG 2920: a) bariery fotelektryczne, b) lufa balistyczna kal. 7,62 mm do miotania odłamków standardowych

Badania prowadzono stosując dla każdego wzoru zestawu (odłamek + sabot) tę samą naważkę prochową (0.240 g), która pozwala na uzyskanie średniej prędkości odłamka, z jaką bada się w LBUSO odporność balistyczną czerepów hełmów lub innych osłon osobistych. Materiałem porównawczym były oryginalne odłamki i saboty stosowane standardowo do badań, importowane z Niemiec.

Przebadano po dziesięć kompletów z każdego rodzaju wykonania, losowo wybranych spośród wykonanych modeli.

Poniżej, w tabeli 5 przedstawiono uzyskane prędkości odłamków. Założeniem badań było określenie i porównanie rozrzutu prędkości odłamków dla każdego rodzaju sabotu.



Tabela 5. Wyniki badań porównawczych prędkości odłamków standardowych w wersji oryginalnej oraz w wersji modelowej (naważka prochowa - 0,240 g, cartridge nr 2)

L.p.	Rodzaj sabotu	Prędkość [m/s]	Masa odłamka [g]	Prędkość średnia [m/s]	$\Delta v$ [m/s]
1	2	3	4	5	6
1	O	349	-	490,1	35
2		469	-		
3		514	-		
4		511	-		
5		493	-		
6		501	-		
7		473	-		
8		480	-		
9		490	-		
10		504	-		
11	S	436	-	458,8	51
12		456	-		
13		478	-		
14		439	-		
15		464	-		
16		487	-		
17		470	-		
18		399	-		
19		497	-		
20		440	-		
21	M	498	1,095	478	33
22		467	1,105		
23		499	1,098		
24		473	1,103		
25		482	1,105		
26		443	1,102		
27		466	1,097		
28		488	1,101		
29		473	1,097		
30		476	1,101		
31	W	468	1,103	499,3	30
32		511	1,097		
33		494	1,096		
34		507	1,098		
35		512	1,103		
35		509	1,101		
37		503	1,099		
38		481	1,106		
39		493	1,103		
40		496	1,096		

**UWAGA:**

- Oznaczenia: **"O"** - zestaw oryginalny z importu, **"S"** - sabot wykonany ze sztywnego poliuretanu - system PU 365, **"M"** - sabot wykonany z mieszaniny systemów poliuretanowych PU 365 i MG 933, **"W"** - sabot wykonany metodą wtrysku w PSO "MASKPOL" S.A.
- Kolor szary oznacza skrajne wartości prędkości, których nie brano pod uwagę w obliczeniach.
- $\Delta v = v_{\max} - v_{\min}$  - dla danego rodzaju sabotu.

Z przedstawionych wyników badań wynika, że najmniejszym rozrzutem prędkości charakteryzują się odłamki osadzone w sabocie ("W") wykonanym metoda wtrysku w PSO "MASKPOL". Jednocześnie generują one najwyższą prędkość odłamka. Wyko-

nane w WITU saboty w postaci mieszniny dwóch rodzajów systemów poliuretanowych ("M") w niewielkim stopniu odbiegają od poprzednich. Prędkość odłamka używana przy ich zastosowaniu niewiele odbiega od wykonania wtryskowego - "W". Oryginalne zestawy do badań lekkich osłon ("O") wykazują wyższą niż poprzednie wartość  $\Delta v$ . Oznacza to, że zarówno saboty "W" wykonane metodą wtrysku w PSO "MASKPOL" S.A. oraz "M" wykonane w WITU są bardziej właściwe do prowadzenia badań niż te, które pozyskiwano dotychczas z importu. W odniesieniu do wykonania sabotów według wersji rozwiązania ("S"), zgodnie z wcześniejszymi przewidywaniami ten wzór sabotu okazał się najgorszym, chociaż charakteryzował się bardzo dobrymi właściwościami przetwórczymi.

Z innych obserwacji przeprowadzonych podczas badań wynika, że pociski wykonane w ramach pracy w PSO "MASKPOL" S.A., które były stosowane do wszystkich sabotów, poza oryginalnymi ("O"), bardzo dobrze stabilizowały się na odległości od wylotu lufy, na której badane są osłony osobiste lub ich elementy. Przestrzeliny ekranu wykonanego z grubego bristolu umieszczonego płaszczyzną prostopadle do osi lufy nie wykazywały owalizacji. Saboty, po wylocie z lufy dobrze się fragmentowały. Ślady sabotów były widoczne na bristolu w średniej odległości 40 ÷ 50 cm od przestrzeliny. Takie wyniki dowodzą braku wpływu sabotu na ostateczny wynik badań osłony.

Na uwagę zasługuje jeszcze fakt dotyczący rozrzutu prędkości odłamka w danej wersji wykonania sabotu. W dwóch przypadkach zmierzono masy odłamków, adekwatnie do danego rodzaju sabotu. Wszystkie zmierzone wartości odpowiadały tolerancjom masowym zawartym w normie STANAG 2920.

## 5. Koszty wykonania

Koszt wykonania odłamków przez PSO "MASKPOL" S.A. wynosi 5,9 zł. Jest on stosunkowo wysoki. Wynika to jednak z konieczności uzyskania bardzo wysokiej dokładności masowej odłamka. Tolerancja masy odłamka, w celu uzyskania powtarzalności prędkości przy minimalnej wartości  $\Delta v$  musi wynosić  $1,101 \pm 0,02$  g.

W zakres operacji związanych z wykonaniem odłamków wchodzi:

- kalibrowanie stalowego pręta do wymaganej średnicy,
- cięcie na odpowiednie odcinki,
- frezowanie ścięć czołowych.

W celu wykonania operacji precyzyjnego frezowania wykonano wielotarczową głowicę frezerską oraz specjalny uchwyt do mocowania półfabrykatów w postaci wałków. Amortyzacja tych urządzeń jest ujęta w cenie wyrobu.

W odniesieniu do sabotu najtańsza wydaje się technologia wtrysku. Jednak konieczność amortyzacji kosztów wykonania formy wtryskowej sprawia, że jego cena będzie kształtowała się na poziomie ok. 8,4 zł. Stąd całość: sabot oraz odłamek - **14,3 zł**. Kwoty te uzależnione są ściśle od wielkości produkcji i w dalszym okresie będą spadać tym szybciej im zapotrzebowanie na te wyroby będzie rosnąć.

W przypadku kompletów oryginalnych cena ta wynosi obecnie **19 zł**.

Spośród metod wykonania sabotu, które "de facto" kształtują cenę wyrobu najtańsza wydaje się metoda odlewania sabotów z zaprojektowanej kompozycji poliuretanowej - wersja wykonania "M". Koszt wykonania dziesięciogniazdowej formy jest minimalny i wynosi 15 ÷ 20 zł. W tym przypadku wydajność wykonania sabotów kształtuje się na poziomie 30 ÷ 40 sztuk dziennie. Należy jednak zaznaczyć, że proces odlewania charakteryzuje się stosunkowo dużymi stratami materiałowymi, które wynikają z jego prostoty (pozostałości materiału na ściankach naczyń, straty wynika-

jące z krystalizacji utwardzacza - izocyjanian - materiał silnie higroskopijny, przelewy w formie, itp.). Proces ten byłby bardziej efektywny, gdyby wykonano lub zakupiono dozownik umożliwiający odlewanie odpowiednich porcji żywicy i utwardzacza z dwóch niezależnych pojemników.

Niezależnie od technologii odlewania proces ten, gwarantując wykonanie sabotów pozwalających na osiągnięcie prędkości odłamka przy  $\Delta v$  odłamka nieznacznie wyższej od wyprasek wtryskowych firmy "MASKPOL" oraz niższej od oryginalnych wyprasek importowanych, może stanowić zastępczą technologię wykonywania sabotów. Cena takiego sabotu nie przekraczałaby  $2 \div 3$  zł, co oznacza, że byłaby  $2 \div 3$  razy niższa od wyprasek wtryskowych. Biorąc pod uwagę cenę odłamka produkowanego przez firmę "MASKPOL" cena kompletu (sabot odlewany WITU) oraz odłamek ("MASKPOL") wynosiłaby **ok. 8,4 zł**. Cena ta jest niższa od ceny importowanych kompletów o blisko 56 %.

## 6. Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonych prac nasuwa się jedno podstawowe spostrzeżenie. Niezależnie od badanego materiału, z którego wykonany był sabot oraz przy założeniu, że stalowe odłamki standardowe wykonane są z wymaganą dokładnością wg. STANAG 2920 można uzyskać zestaw (sabot + odłamek), który zagwarantuje sterowalność prędkością odłamka poprzez zaprogramowane zmiany naważek prochowych.

W przypadku wykonanych w ramach pracy zestawów okazało się, że metoda odlewania sabotów może zastąpić kosztowny import zestawów z Niemiec. Jednocześnie wykazano, że krajowi wytwórcy (PSO "MASKPOL" S.A.) potrafią sprostać wymaganiom stawianym przez normę STANAG 2920. Wyraża się to wykonaniem w bardzo krótkim czasie kilkuset sztuk standardowych odłamków, które spełniają wszystkie zalecenia niniejszej normy.

W świetle przeprowadzonych badań widzi się konieczność przeprowadzania każdorazowo sprawdzenia i wystawienia certyfikatu na zestawy do miotania odłamków standardowych każdemu z producentów, niezależnie od tego czy są to producenci krajowi czy zagraniczni.

W trakcie badań okazało się, że zestawy wykonane techniką odlewania sabotu oraz krajowego pochodzenia saboty wtryskowe wykazały niższy rozrzut prędkości odłamka standardowego niż oryginalnych, pochodzących z importu przy zastosowaniu identycznej naważki prochowej i tym samym rodzaju cartridge'a (element zasilaający usytuowany w komorze naboowej lufy balistycznej, do którego wsypywany jest odważony proch). Różnice te nie są znaczące, jednak dążenie do ograniczenia rozrzutu prędkości odłamka standardowego przy identycznej masie prochu ma zasadnicze znaczenie dla wiarygodności badań osłon osobistych czerepów a w szczególności czerepów hełmów. Wiąże się to bezpośrednio czerepów precyzją prowadzonych badań, w których zasadniczą rolę odgrywa wrażliwość miotanego elementu stalowego na zmiany energii pobudzenia, w tym przypadku wyrażoną masą naważki prochowej w cartridge'u.

Wydaje się, że byłoby celowe opracowanie wymagań, które gwarantowałyby dopuszczenie do badań tylko tych elementów (sabot + odłamek), które wykazywałyby właściwą powtarzalność wykonania. Mogłoby się to odbywać na drodze certyfikacji wyrobu. Autorom nie jest znana norma określająca właściwości zestawu. Znane są jedynie warunki badań lekkich osłon. Zawężenie tolerancji dotyczących prędkości odłamka standardowego na drodze wymagań ujętych w certyfikacie zwiększy wiary-

godność wyników badań prowadzonych w LBUSO WITU. Przeprowadzając taką procedurę uzupełni się jednocześnie lukę w procedurach badawczych lekkich osłon.

## 7. Wnioski

Z wyników przeprowadzonych prac wynikają następujące wnioski:

1. W trakcie realizacji pracy wykazano, że istnieje możliwość wykonania przez krajowe firmy zestawów do badań lekkich osłon zgodnie z zaleceniami normy STANAG 2920 - sabot + odłamek standardowy.
2. Wyniki badań wykazują, że najniższym rozrzutem prędkości odłamka standardowego przy identycznej naważce prochowej charakteryzuje się zestaw wykonany w "MASKPOL" S.A. -  $\Delta v = 30$  m/s, następnie zestaw z sabotem poliuretanowym wykonanym w WITU metodą odlewania w silikonowej formie oraz odłamkiem wykonanym w PSO "MASKPOL" S.A. -  $\Delta v = 33$  m/s oraz zestaw pochodzący z importu -  $\Delta v = 35$  m/s.
3. Z obserwacji prowadzonych podczas badań wynika, że odłamki wykonane w "MASKPOL" stabilizują się podczas lotu w sposób właściwy i dają przestrzeleny w kontrolnym kartonie bez owalizacji.
4. Technika odlewania sabotów może w ograniczonym zakresie (do ok. 2000szt. rocznie) zastąpić ich wykonanie metodą wtrysku tworzywa ABS.
5. Koszty wykonania sabotów, których używano w zestawach badawczych kształtują się następująco:
  - WITU - sabot odlewany z kompozycji poliuretanowej + odłamek produkcji "MASKPOL" S.A. - 8,4 zł.
  - sabot wtryskowy oraz odłamek (prod. "MASKPOL" S.A.) - 14,3 zł,
  - komplet importowany - 19 zł.
6. W wyniku przeprowadzonych badań wydaje się, że konieczne jest wprowadzenie do zapisów procedur badań lekkich osłon, podczas których stosowane są odłamki standardowe, wymagania certyfikacji tych zestawów (odłamek + sabot) w celu określenia rozrzutu prędkości w ustalonych warunkach (rodzaj cartridge, ustalona naważka prochu). Jednocześnie widzi się potrzebę każdorazowego ważenia odłamka podczas badań w celu wychwycenia odłamków o zawyżonej lub zaniżonej masie (wyraźna zależność prędkości odłamka od jego masy nawet wówczas, gdy mieści się ona w granicach tolerancji wyznaczonej normą STANAG 2920).