

- miękkich królików. *Inżynieria Biomateriałów*. 58-60 (2006), s. 54-57.
4. M. Cieślik, A. Cieślik-Bielecka, M. Adwent: Porównanie właściwości biologicznych czystego i napelnionego hydroksyl-apatytem kopolimeru glikolidu z laktydem. *Inżynieria Biomateriałów*. 58-60 (2006), s. 57-60.
 5. E. Pamuła, J. Chłopek, M. Błażewicz: Materiały kompozytowe z nowego biodegradowalnego kopolimeru glikolid-laktyd dla celów medycznych. *Inżynieria Biomateriałów*. 12 (2000), s. 23-30.
 6. E. Pamuła, M. Rutkowska: Hydrolityczna i enzymatyczna degradacja kopolimeru glikolidu z laktydem. *Inżynieria Biomateriałów*. 47-53 (2005), s. 49-52.
 7. E. Pamuła, E. Menaszek, P. Dobrzyński, Jakie czynniki mikrostrukturalne wpływają na degradację *in vitro* i *in vivo* kopolimeru glikolidu z L-laktydem. *Inżynieria Biomateriałów*. 38-43 (2004), s. 22-27.
 8. Rey T. Chern, Joel R. Zingerman (Rahway, US): Ciekła kompozycja polimeryczna do kontrolowanego uwalniania eprinomektyny. Patent nr 192270 (A61K31/7048)
 9. Patent nr 191846 z dn. 30 07 2001r.: Sposób wytwarzania bioresorbowalnych polimerów. Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN w Zabrze.
 10. M. Bero, P. Dobrzyński, J. Kasperczyk, *Polymer Bulletin* 1999; 42: 131-139.
 11. Patent nr 186754 z dn 07 12 1998r.: Biodegradowalna i biodezintegrowalna kompozycja polimerowa i sposób wytwarzania biodegradowalnej i biodezintegrowalnej kompozycji polimerowej. Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN w Zabrze.
 12. M. Kowalczyk, *Plastic Review* 2001; 10, 34.
 13. M. Kowalczyk, *Poznań Fair Magazine, Polagra Food-Taropak* 2001; 12, 38.
 14. M. Scandola, L. Focarte, M. Kowalczyk, *Macromolecules*, 1997; 30, 2568.
 15. K. Twarowska-Schmidt: Ocena właściwości włóknotwórczych polimeru Biomixed. Raport UB-5/06.
 16. PN 93/ C89069. Instytut Biomateriałów i Włókien Chemicznych w Łodzi.
 17. K. Twarowska-Schmidt, E. Ulińska: Wytworzenie włókien z polimeru Biomixed. Raport UB – 47/06.
 18. K. Twarowska-Schmidt i inni: Badania nad wytwarzaniem włókien z kopolimeru glikolidu z L-Laktydem. Raport UB – 34/07.

Nowoczesne rozwiązanie osobistej osłony balistycznej typu modułowego

Jadwiga Polak

Grażyna Redlich

Grażyna Grabowska

Joanna Błaszczuk

Instytut Technologii Bezpieczeństwa ITB „Moratex”, Łódź

Wstęp

Funkcjonariusze policji i żołnierze, którzy wchodzi w skład zespołów pierwszego uderzenia są szczególnie narażeni na bezpośrednie ostrzeliwanie przez napastników często bardzo dobrze wyszkolonych i uzbrojonych. Z tego powodu od współczesnych balistycznych osłon ciała, w tym kamizelek kuloodpornych przeznaczonych dla użytkowników z tych zespołów wymaga się przede wszystkim: zwiększenia chronionej powierzchni ciała

i podwyższenia skuteczności balistycznej elementów osłaniających, przy jednoczesnym zapewnieniu dużej ergonomii podczas prowadzenia akcji oraz szybkiego „uwolnienia” z niej rannego użytkownika. W celu spełnienia tych wymagań niezbędnym jest zastosowanie w osłonach nowoczesnych, lekkich materiałów: balistycznych – miękkich i twardych i niebalistycznych (tkanin na poszycia i pokrowce wkładów balistycznych) oraz dobór optymalnej konstrukcji osłon.

1. Przedmiot i metodyka badań kamizelki kuloodpornej typu modułowego

1. 1. Materiały

Wieloletnie doświadczenia ITB „Moratex” z zakresu opracowywania konstrukcji osobistych osłon balistycznych [1, 2] oraz przeprowadzone rozpoznanie najnowszych trendów światowych w tym obszarze pozwoliły na stworzenie nowoczesnego rozwiązania kamizelki kuloodpornej typu modułowego [3].

W kamizelce tej na najważniejsze elementy jej budowy zastosowano następujące podstawowe materiały:

- na poszycie – krajową tkaninę poliestrową o specjalnym wykończeniu w kolorze czarnym,
- na miękkie wkłady balistyczne – importowane arkusze balistycznego wyrobu polietylenowego,
- na pokrowce wkładów balistycznych – krajowy wodoszczelny materiał paroprzepuszczalny,
- jako element dodatkowy obniżający wielkość ugięcia dynamicznego podczas uderzenia pociskami – materiał przeciwułgiowy,
- jako wkłady balistyczne dodatkowe podwyższające miejscowo odporność balistyczną kamizelki – lekkie elastyczne płyty ceramiczno-kompozytowe o masie powierzchniowej ok. 25 kg/m².

Badania metrologiczne parametrów fizyko-mechanicznych podstawowych materiałów włókienniczych wykonano z zastosowaniem aktualnie obowiązujących norm i procedur badawczych.

1. 2. Wkłady balistyczne

W celu doboru właściwej ilości warstw materiału balistycznego i przeciwułgiowego na miękkie wkłady kuloodporne kamizelki wykonano optymalizacyjne badania odporności balistycznej z zastosowaniem procedury badawczej ITB „Moratex” PBB-01:1996 „Badania balistyczne. Wyznaczanie kuloodporności zestawu próbek” opartej na PN-V-87000:1999 „Osłony balistyczne lekkie. Kamizelki kulo- i odłamkoodporne. Wymagania ogólne i badania”. Badania kuloodporności elastycznych płyt ceramiczno-kompozytowych przeprowadzono wg procedury badawczej ITB „Moratex” PBB-02:1996 „Badania balistyczne. Wyznaczanie kuloodporności płyt wzmacniających”. Do badań tych zastosowano wytypowane pociski z PN-V-87000:1999 oraz z klasy III A i III NIJ Standard - 0101.04 „Ballistic Resistance of Personal Body Armor”.

2. Wyniki badań metrologicznych materiałów i odporności balistycznej wkładów kamizelki kuloodpornej typu modułowego

2. 1. Badania metrologiczne materiałów

Badania laboratoryjne wykonano w akredytowanym Laboratorium Badań Metrologicznych ITB „Moratex”, a ich wyniki przedstawiono w tab. 1 i 2 [4, 5].

Tabela 1. Wyniki badań laboratoryjnych parametrów fizyko-mechanicznych arkusza balistycznego wyrobu polietylenowego [4]

Lp.	Parametr	Jednostka miary	Wynik badania	Metodyka badań
1	2	3	4	5
1.	Szerokość	cm	160,8	PN-EN ISO 2286-1:2000
2.	Masa powierzchniowa	g/m ²	142±0,5	PN-EN ISO 2286-2:1999
3.	Grubość	mm	0,18±0,01	PN-EN ISO 2286-3:2000
4.	Maksymalna siła przy rozciąganiu: -wzdłuż -wszerz	daN	697±5 620±5	PN-EN ISO 1421:2001
5.	Wydłużenie względne -wzdłuż -wszerz	%	10,5 9,5	PN-EN ISO 1421:2001
6.	Siła rozdzierania -wzdłuż -wszerz	N	nie rozdiera się nie rozdiera się	PN-EN ISO 4674-1:2005

Na podstawie przeprowadzonych badań metrologicznych (tab. 1, 2) można stwierdzić, że materiały włókiennicze – balistyczny i przeciwułgiowy zastosowane w konstrukcji kamizelki kuloodpornej charakteryzują się wysokimi parametrami wytrzymałości na rozciąganie i rozdzieranie. Jest to korzystne z punktu widzenia możliwości uzyskania zaprojektowanej odporności balistycznej (miękkie wkłady kuloodporne).

Materiał zastosowany na poszycie charakteryzuje się odpowiednio wysokim poziomem wodoszczelności, odporności na ścieranie i odporności wybarwień, co świadczy o dobrych jego właściwościach użytkowych.

Materiał na pokrowce wkładów balistycznych cechuje lekkość, wysoka wodoszczelność, przy jednocześnie wysokiej paroprzepuszczalności.

Tabela 2. Wyniki badań laboratoryjnych parametrów fizyko-mechanicznych materiału przeciwugięciowego [5]

Lp.	Parametr	Jednostka miary	Wynik badania	Metodyka badań
1.	2.	3.	4.	5.
1.	Masa powierzchniowa	g/m ²	307±1	PN-EN ISO 2286-2:1999
2.	Grubość	mm	0,30±0,01	PN-EN ISO 2286-3:2000
3.	Maksymalna siła przy rozciąganiu: -wzdłuż -wszerz	daN	732±24 700±34	PN-EN ISO 1421:2001
4.	Wydłużenie względne -wzdłuż -wszerz	%	13 12	PN-EN ISO 1421:2001
5.	Siła rozdzierania -wzdłuż -wszerz	daN	nie rozdiera się 256±15	PN-EN ISO 4674-1:2005

2. 2. Badania odporności balistycznej wkładów

W akredytowanym Laboratorium Badań Balistycznych ITB „Moratex” przeprowadzono badania laboratoryjne odporności balistycznej, w tym:

- miękkich wkładów balistycznych bez materiału przeciwugięciowego (rys. 1.),
- optymalizacyjne miękkich wkładów kuloodpornych z materiałem przeciwugięciowym (rys. 2),
- wkładów balistycznych dodatkowych w postaci elastycznych płyt ceramiczno-kompozytowych (rys. 3)

Miękkie wkłady balistyczne o tej samej liczbie warstw bez materiału przeciwugięciowego (rys. 1) badano następującymi rodzajami pocisków:

– PSM (wkład suchy) – 0,44 cal. pociskami Magnum JHP o masie 15,6 g z III A klasy ochrony wg NIJ 0101.04 i o prędkości uderzenia 436^{±10} m/s, metodyka badań wg PBB-01:1996,

– PSTT (wkład suchy) – 7,62x25 mm pociskami z rdzeniem ołowianym do pistoletu wz. 33TT i o prędkości uderzenia 420⁺¹⁵ m/s z 3 klasy kuloodporności wg PN-V-87000:1999, metodyka badań wg PBB-01:1996,

– PSP (wkład suchy) – 9 x 19 mm pociskami

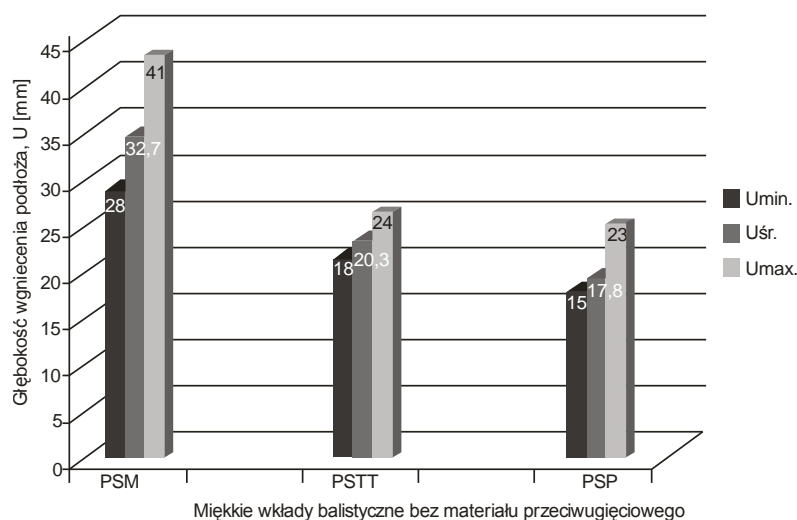
Parabellum FMJ z rdzeniem ołowianym o masie 8,2 g z III A klasy ochrony wg NIJ 0101.04 i o prędkości uderzenia 436^{±10} m/s, metodyka badań wg PBB-01:1996.

Miękkie wkłady balistyczne o tej samej liczbie warstw jak na rys. 1. z dodanym materiałem przeciwugięciowym (rys. 2.) oznaczone: PS 1 (wkład suchy), PS 2 (wkład suchy), PD 3 (wkład deszczowany) i PD4 (wkład deszczowany) badano 0,44 cal. pociskami Magnum JHP o masie 15,6 g z III A poziomu ochrony wg NIJ 0101.04 i o prędkości uderzenia 436^{±10} m/s, metodyka badań wg PBB-01:1996.

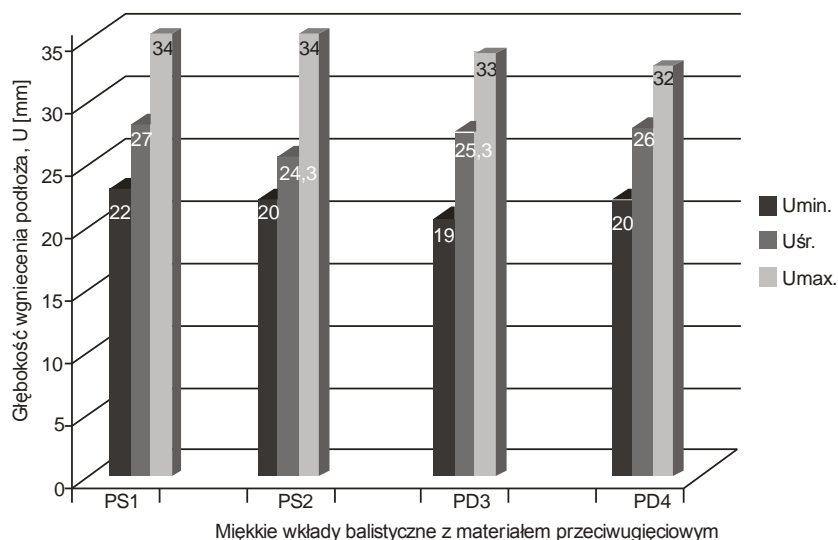
Wkłady balistyczne dodatkowe, tj.: elastyczne płyty ceramiczno-kompozytowe (rys. 3.) badano następującymi rodzajami pocisków:

– płytę PŁAK – 7,62x39 mm pociskami wz. 43 z pociskiem PS o masie 7,9 g z 4 klasy kuloodporności wg PN-V-87000:1999 i o prędkości uderzenia 710⁺²⁰ m/s, metodyka badań wg PBB-02:1996,

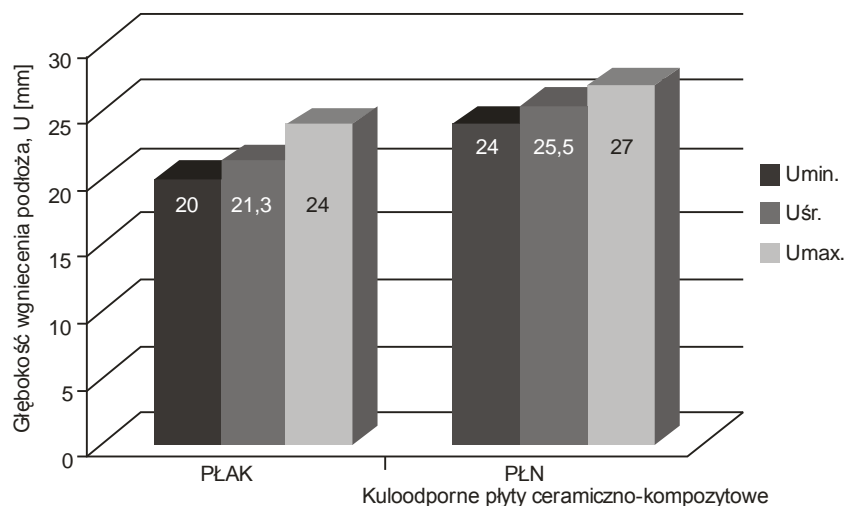
– płytę PŁN – 7,62x51 mm pociskami NATO o masie 9,6 g z III klasy ochrony wg NIJ 0101.04 i o prędkości uderzenia 847^{±10} m/s, metodyka badań wg PBB-02:1996.



Rys.1. Odształcenia podłoża badawczego podczas badań kuloodporności miękkich wkładów balistycznych bez materiału przeciwugięciowego: PSM, PSTT i PSP[3]



Rys.2. Odształcenia podłoża badawczego podczas badań kuloodporności miękkich wkładów balistycznych z materiałem przeciwugięciowym: PS1, PS2, PD3 i PD4 [3]



Rys.3. Odształcenia podłoża badawczego podczas badań kuloodporności wkładów balistycznych dodatkowych - płyt ceramiczno-kompozytowych: PŁAK i PŁN [3]

2. 3. Omówienie wyników badań odporności balistycznej wkładów kamizelki kuloodpornej typu modułowego

Z przeprowadzonych badań kuloodporności (rys. 1 i 2) wynika, że w celu zapewnienia ochrony balistycznej kamizelki kuloodpornej typu modułowego w obrębie miękkich wkładów jednocześnie przed trzema rodzajami pocisków wyszczególnionymi w dwóch różnych normach, tj. PN-V-87000:1999 i NIJ 0101.04 Standard, przy założeniu uzyskania głębokości wgniecenia podłoża poniżej 40 mm (takie było założenie dla konstrukcji kamizelki) niezbędnym było dodanie materiału przeciwugięciowego. Pociskiem, który szczególnie powoduje duże wartości odształceń podłoża badawczego jest 0,44 cal. pocisk Magnum JHP z III A klasy ochrony wg

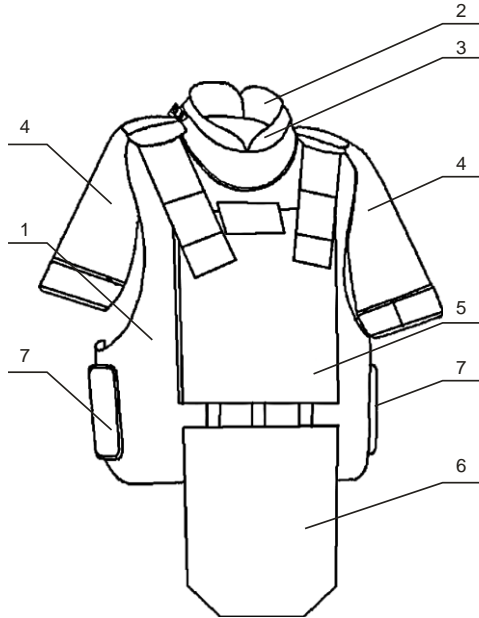
NIJ 0101.04 i to ze względu na ten pocisk wkłady zostały doposażone w materiał przeciwugięciowy.

Drugim ważnym założeniem konstrukcyjnym dla tej kamizelki było osiągnięcie ochrony w obrębie wkładów balistycznych dodatkowych, tj.: elastycznych płyt ceramiczno-kompozytowych przed pociskami z 4 klasy kuloodporności wg PN-V-87000:1999 i z III klasy ochrony wg NIJ 0101.04 Standard przy uzyskaniu głębokości wgniecenia podłoża poniżej 40 mm, co zostało spełnione (rys. 3).

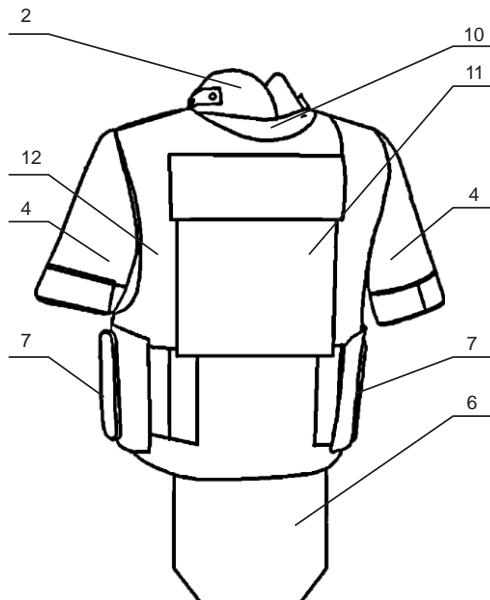
3. Budowa kuloodpornej kamizelki typu modułowego

Opracowana nowoczesna kamizelka kuloodporna typu modułowego (rys. 4 i 5) składa się z kilku miękkich elementów ochronnych połączonych ze

sobą za pomocą specjalnie dobranych układów taśm o wysokiej wytrzymałości mechanicznej oraz czterech twardych elementów ochronnych (elastycznych kuloodpornych płyt ceramiczno-kompozytowych) umieszczonych w kieszeniach, podwyższających miejscowo odporność balistyczną wyrobu [3].



Rys. 4. Budowa kuloodpornej kamizelki typu modułowego - przód: 1-cześć przednia, 2-osłona szyi, 3-osłona krtani, 4-osłona ramię, 5-kieszka części przedniej, w której jest umieszczona płyta kuloodporna, 6-osłona podbrzusza, 7-kieszka, w której jest umieszczona płyta kuloodporna boczna



Rys. 5. Budowa kuloodpornej kamizelki typu modułowego - tył: 2-osłona szyi, 4-osłona ramię, 6-osłona podbrzusza, 7-kieszka, w której jest umieszczona płyta kuloodporna boczna, 10-osłona karku, 11-kieszka części tylnej, w której jest umieszczona płyta kuloodporna, 12-część tylna

4. Odporność balistyczna kuloodpornej kamizelki typu modułowego

Nowoopracowana kamizelka (rys. 6) chroni organy wewnętrzne użytkownika w następujący sposób:

- w obrębie miękkich wkładów balistycznych (przedniego, tylnego, osłony podbrzusza, osłon: ramię, szyi, krtani i karku) przed:

- 9x19 mm pociskami Parabellum FMJ z rdzeniem ołowianym o masie 8,2 g z III A klasy ochrony wg NIJ 0101.04 Standard i o prędkości uderzenia $436^{\pm 10}$ m/s – maksymalna głębokość wgniecenia podłoża 25 mm,

- 0,44 cal. pociskami Magnum JHP o masie 15,6 g z III A klasy ochrony wg NIJ 0101.04 Standard i o prędkości uderzenia $436^{\pm 10}$ m/s – maksymalna głębokość wgniecenia podłoża 35 mm,

- 7,62x25 mm pociskami z rdzeniem ołowianym o masie 5,5 do pistoletu wz. 33TT z 3 klasy kuloodporności wg PN-V-87000:1999 i o prędkości uderzenia 420^{+15} m/s – maksymalna głębokość wgniecenia podłoża 30 mm,

- w obrębie dodatkowych wkładów balistycznych – płyt kuloodpornych (przedniej, tylnej i bocznych) wraz z miękkimi wkładami balistycznymi chroni przed:

- 7,62x39 mm pociskami wz. 43 z pociskiem PS o masie 7,9 g z 4 klasy kuloodporności wg PN-V-87000:1999 i o prędkości uderzenia 710^{+20} m/s – maksymalna głębokość wgniecenia podłoża 30 mm,



Rys. 6. Kamizelka kuloodporna typu modułowego

– 7,62x51 mm pociskami NATO o masie 9,6 g i o prędkości uderzenia 847^{+10} m/s – maksymalna głębokość wgniecenia podłoża 30 (mm),

– 5,56x45 mm pociskami SS109 o masie 4,2 g i o prędkości uderzenia 940^{+10} m/s – maksymalna głębokość wgniecenia podłoża 30 mm (wg atestu producenta płyt).

Masa kamizelki bez płyt kuloodpornych – nie większa niż 8 kg,

Masa kamizelki z płytami kuloodpornymi – nie przekracza 12 kg.

Wnioski

1. Opracowano konstrukcję nowoczesnego krajowego rozwiązania osobistej osłony balistycznej typu modułowego, w której zastosowano lekkie materiały: balistyczne, w tym na miękkie wkłady balistyczne i wkłady balistyczne dodatkowe oraz przeciwugięciowy.

2. Nowo opracowana konstrukcja kamizelki zapewnia: zwiększenie chronionej powierzchni ciała, podwyższenie skuteczności ochrony balistycznej, większą funkcjonalność i ergonomiczność podczas prowadzenia akcji oraz szybki demontaż kamizelki z rannego użytkownika – w ciągu 5 s wykonano odsłonięcie klatki piersiowej poprzez odpięcie części przedniej stójki i osłony krtani oraz odpięcie części przedniej kamizelki.

3. Miękkie wkłady balistyczne oraz płyty kuloodporne zastosowane w kamizelce zostały poddane laboratoryjnym badaniom metrologicznym i balistycznym z wynikiem pozytywnym.

4. Innowacyjne rozwiązanie kamizelki kuloodpornej typu modułowego jest przeznaczone głównie dla funkcjonariuszy i żołnierzy z jednostek specjalnych.

Literatura

1. *Sprawozdanie z realizacji pracy badawczej nr 04.019.02.00.90: Udoskonalenie wyrobów ochronnych produkowanych w ITWW „Moratex”.* ITWW „Moratex”, Łódź, 2004.
2. *Sprawozdanie z realizacji pracy badawczej nr 05.029.02.00.90: Optymalizacja wkładów hybrydowych stosowanych w osobistych ochronach balistycznych.* ITWW „Moratex”, Łódź, 2005.
3. *Sprawozdanie z realizacji pracy badawczej nr 07.037.02.00.90. Nowe i udoskonalone ochrony balistyczne ciała dla wybranych profili służb podległych MSWiA.* ITB „Moratex”, Łódź, 2007.
4. *Raport z badań nr 49/2007.* ITB „Moratex”, 2007, niepublikowane.
5. *Raport z badań nr 197/2007.* ITB „Moratex”, 2007, niepublikowane.

Nanokompozyty polimerowe z udziałem montmorylonitu – otrzymywanie, metody oceny, właściwości i zastosowanie

Magdalena Olejnik

Instytut Technologii Bezpieczeństwa ITB „Moratex”, Łódź

Nanokompozyty polimerowe, czyli materiały dwufazowe, w których w matrycy polimerowej rozmieszczone są nanododatki, w ostatnich latach nabrały szczególnego znaczenia i bez wątpienia znajdują się w kręgu zainteresowań naukowców zajmujących się nanotechnologią. Nanokompozyty polimerowe wytwarzane są na bazie polimerów zarówno termoplastycznych, jak i ter-

moutwardzalnych. Natomiast drugi ich składnik to najczęściej substancje nieorganiczne.

Ważną grupę nanododatków stanowią krzemiany warstwowe, a wśród nich szczególne znaczenie mają stosowane najczęściej montmorylonit, hektorit i saponit. Tabela 1 zawiera wzory chemiczne i charakterystyczne parametry trzech wspomnianych warstwowych glinokrzemianów.