

Techniczne Wyroby Włókiennicze

(TECHNICAL TEXTILES)

ISSN 1230-7491



Wydawca (Editor)

Instytut Technologii Bezpieczeństwa „Moratex”, Łódź

Redakcja (Editorial Office)

3, Skłodowskiej-Curie str., 90-965 Łódź, Poland

tel. (42) 637-37-10, (42) 637-44-00,

fax (42) 636-92-26

Redaktor Naczelny (Editor-in-Chief):

dr inż. Elżbieta Witczak

Zastępca Redaktora Naczelnego:

mgr Iwona Dusio-Kraska

Skład: Agencja „RAP”, Łódź, ul. Dygasińskiego 15

Rada Programowa (Editorial Board)

Przewodniczący (Chairman):

prof. zw. dr hab. inż. Janusz Szosland

Członkowie (Members):

prof. dr hab. inż. Józef Masajtis

prof. dr hab. n. med. Jan Henryk Goch

dr inż. Elżbieta Witczak

dr hab. inż. Marcin Struszczyk

Projekt okładki: Paweł Roman

Wydanie publikacji dofinansowane
przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

STRESZCZENIA

Anna Pinar, Elżbieta Mielicka, Marek Kowalczyk: **Ocena nowej generacji kopolimerów biodegradowalnych do zastosowania w technologii materiałów dziewiarskich o przeznaczeniu medycznym**

„Techniczne Wyroby Włókiennicze” 2008, nr 3-4, s. 56

W artykule przedstawiono wyniki prac badawczych, których celem była analiza możliwości zastosowania nowej generacji biodegradowalnych (ko) poliestrów alifatycznych w technologii przędz i materiałów dziewiarskich. Ocenie poddano dwa rodzaje kopolimerów, opracowanych na bazie biodegradowalnego polimeru L – laktydu oraz kopolimer glikolidu z L – Laktydem. Prace badawcze obejmowały ocenę właściwości włóknotwórczych polimerów oraz określenie wstępnych warunków procesu formowania włókien. Wyniki badań właściwości termicznych kopolimerów wykazały możliwość zastosowania klasycznej metody wytwarzania włókien ze stopu polimeru. Dla wybranej kompozycji polimerowej przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych analizę właściwości włóknotwórczych w procesie technologicznym włókien. Określono parametry strukturalne i wytrzymałościowe przędz w celu oceny możliwości ich zastosowania w technologii materiałów dziewiarskich.

Jadwiga Polak, Grażyna Redlich, Grażyna Grabowska, Joanna Błaszczuk: **Nowoczesne rozwiązanie osobistej osłony balistycznej typu modułowego**

„Techniczne Wyroby Włókiennicze” 2008, nr 3-4, s. 62

Prezentowano innowacyjne rozwiązanie osobistej osłony balistycznej tułowia – kamizelki kuloodpornej typu modułowego, opracowane przez specjalistów ITB „Moratex”. Zaprezentowano wyniki badań laboratoryjnych zastosowanych w niej lekkich materiałów balistycznych, przeciwugięciowego i niebalistycznych. Opisano konstrukcję nowo opracowanej kamizelki oraz scharakteryzowano jej odporność balistyczną w aspekcie zagwarantowania maksymalnego bezpieczeństwa i komfortu użytkowania. Przedstawiono specyficzne walory kamizelki, szczególnie przydatne w przeprowadzaniu niebezpiecznych akcji przez funkcjonariuszy policji i żołnierzy z jednostek specjalnych.

Słowa kluczowe: osłony balistyczne ciała, kamizelki kulo odporne, miękkie materiały balistyczne, płyty kulo odporne, badania odporności balistycznej.

Magdalena Olejnik: **Nanokompozyty polimerowe z udziałem montmorylonitu- otrzymywanie, metody oceny, właściwości i zastosowanie**

„Techniczne Wyroby Włókiennicze” 2008, nr 3-4, s. 67

W ostatnich latach w licznych światowych ośrodkach naukowych prowadzone są badania nad otrzymywaniem nanokompozytów typu polimer – warstwowy silikat. Jako silikaty warstwowe stosowane są różne glinokrzemiany.

Nowe, zawierające glinokrzemiany nanokompozyty, wzbudzają duże zainteresowanie zarówno ze względów poznawczych, jak i użytkowych, ponieważ często wykazują one znaczną poprawę właściwości w porównaniu z klasycznymi polimerami.

W artykule przedstawiono szczegółową charakterystykę montmorylonitu (MMT) oraz nanokompozytów z jego udziałem.

W związku ze specyficzną budową stosowanego nanonapełniacza omówiono trzy zasadnicze sposoby otrzymywania nanokompozytów polimerowych zawierających MMT, a także zaprezentowano najczęściej stosowane metody ich oceny.

Szeroko opisane zostały także właściwości nanokompozytów polimerowych z udziałem MMT, takie jak: właściwości reologiczne, wytrzymałościowe, termiczne, palność, przepuszczalność gazów oraz zwiększenie biodegradowalności.

W podsumowaniu artykułu przedstawiono przykłady zastosowań przedmiotowych nanokompozytów.

Redlich Grażyna, Krystyna Fortuniak: **Recykling polietylenowych materiałów o przeznaczeniu balistycznym – wstęp do badań**

„Techniczne Wyroby Włókiennicze” 2008, nr 3-4, s. 75

Miękkie wkłady balistyczne stosowane w konstrukcji kamizelek ochronnych produkowane są z zastosowaniem wyrobów włókienniczych najnowszej generacji o specyficznych właściwościach, tj. tkanin paraaramidowych i polietylenowych wyrobów arkuszowych. Problem zagospodarowania odpadów z tkanin paraaramidowych został już rozwiązany. Metodą recyklingu surowcowego uzyskuje się z nich surowce wtórne wykorzystywane do produkcji np. włóknin i tkanin filtracyjnych. Nie rozwiązaniem dotychczas zagadnieniem jest przetworzenia odpadów balistycznych typu miękkiego z polietylenowych wielowarstwowych wyrobów arkuszowych. Odmiana polietylenu stosowana w tych kompozycjach – wkładach kamizelek

ochronnych charakteryzuje się specyficznymi właściwościami, które zostały przedstawione w artykule. Ponadto omówiono rodzaje odzysku tworzyw polimerowych, w tym polietylenowych. Przedstawiono różne możliwości recyklingu w kontekście ich zastosowania do użytecznego zagospodarowania odpadów polietylenowych wyrobów arkuszowych.

Elżbieta Maklewska: **Projektowanie włóknistych wyrobów nietkanych przeznaczonych na warstwy przeciwuderzeniowe**
„Techniczne Wyroby Włókiennicze” 2008, nr 3-4, s. 78

W wyniku pracy badawczej opracowano materiał włóknisty, o strukturze przestrzennej, przeznaczony na warstwy przeciwuderzeniowe w ochraniaczach stosowanych w ubiorach i wyposażeniu ochronnym osób uprawiających sporty urazogenne. Materiał otrzymano go w wyniku nowatorskiego zastosowania proekologicznych włókien kokosowych, o dużej zawartości lignin oraz środka wiążącego z udziałem kopolimeru etylenu i octanu winylu z dodatkiem środków porotwórczych. Opracowany materiał został zgłoszony pod nazwą Impactex w 2005 r. do Urzędu Patentowego jako projekt wynalazczy nr P-374169. Jego skuteczność w zakresie tłumienia energii uderzenia potwierdziły rezultaty badań przeprowadzonych na stanowisku, służącym do oceny zdolności amortyzacji uderzenia ochraniaczy sportowych. Oryginalna konstrukcja stanowiska umożliwia taką ocenę przy jednoczesnym zastosowaniu dwóch metod badawczych. Została również zaproponowana nowatorska metoda oceny

rozkładu siły pod ochraniaczem, podczas badań na stanowisku, wykorzystująca cienkościenne czujniki ciśnienia. Procedura badań ochraniaczy przeciwuderzeniowych przewiduje także, możliwość porównania wytypowanych wskaźników z przyjętymi w literaturze biomechanicznej wybranymi kryteriami dla określania poziomu ludzkiej tolerancji na uszkodzenie danego obszaru ciała.

Grażyna Grabowska, Jadwiga Polak, Joanna Błaszczuk: **Propozycje unowocześnienia aktualnie użytkowanych kamizelek kuloodpornych**
„Techniczne Wyroby Włókiennicze” 2008, nr 3-4, s. 86

Prezentowano propozycje ITB „Moratex” unowocześnienia trzech aktualnie użytkowanych kamizelek kuloodpornych, tj.: lekkiej policyjnej na mundur, o zwiększonej odporności balistycznej i zewnętrznej dla służb specjalnych. Przy opracowywaniu ich konstrukcji uwzględniono światowe trendy i wieloletnie doświadczenia Instytutu w zakresie projektowania tego typu osłon balistycznych tułowia. W unowocześnionych kamizelkach zastosowano nowe rozwiązanie konstrukcyjne poszycia wraz z nowymi materiałami i dodatkami, wkłady przeciwugięciowe i materiały dystansowe oraz lekkie kompozytowe płyty kuloodporne. Zaprezentowano unowocześnione kamizelki kuloodporne, opisano ich konstrukcję, przedstawiono podstawowe parametry fizyko-mechaniczne zastosowanych materiałów i elementów oraz wyniki ich badań balistycznych. Scharakteryzowano ich nowe walory użytkowe.

SUMMARIES

Anna Pinar, Elżbieta Mielicka, Marek Kowalcuk: **Evaluation of the bio-degradable co-polymers of new generation, for technology of knit materials dedicated for medical applications**
„Techniczne Wyroby Włókiennicze” 2008, nr 3-4, s. 56

The article presents the results of research work focused on the analysis of applicability of new-generation bio-degradable aliphatic (co-)polyesters into the yarns and knitting technologies. Two sorts of co-polymers were subject to evaluation, developed on a basis of bio-degradable polymer L-Lactide and co-polymer of glycolide with L-Lactide. The research works included assessment of the fibrogenic properties of polymers and determining the preliminary conditions of fibres forming process. The results of research on the thermal properties of co-polymers proved the applicability of classic method

of manufacturing the fibres of polymer alloy. The analysis of fibrogenic properties within the technology of process of fibres has been carried-out under the laboratory conditions on selected polymer composition. The structural and endurance parameters of yarns have been determined in order to evaluate their applicability into the technology of knit materials.

Magdalena Olejnik: **Polymere nano-composites with montmorillonite – obtaining, assesment methods, properties and applications**
„Techniczne Wyroby Włókiennicze” 2008, nr 3-4, s. 67

During recent years, many scientific centres worldwide conduct research on obtainment of polymer-layered silicate nano-composites. Various aluminosilicate are in use as the layered silicates. New nano-composites with aluminosilicates attract

much interest both due to cognitive and usage reasons, because they often feature remarkable improvement of properties, compared to the classic polymers. The article presents detailed characteristics of montmorillonite (MMT) and nano-composites with MMT. Regarding the special structure of nano-filler applied, three key methods of obtaining the nano-composites with MMT incorporated were discussed, and mostly applied assessment methods were presented. The properties of nano-composites with MMT addition were described widely, including: rheological, thermal properties, strength, flammability, gases permeability and improving the biodegradability. The summary presents also some examples of objective nano-composites.

Grażyna Redlich, Krystyna Fortuniak: **Recycling of polyethylene materials for ballistic applications - Introduction to the research**

„Techniczne Wyroby Włókiennicze” 2008, nr 3-4, s. 75

Soft ballistic inserts being applied into the protective vests’ designs are manufactured with latest generations of fibrous products that feature special properties, ie. para-aramide fabrics and polyethylene sheets.

A problem of recycling the waste of para-aramide fabrics has been already solved. By the method of raw-material recycling, the recycling materials are obtained, that are useful for manufacture of non-wovens and filter fabrics for instance.

Recycling of soft ballistic waste of multilayer polyethylene sheets still remains the unsolved issue. The sort of polyethylene which is applied into this kind of make-up – the inserts for protective vests features special properties, which were presented in the article. Furthermore, the kinds of recycling of polymer plastics, including polyethylene were discussed. Various recycling potential in a context of application to useful recycling of waste of polyethylene sheet products.

Elżbieta Maklewska: **Designing the fibrous unwooven products dedicated for impact-resistant layers**

„Techniczne Wyroby Włókiennicze” 2008, nr 3-4, s. 78

As a result of research work, the fibrous material

featuring 3D-structure has been developed and dedicated for impact-resistant layers of protectors applied in clothing and protective equipment for individuals practising traumatic sports. The material was gained by innovative applying eco-friendly coconut fibres, reach of lignin and binding means with co-polymer of ethylene and vinyl acetate with porogenous agent. The developed material has been submitted in 2005 under the name of IMPACTEX to the Patent Office as the invention project no. P-374169. Its efficiency on attenuating the energy of hitting was confirmed by the results of tests executed on a workstation designed for assaying the sports protectors’ capability to suppress impacts. The original design of the workstation allows for such an assay with two test methods applied simultaneously. An innovative method of assaying the force distribution under the protector was also suggested, while testing on the workstation with thin-walled pressure sensors used. The testing procedure for impact-resistant protectors includes also the possibility of comparison selected indices to the selected criteria accepted by biomechanical bibliography to determine level of human toleration for injury of given area of body.

Grażyna Grabowska, Jadwiga Polak, Joanna Błaszczuk: **Proposals of modernisations of bullet-proof vests currently in use**

„Techniczne Wyroby Włókiennicze” 2008, nr 3-4, s. 86

Some proposals from the MORATEX Institute on modernisation of three lines of bullet-proof vests that are currently in use were presented. They were: lightweight overt vest for Police, the enhanced ballistic resistance vest and the overt vest for special forces. At the stage of development the worldwide trends and many-years experience of the Institute on developing this kind of body ballistic armour for torso have been regarded. The new design solutions of covering have been applied into the modernised vests together with new materials and additions, anti-trauma inserts, distance materials as well as the lightweight, composite bullet-proof panels.

The modernised vests were shown, their design was described, basic physical and mechanical parameters of materials and elements applied as well, as the results of ballistic tests were presented. New useful advantages were characterised.

LIPIEC • SIERPIEŃ • WRZESIEŃ
PAŹDZIERNIK • LISTOPAD • GRUDZIEŃ

ROK XVI

3-4

2008

JULY • AUGUST • SEPTEMBER
OCTOBER • NOVEMBER • DECEMBER

2008

VOLUME XVI, No. 3-4

TECHNICAL
TEXTILES

TECHNISCHE
TEXTILIEN

ТЕХНИЧЕСКИЕ
ТЕКСТИЛЬНЫЕ
ИЗДЕЛИЯ

TECHNICZNE WYROBY WŁÓKIENNICZE

ORGAN INSTYTUTU
TECHNOLOGII BEZPIECZEŃSTWA

SPIS TREŚCI

Rada Naukowa	
Instytutu Technologii Bezpieczeństwa „Moratex”	48
Dr. hab. inż. Marcin Struszczyk - zastępca dyrektora ds. naukowych Instytutu Technologii Bezpieczeństwa „Moratex”	49
Kamizelka ochronna zaprojektowana na miarę współczesnego funkcjonariusza policji – William Cook	50
Próby wytrzymałościowe dla wymagających potrzeb. Jak firma GORE utrzymuje swoją konkurencyjność i jakość swych butów służbowych GORE-TEX ® Sven Seliger	53
Ocena nowej generacji kopolimerów biodegradowalnych do zastosowania w technologii materiałów dziewiarskich o przeznaczeniu medycznym – Anna Pinar, Elżbieta Mielicka, Marek Kowalczyk	56
Nowoczesne rozwiązanie osobistej osłony balistycznej typu modułowego – Jadwiga Polak, Grażyna Redlich, Grażyna Grabowska, Joanna Błaszczuk	62
Nanokompozyty polimerowe z udziałem montmorylonitu - - otrzymywanie, metody oceny, właściwości i zastosowanie – Magdalena Olejnik	67
Recykling polietylenowych materiałów o przeznaczeniu balistycznym - wstęp do badań – Grażyna Redlich, Krystyna Fortuniak	75
Projektowanie włóknistych wyrobów nietkanych przeznaczonych na warstwy przeciwwuderzeniowe – Elżbieta Maklewska	78
Propozycje unowocześnienia aktualnie użytkowanych kamizelek kuloodpornych – Grażyna Grabowska, Jadwiga Polak, Joanna Błaszczuk	86
Promocja osiągnięć naukowych ITB „Moratex” w 2008 roku – Iwona Dusio-Kraska, Stanisław Martynow	95
Alfabet wynalazków – Zofia Przybylska	98
Zakład Certyfikacji Wyrobów	100
Informacja na temat projektu nr POIG.01.03.01 - 10 - 005/08 współfinansowanego przez Unię Europejską	III

Tematy seminariów organizowanych w Instytucie Technologii Bezpieczeństwa „Moratex” w 2009 r.

Na bieżący rok zaplanowano cykl seminariów, w których uczestniczą pracownicy naukowcy ITB „Moratex” oraz przedstawiciele współpracujących z instytutem polskich i zagranicznych placówek naukowo-badawczych.

Data	Godzina	Temat	Autor
30.01.2009 r.	11 ⁰⁰	Zabezpieczenie biostatyczne nowej generacji	R. Sornek
12.02.2009 r.	14 ⁰⁰	Prezentacja firmy PrimaLoft	P. Zygan
19.03.2009 r.	11 ⁰⁰	Ocena rocznej działalności Zakładu Nadzoru nad Wytobem w ramach systemu zgodności wytobów przeznaczonych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa	H. Dziśnieński K. Czerwiński
	12 ⁰⁰	Projekt normy prEN ISO 14876-1 „Protective clothing – Body Armor” – prace grupy roboczej Komitetu Technicznego CEN/TC 162/WG 5/PG 5 Body Armor	R. Romek
16.04.2009 r.	11 ⁰⁰	Badania nad opracowaniem warstwowego materiału lub zestawu materiałów do konfekcjonowania odzieży maskującej nowej generacji	S. Tarkowska E. Witczak G. Redlich M. Łandwjt A. Bartzak L. Szugajew M. Tabaczyńska M. Kaźmierska
	12 ⁰⁰	Hydrofobowo-hydrofilowe wykończenie wytobów włókienniczych	M. Olejnik A. Bartzak
14.05.2009 r.	11 ⁰⁰	Włókiennicze materiały niebalistyczne w balistyce	I. Kucińska E. Witczak J. Polak
	12 ⁰⁰	Wymagania dotyczące sporządzania specyfikacji technicznej dla wytobów przeznaczonych na potrzeby obronności i bezpieczeństwa państwa	E. Solińska
24.06.2009 r.	11 ⁰⁰	Recykling balistycznych wielowarstwowych odpadów polietylenowych – część II	G. Redlich K. Fortuniak
17.09.2009 r.	11 ⁰⁰	Wymagania dotyczące sporządzania dokumentacji techniczno-technologicznej identyfikującej środki ochrony indywidualnej	J. Wawrzyniak
15.10.2009 r.	11 ⁰⁰	Osobiste ochrony balistyczne z zastosowaniem nanomateriałów	J. Polak I. Kucińska
	12 ⁰⁰	Aspekty dotyczące bezpieczeństwa i ochrony środowiska w wytobach tekstylnych	H. Małolepszy
19.11.2009 r.	11 ⁰⁰	Odłatkoodporność wytobów balistycznych w aspekcie użytych surowców	G. Grabowska J. Błaszczyk
10.12.2009 r.	11 ⁰⁰	Promocja osiągnięć ITB „Moratex” w 2009 roku	I. Dusio-Kraska St. Martynow

LIPIEC • SIERPIEŃ • WRZESIEŃ
PAŹDZIERNIK • LISTOPAD • GRUDZIEŃ

ROK XVI

3-4

2008

JULY • AUGUST • SEPTEMBER
OCTOBER • NOVEMBER • DECEMBER

2008

VOLUME XVI, No. 3-4

TECHNICAL
TEXTILES

TECHNISCHE
TEXTILIEN

ТЕХНИЧЕСКИЕ
ТЕКСТИЛЬНЫЕ
ИЗДЕЛИЯ

TECHNICZNE WYROBY WŁÓKIENNICZE

ORGAN INSTYTUTU
TECHNOLOGII BEZPIECZEŃSTWA

CONTENTS

Scientific Council of the Institute of Security Technology MORATEX	48
Marcin Struszczyk, Ph. D., Eng. - Deputy Director of Science of the Institute of Security Technology MORATEX	49
Designing body armour for today's police – William Cook	50
Endurance Tests for Exacting Demands: How Gore retains its competitive edge and the quality of its GORE-TEX [®] duty shoes – Sven Seliger	53
Evaluation of the bio-degradable co-polymers of new generation, for technology of knit materials dedicated for medical applications – Anna Pinar, Elżbieta Mielicka, Marek Kowalczyk	56
Modern solution of individual ballistic modular armour – Jadwiga Polak, Grażyna Redlich, Grażyna Grabowska, Joanna Błaszczak	62
Polymer nano-composites with montmorillonite - preparation, assessment methods, properties and behaviour – Magdalena Olejnik	67
Recycling of polyethylene materials dedicated for ballistic applications – introduction to the research – Grażyna Redlich, Krystyna Fortuniak	75
Developing the non-woven, fibrous goods dedicated for impact-resistant layers – Elżbieta Maklewska	78
Proposals of modernisations of bullet-proof vests currently in use – Grażyna Grabowska, Jadwiga Polak, Joanna Błaszczak	86
Promotion of scientific achievements of the MORATEX Institute in 2008 – Iwona Dusio-Kraska, Stanisław Martynow	95
The alphabet of inventions – Zofia Przybylska	98
Products Certification Department	100
Information on the project No. POIG.01.03.01 - 10 - 005/08 co-financed by the European Union	III

Rada Naukowa Instytutu Technologii Bezpieczeństwa MORATEX

W dniu 10 października 2008 r. w siedzibie MSWiA w Warszawie Wiceminister Spraw Wewnętrznych i Administracji Adam Rapacki wręczył nominacje członkom Rady Naukowej ITB „Moratex”. Podczas spotkania przeprowadzone zostały wybory przewodniczącego i wiceprzewodniczących Rady. W wyniku głosowania tajnego Przewodniczącym Rady został prof. zw. dr hab. inż. Janusz Szosland. Wiceprzewodniczącymi Rady Naukowej zostali: st. bryg. prof. dr hab. inż. Zoja Bednarek, prof. zw. dr hab. n. med. Jan Goch oraz dr Iwona Kucińska.

WICEPRZEWODNICZĄCY:



prof. zw. dr hab. n. med. Jan Goch



st. bryg. prof. dr hab. inż. Zoja Bednarek

CZŁONKOWIE:

plk SG Marek Borkowski
nadbryg. Marek Kowalski
prof. dr inż. Witold Łuczyński
plk dypl. Jerzy Matusiak
mgr Helena Ewa Stanisławska
nadinsp. Henryk Tusiński
dr inż. Magdalena Cichecka

SKŁAD RADY NAUKOWEJ Instytutu Technologii Bezpieczeństwa „Moratex”:

PRZEWODNICZĄCY:



prof. zw. dr hab. inż. Janusz Szosland



dr Iwona Kucińska

SEKRETARZ:

mgr inż. Jolanta Wawrzyniak

dr inż. Marcin Łandwijt
dr inż. Magdalena Olejnik
dr inż. Jadwiga Polak
dr inż. Grażyna Redlich
mgr inż. Robert Romek
mgr inż. Bożena Wilbik-Hałgas

Dr hab. inż. Marcin Struszczyk **– zastępca dyrektora ds. naukowych Instytutu** **Technologii Bezpieczeństwa MORATEX**



W dniu 1 lipca 2008 r. dr hab. inż. MARCIN STRUSZCZYK objął w ITB „Moratex” stanowisko Zastępcy Dyrektora ds. Naukowych.

Marcin Henryk Struszczyk urodził się 10 grudnia 1971 roku w Zgierzu. Po ukończeniu Liceum Ogólnokształcącego im. St. Staszica w Zgierzu rozpoczął w 1990 roku studia na Wydziale Chemii Spożywczej i Biotechnologii Politechniki Łódzkiej, kierunek Biotechnologia, specjalizacja Biochemia techniczna.

W czasie studiów brał udział w dwóch zagranicznych praktykach zawodowych: w Centrum Biotechnologicznym Kanvik (Helsinki/Finlandia) oraz na Tampere University of Technology, Institut of Fibre, Textile and Clothing, (Tampere/Finlandia).

Ukończył studia z oceną bardzo dobrą. Pracę dyplomową zatytułowaną „Unieruchamianie dekstranazy na nośniku chitozanowym” obronił w 1995 roku. Od 1995 do 2000 roku był doktorantem oraz pracownikiem naukowym w Institut für Organische Chemie und Strukturanalytik, Uniwersytet Poczdamski w Niemczech.

Praca doktorska zatytułowana „Herstellung von Chitosan und einige Anwendungen” (Wytwarzanie chitozanu i jego zastosowania), wykonywana przy współudziale Uniwersytetu Poczdamskiego oraz Fraunhofer Institute (FhG IAP), Departament Celulozy, Teltow/Niemcy, została obroniona w 2001 roku.

W roku 2001, jako kierownik projektu badawczego, finansowanego przez Komitet Badań Nauko-

wych, rozpoczął badania w Instytucie Biopolimerów i Włókien Chemicznych w Łodzi, a w latach 2004 – 2007 uczestniczył jako Główny Wykonawca w realizacji 4 projektów badawczych oraz rozwojowych. W 2001 roku dr inż. Marcin H. Struszczyk rozpoczął pracę w spółce TRICOMED S.A., a od 2003 roku, jako Członek Zarządu TRICOMED S.A. ds. badań i rozwoju, był odpowiedzialny za organizowanie i nadzór nad pracami Działu Badań i Rozwoju oraz Laboratorium Kontroli Jakości. W tym czasie opracował, realizował i wdrożył wraz z grupą współpracowników 4 wyroby medyczne.

W latach 2003 – 2004 uczestniczył w procesie certyfikacji CE wszystkich produkowanych w TRICOMED S.A. wyrobów medycznych. Proces ten dotyczył oceny właściwości chemicznych, fizycznych, biologicznych oraz retrospektywnych badań klinicznych w zgodności z normami zharmonizowanymi z Dyrektywą Europejską 42/93/EWG.

W 2006 roku ukończył, z wynikiem bardzo dobrym, studia podyplomowe Biomateriały – Materiały dla medycyny, na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Akademii Górniczej im. St. Staszica w Krakowie.

W latach 2006 – 2008 pracował jako adiunkt -/konsultant w ramach projektu europejskiego: LIDWINE – Multifunctionalized Medical Textiles for Wound (e.g. Decubitus) Prevention and Simulation of Wound Healing na Wydziale Architektury i Marketingu Tekstyliów Politechniki Łódzkiej.

Dorobek naukowy dr inż. Marcina H. Struszczyka stanowi 9 opublikowanych oryginalnych prac twórczych, 25 pełnotekstowych, opublikowanych oryginalnych prac w materiałach konferencji międzynarodowych, 2 rozprawy naukowe, 4 zgłoszenia patentowe, 8 wykładów na zaproszenie, 16 referatów wygłoszonych na kongresach międzynarodowych oraz 18 referatów wygłoszonych na kongresach krajowych.

Od 2005 roku jest aktywnie działającym członkiem Komisji Technicznej ds. Materiałów Medycznych i Biomateriałów Polskiego Komitetu Normalizacji oraz Członkiem Zarządu Polskiego Towarzystwa Chitynowego. W lipcu 2008 otrzymał tytuł doktora habilitowanego na Wydziale Technologii Materiałowych i Wzornictwa Tekstyliów, Politechniki Łódzkiej.

Kamizelka ochronna zaprojektowana na miarę współczesnego funkcjonariusza policji

Designing body armour for today's police

William Cook

Tradycyjne kamizelki ochronne dla policji, pierwsze wprowadzone około 20 lat temu, chronią przez pociskami pistoletowymi, zazwyczaj kaliber 9 mm, choć pełny zakres ujęty w odnośnych normach¹ obejmuje również inne kalibry. Jest rzeczą ogólnie znaną, że kamizelka kuloodporna certyfikowana na zgodność z wymaganiami danej normy zabezpieczy użytkownika przed zagrożeniem opisanym w tej normie. Mniej powszechnie wiadome jest, że kamizelka o dużej odporności balistycznej może w ogóle nie chronić przed innymi zagrożeniami, na które policjanci narażeni są w czasie pełnienia służby, tj. pchnięcie nożem lub innym ostrym narzędziem, przecięcie, uraz wywołany wypadkiem drogowym bądź uderzeniem tępym przedmiotem np. kijem baseballowym. Według statystyk prowadzonych przez europejskie jednostki policji, co najmniej 50% wszystkich urazów doznawanych przez funkcjonariuszy policji w czasie służby stanowią urazy wywołane atakiem z użyciem tępych przedmiotów, 35% wszystkich urazów powstaje na skutek ataku z użyciem noża lub innego ostrego narzędzia, a jedynie do 15% urazów dochodzi w czasie ataku z użyciem broni palnej. Wynika z tego, że oprócz doskonałej odporności balistycznej, kamizelki powinny również zapewniać ochronę przed pozostałymi zagrożeniami. Na szczęście, wielu producentów sprzętu ochrony osobistej opracowało już rozwiązania zabezpieczające przed wieloma rodzajami zagrożeń jednocześnie. Rozwiązania wykorzystujące właściwości włókna aramidowego, np. jak włókno KEVLAR® firmy DuPont, by stworzyć kamizelkę, która zagwarantuje ochronę nie tylko przed pociskami pistoletowymi, ale także przed przebicciem nożem, przekłuciem szpikulcem oraz przed urazem powstałym na skutek uderzenia tępym narzędziem. Większość norm będących obecnie w użyciu obejmuje klasy, które określają wymagania

Since its inception about 20 years ago, body armour has traditionally offered police officers protection against handgun bullets, typically those with calibres around 9mm, although the full range covered by the relevant standards² also includes other calibres as required. It is taken as read that a ballistic vest certified to perform to a given standard will protect its wearer against the threat described by that standard. What is less well known is that vests which offer a high level of ballistic protection may not provide any protection against the other threats that officers face in the normal course of their duties, such as: stabbing with knives or other sharp instruments, slashing, or the effects of blunt trauma such as may follow attacks with baseball bats, or involvement in road traffic accidents. European police forces typically record statistics showing that at least 50% of the injuries suffered by officers on duty arise from blunt trauma, with stabbings accounting for a further 35%, and shootings only 15%. It follows therefore that, in addition to excellent ballistic performance, vest should offer their wearers protection against these other threats. Happily, many manufacturers have now developed Multi-Threat Protective solutions that maximise the properties of aramid fibre such as KEVLAR® to create vests that give the wearer protection not just against handgun bullets but also knives, spikes and blunt trauma. Most standards in general use now have categories which cover the requirement for knife and stab protection; many also have recommendations for blunt trauma or back face deformation.

It will be important therefore that before decisions are taken about the required performance of any new vest there is thorough research to understand the operating environment and the threats posed to officers in the area of operations. A full threat assessment is essential. Such an assessment should be based both on

¹ Patrz, np. normy HOSDB Body Armor Standards for UK Police (2007), Part 1: General Requirements 39-07-A, oraz Ballistic Resistance of Body Armor NIJ Standard - 0101.06
DuPont™ oraz KEVLAR® są zastrzeżonymi znakami handlowymi lub znakami handlowymi firmy E.I. du Pont de Nemours and Company bądź jej spółek zależnych.

² See, for example: HOSDB Body Armour Standards for UK Police (2007), Part 1: General Requirements 39-07-A, and Ballistic Resistance of Body Armor NIJ Standard - 0101.06



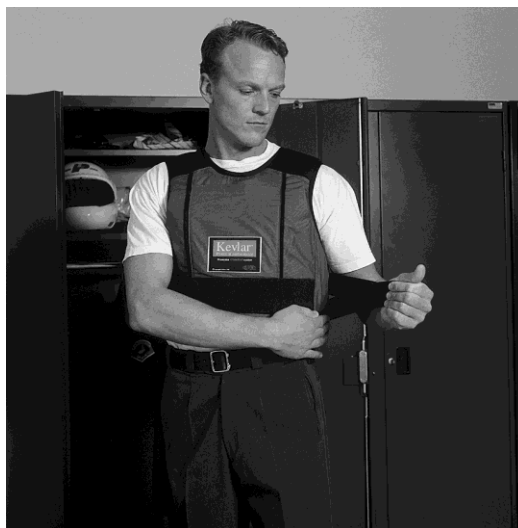
Zdj. 1. DuPont



Zdj. 2. DuPont



Zdj. 3. DuPont



Zdj. 4. DuPont

w zakresie nożoodporności. Wiele norm dodatkowo zawiera rekomendacje w zakresie urazu lub strzałki ugięcia.

Dlatego ważne jest, by określenie wymagań dla każdej nowej kamizelki poprzedzone zostało wnikliwym zbadaniem środowiska pracy i identyfikacją zagrożeń, na jakie policjanci narażeni są w czasie służby. Ocena taka powinna opierać się zarówno na analizie historycznej, jak i operacyjnej. Punktem wyjścia powinno być prześledzenie zdarzeń, jakie miały miejsce w przeszłości, (co najmniej 5-letni okres) przeanalizowanie trendu, modelowanie danych oraz wydanie opinii przez doświadczonych specjalistów. Rezultatem powinna być lista głównych zagrożeń uszeregowanych w kolejności według ryzyka (prawdopodobieństwo i wynik). Analiza zagrożeń pozwoli opracować podstawową normę lub, co bardziej prawdopodobne – połączenie norm, z którymi kamizelki muszą być zgodne.

historical analysis and operational judgement. It should start with a review of previous incidents over a protracted period, and incorporate trend analysis, data modelling and the judgement of experienced professionals sitting in formal judgement panels. The outcome should be a list of the main threats that officers face, ranked in order of risk (likelihood and outcome). This vulnerability analysis will determine the basic standard or – more likely – combination of standards that the vests must meet.

But vests will only provide protection if they cover the vital organs of the body from any angle. There are well documented cases of officers wearing body armour being injured or killed because the bullet has entered the body through an unprotected area, or because the wearer was bending forward, or crouching down. This requirement to cover greater areas of the upper body and torso brings with it an inevitable weight

Kamizelka zapewnia ochronę tylko wtedy, gdy z każdej strony zakrywa najważniejsze organy użytkownika. Istnieją udokumentowane przypadki, że policjant został ranny lub poniósł śmierć, mimo że miał na sobie kamizelkę ochronną. Dlaczego? Dlatego, że pocisk przeniknął do ciała przez niechronioną powierzchnię bądź, dlatego, że użytkownik kamizelki pochylił się lub kucał. Konieczność ochrony większej powierzchni górnej części ciała oraz klatki piersiowej niesie ze sobą wzrost masy kamizelki. Zwiększenie masy kamizelki prowadzi z kolei do pogorszenia komfortu jej użytkowania, co ma związek z brakiem wymiany ciepłej i większą masą kamizelki. Gdy kamizelka jest zbyt niewygodna, policjant nie będzie chętnie jej używał. Nawet z najlepszej na świecie kamizelki ochronnej jest niewielki pożytek, jeżeli pozostawiona jest na posterunku policji lub w radiowozie, ponieważ jest zbyt niewygodna. Kamizelka nigdy nie powinna krępować ruchów oraz powinna zapewnić komfort cieplny. Ponownie, rozwiązanie jest pod ręką: producenci mają obecnie do swojej dyspozycji materiały, które zapewniają doskonałą ochronę przy niskiej masie. Nowe „inteligentne” materiały maksymalizują transfer wilgoci, a dzisiejsze tkaniny mogą być tak skonstruowane, że umożliwiają przepływ powietrza pod spodem i za kamizelką, gwarantując tym samym optymalne odprowadzanie ciepła.

Służby odpowiedzialne za odbiór wyrobów badają reprezentatywne próbki, by upewnić się, że kamizelki są zgodnie z ogólnymi wymaganiami normy a przed dopuszczeniem do użytkowania powinny dodatkowo ocenić inne aspekty skuteczności kamizelki. W szczególności powinna być możliwa ocena skuteczności brzegowej służąca potwierdzeniu, że panele mają jednakową skuteczność na całej swojej powierzchni. Elastyczna kamizelka znacząco poprawia komfort jej użytkownika. Elastyczność kamizelki można ocenić za pomocą pomiaru laboratoryjnego oraz za pomocą badań użytkowych, które powinny być główną składową procesu selekcji. Badania użytkowe pozwalają również określić takie aspekty komfortu, jak cyrkulacja powietrza, odprowadzanie wilgoci oraz odpowiednie rozłożenie masy.

Projektując kamizelkę należy pamiętać, że poszycie zewnętrzne kamizelki jest jej kluczowym komponentem, a jego projekt musi uzupełniać projekt wkładu. Poszycia są dostępne w wersji „pod mundur” oraz „na mundur”, a czasami dostępne są również pokrowce ostrzegawcze. Pokrowiec kamizelki musi wspomagać odprowadzanie ciepła przez panele i w większości przypadków powinien być wodoszczelny, mimo że zazwyczaj jedna lub kilka warstw we wkładzie balistycznym ma wykończenie wodoodporne. Należy wziąć pod penalty. Greater

weight tends to lead to greater discomfort from the additional heat and bulk inflicted by the vest. And if vests become too uncomfortable, officers will become more unwilling to wear them. The best vests in the world are of little use if they are left behind in the police station or the patrol car because they are too uncomfortable. The vest must never be allowed to become such a burden that it restricts the officer's movement and prevents dissipation of body heat. Again, help is at hand: manufacturers now have at their disposal materials which can offer excellent protection at low weight. New „intelligent” materials maximise moisture transfer, and today's fabrics can be constructed so that they provide space for air to flow under and behind the armour allowing optimum body heat management.

In addition to testing representative samples to ensure that the basic standards are met, responsible police authorities will also closely examine other aspects of the vest's performance before accepting it into service. In particular it should be possible to make an assessment of the edge performance – confirming that the panels have a uniform performance across the whole of their area. Flexibility makes a major contribution to comfort, and it is possible to make an assessment of a vest's flexibility and comfort by measurement in the laboratory and through wearer trials, which should be a key component of the selection process. These trials will determine other aspects of comfort such as air circulation, moisture management and proper weight distribution.

There are other features of the design which need to be addressed during the development process. The vest cover is a key component and its design must complement that of the filler. Vest covers are normally made available in both overt and covert versions, and sometimes in high-visibility variants as well. The vest cover must enhance the heat dissipation properties of the panels and in most cases will need to be waterproof, although it is usual to include water repellent treatment to one or more of the ballistic layers in the filler.

Decisions will need to be taken about the range of sizes to be offered which must cater for the full demographic range of the wearer population including provision for female officers. Alternatively, many forces now offer tailor-made solutions designed and manufactured as an individual item for each officer in the force. This will mean that some personnel in each force will need to be trained to measure their colleagues and record the data precisely. Account should be taken of the full range of equipment that officers are expected to carry: it is increasingly the case that uwagę pełne wyposażenie, jakie policjant będzie nosił (środki łączności, broń, jeżeli jest przenoszona, oraz inny sprzęt potrzebny

policjantom)
i uwzględnić to podczas projektowania kamizelki oraz pokrowca, tworząc tym samym w pełni zintegrowane rozwiązanie. Powinno to znacząco poprawić ogólny komfort użytkownika sprzętu.

Decyzję, w jakich rozmiarach będą oferowane kamizelki należy podjąć, uwzględniając całą populację użytkowników, w tym kobiety pełniące służbę w policji. Alternatywnie, wiele dzisiejszych jednostek policji oferuje rozwiązania „na wymiar” zaprojektowane i wyprodukowane jako pojedynczy wyrób dla każdego funkcjonariusza danej jednostki. Oznacza to, że personel w każdej jednostce musiałby zostać przeszkolony i nauczyć się jak bierze się miarę i precyzyjnie zapisuje wymiary ciała.

Dzisiejsi funkcjonariusze Policji narażeni są na wiele zagrożeń. Materiały ochronne na kamizelki zabezpieczające przed wieloma rodzajami zagrożeń są dostępne u producentów włókien aramidowych. Użycie tych materiałów w zintegrowanym rozwiązaniu da policjantowi wiarę w siebie potrzebną, by sprostać wyzwaniom, wobec których staje on w czasie wykonywania codziennych zadań służbowych.

W niniejszym artykule **William Cook**, niezależny konsultant ds. bezpieczeństwa i obronności, przybliży kwestie, które należy wziąć pod uwagę projektując kamizelki ochronne zabezpieczające funkcjonariuszy Policji przed zagrożeniami, z jakimi mają kontakt w czasie wykonywania zadań służbowych.

load carriage solutions are incorporated into the design of the vest and its cover so that provision is made from the outset for communications equipment, weapon if carried, and the other items that officers need, thereby producing a fully integrated item. This should greatly enhance the comfort and reduce the officers' burden – and hence the stress factor.

Today's police officers face a multiplicity of threats: their protective equipment must cater for the full spectrum that may confront any individual officer. Multi-Threat Protection solutions are widely available from the manufacturers of high quality aramid fibres. The incorporation of these materials into an integrated solution where the vest cover contributes to the wearer's comfort and provides the framework for optimum load carriage will give officers the confidence to meet the challenges that face them daily.

In this article **William Cook**, an independent security and defence consultant, looks at some of the issues that should be considered when designing body armour that protects police officers against the threats that police officers face routinely.

Endurance Tests for Exacting Demands: How Gore retains its competitive edge and the quality of its GORE-TEX® duty shoes

Sven Seliger

W. L. Gore & Associates GmbH

GORE-TEX® duty shoes are valued throughout the world because they keep your feet dry, well protected, and at a pleasant temperature. With the GORE-TEX® membrane built into them, they are durably waterproof and highly breathable, offering their wearers ultimate climate comfort. To ensure that this is always the case, membrane specialist W. L. Gore & Associates has put into operation a unique system of tests to consistently monitor the performance of GORE-TEX® footwear during and after its manufacture.

Waterproofness

Gore have developed a unique hot-air seam sealing machine to seal the seams. Thanks to its patented nozzle, this machine delivers a better sealing performance than conventional seam sealing machines. The **Suture Tests**, which are conducted at the Gore laboratories and in the production plants of Gore's partners, measure the waterproofness of the seams after they have been sealed with a special tape. This test subjects the seam to a water pressure of 1 bar over a period of

5 minutes which is almost 10 times the level of the 0.13 bar specified by DIN EN 20811. The GORE-TEX® lining laminate itself withstands a water pressure of 8 bar.

It is not only the GORE-TEX® lining that is crucial for the durable waterproofness of GORE-TEX® footwear but also the other materials used for the shaft. These must be treated with a water-repellent

finish. The absorptive properties of upper leathers, textiles, shoelaces and sewing threads are determined by the **Hydro, or Wicking Test**. This test involves taking samples of the materials and subjecting them to mechanical stress before immersing them in water. They have passed the test when the water has not risen more than 1 centimetre after 2 hours.



The two Gore test devices which are primarily used to test the durability of the waterproofness of the GORE-TEX® duty shoes in the laboratory and during series production are the **Walking Simulator** and the **Centrifuge**. Both of these tests were developed by Gore itself and have since been patented.

The **Walking Simulator** monitors the „total” waterproofness of GORE-TEX® duty shoes simulating walking in rain over a longer period of time. This is done by submerging the shoe in a five centimetre deep water basin and subjecting it to half a million flex movements, which corresponds to a walking distance of about 500 km.¹ Aspects such as the body weight and walking speed of the wearer can also be simulated. Sensors mounted on an artificial foot positioned in the shoe react as soon as the smallest amount of moisture enters the shoe. Any flaws in the construction of the prototype or which are discovered during the production of the shoes can be analysed and rectified immediately. This piece of test equipment is now also being used by several European test institutes.

¹ To compare: shoe standard EN 20 345 requires that 1,000 steps (= 500 m) be taken through shallow water and permits 3 cm³ to enter the shoe.



Every GORE-TEX® footwear manufacturing plant in the world that has been certified by Gore is equipped with the **Gore Centrifuge**. Every day 2% of all shoes produced have to pass this centrifuge test. The shoes are filled with water, mounted on the centrifuge device and spun for half an hour at approximately 240 revolutions a minute. The centrifugal forces are so strong that water is forced outwards through any areas that are not watertight. Blotting paper placed under the test specimens enables any leakage to be accurately located. This test procedure makes it possible to test the 100% waterproofness of the day-to-day assembly line production 30 times more quickly than previous methods. It is also used for the testing of prototypes, which are tested for 60 minutes.

The stability of the GORE-TEX® laminate when subjected to flexing and folding is determined by the **Gore Crumple Test** which simultaneously compresses and twists the laminate. Subsequently the **Suter Test** is used to measure the waterproofness of the seams.

Water vapour transmission performance (breathability)

Alongside waterproofness, the outstanding breathability of the materials used in its GORE-TEX® duty shoes is also of crucial importance for Gore. After all, it is only when all of the layers that make up the shoe can ‘breathe’ that the sweat produced by the foot can easily escape to the outside in the form of water vapour.



The **Whole Boot Comfort Test** serves the purpose of determining the water vapour transmission rate which is ultimately an indication of the climatic comfort of the GORE-TEX® duty shoe as a whole. Under controlled climatic conditions "sweating" artificial feet are used to establish how much moisture can escape through the shoe. With the help of a correlation model developed by Gore and Munich University of Technology, the data on moisture vapour diffusion and water absorption acquired during the test is used to determine the climatic comfort value of the GORE-TEX® shoe.

New standards are also being set by the **Gore Climate Guide** which is a special programme which can calculate the climatic comfort of GORE-TEX® footwear. Using this programme it is possible to put

together different combinations of materials, components, technologies and shaft constructions for a particular area of application and determine their influence on the climatic comfort of the whole shoe. This computer programme thus makes it possible to predict precisely which shoe with which types and qualities of material will achieve which climatic comfort values under which conditions. If, for example, we take individual parameters such as the lining material, the toe cap, the foam or the adhesive, etc., the programme can calculate the moisture vapour permeability for the entire shoe based on the breathability values that are stored in the system for the particular shoe component. This makes the **Gore Climate Guide** a key instrument for evaluating shoes before they go into series production.

Abrasion Resistance

Abrasion testing is carried out by the **Martindale Abrasion Tester** in accordance with DIN 53 863. Gore tests its lining laminates and recommended upper fabrics for abrasion resistance in accordance with the standard number of revolutions specified by the performance guidelines of SATRA, an independent high-tech shoe technology institute in England. For heavy use this institute stipulates more than 50,000 revolutions. Gore shoe laminates have to resist at least 100,000 revolutions. This guarantees that all of these textiles satisfy the most rigorous of demands in the field.

Every year some 18,000 GORE-TEX® shoes are tested at various stages of their development and manufacturing processes. As a shoe can only function as well as its weakest component, in addition, more than 14,000 footwear components are tested a year - from the leather to the sewing thread. Field tests with different groups of users round off these test procedures. In this way Gore ensures that its shoes are precisely engineered to the needs of the respective job and that they live up to Gore's claim to manufacture shoes which are „fit-for-use”.

Ocena nowej generacji kopolimerów biodegradowalnych do zastosowania w technologii materiałów dziewiarskich o przeznaczeniu medycznym

Anna Pinar, Elżbieta Mielicka

Zakład Naukowy Technologii Dziewiarskich i Odzieżownictwa, Instytut Włókiennictwa, Łódź

Marek Kowalczuk

Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN, Zabrze

Prace rozwojowe w zakresie najnowszej generacji specjalistycznych materiałów opatrunkowych ukierunkowane są obecnie przede wszystkim na zastosowanie surowców bioresorbowalnych, które zapewniają właściwości bioaktywne w leczeniu ran pourazowych i pooperacyjnych. Badania naukowe dowiodły, iż do szczególnych zalet bioaktywnych materiałów opatrunkowych można zaliczyć:

- stymulację procesu gojenia poprzez determinację optymalnych warunków wilgotnościowych w ranie (według wyników badań wilgotne środowisko przy zastosowaniu opatrunku aktywnego prawie dwukrotnie przyspiesza proces gojenia się rany niż przy zastosowaniu tradycyjnych opatrunków medycznych),
- stymulację oczyszczania się rany,
- zmniejszenie bólu,
- obniżenie kosztów kuracji w porównaniu z opatrunkami tradycyjnymi pomimo wyższej ceny jednostkowej (czas użytkowania opatrunku aktywnego wynosi ca 3-4 dni i nie wymaga dodatkowego stosowania innych środków leczniczych).

Z badań doświadczalnych oraz obserwacji klinicznych wynika, że wysięk wytwarzany przez powierzchnię rany zawiera tlen i czynniki odżywcze oraz czynniki przyspieszające gojenie, które zapewniają właściwy wzrost tkankowy i stanowią podłoże umożliwiające rozwój ziarniny oraz prawidłowy przebieg procesu naskórkowania. Zasada ta dotyczy ran każdego typu, również zakażonych.

Zatem niewłaściwy okazał się dawny pogląd, że częste osuszanie rany wspomaga jej gojenie. Nowa koncepcja tzw. *fazowego leczenia* sprawia, że gojenie się rany przebiega zdecydowanie skuteczniej oraz mniej boleśnie. Zastosowanie odpowiednich dla każdej fazy gojenia ran preparatów i opatrunków pozwala na prawidłowy przebieg całego procesu. W fazie oczyszczania opatrunek musi zatamować krwawienie, wchłaniać wydzielinę z rany i zapobiegać zakażeniom. W fazie ziarninowania

powinien zapewnić optymalną wilgotność rany oraz wchłaniać nadmiar wydzieliny, ochraniać tkankę ziarninową i zapobiegać zakażeniu, natomiast w fazie naskórkowania powinien utrzymywać odpowiednią wilgotność rany, jak również zapewnić ochronę dla zregenerowanych komórek naskórka.

Celem realizowanych prac było opracowanie technologii dla biomateriałów wytwarzanych z nowej generacji surowców biodegradowalnych stanowiących ko-(poliestry) alifatyczne. Założenia technologiczne w tym zakresie obejmowały zastosowanie technik dziewiarskich.

Materiały biodegradowalne, wytwarzane z kopolimeru glikolid-laktyd (PGLA) znajdują wzrastające zainteresowanie w obszarach medycznych. Wyroby wykonane z tych tworzyw kierowane są do zastosowania m.in. w chirurgii z przeznaczeniem na opatrunki wewnętrzne w procesie leczenia organów miękkich oraz w postaci płytek, śrub i kształtek na implanty w regeneracyjnym leczeniu ubytków kości. Badania naukowe w ocenie klinicznej kopolimeru PGLA wykazują dobrą biogodność materiału i brak negatywnych odczynów miejscowych oraz układowych. Biodegradowalne właściwości kopolimeru zapewniają całkowitą resorpcję wyrobów przez organizm eliminując tym konieczność chirurgicznego ich usuwania po zakończeniu procesu leczenia oraz determinują regenerację tkanek poprawiając tym jakość leczenia pacjenta.

Kopolimer PGLA znajduje również zastosowanie w dziedzinie ciekłych kompozycji polimerycznych z wykorzystaniem w pozajelitowych preparatach związków biologicznie czynnych o kontrolowanym uwalnianiu. Sposób rozwiązania obejmuje tu przetwarzanie polimeru do postaci mikrosfer zawierających substancję biologicznie czynną. Metoda ta nie znalazła jednak praktycznego zastosowania częściowo z uwagi na trudności w procesie wytwarzania jałowych i odtwarzalnych produktów oraz wysokich kosztów produkcji. Korzystniejszym sposobem rozwiązania jest tu metoda polegająca na

wytworzeniu ciekłych kompozycji polimerycznych poprzez rozpuszczenie kopolimeru i substancji biologicznie czynnej w biokompatybilnym rozpuszczalniku. Metoda wykorzystuje możliwości ciekłych kompozycji polimerycznych w zakresie tworzenia biodegradowalnych matryc lub błon pod wpływem działania środowiska wodnego (płynów ustrojowych). Po aplikacji kompozycji do organizmu, rozpuszczalnik ulega rozproszeniu w otaczającym go środowisku wodnym, natomiast z biodegradowalnego polimeru następuje proces kontrolowanego uwalniania substancji biologicznie czynnej.

W artykule przedstawiono wyniki prac badawczych, zrealizowanych w Instytucie Włókiennictwa (dawniej ITTD „Tricotextil”) w latach 2005 – 2007, których celem była ocena możliwości adaptacji nowej generacji polimerów biodegradowalnych do zastosowania w technologii materiałów dziewiarskich o przeznaczeniu na bioresorbowalne wyroby medyczne [1]. Prace doświadczalne zrealizowano z wykorzystaniem kopoliestrów alifatycznych, opracowanych na bazie biodegradowalnych polimerów poli (L – laktydu) i poli (L – laktydu – co – glikolu). W procesie technologicznym polimerów zastosowano metodę syntezy ataktycznego poli [(R, S) – 3 – hydromaślanu] (a – PHB), która została opracowana przez Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN w Zabrzu na drodze kontrolowanej anionowej polimeryzacji racemicznego β -butyrolaktonu.

Metoda umożliwia zarówno syntezę homo- i kopoliestrów o kontrolowanej masie cząsteczkowej, polidispersyjności oraz chemicznej budowie końcowych grup funkcyjnych jak i pozwala na ich wykorzystanie do modyfikacji właściwości kompozycji polimerowych zawierających poliestry otrzymywane z surowców odnawialnych. W pracach doświadczalnych podjęto próby opracowania nowych kompozycji polimerowych przy wykorzystaniu wyników badań Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych PAN w Zabrzu z zakresu optymalizacji procesu blendowania a – PHB z naturalnymi poliestrami alifatycznymi (PHA). Podstawowym kryterium modyfikacji kompozycji kopolimerowych było zapewnienie właściwości włóknotwórczych przy założeniu otrzymania przędz ciągłych o strukturze multifilamentowej.

Wyniki badań zależności pomiędzy strukturą a właściwościami opracowanych kompozycji polimerowych stanowiły podstawę do opracowania i modyfikacji parametrów procesu formowania włókna. Kluczowym założeniem prac badawczych było otrzymanie przędz charakteryzujących się wskaźnikami jakościowymi na poziomie umożliwiającym ich przerób na maszynach dziewiarskich. Przedmiot badań stanowiły dwa rodzaje kompozycji polimerowych, które opracowano na bazie biodegradowalnego polimeru L – laktydu (ozn. jako Biomixed I

Biomixed II) i kopolimer glikolidu z L – Laktydem (G/LL).

Pierwszy etap prac badawczych obejmował ocenę własności włóknotwórczych kopolimeru Biomixed i ustalenie wstępnych warunków procesu formowania włókien. Właściwości termiczne polimeru oznaczono dla ~0,01% zawartości wilgoci w polimerze. Badaniami objęto wskaźniki temperatury zeszklenia T_g i topnienia T_m , szybkości płynięcia (MFI), temperatury rozkładu i termostabilności polimeru. Temperatury zeszklenia T_g i topnienia polimeru T_m określono metodą DSC (skaningowa kalorymetria różnicowa). Dla temperatury T_g otrzymano wartości – 27,4 i 50,6°C, natomiast dla T_m 132,9°C. Wyniki analizy DSC wykazały zdolność do krystalizacji kopoliestru Biomixed.

Wskaźniki szybkości płynięcia polimeru (MFI) określono w odniesieniu do wskaźników włóknotwórczego polimeru PP. Zakres temperatur pomiaru określono w zależności od temperatury topnienia i lepkości stopowej polimeru 140 ÷ 200°C. Badania przeprowadzono na plastometrze według metodyki pomiaru stosowanej dla polimerów włóknotwórczych, którą opracowano w Instytucie Biopolimerów i Włókien Chemicznych w Łodzi. Wyznaczono zakres temperatur, w którym lepkość stopowa polimeru Biomixed jest zbliżona do lepkości stopowej PP w warunkach jego przetwarzania na włókna. Na podstawie wyników badań wartości MFI wstępnie ustalono, że temperatura przędzenia włókien z kopolimeru Biomixed wynosić będzie ca 165°C. Temperatury rozkładu kopoliestru *Biomixed* wyznaczono metodą TGA, polegającą na pomiarze temperaturowej zależności ubytku masy polimeru w czasie ogrzewania. Otrzymano wyniki 5% ubytku masy polimeru w temperaturze 389°C, 20% w temperaturze 412°C i 50% w temperaturze 429°C. Wyniki badań wartości temperatury początku rozkładu polimeru w odniesieniu do określonej wstępnie na podstawie wartości MFI temperatury przędzenia (165°C) wykazały możliwość zastosowania dla kopoliestru Biomixed metody wytwarzania włókien ze stopu polimeru.

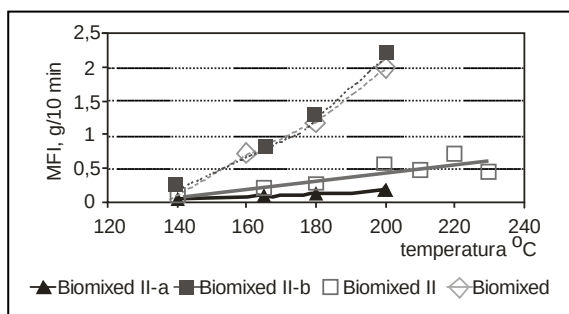
W celu oceny termostabilności polimeru Biomixed wykonano pomiary wartości MFI stosując długotrwałe wygrzewanie (w czasie 60') w ustalonej wstępnie temperaturze przędzenia polimeru 165°C. Wyniki pomiarów wykazały, że zmiany wartości MFI dla ocenianego kopoliestru są porównywalne ze zmianami MFI polimerów włóknotwórczych, np. PET.

Kopolierster oznaczony w pracach badawczych jako Biomixed II opracowano w formie niejednorodnej kompozycji polimerowej stanowiącej granulację dwóch frakcji zawierających biodegradowalny L – laktyd. Badania właściwości termicznych przeprowadzono odrębnie dla poszczególnych frakcji polimeru, które oznaczono dla 60% udziału w

kompozycji polimerowej jako Biomixed II – *a* oraz dla 40% udziału Biomixed II – *b*. Na podstawie wyników badań DSC określono temperaturę topnienia T_m polimerów, gdzie otrzymano 71°C dla frakcji ozn. Biomixed II – *a*, natomiast 126°C dla frakcji Biomixed II – *b*. Ustalono, że temperatura suszenia kompozycji polimerowej Biomixed II wynosić będzie ca 55°C.

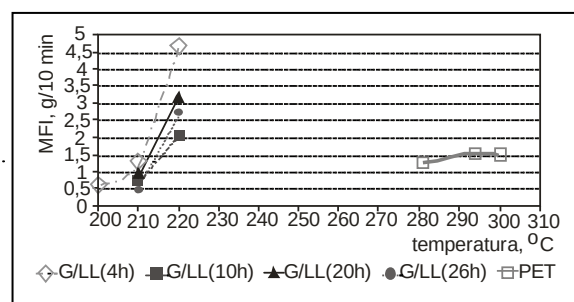
Wskaźnik szybkości płynięcia polimeru (MFI) oznaczono w zakresie temperatur 140 ÷ 230°C z zastosowaniem analogicznych metod pomiaru jak dla kopoliestru Biomixed [15]. Wyniki badań wykazały znaczne różnice w zależnościach wartości wskaźnika MFI od temperatury dla poszczególnych frakcji polimeru. Dla kompozycji polimerowej Biomixed II obserwuje się również znaczne różnice zmian lepkości w stosunku do poszczególnych frakcji przy wysokiej nierównomierności wartości wskaźnika MFI. Wyniki badań wskaźnika szybkości płynięcia polimeru Biomixed II z wyszczególnieniem frakcji przedstawiono na wykresie 1. Ponadto, analiza porównawcza zmian wartości wskaźnika MFI w określonym przedziale temperatury wykazała podobne zależności dla właściwości kopoliestru Biomixed i frakcji Biomixed II – *b*, co zobrazowano również na rys. 1. W wyniku przeprowadzonych badań, dla kopoliestru Biomixed II ustalono wstępną temperaturę przedzenia włókien w zakresie 210 ÷ 230°C.

Wskaźniki temperatury rozkładu polimeru Biomixed II oznaczono dla frakcji – *a* i – *b*. Badania wykonano z zastosowaniem metody TGA przy wyznaczeniu temperatur dla 5, 20 i 50% ubytku masy polimeru. Dla frakcji ozn. Biomixed II – *a* otrzymano odpowiednio temperatury 389, 408 i 424°C, natomiast dla frakcji ozn. Biomixed II – *b* temperatury 382, 403 i 419°C. Wyniki badań wykazały, że ustalona na podstawie wartości wskaźnika MFI temperatura przedzenia włókien z kopoliestru Biomixed II (210 ÷ 230°C) jest niższa od temperatury początku rozkładu polimeru. Własności termiczne kopolimeru Biomixed II umożliwiają więc zastosowanie klasycznej metody formowania włókna ze stopu polimeru.



Rys. 1. Zależność wskaźnika MFI od temperatury dla polimerów Biomixed II i Biomixed.

Prace badawcze nad oceną możliwości zastosowania kopoliestrów biodegradowalnych w technologii materiałów dziewiarskich zrealizowano również dla kompozycji polimerowej *glikolidu* z *L* – *Laktydem* (G/LL). Badania rozpoznawcze w zakresie oznaczenia zawartości wilgoci w polimerze wykazały obecność nieprzereagowanego laktydu, który podczas ogrzewania stanowił odrębną frakcję ulegającą w dalszym etapie sublimacji. W związku z tym, w celu ustalenia wstępnej temperatury przedzenia włókien z kopolimeru G/LL dokonano oznaczeń wskaźnika MFI w zależności od zawartości wilgoci w polimerze. Proces suszenia polimeru przeprowadzono w temperaturze 70°C dokonując oznaczeń wilgotności w czasie po 10, 20 i 26 godzinach suszenia, gdzie otrzymano odpowiednio 0,60, 0,46 i 0,32% zawartości wilgoci w polimerze. Wyniki badań wskaźnika MFI w zależności od temperatury przedstawiono na wykresie 2. Dla porównania właściwości kopolimeru G/LL przedstawiono również analogiczną zależność wartości MFI od temperatury dla polimeru włóknotwórczego PET błysk.



Rys. 2. Zależność wskaźnika MFI od temperatury dla kopolimeru G/LL

Wyniki badań wykazały, że zmiany wartości wskaźnika szybkości płynięcia polimeru MFI zależnie od czasu suszenia spowodowane są ubytkiem wilgoci oraz wydzielaniem się substancji małowcząsteczkowej. Ocena wpływu polimeru podczas badań wskaźnika MFI na plastometrze wykazała, że po 10 godzinach suszenia polimer został pozbawiony wilgoci. Wynik zawartości wilgoci 0,6% wskazuje na zawartość nieprzereagowanego laktydu. Na podstawie wyników badań własności termicznych wstępnie ustalono, że temperatura przedzenia włókien z kopolimeru G/LL wynosić będzie 210°C.

Wyniki badań własności termicznych opracowanych kompozycji polimerowych *Biomixed*, *Biomixed II* i *G/LL* wykazały możliwość zastosowania klasycznej metody formowania włókien ze stopu polimeru. Analiza porównawcza kopolimerów, którą przeprowadzono w stosunku do polimerów włóknotwórczych potwierdziła słuszność przyjętego kierunku prac badawczych i zastosowanych

rozwiązań w opracowaniu kompozycji polimerowych.

Z uwagi na to, że założenia projektu obejmowały opracowanie nowego typu materiałów opatrunkowych przy wykorzystaniu przędz z włókien ciągłych z nowej grupy polimerów alifatycznych, pracami badawczymi objęto ocenę właściwości zastosowanych w ramach projektu polimerów biodegradowalnych *Biomixed*, *Biomixed II* i *G/LL*, przy wykorzystaniu których przeprowadzono próby doświadczalne wytwarzania włókien. Parametry nastawcze procesu technologicznego przędz określone zostały w zależności od własności polimerów oraz wymagań jakościowych przędz. W pierwszym etapie prac badawczych określono wstępne warunki procesu wytwarzania włókien z kopoliestru *Biomixed* przy zastosowaniu klasycznej metody ze stopu polimeru [15]. Założeniem technologicznym było wytworzenie przędzy o masie liniowej 56 dtex i liczbie filamentów 17. Proces formowania włókien przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych przy ustalonych wstępnych parametrach kolejnych etapów formowania włókien:

- temperatury i podciśnienia podczas suszenia polimeru,
- temperatury, prędkości odbioru i wydajność wytłaczania włókien w trakcie procesu ich przedzenia,
- prędkości rozciągania włókien i krotności rozciągu R_{II} i R_{III} w określonych warunkach temperaturowych na galecie rozciągarki oraz na zimno.

Proces przedzenia włókien przeprowadzono na przedzarce ekstruderowej. Parametry nastawcze procesu formowania włókien określono na podstawie własności polimeru *Biomixed*, jednocześnie stosując jako środek pomocniczy preparację włókienniczą, którą naniesiono na włókna w postaci emulsji wodnej.

Wytworzone w procesie przedzenia włókna ciągle charakteryzowały się masą liniową w zakresie $186 \div 208$ dtex. W procesie rozciągania włókien zastosowano krotność rozciągu, którą określono w zależności od wydłużenia włókien w strefie odbioru przy założeniu otrzymania przędzy o masie liniowej 56 dtex. Proces rozciągania włókien zrealizowano w dwóch wariantach: przy określonej temperaturze na galecie rozciągarki oraz na zimno. Podczas prób rozciągania zaobserwowano tendencje do powstawania zrywów elementarnych włókien, które często prowadziły do zrywu całej wiązki włókien. Wyniki badań wykazały mniejszą liczbę zrywów przy rozciąganiu włókien na zimno.

W rezultacie przeprowadzonych prób technologicznych wykazano, że kopolimer *Biomixed* posiada własności włóknotwórcze oraz ustalono wstępne parametry nastawcze procesu formowania włókien, w wyniku których wytworzono przędze o masach

liniowych 52,7 dtex, 62,6 dtex i 64,0 dtex. W tab. 1 przedstawiono charakterystykę porównawczą własności przędz wytworzonych z zastosowaniem parametrów nastawczych określonych na podstawie wyników prac rozpoznawczych. Celem analizy porównawczej było wykazanie różnic pomiędzy własnościami przędz wynikającymi z przyjętych parametrów nastawczych procesu formowania włókien z polimeru *Biomixed* [1].

Tabela 1. Charakterystyka porównawcza wartości parametrów jakościowych przędz z kopoliestrowych włókien *Biomixed*.

Wskaźnik	Różnice wartości parametrów dla porównywanych wariantów przędz, %		
	II a w stosunku do I	II a w stosunku do II	II w stosunku do I
Rzeczywista masa liniowa przędzy, dtex	11,3	7,3	4,4
Współczynnik zmienności masy liniowej, %	42,7	3,9	40,4
Siła zrywająca, cN	12,1	- 2,7	14,5
Współczynnik zmienności siły zrywającej, %	36,8	4,0	34,2
Wytrzymałość właściwa, cN /tex	0,9	- 10	10,7
Wydłużenie przy zerwaniu, %	- 9,4	27,6	- 34,4
Współczynnik zmienności wydłużenia, %	- 20,5	0,7	- 22

Analiza porównawcza własności przędz charakteryzujących się różnymi wartościami masy liniowej wykazała, że znaczny wpływ na cechy wytrzymałościowe przędz występuje przy zastosowaniu różnych wydajności procesu przedzenia oraz różnych naprężeń i krotności rozciągu w procesie rozciągania. Warianty przędz charakteryzujące się wyższymi masami liniowymi wykazują wyższą wytrzymałość na zerwanie w stosunku do wariantów o niższej masie liniowej. Wyniki badań wykazały jednak niekorzystny wpływ wzrostu masy liniowej na równomierność własności strukturalnych i wytrzymałościowych przędz. Ponadto wyniki analizy porównawczej przędz wykazały niekorzystny wpływ zmian wartości masy liniowej przędz na ich parametry wytrzymałościowe przy kształtowaniu własności przędz tylko parametrem krotności rozciągu w procesie rozciągania włókien.

Wyniki prac badawczych nad opracowaniem założeń technologicznych procesu formowania włókien z kopolimeru *Biomixed* oraz wyniki analizy porównawczej własności przędz wytworzonych przy zastosowaniu różnych parametrów nastawczych

procesu przedzenia i rozciągania włókien wykazały na konieczność przeprowadzenia dalszych prac technologicznych nad poprawą własności przędz przedmiotowego przeznaczenia. Wyniki tych badań stanowiły podstawę do określenia kierunku działań w zakresie modyfikacji własności przędz lub własności polimeru *Biomixed*.

Analiza wyników badań parametrów mechanicznych oraz ocena organoleptyczna przędz z kopoliestrowych włókien *Biomixed* wykazały, że przędze charakteryzują się niską odpornością cech struk-

turalnych na działanie nawet niewielkich sił rozciągających. W związku z tym przeprowadzono ocenę możliwości poprawy własności strukturalnych i mechanicznych przędz poprzez zastosowanie preparacji mokrych prowadzących do zmiany stanu przędz. W badaniach laboratoryjnych zastosowano 0,5% roztwór glikolu etylenowego i 0,5% roztwór gliceryny, w których zanurzano próbki ocenianych przędz przed realizacją testów wytrzymałościowych. Wyniki badań własności wytrzymałościowych przędz w stanie mokrym przedstawiono w *tab. 2* i *3*.

Tabela 2. Wyniki badań parametrów wytrzymałościowych przędz z kopoliestrowych włókien *Biomixed* określone po zamoczeniu próbek w 0,5% roztworze glikolu etylenowego

Wskaźnik		Oznaczenie wariantów przędz					
		I		II		II a	
		stan I	stan II	stan I	stan II	stan I	stan II
Siła zrywająca, cN	wartość średnia	61,3	67,2	71,2	76,5	78,6	77,0
	wartość maksymalna	68,8	74,0	78,0	84,3	83,3	80,3
	wartość minimalna	47,7	50,0	60,5	69,8	73,6	72,0
Współczynnik zmienności siły zrywającej, %		10,80	10,34	7,90	6,21	3,86	3,11
Wytrzymałość właściwa, cN /tex		10,7	11,7	11,9	12,8	12,2	12,0
Wydłużenie przy zerwaniu, %	wartość średnia	29	29	17	18	31	23
	wartość maksymalna	39	34	29	23	67	37
	wartość minimalna	22	23	13	13	14	13
Współczynnik zmienności wydłużenia, %		18,70	16,32	27,80	18,70	46,2	30,2

Tabela 3. Wyniki badań parametrów wytrzymałościowych przędz z kopoliestrowych włókien *Biomixed* określone po zamoczeniu próbek w 0,5% roztworze gliceryny

Wskaźnik		Oznaczenie wariantów przędz					
		I		II		II a	
		stan I	stan II	stan I	stan II	stan I	stan II
Siła zrywająca, cN	wartość średnia	67,1	69,1	80,6	80,2	80,9	72,7
	wartość maksymalna	70,2	72,9	85,4	85,9	85,2	79,6
	wartość minimalna	60,6	63,0	75,3	72,7	77,5	41,4
Współczynnik zmienności siły zrywającej, %		4,55	4,38	5,71	5,88	2,77	17,0
Wytrzymałość właściwa, cN /tex		11,8	12,1	13,5	13,5	12,6	11,3
Wydłużenie przy zerwaniu, %	wartość średnia	28	30	20	20	24	23
	wartość maksymalna	44	42	27	26	36	34
	wartość minimalna	11	13	14	13	14	13
Współczynnik zmienności wydłużenia, %		42,60	28,44	24,80	24,90	26,7	29,60

Proces przygotowawczy próbek przędz do badań zrealizowano w dwóch wariantach:

- stan **I** - krótkotrwałe zamoczenie próbek w danym roztworze tuż przed realizacją testów
- stan **II**- zamoczenie próbek w czasie 5 minut

Własności przędz porównano na podstawie procentowych różnic pomiędzy wartościami parametrów wytrzymałościowych przędz po zamoczeniu w określonej preparacji i przędz po aklimatyzacji. Analizą objęto wartości średnie parametrów oraz

współczynniki ich zmienności. Wyniki analizy porównawczej cech wytrzymałościowych przędz przedstawiono w tabelach 4 i 5. W tabelach przyjęto oznaczenia stanów przędz wynikające z czasu zamoczenia próbek w określonych roztworach glikolu etylenowego i gliceryny: krótkotrwałe zamo-

czenie próbek (stan I) i zamoczenie próbek w czasie 5 minut (stan II) przed realizacją testów wytrzymałościowych.

Wyniki analizy porównawczej wykazały, że kierunek i wielkość zmian wskaźników wytrzymałościowych zależy zarówno od rodzaju zastosowanego

Tabela 4. Charakterystyka porównawcza wskaźników wytrzymałościowych przędz z kopoliestrowych włókien Biomixed po zastosowaniu preparacji mokrej w postaci 0,5% roztworu glikolu etylenowego i bez preparacji dla stanu aklimatyzowanego

Wskaźnik	Różnice pomiędzy wartościami parametrów wytrzymałościowych przędz z preparacją mokrą i dla stanu aklimatyzowanego, %					
	I		II		II a	
	stan I	stan II	stan I	stan II	stan I	stan II
Siła zrywająca, cN	- 8,0	0,9	- 8,6	- 1,8	3,6	1,6
Współczynnik zmienności siły zrywającej, %	51,5	49,4	- 0,8	- 22	- 53,4	- 62,5
Wytrzymałość właściwa, cN /tex	- 8,5	0	- 9,2	- 2,3	3,3	1,7
Wydłużenie przy zerwaniu, %	- 9,4	- 9,4	- 19,1	- 14,3	6,5	- 20,7
Współczynnik zmienności wydłużenia, %	- 63,5	- 68,2	- 31,4	- 53,9	11,7	- 26,0

Tabela 5. Charakterystyka porównawcza wskaźników wytrzymałościowych przędz z kopoliestrowych włókien Biomixed po zastosowaniu preparacji mokrej w postaci 0,5% roztworu gliceryny i bez preparacji dla stanu aklimatyzowanego

Wskaźnik	Różnice pomiędzy wartościami parametrów wytrzymałościowych przędz z preparacją mokrą i dla stanu aklimatyzowanego, %					
	I		II		II a	
	stan I	stan II	stan I	stan II	stan I	stan II
Siła zrywająca, cN	0,8	3,6	3,4	2,9	6,3	- 4,1
Współczynnik zmienności siły zrywającej, %	- 13,2	- 16,4	- 28,3	- 26,1	- 66,6	51,2
Wytrzymałość właściwa, cN /tex	0,8	3,3	3,0	3,0	6,4	- 4,2
Wydłużenie przy zerwaniu, %	- 12,5	- 6,3	- 4,8	- 4,8	- 17,3	- 20,7
Współczynnik zmienności wydłużenia, %	- 17,0	- 44,6	- 38,8	38,5	- 34,6	- 27,5

środka w preparacji mokrej jak i od własności strukturalnych porównywanych wariantów przędz.

Badania wykazały niekorzystny wpływ zastosowania preparacji mokrej z roztworu glikolu etylenowego na wytrzymałość dla niektórych wariantów przędz. Zastosowanie określonych preparacji mokrych nie wpłynęło w istotny sposób na poprawę własności wytrzymałościowych ocenianych przędz w zakresie wskaźników wytrzymałości na zerwanie i wytrzymałości właściwej. Wyniki analizy porównawczej przędz wykazały natomiast korzystny wpływ zastosowania preparacji mokrych na równomierność cech wytrzymałościowych przędz, co stanowiło istotny wniosek w realizacji dalszych prac badawczych nad modyfikacją parametrów jakościowych przędz z polimerów alifatycznych.

Charakterystyka dalszych prac w zakresie oceny jakościowej procesu przędzenia oraz wyniki prób doświadczalnych procesu wytwarzania materiałów dziewiarskich stanowiąc będą przedmiot dalszych publikacji.

Niniejsza praca przedstawia wyniki badań uzyskanych w ramach projektu EUREKA pt: „Biore-sorbowalne wyroby tekstylne z biodegradowalnych blend poliestrowych”.

Literatura

1. Projekt Międzynarodowy UE Inicjatywa Eureka E! 3420 BIOTEXTIL: Biore-sorbowalne wyroby tekstylne z biodegradowalnych blend poliestrowych. Instytut Włókiennictwa (d. ITTD „Tricotextil). 2005-2007.
2. M. Adwent, M. Cieślík, D. Sabat: Roczna ocena in vivo wszczepów wykonanych z kopolimeru laktyd/glikolid. Inżynieria Biomateriałów. 61 (2007), s. 9-12.
3. M. Cieślík, D. Sabat, A. Cieślík-Bielecka: Ocena porównawcza właściwości biologicznie czystego i wzmocnionego włóknami węglowymi kopolimeru P (LLA/GLA) po wszczepieniu do żuchwy i tkanek

- miękkich królików. *Inżynieria Biomateriałów*. 58-60 (2006), s. 54-57.
4. M. Cieślik, A. Cieślik-Bielecka, M. Adwent: Porównanie właściwości biologicznych czystego i napełnionego 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 Błaszczyk

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 ergonomiczności 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 rozdierania -wzdłuż -wszerz	N	nie rozdziera się nie rozdziera 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 rozdieranie. 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 rozdzielania -wzdłuż -wszerz	daN	nie rozdziela 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 $436^{\pm 10}$ 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 $420^{\pm 15}$ 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

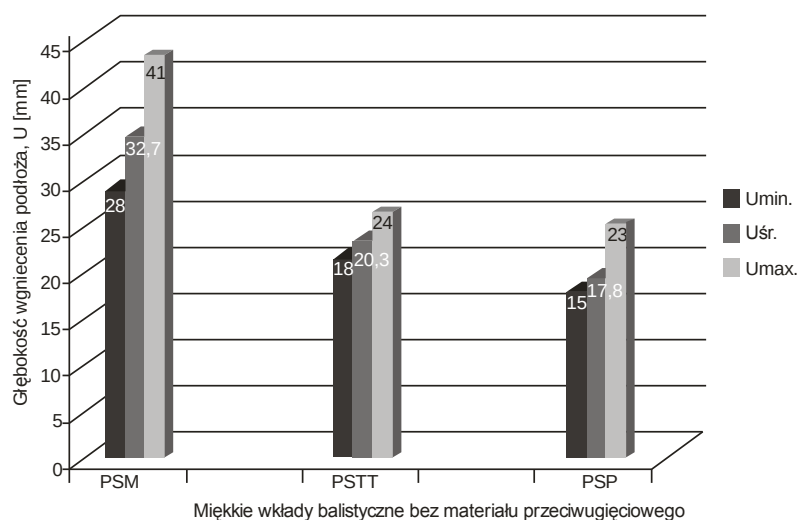
Parabellum FMJ z rdzeniem ołowianym o masie 8,2 g z III A klasy ochrony wg NIJ 0101.04 i o prędkości uderzenia $436^{\pm 10}$ m/s, metodyka badań wg PBB-01:1996.

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 $436^{\pm 10}$ m/s, metodyka badań wg PBB-01:1996.

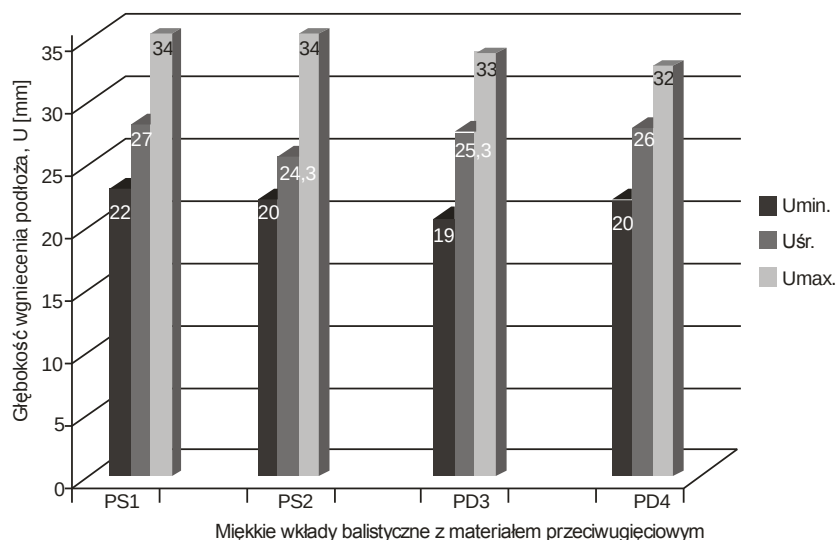
Wkłady balistyczne dodatkowe, tj.: elastyczne płyty ceramiczno-kompozytowe (rys. 3.) badano następującymi rodzajami pocisków:

– 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 $710^{\pm 20}$ m/s, metodyka badań wg PBB-02:1996,

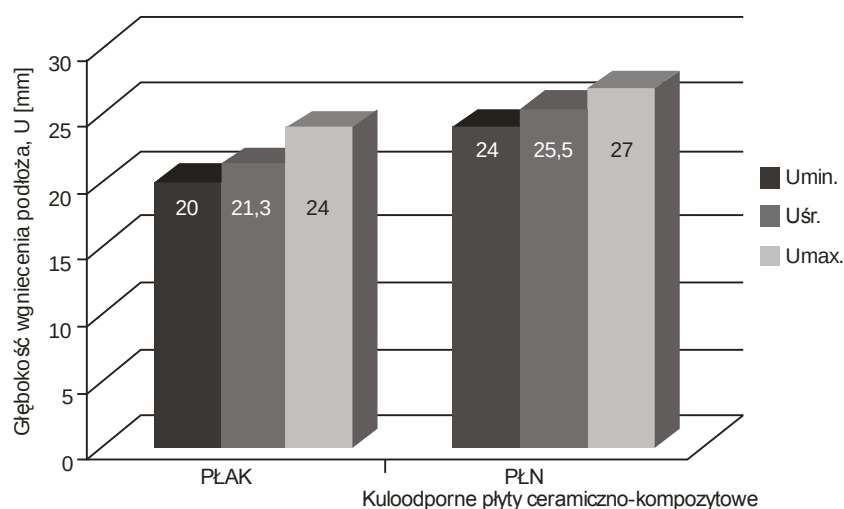
– płytę PŁN – 7,62x51 mm pociskami NATO o masie 9,6 g z III klasy ochrony wg NIJ 0101.04 i o prędkości uderzenia $847^{\pm 10}$ m/s, metodyka badań wg PBB-02:1996.



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 przeciwwugięciowym: 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 przeciwwugięciowego. Pociskiem, który szczególnie powoduje duże wartości odształceń podłoża badawczego jest 0,44 cal. pocisk Magnum JHP z III A klasy ochrony wg

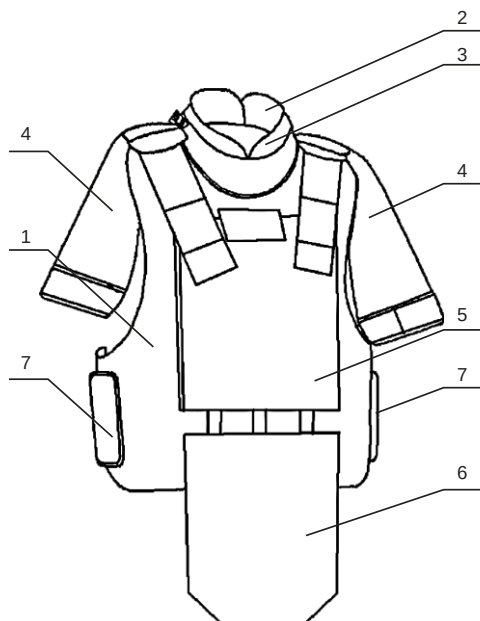
NIJ 0101.04 i to ze względu na ten pocisk wkłady zostały doposażone w materiał przeciwwugięciowy.

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).

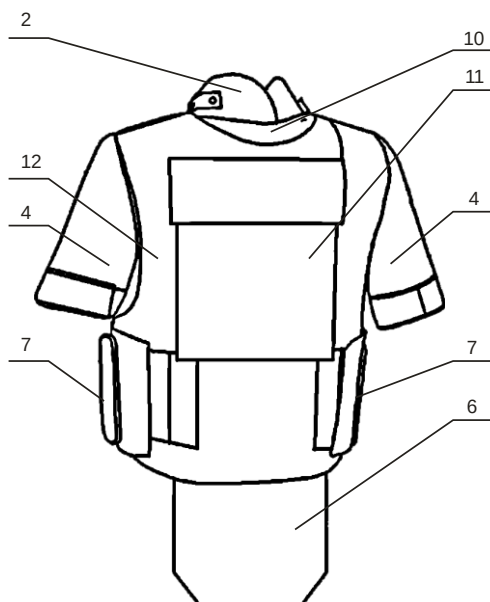
3. Budowa kuloodpornej kamizelki typu modułowego

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-kieszeń części przedniej, w której jest umieszczona płyta kuloodporna, 6-osłona podbrzusza, 7-kieszeń, 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-kieszeń, w której jest umieszczona płyta kuloodporna boczna, 10-osłona karku, 11-kieszeń 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.

Tabela 1. Wzory chemiczne i niektóre parametry trzech najważniejszych warstwowych glinokrzemianów [1]

2:1 Silikaty warstwowe	Wzór chemiczny	CEC (meq/100g)	Długość cząsteczki [nm]
Montmorylonit	$M_x(Al_{4-2}Mg_2)Si_8O_{20}(OH)_4$	110	100-150
Hektorit	$M_x(Mg_{6-2}Li_2)Si_8O_{20}(OH)_4$	120	200-300
Saponit	$M_xMg_6(Si_{8-2}Al_2)Si_8O_{20}(OH)_4$	86,6	50-60

M – kation jednowartościowy, x – stopień podstawienia izomorficznego (od 0,5 do 1,3);

CEC – współczynnik wymiany jonów

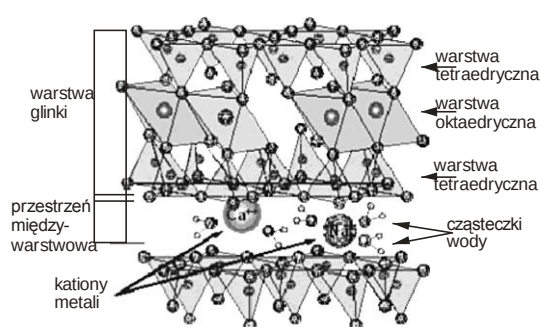
W niniejszym artykule przedstawiono zagadnienia związane z powszechnie stosowanym nanododatkiem, jakim jest montmorylonit oraz nanokompozytami z jego udziałem.

Montmorylonit (MMT) jest to kopalina pochodzenia wulkanicznego, której płytkowa struktura składa się z trzech wzajemnie połączonych warstw (2:1), tj. dwóch warstw zewnętrznych zbudowanych z tetraedrycznych kryształów ditlenku krzemu oraz warstwy wewnętrznej utworzonej z oktaedrycznych kryształów tlenku magnezowego lub tlenku glinowego. Pomiędzy warstwami znajdują się kationy metali – głównie sodu, wapnia lub potasu [2-4].

Strukturę krystalograficzną montmorylonitu przedstawiono na rys. 1.

W literaturze, przedstawiony na rysunku 1 układ trójwarstwowy (2:1) stanowiący płytkę MMT nazywany jest także warstwą glinki, a przestrzeń pomiędzy nimi przestrzenią międzywarstwową.

Tak zbudowany MMT jest hydrofilowy, co ogranicza jego powinowactwo z większością stosowanych polimerów. Dlatego też konieczna jest jego hydrofobizacja.



Rys. 1. Struktura krystalograficzna montmorylonitu [7]

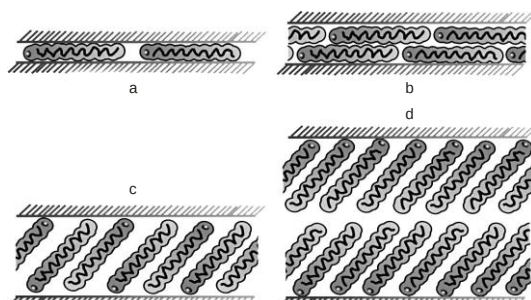
Znanych jest obecnie szereg metod modyfikacji (hydrofobizacji) glinokrzemianów [5,6], z których najczęściej stosowana jest metoda polegająca na wprowadzeniu w miejsce kationów sodu różnego rodzaju kationów organicznych, pochodzących od alifatycznych aminokwasów i alkilowych soli amoniowych o możliwie długim łańcuchu alifatycznym. Mechanizm działania aminokwasów polega na tym, iż w kwaśnym środowisku następuje przeniesienie protonu z grupy -COOH aminokwasu do jego grupy -

NH₂. Na skutek tego następuje proces wymiany kationowej pomiędzy grupą (-NH₃⁺) aminokwasu a kationem Na⁺ i K⁺ montmorylonitu, podobnie działają kationy amoniowe.

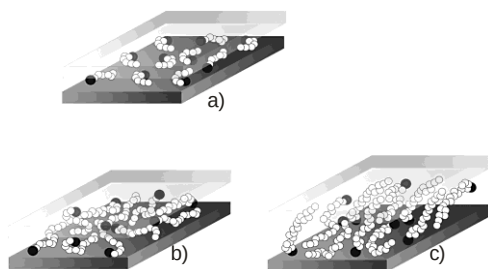
W wyniku opisanego procesu następuje zmiana właściwości powierzchniowych MMT z hydrofilowych na organofilowe. Wnikanie kationów organicznych pomiędzy warstwy MMT powoduje zwiększenie odległości międzywarstwowych umożliwiające wnikanie tam również innych związków organicznych, np. monomerów lub polimerów [1].

Efektem tej wymiany jest powiększenie się przestrzeni międzywarstwowej z 0,3 nm do ok. 2,6 nm, co z kolei powoduje zmniejszenie energii napięcia powierzchniowego, poprawę zwilżalności, a tym samym ułatwiona jest dyspersja płytek montmorylonitu w polimerze [1]. Na odległości między płytkami modyfikowanego montmorylonitu i na umieszczenie podstawionych jonów wpływa głównie wartość współczynnika wymiany jonów, oraz temperatura i czas trwania modyfikacji [1]. Stwierdzono także, iż wielkość rozsunęcia warstw (w danym zakresie temperatur zależnym od rodzaju modyfikacji MMT) zależy również od długości łańcucha wprowadzanego surfaktanta (środku powierzchniowo czynnego). Wprowadzając surfaktant pomiędzy warstwy krzemianu należy uwzględnić negatywny ładunek powierzchni krzemianu, który rzuca na sposób jego przyłączenia. Tzw. „głowa” surfaktantu (np. grupa alkilamoniowa) umiejscawia się przy powierzchni krzemianu, a tym samym pozostawia organiczny „ogon” odchodzący od powierzchni. Przeprowadzone badania przy użyciu szerokokątowej dyfrakcji promieni rentgenowskich (WAXS) wykazały, iż w przypadku łańcuchów alkilowych, mogą one leżeć równolegle w stosunku do warstw silikatowych tworząc mono- lub biwarstwy, albo mogą być usytuowane pod kątem do warstw silikatowych, tworząc w ten sposób ugrupowania mono- lub bimolekularne (rys. 2) [8].

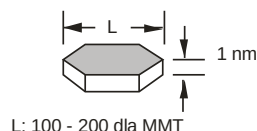
Ten rodzaj struktury został podważony przez Vaia na podstawie badań spektroskopii absorpcyjnej w podczerwieni [9]. Udowodnił on, że łańcuchy alkilowe mogą wykazywać różne ułożenie w zależności od gęstości przestrzeni międzywarstwowej lub długości łańcucha (rys. 3) [9].



Rys. 2. Rodzaje ułożeń surfaktantu: a) monowarstwowe, b) biwarstwowe, c) radialne monomolekularne ugrupowanie, d) radialne bimolekularne ugrupowanie [8]



Rysunek 3. Modele agregacji łańcuchów alkilowych: a) krótkie łańcuchy; b) średnie łańcuchy; c) długie łańcuchy [9]



struktura interkalowana



struktura interkalacyjno-flokulowana



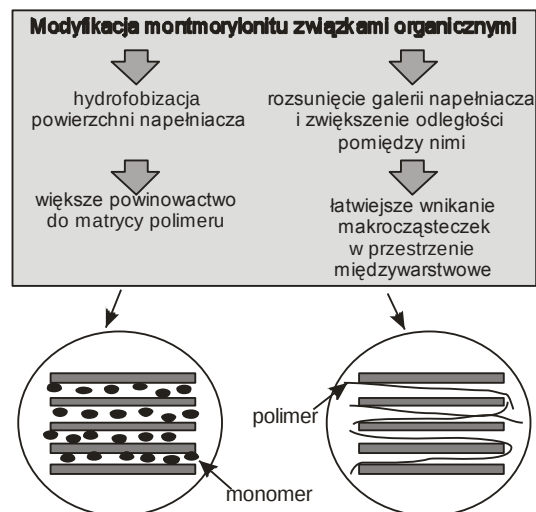
struktura interkalacyjno-eksfoliowana

Rysunek 5. Struktury nanokompozytu z udziałem MMT [1]

Struktury uzyskane po wprowadzeniu montmorillonitu do matrycy polimerowej mogą być różnorodne pod względem uporządkowania warstw minerału w nanokompozycie. Są one zależne od rodzaju polimeru użytego do otrzymania nanokompozytu, a przede wszystkim od jego charakteru (polarny, czy niepolarny) oraz od właściwości MMT, właściwości związku użytego do modyfikacji MMT i długości jego łańcuchów. Generalnie struktury nanokompozytu z udziałem MMT można podzielić na (rys. 5):

- nanokompozyty interkalowane, w których przenikanie makrocząstek w strukturę warstwową glinokrzemianu zachodzi w sposób regularny niezależnie od stosunku silikatu do matrycy polimerowej. Przestrzenie międzywarstwowe tego rodzaju nanokompozytów składają się z kilku molekularnych warstw polimeru,

Otrzymywanie nanokompozytów polimerowych zawierających krzemiany warstwowe można przedstawić następująco:



Rys. 4. Schemat otrzymywania nanokompozytów polimerowych

- nanokompozyty flokulowane mają budowę podobną do interkalowanych z tym, iż warstwy MMT ulegają flokulacji na skutek oddziaływań hydroksylowanych końców warstw glinokrzemianu,

- nanokompozyty eksfoliowane, w których poszczególne warstwy silikatu są oddzielone od siebie o pewną odległość, uzależnioną od ładunku glinokrzemianu.

Polimery, do których wprowadzono MMT w celu polepszenia niektórych ich właściwości, bądź nawet nadania kompozytom nowych cech, są opisane w literaturze bardzo szeroko i dotyczą zarówno polimerów termoplastycznych, jak i termoutwardzalnych [10].

Do wytwarzania nanokompozytów polimerowych stosowane są najczęściej takie polimery termoplastyczne jak poliolefiny, poliamidy (głównie PA6) i polistyren. Przy małej zawartości nanona-

pełniacza osiąga się znacznie lepsze właściwości niż w konwencjonalnych kompozytach, gdzie cząstki napelniacza są rozproszone w matrycy polimerowej. Przykład stanowią dwufazowe kompozyty typu PA6/MMT, charakteryzujące się znacznym wzrostem modułu sprężystości i zwiększoną wartością naprężenia zrywającego [10].

Ponadto stosowany glinokrzemian warstwowy podczas kontaktu z płomieniem nie powoduje wzrostu wytwarzanych ilości tlenku węgla i dymu. W wyniku spalania tworzywa na powierzchni palącego się nanokompozytu tworzy się warstewka zwęgliny, która odcina dostęp tlenu do matrycy polimerowej. Zmniejsza się tym samym palność tworzywa oraz wzrasta odporność termiczna [10].

Jako tworzywa termoutwardzalne do wytwarzania nanokompozytów z udziałem montmorylonitu, stosuje się najczęściej żywice epoksydowe, poliuretany, polisiloksany i nienasycone żywice poliestrowe. Wprowadzenie niewielkich ilości napelniacza polepsza szereg właściwości tworzywa, takich jak: wytrzymałość na rozerwanie, wytrzymałość na ściskanie, współczynnik rozszerzalności cieplnej, czy odporność chemiczna [10].

Metody otrzymywania nanokompozytów polimerowych z udziałem MMT

Znane są trzy podstawowe metody otrzymywania nanokompozytów polimerowych:

1. Metoda polimeryzacji *in situ*.

Jest to metoda najstarsza i po raz pierwszy została zastosowana na początku lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku do wytworzenia nanokompozytu PA 6 z montmorylonitem. Obecnie jest stosowana głównie do wytwarzania nanokompozytów polimerów termoutwardzalnych, chociaż metodą tą wytwarzane są także nanokompozyty z takich polimerów jak poli(tereftalan etyleny), polistyren oraz polimetakrylan metylu.

Metoda polimeryzacji *in situ* obejmuje dwa etapy. Pierwszy etap polega na wnikanii ciekłego monomeru między płytki MMT, co wymaga określonego czasu, zależnego od polarności monomerów, właściwości powierzchniowych MMT oraz temperatury procesu. Drugi etap tej metody obejmuje proces polimeryzacji zachodzącej również między płytkami glinokrzemianu warstwowego.

2. Metoda rozpuszczalnikowa.

Metoda ta składa się z trzech głównych etapów. Etap pierwszy polega na przygotowaniu zawiesiny modyfikowanego powierzchniowo MMT w polarnym rozpuszczalniku. Rozpuszczalnik ten wnika między płytki MMT i oddziałując na jony modyfikatora powoduje zwiększenie odległości międzywarstwowych. W drugim etapie polimer

zostaje rozpuszczony w tym samym rozpuszczalniku, a otrzymany roztwór miesza się z przygotowaną we wcześniejszym etapie zawiesiną tak, aby roztwór wypełnił przestrzenie między płytkami glinokrzemianu. W etapie trzecim następuje odparowanie rozpuszczalnika i suszenie otrzymanego nanokompozytu. Tą metodą wytwarzane są nanokompozyty z takich polimerów termoplastycznych, jak np. polietylen o dużej gęstości czy poliamid.

3. Otrzymywanie nanokompozytów ze stopionego polimeru.

Metoda ta posiada szereg zalet w porównaniu z poprzednio opisanymi, ponieważ w układzie nie występuje rozpuszczalnik, którego cząsteczki mogą w pewnym sensie „konkurować” z cząsteczkami polimeru w procesie penetracji do przestrzeni międzywarstwowych MMT. Ogólnie metoda ta polega na zmieszaniu organicznie zmodyfikowanego silikatu warstwowego z polimerem i ogrzewaniu tak przygotowanej mieszaniny powyżej temperatury topnienia polimeru. Łańcuchy polimeru dyfundują wtedy do przestrzeni pomiędzy warstwami silikatowymi. Zależnie od stopnia penetracji można osiągnąć nawet strukturę eksfoliowaną. Przebieg procesu interkalacji zależy od czynników termodynamicznych oraz od charakteru grup, jakie występują w polimerach. Polimery posiadające grupy polarne zdolne do oddziaływań asocjacyjnych z takimi związkami jak kwasy Lewisa, zasady, lub związkami posiadającymi wiązania wodorowe są podatne do interkalacji [11].

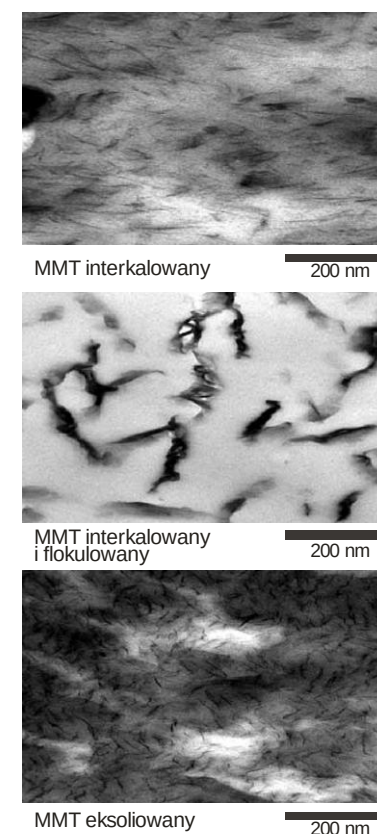
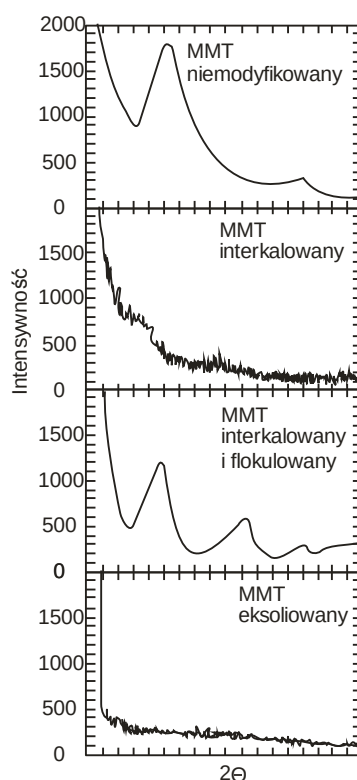
Im większa jest polarność albo hydrofilowość polimeru tym odpowiednio krótsze powinny być grupy funkcyjne w organicznie zmodyfikowanym warstwowym silikacie, w celu zminimalizowania niekorzystnego oddziaływania pomiędzy alifatycznymi łańcuchami a polimerem.

Zastosowanie opisywanej metody ograniczone jest oczywiście tylko do polimerów, które topią się bez rozkładu np. poliamidy, politereftalan etylenowy, politlenek etyleny i inne. W większości przypadków do uzyskania nanokompozytu metodą ze stopu, nie wystarcza zwykle zmieszanie zmodyfikowanego silikatu warstwowego ze stopem polimerowym. Zazwyczaj wymagane jest ponad to długotrwałe mieszanie w podwyższonej temperaturze oraz ekstruderowe wytłaczanie.

Metody oceny nanokompozytów

Głównymi metodami stosowanymi do charakterystyki nanokompozytów są: szerokąątowa dyfrakcja promieni rentgenowskich (WAXS) oraz małąkątowe rozpraszanie promieni rentgenowskich (SAXS). Często jako uzupełniającą metodę badania struktury nanokompozytów stosuje się transmisyjną mikroskopię elektronową (TEM) [12].

Metoda (WAXS) pozwala na podstawie pozycji, kształtu i intensywności uzyskanych refleksów rentgenowskich, rozproszonych na warstwach silikatowych określić czy struktura nanokompozytu jest interkalowana czy eksfoliowana. Metoda ta umożliwia ona również określenie struktury przestrzennej warstw silikatowych oraz odległości między nimi, zarówno w wyjściowym silikacie jak i w nanokompozycie w zakresie odległości od 1 do 4 nm. Uzupełnieniem tych badań są obrazy (TEM), które pozwalają na poznanie struktury wewnętrznej i przestrzennego rozproszenia różnych faz, oraz stwierdzenie występowania defektów strukturalnych. Transmisyjna mikroskopia elektronowa ułatwia obserwację i rejestrowanie struktury nanokompozytu z rozdzielczością do 0,2 nm. Dzięki temu możliwa jest analiza rozkładu pojedynczych płytek MMT w matrycy polimerowej. Na rysunku 6 pokazano przykładowo dyfraktogramy i odpowiadające im obrazy (TEM) dla trzech podstawowych rodzajów nanokompozytów z udziałem MMT.



Rys. 6. Przykłady dyfraktogramów i obrazów TEM trzech rodzajów nanokompozytów [1]

Właściwości nanokompozytów zawierających MMT

Istotą nanotechnologii jest pogłębienie określonych cech tworzywa polimerowego lub nadanie mu nowych właściwości w wyniku wprowadzenia do matrycy polimerowej znikomo małych ilości (poniżej

Badania metodą WAXS mogą być uzupełnione o badanie małokątowego rozproszenia promieni X (SAXS) [13]. Połączenie techniki pomiarowej WAXS z SAXS pozwala na określenie trójwymiarowej organizacji elementów organicznych i nieorganicznych struktury nanokompozytów. Interpretacja wyników jest jednak dość trudna i wymaga zaawansowanej analizy matematycznej. Połączenie obu metod daje kompletny obraz struktury wewnętrznej nanokompozytu, bowiem metoda SAXS jest dokładniejsza od WAXS w zakresie niskich kątów 2θ .

Ostatnio w literaturze pojawiły się informacje o zastosowaniu jądrowego rezonansu magnetycznego (NMR) (^1H i ^{13}C) do badania nanokompozytu, szczególnie typu eksfoliowanego [11].

W celu pełnej charakterystyki nanokompozytu polimerowego należy także wykonać badania analizy termicznej. Metoda ta stosowana jest dla potwierdzenia poprawy odporności termicznej nanokompozytów w porównaniu z polimerami niezawierającymi nanododatku.

5% wag.) wybranego nanododatku. W literaturze szeroko przedstawione są badania właściwości nanokompozytów polimerowych zawierających MMT. Autorzy tych prac dowodzą, iż niewielka ilość glinokrzemianu warstwowego wprowadzona do polimeru powoduje wzrost modułu i właściwości wytrzymałościowych, poprawę odporności

termicznej, zmniejszenie przepuszczalności gazów, zmniejszenie zapalności. Stwierdzili także, iż poprawie uległa biodegradowalność nanokompozytów uzyskanych na bazie biodegradowalnych polimerów [1].

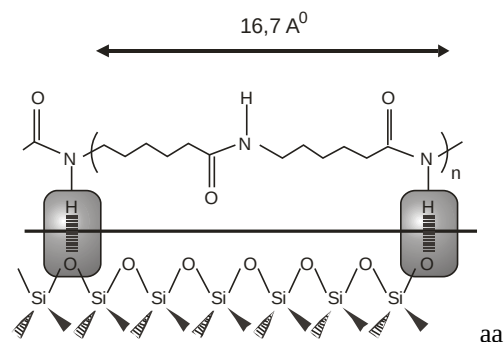
Ze względu na fakt, iż przerób nanokompozytów na określone produkty następuje bardzo często w stanie stopionym, dlatego w tym przypadku ważną rolę odgrywają właściwości reologiczne stopionych nanokompozytów. Są one istotne nie tylko ze względu na przerobowość nanokompozytów, ale także z punktu widzenia możliwości przewidywania zależności struktura-właściwości tych materiałów.

Właściwości reologiczne stopionych nanokompozytów.

Właściwości reologiczne stopionych nanokompozytów zależą od szeregu czynników. Fornes i współpracownicy [14] badali właściwości reologiczne nanokompozytów z PA6 o różnej masie cząsteczkowej. Stwierdzono, iż badane nanokompozyty o dużej masie cząsteczkowej wykazują silny nienewtonowski charakter płynu. Wraz z obniżaniem masy cząsteczkowej PA6 obserwowano zbliżenie się charakteru płynów do czystego polimeru (niezawierającego MMT). Różnice przypisywane są różnemu stopniowi eksfoliacji warstw MMT w matrycach o różnej masie cząsteczkowej.

Właściwości wytrzymałościowe nanokompozytów.

Badania nanokompozytów uzyskanych z użyciem warstwowych glinokrzemianów wykazały, iż ich moduł Younga znacznie wzrasta w porównaniu z modułem Younga polimeru niezawierającego nanododatku. W przypadku nanokompozytu PA6 otrzymanego w czasie polimeryzacji ϵ -kaprolaktamu [15] stwierdzono znaczny wzrost właściwości wytrzymałościowych przy niższej zawartości MMT, co tłumaczy się powstawaniem struktury eksfoliowanej powodującej silne oddziaływanie pomiędzy matrycą polimerową i warstwami glinokrzemianu. W przypadku PA6/MMT jest to związane z powstawaniem wiązań drugorzędowych pomiędzy wodorem grupy amidowej, a atomem tlenu pochodzącego od MMT (rys. 7). Wydłużenie przy zrywaniu nanokompozytów zależy w podobny sposób jak wartość wytrzymałości od ilości wprowadzonego nanododatku. Ogólnie można powiedzieć, iż wyraźne zmiany wytrzymałości i modułu występują nie tylko w przypadku nanokompozytów poliamidowych, ale również i innych np. polipropylenowych [16] w zakresie ilości MMT w granicach do 3-5% wag. Po przekroczeniu tych wartości nie obserwuje się już dalszego wzrostu wytrzymałości.



Rys. 7. Schemat powstawania wiązań wodorowych pomiędzy MMT i PA6 [1]

Właściwości termiczne nanokompozytów.

Właściwości termiczne polimerów charakteryzowane są na ogół za pomocą dwóch wskaźników tj. temperatury ugięcia termicznego (HDT – Heat Deflection Temperature) oraz stabilności termicznej.

Temperatura ugięcia termicznego (HDT) (nazywana także temperaturą ugięcia pod obciążeniem lub temperaturą odkształcenia) jest temperaturą, w której tworzywo ugnie się o 0.01” pod ciśnieniem 66 psi (66 pounds per square inch = 455053, 981 pascali). Testy HDT wykonywane są wg następujących norm: ISO 75, ASTM D 648, ASTM D 5941, DIN 53461, BSI 2782, UNE 53075, UNE 56 41. Jednak większość badań prezentujących wpływ zawartości MMT na wartość HDT opiera się na teście ASTM D 648. i tak np. Kojima i współpracownicy w pracy [15] wykazali, iż w przypadku nanokompozytu PA6/MMT temperatura ugięcia termicznego wyjściowego PA6 wzrasta od 65 C do 152 C w przypadku nanokompozytu o zawartości 4,7% MMT. Powyżej tej zawartości MMT nie obserwuje się dalszych zmian temperatury HDT.

Wzrost temperatury ugięcia termicznego zaobserwowano również w przypadku innych nanokompozytów np. polipropylenowych i polilaktydowych [16, 17].

Stabilność termiczną polimerów oznacza się zwykle za pomocą analizy termogravimetrycznej (TGA). Generalnie nanokompozyty wykazują wyższą stabilność termiczną od odpowiednich polimerów, ponieważ warstwy glinokrzemianu rozproszone w matrycy polimerowej tworzą swego rodzaju barierę dla wydzielających się gazowych produktów rozkładu polimerów. Blumstein [17] wykazał, iż takie nanokompozyty jak polimetakrylan metylu (PMMA/MMT) „wytrzymały” działanie temperatury, w której sam PMMA ulegał całkowitej degradacji termicznej. Temperatura rozkładu tworzywa nanokompozytu była wyższa o 40 ÷ 50 C od temperatury rozkładu samego PMMA. Takie zachowanie autor tłumaczy ograniczeniem „ruchliwości” łańcuchów PMMA znajdu-

jących się w przestrzeniach międzywarstwowych MMT.

Podobne zjawisko występuje również w przypadku nanokompozytów polistyrenowych [18]. Temperatura rozkładu tych nanokompozytów jest ok. 50 C wyższa, niż temperatura rozkładu samego polistyrenu. Nawet w przypadku polimerów, które z natury wykazują wysoką stabilność termiczną takich jak, np. polisulfony, uzyskane z nich nanokompozyty charakteryzują się jeszcze wyższą temperaturą rozkładu [19]. Dla samego polisulfonu wynosi ona 494 C, a dla nanokompozytu o zawartości MMT w ilości 1% i 5% wzrasta odpowiednio do 498 C i 513 C.

Palność nanokompozytów.

Z wprowadzeniem MMT do matrycy polimerowej związane jest uzyskanie zmniejszonej palności otrzymanych nanokompozytów. W nanokompozytach hamujące wpływ MMT na proces palenia stwierdzono najpierw w przypadku nanokompozytów poliamidowych [20]. Następnie stwierdzono podobne zjawisko w przypadku innych nanokompozytów. Obszerne badania poświęcił tym zjawiskom Gilman [21-23], który wykazał, iż w przypadku nanokompozytów PA6, PP, PP/MA maksymalna ilość wydzielonego ciepła oznaczona przy pomocy kalorymetru „Conc” jest od 50% do 75% mniejsza w porównaniu do wyników uzyskanych dla odpowiedniego polimeru bez nanododatku. We wszystkich przypadkach badane nanokompozyty oparte były na MMT. Zgodnie z poglądami Gilmana podstawowym warunkiem

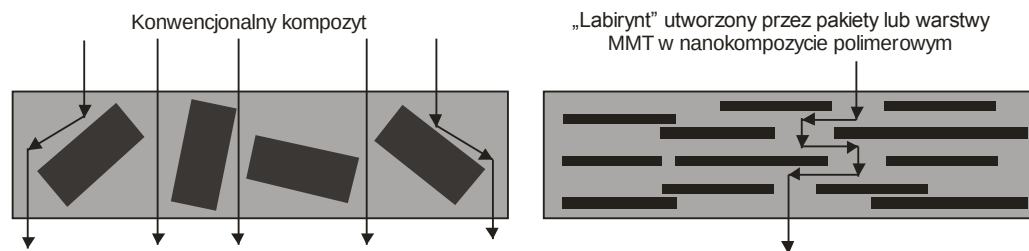
zmniejszenia palności jest to, aby MMT był zdyspergowany na poziomie nano, nie musi być jednak całkowicie zdelaminowany.

Zakłada się, iż mechanizm działania tłumiącego palenie nanokompozytów polega na powstawaniu na powierzchni płytek MMT zwęglonej warstwy polimeru, która stanowi barierę zmniejszającą szybkość ubytku masy rozkładającego się tworzywa.

Zhu i współpracownicy [24] badali palność nanokompozytów polistyrenowych zawierających różnie modyfikowany MMT. Wykazali, że struktura interkalowana nanokompozytu powoduje niewielkie zmniejszenie szybkości wydzielania ciepła w porównaniu ze strukturą eksfoliowaną. Zmniejszenie szybkości wydzielania ciepła odpowiada zmniejszeniu ubytku masy próbki i ilości wydzielonej energii cieplnej. Wytworzona bariera zwęglonego polimeru powoduje zatrzymywanie rozprzestrzeniania się płomienia, dzięki czemu ilość wydzielonej energii i ubytek masy są mniejsze. Zmniejszeniu ulega także ilość wydzielającego się dymu w czasie palenia się nanokompozytów.

Przepuszczalność gazów przez nanokompozyty.

Nanokompozyty zawierające MMT wykazują znaczne zmniejszenie przepuszczalności gazów w porównaniu z odpowiednimi polimerami. Jest to związane z tym, iż pakiety, bądź warstwy MMT rozproszone w matrycy polimerowej tworzą „labirynty” lub tzw. „kręte ścieżki”, które utrudniają migrację cząsteczek gazów w głąb matrycy polimerowej (rys. 8).



Rys. 8. Powstawanie labiryntu w nanokompozytach z udziałem MMT [1]

Zjawisko to zauważono najpierw w przypadku nanokompozytów poliimidowych [25, 26]. Przy 2% zawartości MMT współczynnik przenikania pary wodnej zmniejsza się dziesięciokrotnie w stosunku do wyjściowego poliimidu. Przenikalność gazów maleje wraz ze wzrostem ilości glinokrzemianu w nanokompozycie, a dla nanokompozytu polilaktydowego prawidłowość tę badano w zakresie do 10% MMT [27]

Wszystkie wspomniane badania i rozważania odnoszą się oczywiście do takiego przypadku gdy kierunek przenikania gazów jest prostopadły do powierzchni warstw glinokrzemianu.

Inne właściwości nanokompozytów polimerowych

Spośród innych właściwości nanokompozytów polimerowych przede wszystkim należy wymienić zwiększenie ich biodegradalności. Warunkiem koniecznym w takim przypadku jest, aby czysty polimer ulegał temu procesowi. Potwierdzone to zostało np. dla nanokompozytów opartych na polikaprolaktonie [28]. Zwiększenie biodegradalności nanokompozytów tłumaczone jest katalitycznym działaniem stosowanych do ich otrzymania glinokrzemianów warstwowych.

Podsumowanie

Zastosowanie nanokompozytów.

Bardzo obszerna literatura na temat nanokompozytów dotyczy głównie sposobu ich otrzymywania, struktury oraz kształtowania się właściwości w porównaniu do właściwości konwencjonalnych nanokompozytów.

Relatywnie niska zawartość glinokrzemianu (3–5% wag.) stosowana, w nanokompozytach w porównaniu z ilością dodatków używanych w tradycyjnych kompozytach (30–90% wag.), pozwala na łatwe ich przetworstwo poprzez wytłaczanie, kalandrowanie czy wtrysk, podobnie jak polimerów niezawierających nanododatków. Ponadto niska zawartość nanododatków w nanokompozytach pozwala na uzyskiwanie transparentnych produktów.

Nanokompozyty polimer – krzemiany warstwowe są przyjazne dla środowiska w odróżnieniu od polimerów modyfikowanych przy udziale halogenów, fosforanów, czy związków aromatycznych. Jest to istotne z punktu widzenia wydzielania toksycznych produktów spalania, gdzie spalane tworzywa zawierające tradycyjne antypireny wydzielają znaczną ilość tlenku węgla i sadzy, czego nie obserwuje się w przypadku trudnopalnych nanokompozytów polimerowych z udziałem MMT. Również ważnym aspektem w tej dziedzinie jest szerokie zastosowanie nanokompozytów opartych na odpowiednich polimerach, jako materiałów opatrunkowych, które zużyte ulegają szybko biodegradacji [29, 30].

Z punktu widzenia praktycznego zastosowania nanokompozytów wspomina się o ich wykorzystaniu w przemyśle samochodowym [29]. Firmą, która jako jedna z pierwszych podjęła takie próby była General Motors.

W literaturze szeroko opisywane jest także przeznaczenie nanokompozytów zawierających glinokrzemiany, jako pianki polimerowe [31]. Stwierdzono, iż w zależności od układu nanokompozytu: polipropylen – silikat można otrzymać z pianki o różnej wielkości porów (pustych przestrzeni) i o różnym ich rozkładzie.

W ślad za przewidywanym spadkiem cen w ciągu kilku lat rynek nanokompozytów obejmie nie tylko wyroby grupy Hi-Tech, ale dotrze do wielu innych powszechnych zastosowań.

Literatura

1. Sinha Ray, M.Okamoto, *Prog. Polym. Sci.*, 28, 1539, 2003
2. L. Stoch, „*Materiały ilaste*“, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1974.
3. A. Bolewski, „*Mineralogia szczegółowa*“, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1975.
4. G.P. Giannelis, *Adv. Mater.* 8(1), 29, 1996 .
5. F. Bergaya, G. Lagaly, *Appl. Clay Sci.* 19, 1, 2001.
6. M.A. Nour, *Polimery* 47, 326, 2002.
7. <http://www.ima-eu.org/en> – „What is Bentonite?”
8. G.Lagaly, *Solid State Ionics* 22, 43, 1986.
9. R.A Vaia, R.K Teukolsky, E.P. Giannelis, *Chem Mater* 6, 1017, 1994.
10. M. Kacperski, *Polimery* 2, 83, 2003.
11. D. L.Vander Hart, A. Asano, J. W. Gilman; *Macromolecules* 34, 3819, 2001.
12. A. B. Morgan, J. W. Gilman; *J.Appl. Polym Sci.*, 87, 1329, 2003.
13. A. Bafina, i inni, *Polymer* 44, 1103, 2003.
14. T.D. Fornes, P.J. Yoon, H. Keskkula, D.R. Paul, *Polymer* 42, 9929, 2001.
15. Kojima i inni, *J. Mater.Res.*, 8, 1185, 1993.
16. X. Lin, Q. Wu, *Polymer* 42, 10013, 2001
17. A. Blumstein, *J. Polym. Sci, Part A*, 3, 2665, 1965.
18. J.Zhu i inni, *Chem. Mater* 13, 3774, 2001.
19. G.S. Sur i inni, *Polymer* 42, 9783, 2001
20. J.W. Gilman i inni, *SAMPE J.*, 33, 40, 1997.
21. J.W. Gilman i inni, *Appl. Clay Sci.*,15, 31,2000.
22. J.W. Gilman i inni, *Five Mater* 24, 201, 2000.
23. J.W. Gilman i inni, *Chem. Mater* 12, 1866, 2000.
24. J. Zhu , A.B. Morgan., F.J. Lamelas., C.A.Wilkie; *Chem. Mater.*, 13, 3774, 2001.
25. K.Yano, A.Usuki, M. Kawasumi, Y. Fukushima, A.Okada, T.Kurauchi, O.Kamigaito; *J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem.*, 31, 2493, 1993.
26. K.Yano, A.Usuki, A. Okada; *J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem.*; 35,2289, 1997. 27. Sinha Ray i inni; *Chem Mater* 15, 1456, 2003 .
28. J.A. Tetto, D.M. Steeves, E.A. Welsh, B.E. Powell, *ANTEC'99* 1628-32.
29. J.M. Garces i inni; *Adr Mater* 12,1835, 2000.
30. A.K. Mohairy i inni; *Polimer Mater Sci Eng*, 12, 1835, 2003.
31. Okamoto i inni; *Nano Left.*, 1,503, 2001.

Recykling polietylenowych materiałów o przeznaczeniu balistycznym – wstęp do badań

Grażyna Redlich, Krystyna Fortuniak

Instytut Technologii Bezpieczeństwa ITB „Moratex”, Łódź

Wstęp

Znaczący wzrost zapotrzebowania odbiorców specjalnych (policja, wojsko, oddziały paramilitarne) na nowoczesne i bezpieczne kamizelki kulo- i odłamkoodporne spowodował zwiększoną ich produkcję, a tym samym wpłynął na wzrost ilości odpadów miękkich balistycznych wyrobów włókienniczych. Odpady te można sklasyfikować jako [1]:

- pokonfekcyjne: powstające w procesie produkcji kamizelek, wynikające z dużego zróżnicowania zarówno kształtu jak i rozmiarów wyrobów finalnych,
- poużytkowe: występujące w postaci miękkich wkładów kamizelek ochronnych wycofywanych z użytkowania po okresie gwarancyjnym lub na skutek zniszczenia w trakcie stosowania.

Miękkie wkłady balistyczne stosowane w konstrukcji kamizelek ochronnych produkowane są z zastosowaniem wyrobów włókienniczych najnowszej generacji o specyficznych właściwościach, tj. tkanin paraaramidowych i polietylenowych wyrobów arkuszowych.

Problem zagospodarowania odpadów z tkanin paraaramidowych został już rozwiązany. Metodą recyklingu mechanicznego uzyskuje się z nich surowce wtórne wykorzystywane do produkcji np. włókien i tkanin filtracyjnych. Nie rozwiązaniem do tej pory zagadnieniem było przetworzenie multiwarstwowych odpadów z polietylenowego wyrobu arkuszowego.

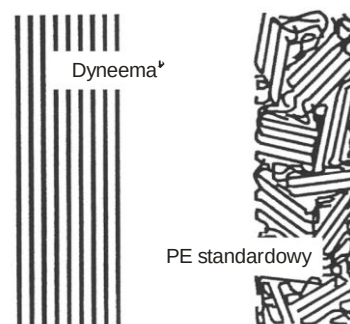
Polietylen „balistyczny” stosowany w konfekcjonowaniu miękkich wkładów kamizelek ochronnych jest oferowany przez jedyne europejskiego producenta – firmę DSM (High Performance Fibers BV) z Holandii.

W 1979 roku firma DSM wdrożyła do produkcji bardzo wytrzymałe włókno polietylenowe o nazwie handlowej Dyneema®. Jako surowiec wyjściowy do jego wytwarzania metodą przędzenia z żelu, zastosowano polietylen o bardzo dużej masie cząsteczkowej (PE-UHMW).

Linowy polietylen zazwyczaj ma masę cząsteczkową z przedziału 200 000-500 000, jej zwiększenie powyżej 1×10^6 wpływa na wyraźną zmianę właściwości polimeru. W porównaniu ze standardowymi odpowiednikami PE-UHMW (Ultra High Molecular

Weight PE) charakteryzuje się korzystniejszymi właściwościami fizyko-mechanicznymi i chemicznymi. Posiada znacznie lepszą odporność na ścieranie, pękanie i uderzenie. Jest mrozoodporny i obojętny fizjologicznie, ma antyadhezyjną powierzchnię i mały współczynnik tarcia. Zachowuje swoje korzystne właściwości w szerokim przedziale temperatur. Jednakże podczas ogrzewania nie płyje, co jest charakterystyczne dla termoplastów, lecz przechodzi w stan lepkosprężysty. Jest to przyczyną trudności na etapie jego przetworstwa, szczególnie dla produktów o masie cząsteczkowej przekraczającej wartość $3,5 \times 10^6$, [5] do których należą włókna Dyneema®.

Włókna te charakteryzują się orientacją równoległą łańcuchów polimeru (powyżej 95%) i wysokim poziomem krystaliczności (do 85%) (rys.1).



Rys. 1. Struktura włókna Dyneema® i standardowego PE [2]

Włókna Dyneema® wyróżniają się interesującą kombinacją właściwości. Ze względu na skład chemiczny i wysoce krystaliczną strukturę posiadają dużą odporność na działanie agresywnych związków chemicznych i środowiska zewnętrznego (UV).

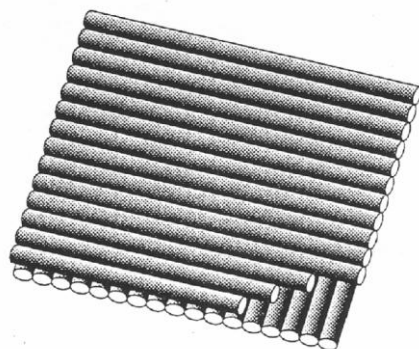
Charakteryzują się gęstością nieco mniejszą niż 1 kg/dm^3 . Przy poziomie parametru wytrzymałości na zerwanie około 15 razy większym niż wytrzymałość dobrej jakościowo stali posiadają niskie wydłużenie przy zerwaniu, co ma przełożenie na bardzo dużą energię potrzebną do ich zerwania. Bardzo duża prędkość rozchodzenia się dźwięku we włóknach Dyneema® pozwala im absorbować duże ilości energii, co w połączeniu z wcześniej przytoczonymi właściwościami determinuje ich przydatność w zastosowaniach balistycznych.

Włókna Dyneema® są wykorzystywane zarówno w typowych konstrukcjach tkackich, jak i w opracowanych specjalnie dla celów balistycznych materiałach nietkanych tj. arkuszach UD [2,3]. Arkusze UD to wyroby jednokierunkowe, zbudowane z dwóch warstw o orientacji 0°/90°, z których każda składa się z równolegle ułożonych włókien Dyneema®. Warstwy, zgodnie z danymi producenta, połączone są ze sobą za pomocą termoplastycznej matrycy [4] (rys.2).

Wytwarzane są dwa typy wyrobów Dyneema® UD [5]:

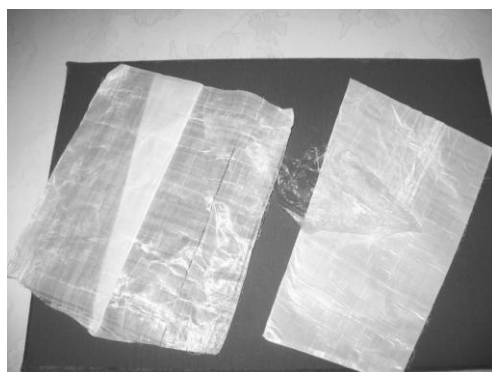
– UD-HB – do zastosowania w twardych ochronach balistycznych takich jak: hełmy, opancerzenia pojazdów oraz wkłady dodatkowe do kamizelek itp.,

– UD-SB – do zastosowania w miękkich ochronach balistycznych, głównie kamizelkach kuloodpornych.



Rys. 2. Struktura wyrobu arkuszowego Dyneema® UD [2, 3]

Z polietylenowych wyrobów arkuszowych UD-SB (Rys.3) konfekcjonowane są miękkie wielowarstwowe pakiety ochronne o liczbie warstw zależnej od zakładanego poziomu odporności balistycznej produktu finalnego tj. kamizelki. Ich podstawowe parametry fizyko-mechaniczne przedstawiono w tabeli 1.



Rys. 3. Polietylenowy wyrób arkuszowy Dyneema® UD-SB 21
Tabela 1. Wyniki badań laboratoryjnych parametrów fizyko-mechanicznych wyrobu Dyneema® UD - SB 21

L.p.	Wskaźniki	Wynik	Metodyka
------	-----------	-------	----------

		badania	
1	Masa powierzchniowa [g/m ²]	140 ± 7	PN-EN ISO 2286-2:1999
2	Grubość [mm]	0,18	PN-EN ISO 2286-3:2000
3	Siła zrywająca [daN] wzdłuż wszerz	638 588	PN-EN ISO 1421:2001
4	Wydłużenie przy zerwaniu [%] wzdłuż wszerz	14 13	
5	Wytrzymałość na rozdzielanie [N]	nie rozdziera się	PN-EN ISO 4674-1:2005

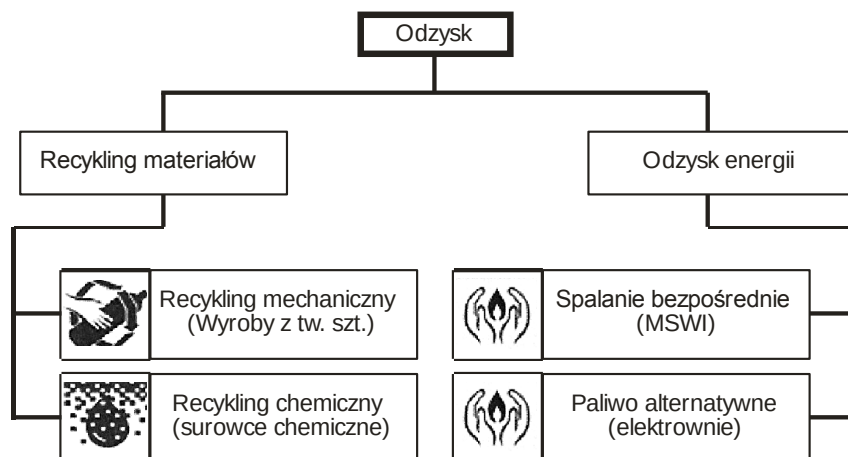
Wzrost zapotrzebowania na kamizelki ochronne, w tym wytwarzane z wielowarstwowych pakietów wyrobów arkuszowych Dyneema® UD-SB uzmysłowił producentom europejskim istnienie problemu związanego z zagospodarowaniem rosnącej ilości takich nietypowych odpadów. Ich nietypowość wynika przede wszystkim ze specyficznych cech samego wyrobu jakim jest Dyneema® UD-SB skumulowanych w multiwarstwowych strukturach przestrzennych o nieprzewidywalnym kształcie, grubości i spójności. Dlatego też na wstępie badań uznano za słuszne przeprowadzenie konsultacji zarówno z przedstawicielami europejskiego producenta polietylenowych wyrobów arkuszowych o przeznaczeniu balistycznym jak i z konfekcjonerami wyrobów ochronnych. Celem tych konsultacji było zapoznanie się ze sposobami zagospodarowania odpadów przedmiotowych wyrobów „funkcjonującymi” w tych przedsiębiorstwach. Okazało się, że firma DSM z Holandii stosuje bonifikaty cenowe na ten produkt, „przesuwając” tym samym ciężar odpowiedzialności za zagospodarowanie odpadów lub ich utylizację na konfekcjonerów kamizelek. Ci natomiast, nie mając do wyboru innych możliwości przekazują je na wysypiska śmieci.

Polietylen, zawierający makrocząsteczki zbudowane jedynie z atomów węgla i wodoru jest nie tylko obojętny fizjologicznie, lecz również czysty ekologicznie. Naturalna degradacja odpadów polietylenowych na składowiskach to wprawdzie najprostsza i najczęściej stosowana dotychczas metoda ich likwidacji, lecz najmniej ekonomiczna, a przy tym długotrwała oraz wymagająca dużych powierzchni [6]. Należy również mieć na uwadze fakt, że ze względu na konieczność wypełniania zaleceń i dyrektyw UE [7, 8, 9, 10, 11] w zakresie gospodarki odpadami takie rozwiązanie, dla odpadów polimerowych (w tym polietylenowych) stanie się w najbliższym czasie niedopuszczalne. Nadzieją na poprawę aktualnej sytuacji, coraz trudniej wpisującej się w pojęcie zrównoważonego rozwoju, jest wzrost

stopnia odzysku odpadów poprzez ich użyteczne zagospodarowanie. Działania takie powinny przynieść korzyści nie tylko ekologiczne, ale również ekonomiczne.

Istnieje wiele możliwości odzysku tworzyw sztucznych, w tym polietylenu. Schematycznie przedstawiono je na rys. 4 [12].

Recykling (*ang. recycling*) – w rozumieniu ustawy o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r. (art. 3 ust. 3 pkt. 14 Dz.U. Nr 62, poz. 628) – to taki odzysk, który polega na powtórным przetwarzaniu substancji lub materiałów zawartych w odpadach w procesie produkcyjnym w celu uzyskania substancji lub materiału o przeznaczeniu pierwotnym lub o innym przeznaczeniu, dotyczy to też recyklingu organicznego, z wyjątkiem odzysku energii.



Rys. 8. Możliwości odzysku tworzyw sztucznych

Wyróżnia się dwie główne metody recyklingu [13,14]:

1. recykling mechaniczny (materiałowy) jest ponownym przetworzeniem odpadów tworzyw sztucznych bez stosowania procesów chemicznych, z uzyskaniem materiału stanowiącego pełnowartościowy surowiec do dalszego przetwarzania,

2. recykling chemiczny (surowcowy) polega na degradacji makrocząsteczek we frakcje o mniejszej masie cząsteczkowej, np. metodą hydrolizy, alkoholizy, uwodornienia czy pirolizy, które mogą być ponownie użyte jako monomery lub surowce do wytwarzania innych lub takich samych produktów chemicznych.

Utylizacja odpadów polietylenowych o małej masie cząsteczkowej nie stwarza problemów. Mogą one być poddawane praktycznie wszystkim rodzajom destrukcji, w ich wyniku pozostawiają ostatecznie w środowisku jedynie dwutlenek węgla i wodę. Jednym z rodzajów utylizacji odpadów polietylenowych jest recykling chemiczny, który prowadzi do otrzymania użytecznych produktów chemicznych. Odpady polietylenowe można w sposób kontrolowany degradować do oligomerów, które znajdują częste zastosowanie, m.in. jako dodatki smarowe do olejów silnikowych. Ponadto, w procesach termicznego rozkładu, takich jak: zgazowanie, koksowanie, piroliza czy hydrokraking; z odpadów tych można otrzymać użyteczne gazy, oleje i smary [6].

Inną metodą odzysku odpadów polietylenowych jest ich spalanie. Likwidowane w ten sposób odpady

są źródłem większej ilości energii w porównaniu nie tylko z innymi tworzywami, ale szczególnie z innymi materiałami odpadowymi (węgiel, drewno). Ten rodzaj odzysku wpływa na poprawę bilansu ekonomicznego utylizowanych odpadów, lecz przyczynia się do niekorzystnego zwiększenia emisji CO₂ do atmosfery [6].

Bezspornie najlepszą metodą utylizacji odpadów polimerowych jest recykling mechaniczny, czyli ponowne wykorzystanie tworzywa w procesie przetwórstwa do otrzymania nowego wyrobu. Polietylen to tworzywo szczególnie zalecane do tej metody utylizacji, głównie ze względu na właściwości termoplastyczne umożliwiające wielokrotne przetwarzanie oraz dużą odporność – w przypadku użycia dodatków stabilizujących – na degradację w warunkach przetwórstwa [6]. Tworzywa regenerowane mają najczęściej zastosowanie na opakowania, rury, włókna, taśmy, płyty i materiały budowlane.

Również metodą recyklingu mechanicznego postanowiono rozwiązać problem utylizacji odpadów, zarówno pokonfekcyjnych jak i poużytkowych multiwarstwowych polietylenowych wyrobów arkuszowych wykorzystywanych do produkcji miękkich wkładów ochron balistycznych. Do tej pory zagadnienie to nie zostało rozwiązane. Wynikało to ze specyficznej budowy przedmiotowych odpadów i ich szczególnych właściwości charakterystycznych dla polietylenu o bardzo dużej masie cząsteczkowej (PE-UHMW).

Polietylenowy wyrób arkuszowy charakteryzuje się bardzo wysoką pracą dezintegracji. Cecha ta ulega zwielokrotnieniu w miękkich wkładach kamizelek kuloodpornych, ponieważ wkłady te są multiwarstwową kompozycją powstającą na bazie polietylenowego wyrobu arkuszowego. Tym samym odpady powstające przy konfekcjonowaniu kamizelek są również wielowarstwowymi kompozycjami polietylenowego wyrobu arkuszowego i posiadają ich budowę oraz specyficzne właściwości. Próby rozdrobnienia przedmiotowych odpadów na znanych maszynach nie powiodły się. Wysoka koncentracja energii cieplnej w miejscach rozrywania tworzywa i niedostateczne przewodnictwo ciepłe narzędzi realizujących proces powodowały wzrost ich temperatury, uplastycznianie się polimeru i zaklejanie mechanizmów nożowych, co prowadziło do zatrzymania i unieruchomienia maszyny, a nawet jej awarii.

W związku z tym zagadnienie to wymagało poznania i zbadania od podstaw. Wiązało się to z koniecznością opracowania nowego agregatu rozdrabniającego do tego specyficznego rodzaju wielowarstwowych odpadów włókienniczych.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2007-2009 jako projekt badawczy rozwojowy.

Literatura

1. Andrzej Moraczewski, Marek Wiśniewski, Jan Wojtysiak, *Recykling tekstyliów, Przegląd – WOS*, 2007 r., nr 4, s. 51-52
2. Andre Wouters, Piotr Kwiecień, (DSM High Performance), *Tworzywo Dyneema w zastosowaniach balistycznych*, „Techniczne Wyroby Włókiennicze”, 1996 r., nr 4, s. 118-121
3. M. J. N. Jacobs, J. L. J. van Dingenen, *Ballistic protection mechanisms in personal armour*, „Journal of Materials Science”, 2001, No 36, 3137-3142
4. Jadwiga Polak, *Kamizelki kuloodporne z Dyneemy*, „Techniczne Wyroby Włókiennicze”, 1997 r., nr 1 s. 5-9
5. www.dsm.com
6. Krystyna Czaja, *Poliolefiny*, WNT, Warszawa 2005
7. *Dyrektywa Ramowa w sprawie odpadów (75/442/EEC, skodyfikowana 2006/12/EC)*
8. *Dyrektywa w sprawie składowania odpadów (1999/31/EC)*
9. *Dyrektywa w sprawie spalania odpadów (2000/76/EC)*
10. *Dyrektywa w sprawie odpadów opakowaniowych (94/62/EC)*
11. Andrzej Moraczewski, Marek Wiśniewski, Jan Wojtysiak, *Recykling odpadów i zużytków tekstylnych*, *Recykling*, 2006 r., nr 1, s. 16-18
12. *Praca zbiorowa pod redakcją Marka Kozłowskiego: Recykling tworzyw sztucznych w Europie*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006
13. *Praca zbiorowa pod redakcją prof. dr hab. Andrzeja K. Błędzkiego, Recykling materiałów polimerowych*, WNT, Warszawa 1997
14. *Praca zbiorowa pod redakcją dr hab. inż. Józefa T. Haponiuka, Tworzywa sztuczne w praktyce*, Verlag Dashofer, Warszawa 2008

Projektowanie włóknistych wyrobów nietkanych, przeznaczonych na warstwy przeciwuderzeniowe

Elżbieta Maklewska

Instytut Technologii Bezpieczeństwa „Moratex”, Łódź

Wprowadzenie

Narastający problem urazowości w sporcie, zarówno uprawianym tak rekreacyjnie jak i wyczynowo, nabiera z roku na rok coraz większego znaczenia. Wynika to z zakresu tego zjawiska, przynoszącego w skali globalnej ogromne straty materialne i niemożliwe do oszacowania skutki

społeczne. Corocznie, na świecie, aż 75 milionów ludzi ulega różnego rodzaju urazom „sportowym”, przy czym ponad 10% z nich ginie lub doznaje trwałego inwalidztwa. Statystyki dotyczące urazów w sporcie były, między innymi powodem ogłoszenia przez Sekretarza Generalnego Organizacji Narodów Zjednoczonych, Koffi Annana dekady 2000-2010 – dekadą profilaktyki urazów.

Podkreślenia wymaga fakt, że zdecydowana większość urazów powstaje u osób uprawiających sport w ramach rekreacji. Może to wynikać z braku prawidłowego przygotowania fizycznego tych ludzi, jak również z faktu, że sport rekreacyjny uprawia wielokrotnie więcej osób, niż sport wyczynowy. Przekrój dyscyplin, stanowiących najczęstsze przyczyny urazów, obejmuje szereg sportów. Obok, uznawanych za najbardziej urazogenne, sportów kontaktowych, takich jak: hokej, koszykówka, piłka nożna, piłka ręczna czy zapasy, na liście tej znalazły się również jazda konna, kolarstwo, narciarstwo, siatkówka i tenis.

Zgodnie z prawdą, że lepiej zapobiegać niż leczyć, wszelkie działania profilaktyczne w zakresie omawianej problematyki są bardzo istotne. Należy do nich stosowanie specjalistycznego wyposażenia ochronnego: kasków, ochraniaczy przeciwuderzeniowych, odzieży ochronnej. Skuteczność i wynikająca stąd potrzeba stosowania takiego wyposażenia została wielokrotnie potwierdzona raportami i badaniami medycznymi.

Przedmiotem rozważań niniejszej pracy jest analiza skuteczności tłumienia energii uderzenia przez opracowane w ramach pracy materiały włókiennicze.

Cel pracy i zakres badań

Głównym celem pracy było udowodnienie następującej tezy:

Zastosowanie technik włókninowych umożliwia wytworzenie warstw trójwymiarowych o podwyższonych właściwościach pochłaniania energii uderzenia i podwyższonej przepuszczalności powietrza przeznaczonych m.in. do produkcji ochraniaczy przeciwuderzeniowych w ubiorach ochronnych.

Realizacja celu wymagała podjęcia pracy badawczej obejmującej następujące etapy:

1. Zaprojektowanie i budowa stanowiska badawczego umożliwiającego przeprowadzenie badań zdolności amortyzacji uderzenia, stanowiącego główne narzędzie wspomagające procesy decyzyjne przy projektowaniu włóknistych wyrobów nietkanych przeznaczonych na warstwy przeciwuderzeniowe,

2. Opracowanie nowej procedury oceny właściwości dynamicznych badanego materiału w warunkach uderowych obciążeń ściskających, z uwzględnieniem oceny równomierności rozkładu (dystrybucji) siły przekazanej pod próbkę,

3. Opracowanie założeń do technologii włóknistych wyrobów nietkanych przeznaczonych na warstwy przeciwuderzeniowe,

4. Zaprojektowanie optymalnej struktury wyrobu nietkanego przeznaczonego na warstwy przeciwuderzeniowe w jednym wybranym typie ubioru

ochronnego, spełniającego wymagania odpowiedniej normy europejskiej w zakresie zdolności amortyzacji energii uderzenia.

Metodyka badań zdolności amortyzacyjnych z wykorzystaniem stanowiska do badań uderowych

Dla potrzeb prowadzenia badań właściwości amortyzacyjnych materiałów przeznaczonych na ochraniacze przeciwuderzeniowe, w tym również materiału badawczego przygotowanego w ramach niniejszej pracy, zaprojektowano i zbudowano stanowisko zrzutowe do badań uderowych. Stanowisko powstało w Instytucie Technik i Technologii Dziewiarskich TRICOTEXTIL w Łodzi (obecnie Instytut Włókiennictwa). Nadano mu nazwę Impactest.

Opis stanowiska do badań uderowych

Założenia do projektu konstrukcji stanowiska opracowane zostały w oparciu o metody badawcze opisane w następujących, opisujących badania ochraniaczy sportowych, normach:

- PN-EN 1621-1:1997 Odzież ochronna dla motocyklistów zabezpieczająca przed skutkami uderzeń mechanicznych. Część 1: Wymagania i metody badań dla ochron przeciwuderzeniowych,

- PN-EN 13158: 2001; Odzież ochronna – Kurtki ochronne, ochraniacze ciała i ochraniacze barków dla jeźdźców konnych – Wymagania i metody badań,

- ASTM F355-95 Metoda badawcza do określania zdolności amortyzowania energii uderu przez niektóre elementy wyposażenia obiektów sportowych.

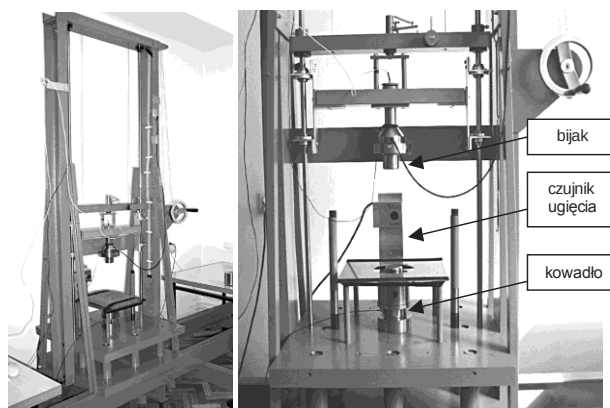
Metody badawcze opisane w tych normach opierają się na wykorzystaniu urządzenia zrzutowego (*ang. Drop Tower*). Działanie takiego stanowiska polega na pionowym, swobodnym spadku bijaka, o określonej masie i energii kinetycznej, na próbkę umieszczoną na kowadło. Poniżej przedstawiono widok ogólny i widok części roboczej stanowiska badawczego (rys.1).

W trakcie badań, podczas uderzenia bijaka w próbkę rejestrowane są następujące wielkości fizyczne:

- opóźnienie bijaka, przy pomocy akcelerometru zamontowanego wewnątrz bijaka. Na podstawie opóźnienia bijaka, wyznaczana jest siła działająca na bijak (F_B).

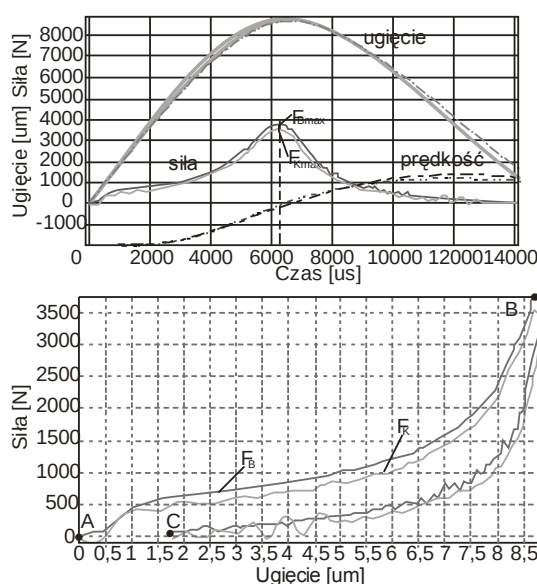
- siła przekazana pod próbkę na kowadło (F_K), przy wykorzystaniu zamontowanego w podstawie kowadła piezoelektrycznego czujnika siły.

- odkształcenie próbki (droga zagłębienia bijaka w próbkę), przy pomocy laserowego czujnika ugięcia próbki.



Rys. 1. Widok ogólny i widok części roboczej stanowiska badawczego [9]

Wyniki badań charakteryzujące właściwości dynamiczne badanych materiałów przedstawiane są w formie raportu (18 parametrów) oraz wykresów czasowych siły, prędkości bijaka, ugięcia próbki oraz wykresu siły w funkcji ugięcia próbki - histerezy (rys.2).



Rys. 2. Ilustracja graficzna wyników badań prowadzonych na stanowisku badawczym – wykresy: ugięcia próbki, siły zarejestrowanej przy wykorzystaniu akcelerometru (F_B), siły zarejestrowanej przy pomocy czujnika siły (F_K), prędkość bijaka [9]

Próbki spełniające wymagania odpowiedniej normy europejskiej to te, dla których maksymalna wartość siły przekazanej, przy danej wartości energii uderzenia, nie przekracza wartości określonej w normie.

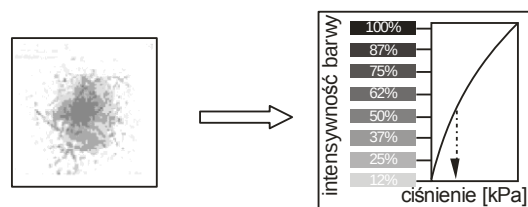
W pracy, do określania zdolności amortyzowania energii uderzenia przez ochroniacze, przyjęto średnią wartość siły maksymalnej wyznaczanej na podstawie wskazań akcelerometru. Wskazuje ona na wartość siły, jaka byłaby przekazana podczas takiego uderzenia, na osłaniany przez ochroniacz obszar

ciała. Każda z próbek uderzana była w trzech różnych miejscach, przy czym badaniu poddawane były po trzy próbki dla każdego rodzaju materiału.

Opis metodyki badań na stanowisku udarowym Impactest z zastosowaniem folii Pressurex®.

Wyniki badań prowadzonych na stanowisku udarowym, dają obszerną charakterystykę dynamiczną badanego materiału, nie dostarczają jednakże informacji na temat dystrybucji siły przekazanej pod próbkę w zakresie pola powierzchni kontaktu próbki i kowadła. Tego rodzaju informacja ma szczególnie znacznie w przypadku badań ochroniaczy przeciwuderzeniowych. W celu określenia rozkładu ciśnienia wywołanego tą siłą, podczas badań prowadzonych na stanowisku badawczym, wykorzystano w pracy cienkościenne czujniki ciśnienia występujące w postaci folii, pod nazwą Pressurex® (USA).

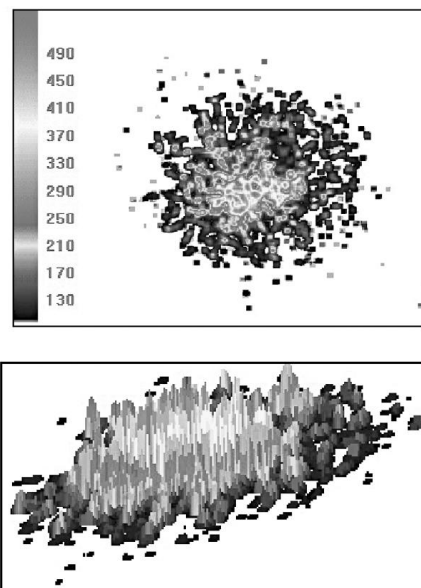
W wyniku uderzenia, folia Pressurex®, ułożona na kowadło, pod próbką, ulega zabarwieniu na kolor różowy. Intensywność koloru jest proporcjonalna do wartości zarejestrowanego ciśnienia wywołanego uderzeniem. Na podstawie wzorca intensywności zabarwienia, można wstępnie oszacować wartość tego ciśnienia (rys.3).



Rys. 3. Oryginalny ślad uderzenia na folii Pressurex® po uderzeniu badanej próbki oraz wstępna ocena wartości ciśnienia wg wzorca intensywności barwy (Źródło: materiały informacyjne producenta Sensor Products Company) [10]

Monochromatyczny obraz na folii Pressurex®, ślad po uderzeniu przedstawiony na rys. 3 wysyłany jest do producenta folii, gdzie obraz jest poddany procesowi obróbki cyfrowej przy pomocy program

komputerowego Topaq Advanced Analysis System®. W wyniku tej obróbki otrzymujemy dwu- i trójwymiarowy wielobarwny obraz rozkładu ciśnienia na powierzchni kontaktu próbka – kowadło (rys.4).



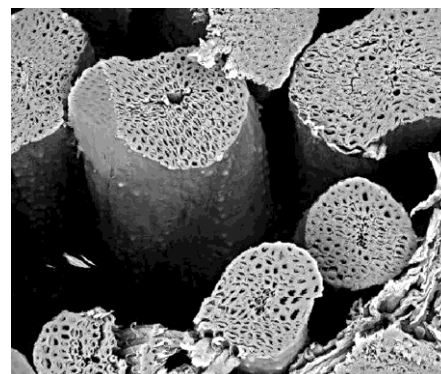
Rys. 4. Cyfrowy obraz dwu- i trójwymiarowy oryginalnego śladu uderzenia [10]

Obrazy te pozwalają na zidentyfikowanie miejsc, gdzie ciśnienie przyjmuje najwyższe wartości. Program Topaq pozwala również na uzyskanie szeregu innych, dodatkowych informacji dotyczących pola powierzchni kontaktu, które mogą doskonale uzupełniać wyniki badań udarowych i mogą być wykorzystane przy optymalizacji konstrukcji ochraniaczy przeciwduderzeniowych.

Opracowanie technologii wytwarzania włókien kokosowych o podwyższonej zdolności amortyzowania energii uderzenia

Podstawowym surowcem stosowanym zwykle do produkcji ochraniaczy przeciwduderzeniowych są tworzywa elastomerowe. Ochraniacze przeciwduderzeniowe wykonane z tworzyw elastomerowych, szczególnie te wbudowane w kamizelki ochronne osłaniające szczelnie cały tułów, nie umożliwiają prawidłowej wentylacji skóry, utrudniając odprowadzanie potu i pary wodnej z powierzchni ciała człowieka. W sytuacjach podwyższonego wysiłku fizycznego może dojść do nadmiernego podwyższenia ciepłoty ciała, a w skrajnych przypadkach, do przegrzania organizmu. Dlatego też podjęto badania zmierzające do opracowania oryginalnego materiału z wykorzystaniem technik włókienniczych. Przy wyborze optymalnej technologii zwrócono uwagę na nietkane wyroby z włókien kokosowych, które zawierają w swojej strukturze przestrzenie powietrzne wynikające z wielokierunkowego ułożenia włókien oraz ze

specyficznej budowy wewnętrznej samych włókien posiadających wypełnione powietrzem lumeny (rys.5). Znajdując analogie w budowie strukturalnej materiałów elastomerowych i nietkanych wyrobów z włókien kokosowych założono, że wyroby kokosowe powinny mieć dobre własności amortyzowania energii uderzenia przy zachowaniu wysokiej zdolności przepuszczalności powietrza i niskiej masy właściwej.



Rys. 5. Przekrój poprzeczny włókien kokosowych

Ponadto włókna kokosowe są higroskopijne, wchłaniają wilgoć i pot, dzięki czemu możliwe jest odprowadzenie pary wodnej z powierzchni ciała do warstwy zewnętrznej pakietu włókienniczego, poprzez zastosowanie między powierzchnią ciała człowieka a włókniną kokosową, warstwy materiału np. z włókien polipropylenowych lub poliestrowych.

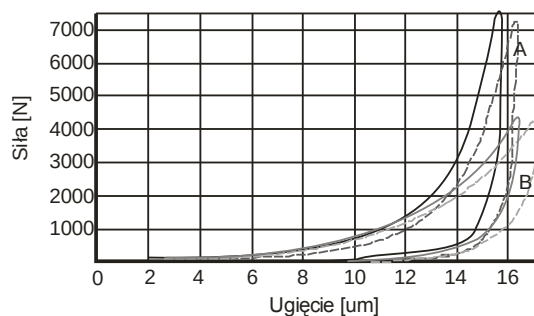
Biorąc pod uwagę powyżej przedstawione przesłanki, w pracy założono możliwość opracowania technologii wytwarzania materiału włókiennego, o podwyższonej zdolności amortyzowania energii uderzenia, którego podstawowymi surowcami będą włókna kokosowe oraz odpowiednio dobrany środek wiążący z grupy elastomerów mikroporowatych. Środek wiążący powinien charakteryzować się wyższą zdolnością amortyzowania energii aniżeli stosowany w obecnie produkowanych włókninach kokosowych lateks – środek wiążący o dużej sprężystości i małej tłumienności.

Technologia wytwarzania włóknin kokosowych o podwyższonej zdolności amortyzowania energii uderzenia opracowana została na podstawie technologii otrzymywania włóknin z włókien kokosowych metodą przemysłową.

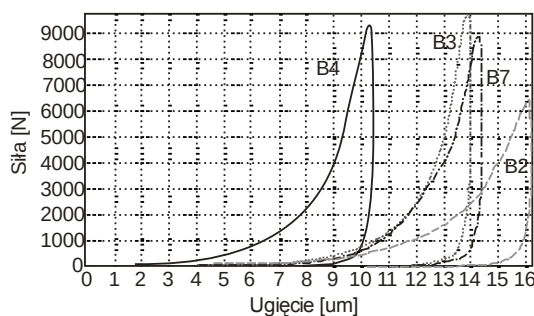
Zgodnie z ustaloną technologią wykonywania próbek, przygotowano szereg próbek włóknin kokosowych, różniących się między sobą jakością włókien, rodzajem środka wiążącego i strukturą. Wybór rodzaju włókien i środka wiążącego, dokonywany był na podstawie rezultatów badań udarowych, oceniających zdolności amortyzacji energii uderzenia, pozwalających wyselekcjonować materiał o największej tłumienności. Wskaźnikiem zdolności amortyzacji energii uderzenia była, zgodnie z

zaleceniem odpowiednich norm europejskich średnia wartość maksymalnych wartości siły F_{max} przekazanej pod badaną próbkę podczas uderzenia.

Wyniki badań porównawczych próbek runa włókien kokosowych, różniących się między sobą jakością (rys.6) oraz próbek włókniny kokosowej wykonanych z tego samego rodzaju włókna i różnych środków wiążących (rys.7), pozwoliły na wytypowanie do dalszych badań wyrobu charakteryzującego się najwyższą zdolnością amortyzowania energii uderzenia, czyli wyrobu nietkanego z udziałem włókien kokosowych typu Omat oraz środka wiążącego – dyspersji wodnej kopolimeru etylenu z octanem winylu z dodatkiem środków porotwórczych. Istotność różnic między wartościami sił maksymalnych dla poszczególnych próbek zweryfikowano przy użyciu testu t-Studenta. Test ten wykazał, że na poziomie istotności $\alpha=0,05$ nie ma podstaw do przyjęcia hipotezy zerowej zakładającej równość wartości średnich sił – wyników badań próbek.



Rys. 6. Ilustracja graficzna wyników dla próbki A (runo z włókien Mattress) i próbki B (runo z włókien Omat) przy energii uderzenia 15 J (Źródło: opracowanie własne)



Rys. 7. Ilustracja graficzna przykładowych wyników badań dla próbek mat włóknistych z udziałem różnych rodzajów środków wiążących przy energii uderzenia 15J (Źródło: badania własne)

Opracowany w ramach niniejszej pracy włókienniczy wyrób nietkany został zgłoszony jako projekt wynalazczy pod nazwą IMPACTEX, do Urzędu Patentowego RP. Numer zgłoszenia P 374169 (dn.05.04.2005)

Analiza wyników badań wpływu struktury materiału impactex na jego właściwości amortyzacyjne

Analiza statystyczna wyników badań uderowych próbek materiału Impactex, o zróżnicowanym udziale wagowym poszczególnych składników: włókien i środka wiążącego wykazała, iż zdolności tłumienne obu składników są zbliżone i nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy o równości średnich wartości sił – wyników badań poszczególnych próbek. Biorąc pod uwagę konieczność zapewnienia niezbędnej wytrzymałości mechanicznej wzajemnych powiązań włókien, zakładając poprawność receptury stosowanej przez doświadczanego producenta mat kokosowych ENKEV Polska SA, proporcję 50/50% przyjęto jako najbardziej optymalny udział wagowy włókna i środka wiążącego w wytwarzanych matach klejonych. Niższy udział środka wiążącego, nie jest zalecany ze względu na zbyt małą ilość powiązań między włóknami wynikających z jego obecności oraz możliwości wzajemnego przesuwania się włókien, co mogłoby prowadzić do trwałych odkształceń podczas użytkowania wyrobu gotowego. W tej sytuacji w dalszych badaniach opisywanych w niniejszej pracy, rozważane były próbki Impactex o składzie 50/50%.

Analiza wyników badań uderowych próbek Impactex o zmiennej gęstości pozornej i zbliżonej grubości próbek potwierdziła fakt wzrostu zdolności amortyzacji uderzenia wraz ze wzrostem gęstości próbki. Zjawisko to spowodowane jest większą ilością włókien i powiązań, wynikających z udziału środka wiążącego, biorących udział w rozpraszaniu energii uderzenia. Biorąc pod uwagę przeznaczenie materiału Impactex na ochraniacze przeciwuderzeniowe należy zwrócić uwagę na fakt, że wzrost gęstości włókniny spowoduje zwiększenie jej sztywności oraz powiększy jej masę właściwą. Natomiast niższa gęstość włókniny oznacza lepszą układalność ochraniaczy i możliwość dostosowywania ich kształtów do kształtu osłanianego obszaru ciała, skutkuje także obniżeniem masy właściwej ochraniaczy.

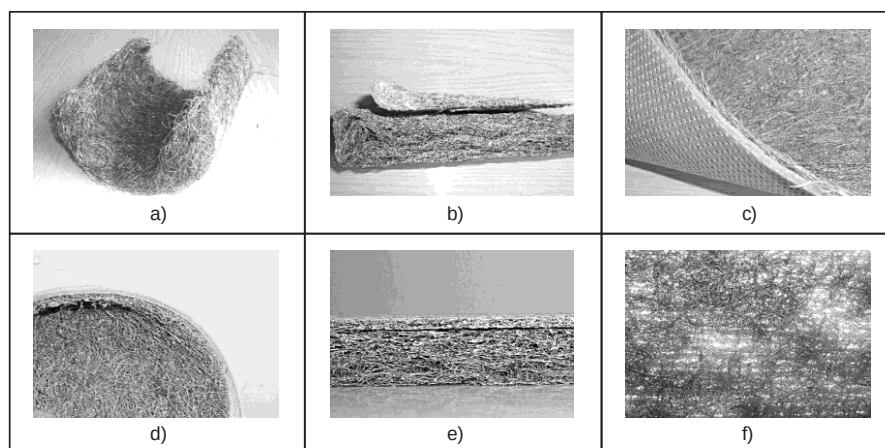
Przeprowadzone badania zależności zdolności tłumiennej w zależności od grubości próbki (w zakresie 4÷32 mm) wykazały, że wraz ze wzrastającą grubością próbki, zarejestrowane podczas badania wartości siły maksymalnej gwałtownie maleją by, po przekroczeniu określonej grubości próbki, ustalić się na pewnym poziomie. Fakt ten oznacza, że właściwości tłumienne włókniny kokosowej wzrastają progresywnie wraz z rosnącą grubością próbki. Po przekroczeniu określonej wartości grubości, wzrost tych właściwości jest już nieznaczny.

Porównanie wyników badań włókniny igłowanej i nieigłowanej wykazało, że wraz ze wzrostem ilości przeigłowań próbki rośnie jej zdolność amortyzacji

energii uderzenia. Jednakże, rozważając włókniny kokosową klejoną i igłowaną w aspekcie możliwości zastosowania ich w ochraniaczach przeciwuderzeniowych, należy zwrócić uwagę na fakt, że zastosowanie mat kokosowych igłowanych na ochraniacze przeciwuderzeniowe w ubiorach ochronnych jest utrudnione ze względu na ograniczenia technologii igłowania. Technologia mat klejonych daje szersze możliwości projektowania właściwości tłumieniowych włókniny kokosowej poprzez dobór

dowolnej grubości i gęstości wyrobu, a także poprzez możliwość formowania, podczas procesu produkcyjnego, kształtów przestrzennych wyrobów gotowych oraz możliwość modyfikowania wyrobów finalnych w kontekście ich ewentualnych zastosowań na warstwy przeciwuderzeniowe w ubiorach ochronnych.

Poniższe zdjęcia (rys. 8) ilustrują przykładowe możliwości modyfikowania wyrobów finalnych.



Rys. 8. Zdjęcia przedstawiające przykładowe wersje klejonych mat kokosowych i ich modyfikacje

Kamizelka jeździecka jako przykład zastosowania materiału impactex

Przykładem zastosowania materiału Impactex jest opracowana w ramach niniejszej pracy kamizelka jeździecka z wymiennymi elementami przeciwuderzeniowymi, umieszczonymi w specjalnie do tego przeznaczonych kieszeniach. Przygotowano dwa zestawy ochraniaczy przeciwuderzeniowych, jedno wykonane z pianki poliuretanowej, stosowane w kamizelkach jeździeckich dostępnych w handlu, drugie – wykonane z włókniny kokosowej: Impactex.

Kształt, pole powierzchni elementów elastomerowych i elementów z materiału Impactex były zbliżone. Wierzchnia warstwa kamizelki została wykonana z tkaniny elanobawełnianej, natomiast spodnia – z tkaniny podszewkowej, przedstawiają to poniższe zdjęcia.

Obydwie wersje kamizelek poddano badaniom przepuszczalności powietrza, a następnie badaniom udarowym na stanowisku Impactest.

Wyniki badań przepuszczalności powietrza wykazały, że wkłady poliuretanowe praktycznie nie przepuszczają powietrza w ogóle, natomiast kami-



Rys. 9. Widok opracowanej kamizelki jeździeckiej

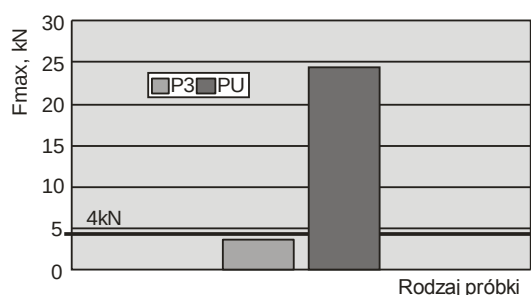
zelka z wkładami z włókniny kokosowej powietrze przepuszcza, aczkolwiek bardzo istotną rolę w przewodności kamizelki odgrywa obecność i rodzaj tkaniny osłaniającej wkłady przeciwuderzeniowe.

Elementy kamizelki jeździeckiej poddano badaniom udarowym, zgodnie z procedurą opisaną w niniejszej pracy i z uwzględnieniem wymagań normy PN-EN 13158:2002.

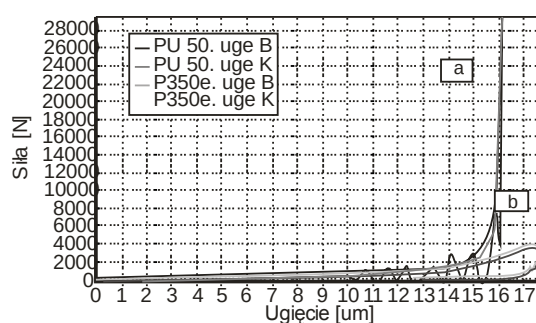
Wyniki badań zamieszczono w tab. 1 i przedstawiono na wykresach (rys. 10 i rys.11) Istotność różnic między wartościami sił maksymalnych dla obu rodzajów ochraniaczy potwierdzono przy pomocy testu t-Studenta. Test wykazał, że na poziomie istotności $\alpha = 0,05$, nie ma podstaw do przyjęcia hipotezy zerowej zakładającej równość średnich wartości sił maksymalnych dla obu rodzajów ochraniaczy.

Tabela 1. Budżet wyników badań udarowych elementów kamizelki jeździeckiej wkładami z włókniny kokosowej P3 i kamizelki z pianką poliuretanową PU

Energia uderzenia bijaka	Rodzaj próbki ^{*)}	Siła max F_{Bmax}	Niepewność standardowa typu A	Względna niepewność standardowa typu B	Niepewność standardowa typu B	Niepewność złożona	Niepewność rozszerzona $U=k \cdot u_c(y)$	Wynik pomiaru
			$u_A(y)$	$u_B(y)/y$	$u_B(y)$	$u_c(y)$	U	$Y=(y \pm U)$
J		kN	kN		kN	kN	kN	kN
20	P3	3,89	0,16	0,008	0,03	0,16	0,7	(3,9 ± 0,7)
	PU	24,51	0,26	0,008	0,19	0,32	0,3	(24,5 ± 0,3)



Rys. 10. Ilustracja wyników badań udarowych elementów kamizelki jeździeckiej na stanowisku Impacttest. Linia żółta oznaczono wartość siły, określoną w normie PN-EN 13158:2002, jako maksymalna wartość siły przekazanej, po przekroczeniu której, badany wyrób jest kwalifikowany jako nie spełniający wymagań normy



Rys. 11. Przykładowa ilustracja wyników badań udarowych kamizelek jeździeckich dla energii uderzenia 20J. Zestawienie histerez: a) poliuretan PU, b) materiał Impactex P3

W badaniach uwzględniono ocenę zdolności ochronnych kamizelki w aspekcie kryterium ustalonym w normie PN-EN 13158:2002 dla poziomu ochrony I, gdzie dla ochraniaczy obszaru tułowia, średnia z wartości sił maksymalnych zarejestrowanych na stanowisku do badań udarowych, przy

energii uderzenia 20 J nie powinna przekraczać 4 kN, natomiast pojedyncze wyniki badań nie powinny przekraczać 6 kN. Jak wynika z rezultatów badań kamizelki, średnia wartość siły przekazanej dla energii uderzenia 20 J dla ochraniaczy z materiału Impactex wynosi 3,89 kN, natomiast dla ochraniaczy z tworzywa poliuretanowego przekracza 24 kN. Stąd można przyjąć, że kamizelka z ochraniaczami z materiału włóknistego spełnia wymagania normy PN-EN 13158:2002, w zakresie amortyzowania energii uderzenia, dla poziomu ochrony I. Zastosowany tutaj rodzaj ochraniaczy z materiału włóknistego amortyzuje energię uderzenia lepiej, aniżeli ochraniacze z pianki poliuretanowej, w które wyposaża się większość z kamizelek jeździeckich dostępnych w handlu. Dodatkowo ochraniacze z materiału włóknistego umożliwiają przepływ powietrza.

Proponowany materiał włóknisty należy traktować jako materiał alternatywny.

Wnioski

1. Zaproponowane w pracy oryginalne rozwiązanie konstrukcyjne stanowiska do badań udarowych umożliwia przeprowadzenie pełnej analizy właściwości tłumieniowych badanych materiałów.

2. Opracowanie specyficznej procedury badań na stanowisku zrzutowym oraz nowej metody oceny zdolności amortyzacyjnych przy wykorzystaniu cienkościennych czujników ucisku Pressurex Film, poszerza stosowaną dotąd metodykę badania właściwości absorbowania energii w warunkach udaru, przydatną szczególnie w przypadku badania takich ochraniaczy, gdzie zastosowano warstwę odbojną o podwyższonej sztywności i zakrzywionej

powierzchni czołowej w celu obniżenia wartości siły przekazanej.

3. W wyniku nowatorskiego zastosowania proekologicznych włókien kokosowych o dużej zawartości lignin oraz środka wiążącego z udziałem kopolimeru etylenu i octanu winylu z dodatkiem środków porotwórczych, o innej charakterystyce niż stosowany obecnie lateks, otrzymano produkt o podwyższonej zdolności amortyzowania energii stanowiący alternatywny wyrób do zastosowań na warstwowe pakiety przeciwuderzeniowe o różnym stopniu ochrony. Opracowany materiał, pod nazwą Impactex, został zgłoszony w kwietniu 2005 r. do Urzędu Patentowego jako projekt wynalazczy nr P-374169.

4. Zdolność amortyzacji energii materiału Impactex rośnie wraz ze wzrostem jego gęstości i grubości. Rozważając aspekt zastosowania materiału Impactex na ochraniacze przeciwuderzeniowe należałoby podkreślić fakt, że nadmierny wzrost gęstości i grubości włókniny spowoduje zwiększenie jej sztywności, masy i obniżenie jej przewodności, a tym samym wpłynie na obniżenie komfortu użytkowania wyrobów gotowych. Stąd parametry włókniny kokosowej należy dobierać w sposób kompromisowy, biorąc pod uwagę oczekiwania przyszłego użytkownika. W tej sytuacji jednym z kryteriów w doborze odpowiednich parametrów włókniny powinien być maksymalny ciężar ubioru ochronnego wraz z ochraniaczami przeciwuderzeniowymi nie przekraczający 2% masy ciała użytkownika.

5. Przeprowadzone w ramach niniejszej pracy badania udarowe runa igłowanego wskazały na wzrost właściwości tłumienne runa wraz ze wzrostem liczby przeigłowań oraz na możliwość kształtowania tych właściwości poprzez zmieniającą się liczbę przeigłowań. Wynika stąd, że aby polepszyć właściwości tłumienne materiału Impactex, celowym byłoby poprzedzenie procesu klejenia runa przeznaczonego na ochraniacze przeciwuderzeniowe, wstępnym przeigłowaniem tego runa.

6. Opracowane materiały mogą znaleźć zastosowanie nie tylko w odzieży ochronnej, lecz także, i to na znacznie szerszą skalę, w przemyśle obuwniczym na wkładki komfortowe i ortopedyczne do obuwia, mające na celu eliminowanie mikro-wstrząsów, na które narażeni są użytkownicy obuwia w trakcie chodzenia.

W wyniku powyższej pracy badawczej opracowano materiał włóknisty, o strukturze przestrzennej, przeznaczony na warstwy przeciwuderzeniowe w ochraniaczach stosowanych w ubiorach i wyposażeniu ochronnym osób uprawiających sporty urazogenne. Materiał otrzymano go w wyniku nowatorskiego zastosowania proekologicznych włókien

kokosowych, o dużej zawartości lignin oraz środka wiążącego z udziałem kopolimeru etylenu i octanu winylu z dodatkiem środków porotwórczych. Opracowany materiał został zgłoszony pod nazwą Impactex w 2005 r. do Urzędu Patentowego jako projekt wynalazczy nr P-374169. Jego skuteczność w zakresie tłumienia energii uderzenia potwierdziły rezultaty badań przeprowadzonych na stanowisku, służącym do oceny zdolności amortyzacji uderzenia ochraniaczy sportowych. Oryginalna konstrukcja stanowiska umożliwia taką ocenę przy jednoczesnym zastosowaniu dwóch metod badawczych. Została również zaproponowana nowatorska metoda oceny rozkładu siły pod ochraniaczem, podczas badań na stanowisku, wykorzystująca cienkościenne czujniki ciśnienia. Procedura badań ochraniaczy przeciwuderzeniowych przewiduje także, możliwość porównania wytypowanych wskaźników z przyjętymi w literaturze biomechanicznej wybranymi kryteriami dla określania poziomu ludzkiej tolerancji na uszkodzenie danego obszaru ciała.

Niniejsza publikacja stanowi skróconą wersję pracy doktorskiej napisanej pod kierunkiem prof. dr hab. Inż. Izabelli Krucińskiej i dofinansowanej w ramach realizacji projektu promotorskiego 3T 08E 026 26. Obszerne fragmenty tej pracy publikowane były wcześniej w Zeszytach Naukowych Politechniki 2008, z. 64, s. 91—105.

Literatura

1. J. Garlicki i In., *Urazy sportowe u progu trzeciego tysiąclecia*, *Medycyna Sportowa* 1/2001 nr 114, Rok 17, 3-4
2. <http://www.e-uzbzdrowia.pl/html/more3089b.php>
3. A. Pościk, *Zastosowanie środków ochrony indywidualnej podczas uprawiania wybranych dyscyplin sportowych*, *Bezpieczeństwo Pracy* 2/2006, str. 22-26
4. Mills N.J., Gilchrist A., *Body Protectors for Horse-Riders*, *International Research Council on Biokinetic of Impacts Conference Proceedings*, Sept.1990, Lyons, France
5. Otte D., Middelhaue V., *Quantification of Protective Effects of Special Synthetic Protectors in Clothing for Motorcyclists*, *IRCOBI 1987*, Birmingham
6. PN-EN 13158:2002 *Odzież ochronna-Kurtki ochronne, ochraniacze ciała i ochraniacze barków dla jeźdźców konnych. Wymagania i metody badań*
7. Pedder J.B., Newman J.A., *After Helmets – Is There Anything Else?*, *Proc. of IRCOBI Conference*, Birmingham,(UK), 1987, 43-50
8. Aldman B, Kajzer J et al., *The protective effect of specially designed suit for motorcyclists*, *X Inter-*

- national Conference on Experimental Safety Vehicles, Oxford, England, July 1-4, 1985
9. A. Dziak, S. Tayara, *Urazy i uszkodzenia w sporcie, Kraków 2000*, wydanie I
 10. E. Maklewska, W. Tarnowski, I. Krucińska, J. Demus *New Measuring Stand for Estimating a Material's Ability to Damp the Energy of Impact Strokes, Fibres&Textiles in Eastern Europe*, 2004, Vol.12, No.3(47)
 11. E. Maklewska, I. Krucińska, G.E. Mayers, *Estimating the Shock-Absorbing Ability of Protector Materials by Use of Pressure Films, Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2005, Vol.13, No.4(52)
 12. E. Maklewska, I. Krucińska, M. Matyjewski *Study on an Ability to Dampen Energy by Textiles under Dynamic Compressive Load, Joint IMEKO TC-1 & XXXIV MKM Conference Proceedings 2002, Oficyna wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2002, Vol.III, 119-126*
 13. E. Maklewska, M. Matyjewski, I. Krucińska, *Textile impact protectors?, 2nd European Conference on Protective Clothing (ECP Proceedings C), „Challenges for Protective Clothing”, 21-24 May 2003 in Montreux, Switzerland*
-

Propozycje unowocześnienia aktualnie użytkowanych kamizelek kuloodpornych

Grażyna Grabowska

Jadwiga Polak

Joanna Błaszczuk

Instytut Technologii Bezpieczeństwa „Moratex”, Łódź

Wstęp

W ostatnich latach podstawowym polskim dokumentem obowiązującym dla kamizelek kuloodpornych w zakresie wymagań ogólnych i badań jest PN-V-87000:1999. Kamizelki aktualnie użytkowane przez funkcjonariuszy służb podległych MSWiA, żołnierzy i innych użytkowników spełniają postanowienia powyższej normy. Jednymi z bardzo ważnych są wymagania niezawodnościowe, według których wkłady balistyczne kamizelek kuloodpornych powinny posiadać okres trwałości wynoszący nie mniej niż 10 lat. Wymagania te są rygorystycznie przestrzegane przez konstruktorów, producentów, użytkowników oraz potwierdzone, w odpowiednim czasie, badaniami. W związku z tym, za wyjątkiem przypadków niespełnienia kryterium sprawdzającego odporność balistyczną kamizelek (po 5 i 8 latach), co zdarza się rzadko, unowocześnienia aktualnie użytkowanych kamizelek kuloodpornych z pominięciem wymogu ich badań balistycznych z partii, można dokonać jedynie w zakresie zastosowania nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych poszyć wykonanych z nowych materiałów i dodatków

w miejsce poprzednich, zużytych poszyć (okres ich użytkowania to maksimum 3 lata). Jest to, zatem jeden z możliwych kierunków unowocześniania tego typu osłon balistycznych tułowia, który został przyjęty przez Instytut Technologii Bezpieczeństwa MORATEX. Kolejne wytyczone kierunki unowocześniania kamizelek kuloodpornych, uwzględniające światowe trendy i wieloletnie doświadczenia Instytutu to:

- doposażenie ich zarówno w nowoczesne poszycie, jak i we wkłady: przeciwigięciowe oraz dystansowe,
- zastosowanie w nich lekkich kompozytowych płyt kuloodpornych, zamiast stalowych, podwyższających miejscowo odporność balistyczną,
- poszerzenie ich odporności balistycznej o inne rodzaje pocisków nieobjęte PN-V-87000:1999.

Te trzy ostatnie kierunki unowocześniania kamizelek wymagają już przeprowadzenia sprawdzających badań balistycznych.

Wszystkie wyżej wymienione kierunki unowocześniania kamizelek mają na celu podwyższenie ich walorów użytkowych, w tym zagwarantowanie możliwie maksymalnego bezpieczeństwa, komfortu i ergonomii.

1. Przedmiot i metodyka badań

1.1. Materiały kamizelek kuloodpornych

Na podstawie analizy dotychczasowego asortymentu opracowanych i wytwarzanych przez ITB MORATEX osobistych ochron tułowia oraz wyników prac naukowo-badawczych Instytutu z poprzednich lat [1, 2, 3], a także aktualnych potrzeb odbiorców wytypowano do unowocześnienia trzy kamizelki kuloodporne, tj.: lekką policyjną na mundur, o zwiększonej odporności balistycznej i zewnętrzną dla służb specjalnych.

W kamizelkach postanowiono zastosować:

- w policyjnej kamizelce kuloodpornej lekkiej na mundur – na jej poszycie – importowaną tkaninę o wysokich parametrach fizyko-mechanicznych o nazwie handlowej CORDURA® 1000 z Poliamidu 6.6 powlekaną PU w kolorze czarnym,

- w kamizelkach o zwiększonej odporności balistycznej i zewnętrznej dla służb specjalnych:

- na zewnętrzne części poszycia – importowaną tkaninę o wysokich parametrach fizyko-mechanicznych o nazwie handlowej CORDURA® 1000 z Poliamidu 6.6 powlekaną PU w kolorze oliwkowo-zielonym o właściwościach maskujących w świetle widzialnym (VIS) i podczerwonym (Ir) oraz krajowe taśmy techniczne w kolorze zielonym o właściwościach maskujących w świetle widzialnym (VIS) i podczerwonym (Ir),

- na wewnętrzne części poszycia, w celu polepszenia komfortu użytkowania wyrobu – importowany materiał trójwymiarowy – poliestrową siatkę dystansową 3D,

- na miękkie wkłady balistyczne – importowane balistyczne arkusze termoplastycznej folii wzmocnionej włóknami paraaramidowymi Goldflex®,

- na pokrowce wkładów balistycznych – krajowy wodoszczelny materiał paroprzepuszczalny,

- jako element dodatkowy obniżający wielkości ugięcia dynamicznego podczas uderzenia pociskami – wkładki przeciwugięciowe w postaci krajowej płyty poliwęglanowej o grubości 0,5 mm,

- jako wkłady balistyczne dodatkowe podwyższające miejscowo odporność balistyczną kamizelek – importowane lekkie polietylenowe płyty kompozytowe o wymiarach 250 mm x 300 mm i masie 1,54 kg oraz grubości 25 mm.

Biorąc pod uwagę fakt, że niektóre z wyżej wymienionych materiałów, dodatków, czy elementów zastosowanych w kamizelkach były już wielokrotnie badane np. krajowy wodoszczelny materiał paroprzepuszczalny, płyty poliwęglanowe, taśmy techniczne, a na importowane lekkie polietylenowe płyty kompozytowe producent dostarczył certyfikat, przedmiotem badań metrologicznych

w akredytowanych laboratoriach będą:

- tkanina CORDURA® 1000 z Poliamidu 6.6 powlekaną PU z zastosowaniem następujących norm:

- PN-EN ISO 2286-2:1999 „Płaskie wyroby tekstylne powleczone gumą lub tworzywami sztucznymi. Wyznaczanie właściwości zwoju. Metody wyznaczania całkowitej masy powierzchniowej, masy powierzchniowej powleczenia i masy powierzchniowej podłoża”,

- PN-EN ISO 1421:2001 „Płaskie wyroby tekstylne powleczone gumą lub tworzywami sztucznymi. Wyznaczanie wytrzymałości na rozciąganie i wydłużenia przy zerwaniu”,

- PN-EN ISO 4674-1:2005 „Płaskie wyroby tekstylne powleczone gumą lub tworzywami sztucznymi. Wyznaczanie odporności na rozdzielanie”. Część 1: Metody rozdzielania ze stałą prędkością,

- NO-84-A203:2004 „Przedmioty zaopatrzenia mundurowego. Charakterystyki spektralne barw. Wymagania i metody badań”,

- taśma techniczna w kolorze zielonym z zastosowaniem NO-84-A203:2004 „Przedmioty zaopatrzenia mundurowego. Charakterystyki spektralne barw. Wymagania i metody badań”,

- poliestrowa siatka dystansowa 3D z zastosowaniem następujących norm:

- PN-ISO 3801:1993 „Tekstylna. Tkaniny – Wyznaczanie masy liniowej i powierzchniowej”,

- PN-EN ISO 5084:1999 „Tekstylna. Wyznaczanie grubości wyrobów włókienniczych”

- balistyczny arkusz termoplastycznej folii wzmocnionej włóknami paraaramidowymi Goldflex® z zastosowaniem następujących norm:

- PN-EN ISO 2286-2:1999 „Płaskie wyroby tekstylne powleczone gumą lub tworzywami sztucznymi. Wyznaczanie właściwości zwoju. Metody wyznaczania całkowitej masy powierzchniowej, masy powierzchniowej powleczenia i masy powierzchniowej podłoża”,

- PN-EN ISO 2286-1:2000 „Płaskie wyroby tekstylne powleczone gumą lub tworzywami sztucznymi. Wyznaczanie właściwości zwoju. Metody wyznaczania długości, szerokości i masy netto”,

- PN-EN ISO 2286-3:2000 „Płaskie wyroby tekstylne powleczone gumą lub tworzywami sztucznymi. Wyznaczanie właściwości zwoju. Metoda wyznaczania grubości”,

- PN-EN ISO 1421:2001 „Płaskie wyroby tekstylne powleczone gumą lub tworzywami sztucznymi. Wyznaczanie wytrzymałości na rozciąganie i wydłużenia przy zerwaniu”,

- PN-EN ISO 4674-1:2005 „Płaskie wyroby tekstylne powleczone gumą lub tworzywami sztucznymi. Wyznaczanie odporności na rozdzielanie”. Część 1: Metody rozdzielania ze stałą prędkością.

1. 2. Unowocześnione kamizelki kuloodporne

Dwa unowocześnione rozwiązania konstrukcyjne kamizelek kuloodpornych, tj.: o zwiększonej odporności balistycznej i zewnętrzna dla służb specjalnych w odpowiedniej ilości sztuk zostaną poddane badaniom odporności balistycznej w akredytowanym laboratorium badań balistycznych wg PN-V-87000:1999 „Ostroje balistyczne lekkie. Kamizelki kulo- i odłamkoodporne. Wymagania ogólne i badania” z zastosowaniem wytypowanych pocisków z tej normy oraz z klasy III A NIJ Standard – 0101.04 „Ballistic Resistance of Personal Body Armor”.

2. Wyniki badań

2. 1. Materiały kamizelek kuloodpornych

Badania laboratoryjne materiałów wykonano w akredytowanych laboratoriach, tj.: Laboratorium Badań Metrologicznych ITB MORATEX w Łodzi,

Instytutu Barwinków i Produktów Organicznych oraz w laboratorium firmy PASAMON w Bydgoszczy. Wyniki ich badań przedstawiono w tabelach 1, 2 i 5 oraz na rysunkach 1 i 2.

Z analizy rezultatów badań laboratoryjnych materiałów, które zaplanowano do zastosowania w wytypowanych kamizelkach kuloodpornych w celu ich unowocześnienia (tabele 1, 2 i 3 oraz rysunki 1 i 2) wynika, że uzyskane właściwości fizyko-mechaniczne są na dobrym poziomie, co pozwala na zastosowanie ich do wykonania zarówno miękkich wkładów balistycznych, jak i części wewnętrznych i zewnętrznych poszyc kamizelek, w tym tych o właściwościach maskujących w świetle widzialnym (VIS) i podczerwonym (Ir). Na szczególną uwagę zasługują wysokie wielkości siły zrywającej i wytrzymałości na rozdzielanie materiału balistycznego – decydują one o uzyskaniu zaplanowanej odporności balistycznej oraz tkaniny na poszycie – decydują one o wydłużeniu okresu użytkowania tego elementu kamizelki. Dalsza ocena przeba-

Tabela 1. Wyniki badań laboratoryjnych podstawowych parametrów fizyko-mechanicznych tkaniny CORDURA® 1000 z Poliamidu 6.6 powlekanej PU [5]

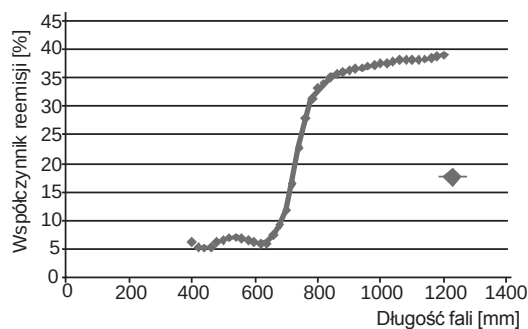
Lp.	Parametr	Jednostka miary	Wynik badania	Metodyka badań
1.	2.	3.	4.	5.
1.	Masa powierzchniowa	g/m ²	343	PN-EN ISO 2286-2:1999
2.	Maksymalna siła zrywająca -wzdłuż -wszerz	N	4307 2610	PN-EN ISO 1421:2001
3.	Wytrzymałość na rozdzielanie -wzdłuż -wszerz	N	367 307	PN-EN ISO 4674-1:2005

Tabela 2. Wyniki badań laboratoryjnych podstawowych parametrów fizyko-mechanicznych poliestrowej siatki dystansowej 3D [6]

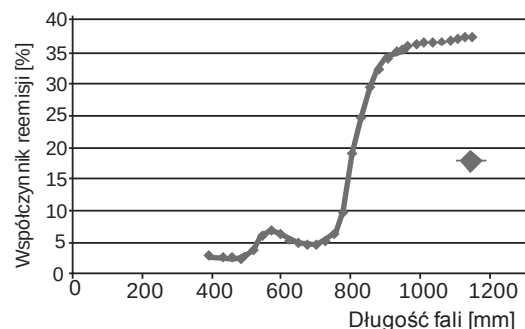
Lp.	Parametr	Jednostka miary	Wynik badania	Metodyka badań
1.	2.	3.	4.	5.
1.	Masa powierzchniowa	g/m ²	322	PN-EN ISO 3801:1993
2.	Grubość	mm	3,0	PN-EN ISO 5084:1999

Tabela 3. Wyniki badań laboratoryjnych podstawowych parametrów fizyko-mechanicznych balistycznego arkusza termoplastycznej folii wzmocnionej włóknami paraaramidowymi GoldFlex® [7]

Lp.	Parametr	Jednostka miary	Wynik badania	Metodyka badań
1.	2.	3.	4.	5.
1.	Szerokość	cm	161,5	PN-EN ISO 2286-1:2000
2.	Masa powierzchniowa	g/m ²	238±1	PN-EN ISO 2286-2:1999
3.	Grubość	mm	0,21±0,01	PN-EN ISO 2286-3:2000
4.	Maksymalna siła przy rozciąganiu -wzdłuż -wszerz	daN	592±8 642±13	PN-EN ISO 1421:2001
5.	Wydłużenie przy zerwaniu -wzdłuż -wszerz	%	12,0 8,0	PN-EN ISO 1421:2001
6.	Wytrzymałość na rozdzielanie -wzdłuż -wszerz	N	nie rozdziera się nie rozdziera się	PN-EN ISO 4674-1:2005



Rys. 1. Wyniki badań współczynnika reemisyj dla tkaniny CORDURA® 1000 z Poliamidu 6.6 powlekanej PU koloru oliwkowo-zielonego wg NO-84-A203:2004 [3, 8]



Rys. 2. Wyniki badań współczynnika reemisyj dla taśmy technicznej w kolorze zielonym wg NO-84-A203:2004 [9]

danych materiałów oraz innych, których wyników nie uwzględniono w niniejszym artykule będzie dokonana na podstawie wyników badań balistycznych unowocześnionych kamizelek.

2. 2. Unowocześnione kamizelki kuloodporne

2. 2. 1. Budowa kamizelek kuloodpornych

W ITB MORATEX opracowano i skonfekcjonowano trzy unowocześnione rozwiązania konstrukcyjne kamizelek, którym nadano wyróżniające je dodatkowe nazwy [4], tj:

kamizelkę kuloodporną lekką na mundur w wersji LAW ENFORCEMENT przeznaczoną głównie dla policji (rys. 3),

kamizelkę kuloodporną o zwiększonej odporności balistycznej „WARRIOR” przeznaczoną dla policji i różnych formacji wojska (rys. 4),

kamizelkę kuloodporną zewnętrzną dla służb specjalnych „FIGHTER”, a także dla innych formacji wojska (rys. 5).

Do ich wykonania zastosowano materiały, dodatki i elementy wymienione w pkt. 2.1. niniejszego artykułu.



Rys. 3. Kamizelka kuloodporna lekka na mundur w wersji LAW ENFORCEMENT: (a) – widok z przodu i (b) – widok z tyłu [4]

Odporność balistyczna kamizelki (rys. 3.) – w kamizelce tej unowocześniono tylko poszycie:

- w obrębie miękkich wkładów balistycznych przodu i tyłu chroni przed 9 mm pociskami Parabellum FMJ o prędkości uderzenia 358^{+15} m/s – 2 klasa kuloodporności wg PN-V-87000:1999,
- w obrębie wyjmowanego miękkiego wkładu balistycznego dodatkowego przodu zabezpiecza

przed 7,62 mm pociskami o prędkości uderzenia 420^{+15} m/s wystrzeliwanymi z pistoletu wz. 33 TT – 3 klasa kuloodporności wg PN-V-87000:1999.

Kamizelka zapewnia ochronę użytkownika od ramion do nerek. Z przodu możliwe jest zastosowanie przypinanej osłony podbrzusza. Wewnętrzna część poszycia może być wykonana z poliestrowej siatki dystansowej 3D.



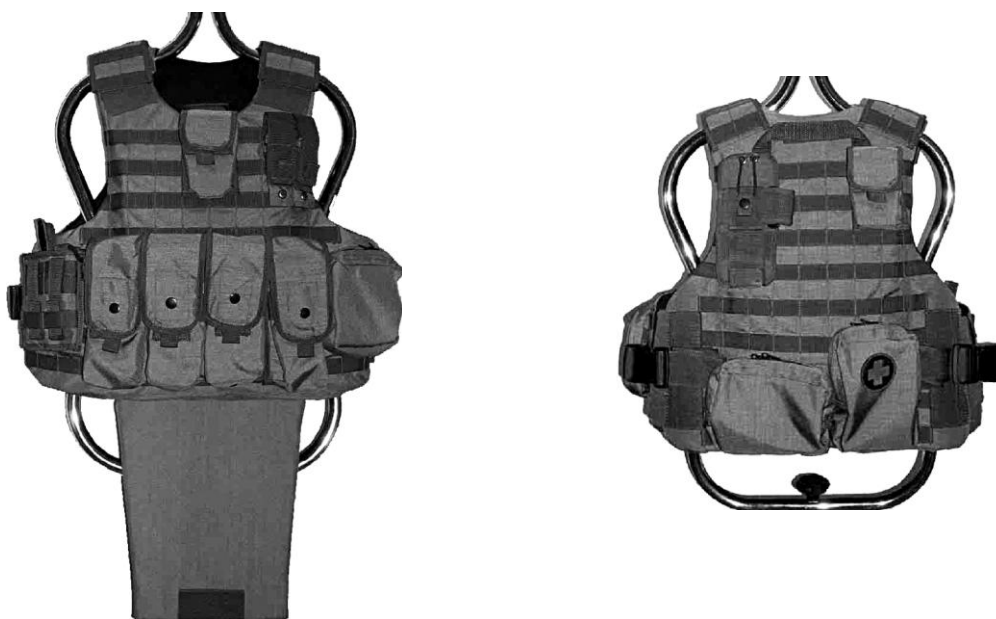
Rys. 4. Kamizelka kuloodporna o zwiększonej odporności balistycznej „WARRIOR”: (a) – widok z przodu i (b) – widok z tyłu [4]

Zaplanowana odporność balistyczna kamizelki (rys. 4.), która zostanie potwierdzona wynikami badań balistycznych to:

- w obrębie miękkich wkładów balistycznych przodu, tyłu i osłony podbrzusza powinna chronić przed 7,62 mm pociskami o prędkości uderzenia 420^{+15} m/s wyrzeliwanymi z pistoletu wz. 33 TT – 3 klasa kuloodporności wg PN-V-87000:1999 oraz przed 9 mm pociskami FMJ i 0,44 cal. pociskami Magnum z III A klasy kuloodporności NIJ Standard 0101.04,
- w obrębie dodatkowego wkładu balistycznego – lekkiej polietylenowej płyty kompozytowej umieszczonej w kieszeni przodu powinna zabezpieczać przed 7,62 mm pociskami z rdzeniem sta-

lowym PS o prędkości uderzenia 710^{+20} m/s wyrzeliwanymi z 7,62mm kbk AKM – 4 klasa kuloodporności wg PN-V-87000:1999.

Rozwiązanie konstrukcyjne kamizelki powinno zapewnić ochronę użytkownika w następujący sposób: z przodu - od ramion do przepony, po dopięciu osłony podbrzusza również podbrzusze oraz z tyłu – od ramion do nerek włącznie. Zbudowano ją z dwóch oddzielnych części: przedniej i tylnej oraz osłony podbrzusza, która po odpięciu może być dopinana do części przedniej kamizelki. Wyrób jest zapinany na ramionach i bokach taśmami samoszczepnymi. Wewnętrzna część poszycia jest wykonana z poliestrowej siatki dystansowej 3D.



Rys. 5. Kamizelka kuloodporna zewnętrzna dla służb specjalnych „FIGHTER”: (a) – widok z przodu i (b) – widok z tyłu [4]

Zaplanowana odporność balistyczna kamizelki (rys. 5.), która będzie potwierdzona wynikami badań balistycznych to:

- w obrębie miękkich wkładów balistycznych przodu, tyłu i osłony podbrzusza powinna chronić przed 7,62 mm pociskami o prędkości uderzenia 420^{+15} m/s wyrzeliwanymi z pistoletu wz. 33 TT – 3 klasa kuloodporności wg PN-V-87000:1999,
- w obrębie dodatkowego wkładu balistycznego – lekkiej polietylenowej płyty kompozytowej umieszczonej w kieszeni przodu o specjalnej konstrukcji powinna zabezpieczać przed 7,62 mm pociskami z rdzeniem stalowym PS o prędkości uderzenia 710^{+20} m/s wyrzeliwanymi z 7,62mm kbk AKM – 4 klasa kuloodporności wg PN-V-87000:1999.

Długość przodu kamizelki sięgająca przepony będzie zapewniać komfort jej użytkowania w pozycji siedzącej. Do części przedniej kamizelki jest dopinana osłona podbrzusza, która może być podpinana do góry od strony wewnętrznej części kamizelki. Wewnętrzna część poszycia jest wykonana z poliestrowej siatki dystansowej 3D. Wyrób posiada kilka kieszeni przeznaczonych specjalistyczny sprzęt.

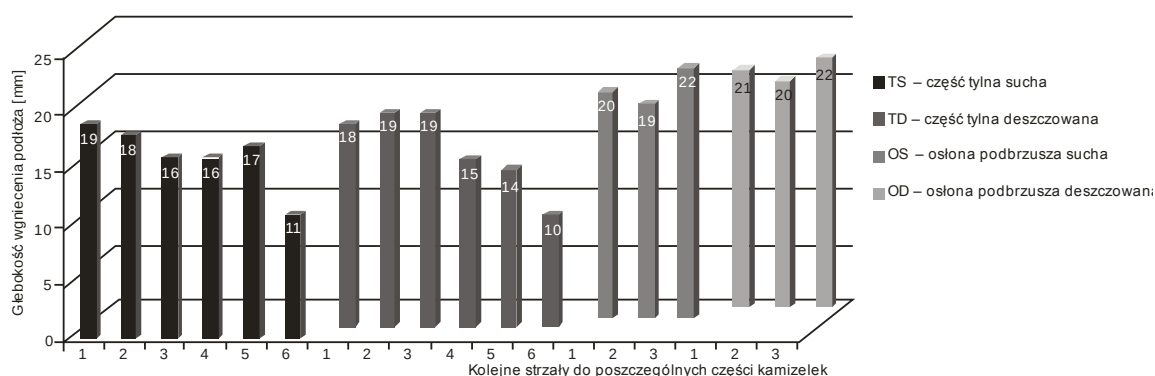
Cechy wspólne dla wszystkich powyższych kamizelek to:

- uchwyty asekuracyjne ułatwiające ewakuację, które są zamontowane na tylnej górnej części kamizelek,
- poziome przepikowane równoległe pasy na częściach zewnętrznych poszyc kamizelek służące do dowolnej lokalizacji dopinanych kieszeni na wyposażenie niezbędne w różnych warunkach bojowych i klimatycznych, np. pojemnik na wodę w warunkach pustynnych, dodatkowe magazynki, itp.
- możliwość użytkowania kamizelek w różnych strefach klimatycznych w zakresie temperatur od -40°C do $+50^{\circ}\text{C}$.

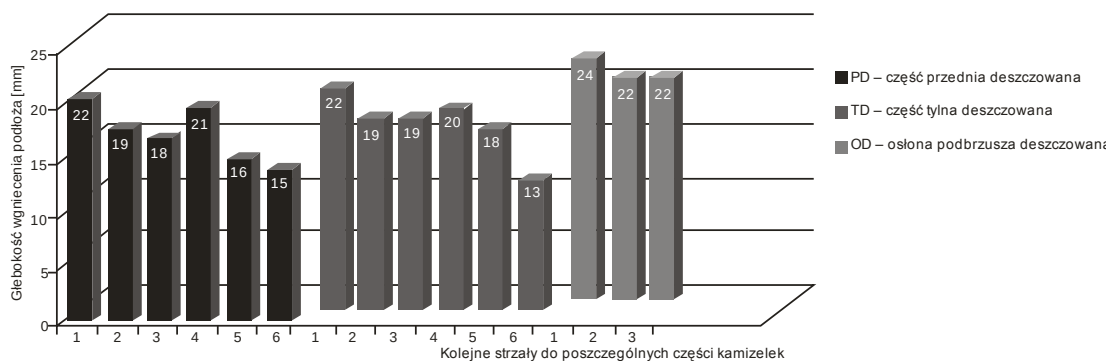
2. 2. 2. Badania odporności balistycznej kamizelek

Badania laboratoryjne odporności balistycznej dwóch unowocześnionych kamizelek kuloodpornych wykonano w akredytowanym Laboratorium Badań Balistycznych ITB MORATEX. Wyniki przedstawiono w formie wykresów na rysunkach:

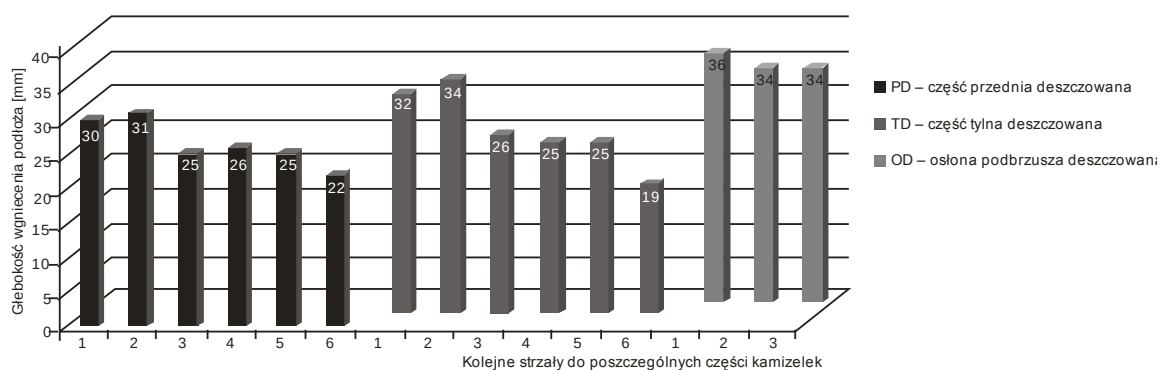
- 6÷9 dla kamizelki kuloodpornej o zwiększonej odporności balistycznej „WARRIOR” [10],
- 10÷11 dla kamizelki kuloodpornej zewnętrznej dla służb specjalnych „FIGHTER” [11].



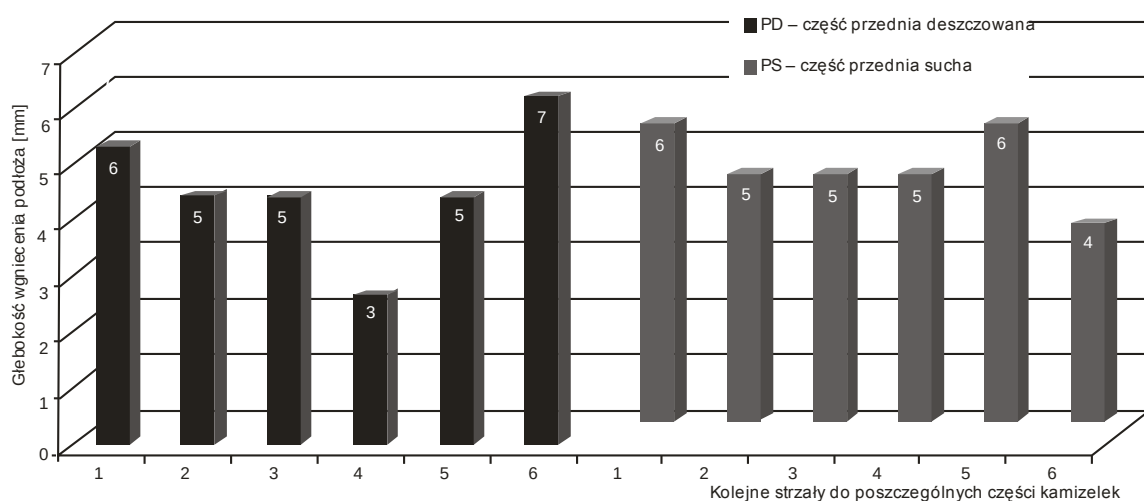
Rys. 6. Odształcenia podłoża badawczego podczas badań kuloodporności poszczególnych części kamizelek o zwiększonej odporności balistycznej „WARRIOR” – ostrzał 7, 62 mm pociskami z rdzeniem ołowianym o prędkości uderzenia 420^{+15} m/s wyrzeliwanymi z pistoletu wz. 33 TT – 3 klasa kuloodporności wg PN-V-87000:1999 [10]



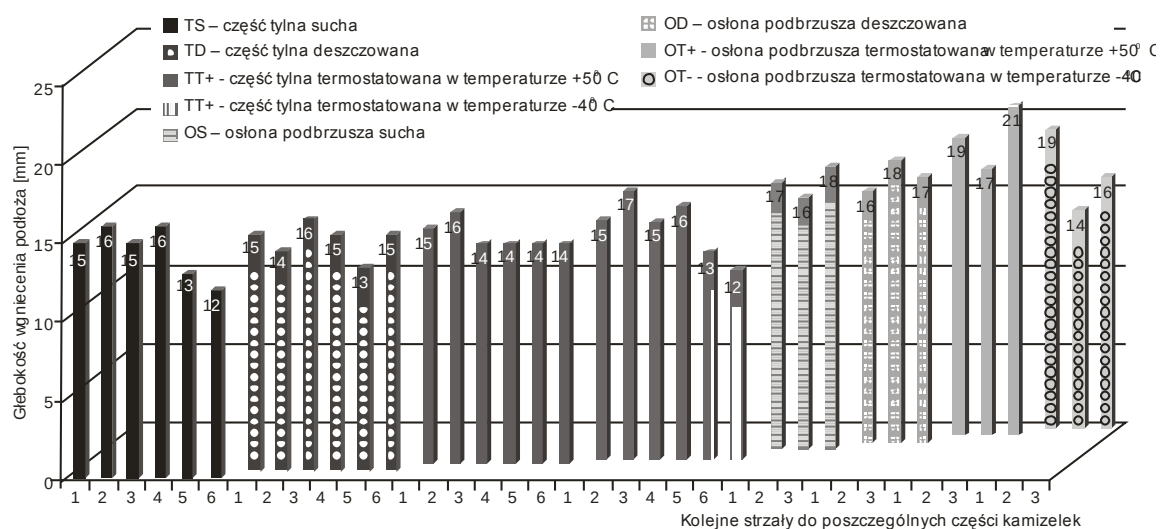
Rys. 7. Odształcenia podłoża badawczego podczas badań kuloodporności poszczególnych części kamizelek o zwiększonej odporności balistycznej „WARRIOR” – ostrzał 9 mm pociskami FMJ z III A klasy kuloodporności NIJ Standard 0101.04. Metodyka badań wg PN-V-87000:1999 [10]



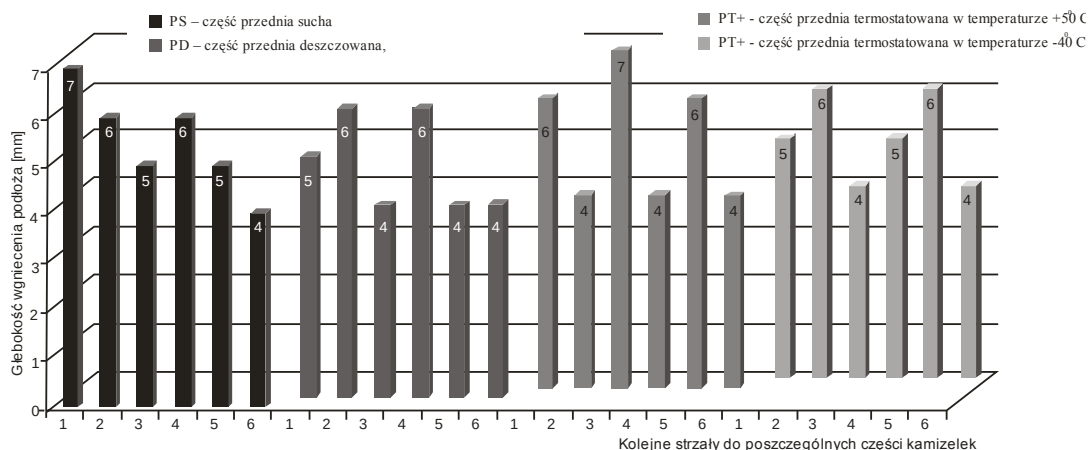
Rys. 8. Odształcenia podłoża badawczego podczas badań kuloodporności poszczególnych części kamizelek o zwiększonej odporności balistycznej „WARRIOR” – ostrzał 0,44 cal. pociskami Magnum z III A klasy kuloodporności NIJ Standard 0101.04. Metodyka badań wg PN-V-87000:1999 [10]



Rys. 9. Odształcenia podłoża badawczego podczas badań kuloodporności części przednich kamizelek o zwiększonej odporności balistycznej „WARRIOR” w obrębie dodatkowych wkładów balistycznych – lekkich polietylenowych płyt kompozytowych – ostrzał 7,62 mm pociskami z rdzeniem stalowym PS o prędkości uderzenia 710^{+20} m/s wyrzeliwanymi z 7,62mm kbk AKM – 4 klasa kuloodporności wg PN-V-87000:1999 [10]



Rys. 10. Odształcenia podłoża badawczego podczas badań kuloodporności poszczególnych części kamizelek zewnętrznych dla służb specjalnych „FIGHTER” – ostrzał 7, 62 mm pociskami z rdzeniem ołowianym o prędkości uderzenia 420^{+15} m/s wyrzeliwanymi z pistoletu wz. 33 TT – 3 klasa kuloodporności wg PN-V-87000:1999 [11]



Rys. 11. Odształcenia podłoża badawczego podczas badań kuloodporności poszczególnych części kamizelek zewnętrznych dla służb specjalnych „FIGHTER” – ostrzał 7,62 mm pociskami z rdzeniem stalowym PS o prędkości uderzenia 710^{+20} m/s wystrzeliwanymi z 7,62 mm kbk AKM – 4 klasa kuloodporności wg PN-V-87000:1999 [11]

2. 2. 3. Omówienie wyników badań odporności balistycznej kamizelek

Z przeprowadzonych badań kuloodporności dwóch unowocześnionych kamizelek kuloodpornych wynika, że:

- żadna z części tych kamizelek nie uległa przebicciu pociskami, dla których zaplanowano ich odporności balistyczne [10, 11];

- dla części kamizelek z zwiększonej odporności balistycznej „WARRIOR” uzyskano przy ostrzale określonymi rodzajami pocisków następujące zakresy głębokości wgniecenia podłoża (ryś. 6÷9) [10]:

- 10÷22 mm – 7, 62 mm pociskami z rdzeniem ołowianym o prędkości uderzenia 420^{+15} m/s wystrzeliwanymi z pistoletu wz. 33 TT – 3 klasa kuloodporności wg PN-V-87000:1999. Uzyskano zmniejszenie głębokości wgniecenia podłoża (odkształcenia części badanych kamizelek) w zakresie 45÷75 % w stosunku do wielkości 40 mm dopuszczalnej normą;

- 13÷24 mm – 9 mm pociskami FMJ z III A klasy kuloodporności NIJ Standard 0101.04. Metodyka badań wg PN-V-87000:1999. Uzyskano zmniejszenie głębokości wgniecenia podłoża (odkształcenia części badanych kamizelek) w zakresie 40÷67,5 % w stosunku do wielkości 40 mm dopuszczalnej PN-V-87000:1999;

- 19÷36 mm – 0,44 cal. pociskami Magnum z III A klasy kuloodporności NIJ Standard 0101.04. Metodyka badań wg PN-V-87000:1999. Uzyskano zmniejszenie głębokości wgniecenia podłoża (odkształcenia części badanych kamizelek) w zakresie 10÷52,5 % w stosunku do wielkości 40 mm dopuszczalnej PN-V-87000:1999;

- 3÷7 mm – 7,62 mm pociskami z rdzeniem stalowym PS o prędkości uderzenia 710^{+20} m/s wystrzeliwanymi z 7,62mm kbk AKM w obrębie dodatkowych wkładów balistycznych – 4 klasa kuloodpor-

ności wg PN-V-87000:1999. Uzyskano zmniejszenie głębokości wgniecenia podłoża (odkształcenia części badanych kamizelek) w zakresie 82,5÷92,5 % w stosunku do wielkości 40 mm dopuszczalnej normą;

- dla części kamizelek zewnętrznych dla służb specjalnych „FIGHTER” uzyskano przy ostrzale określonymi rodzajami pocisków następujące zakresy głębokości wgniecenia podłoża (ryś. 6÷9) [11]:

- 12÷21 mm - 7, 62 mm pociskami z rdzeniem ołowianym o prędkości uderzenia 420^{+15} m/s wystrzeliwanymi z pistoletu wz. 33 TT – 3 klasa kuloodporności wg PN-V-87000:1999. Uzyskano zmniejszenie głębokości wgniecenia podłoża (odkształcenia części badanych kamizelek) w zakresie 47,5÷70 % w stosunku do wielkości 40 mm dopuszczalnej normą;

- 4÷7 mm - 7,62 mm pociskami z rdzeniem stalowym PS o prędkości uderzenia 710^{+20} m/s wystrzeliwanymi z 7,62mm kbk AKM w obrębie dodatkowych wkładów balistycznych – 4 klasa kuloodporności wg PN-V-87000:1999. Uzyskano zmniejszenie głębokości wgniecenia podłoża (odkształcenia części badanych kamizelek) w zakresie 82,5÷90 % w stosunku do wielkości 40 mm dopuszczalnej normą.

Wnioski

1. Przedstawiono propozycję ITB „Moratex” unowocześnienie trzech aktualnie użytkowanych kamizelek kuloodpornych, tj.: lekkiej na mundur LAW ENFORCEMENT, o zwiększonej odporności balistycznej „WARRIOR” i zewnętrznej dla służb specjalnych „FIGHTER”.

2. Unowocześnienie to polega na zastosowaniu w kamizelkach: nowej formy konstrukcyjnej ich poszyć, a także dla dwóch z nich doposażeniu we wkłady przeciwwięgiciowe obniżające strzałkę ugięcia

(zmniejszające uraz ciała człowieka), materiały dystansowe polepszające komfort użytkowania oraz w lekkie kompozytowe płyty kuloodporne, podwyższające miejscowo odporność balistyczną kamizelek.

3. Materiały i elementy dodatkowe zastosowane w opracowanych konstrukcjach kamizelek zostały poddane laboratoryjnym badaniom metrologicznym z wynikiem pozytywnym, bądź ich właściwości zostały potwierdzone stosownymi certyfikatami.

4. Wyniki badań laboratoryjnych odporności balistycznej dwóch opracowanych rozwiązań konstrukcyjnych unowocześnionych kamizelek kuloodpornych, które należało poddać takim badaniom są pozytywne dla wszystkich zaprojektowanych rodzajów pocisków dla poszczególnych części kamizelek w aspekcie zarówno braku przebić, jak i znaczącego obniżenia głębokości wgniecenia podłoża w stosunku do wielkości wymaganej PN-V-87000:1999.

5. Kamizelki kuloodporne: o zwiększonej odporności balistycznej „WARRIOR” i zewnętrzna dla służb specjalnych „FIGHTER” mogą być wyposażone w lekkie polietylenowe płyty kompozytowe umieszczone nie tylko w kieszeniach części przednich, ale również w kieszeniach części tylnych chroniąc użytkowników, w ich obrębie, przed 7,62 mm pociskami z rdzeniem stalowym PS o prędkości uderzenia 710^{+20} m/s wystrzeliwanymi z 7,62mm kbk AKM – 4 klasa kuloodporności wg PN-V-87000:1999.

6. Wszystkie rodzaje unowocześnionych kamizelek kuloodpornych znalazły już swoich odbiorców.

7. Kamizelka o zwiększonej odporności balistycznej „WARRIOR” została nagrodzona medalem w konkursie INNOWACJE 2008 na 4 Targach Techniki Przemysłowej, Nauki i Innowacji „Technicon – Innowacje”, Gdańsk 2008.

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 projektu badawczego nr 0 T00036 20: Wpływ rodzaju surowca włókienniczego, struktury tkackiej oraz sposobu wykończenia na właściwości maskowania w zakresie widzialnym i podczerwonym. ITWW „Moratex”, Łódź, 2003.
4. Sprawozdanie z realizacji pracy badawczej nr 08.023.02.00.90. (częściowe) Opracowanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych, surowcowych i technologicznych nowych wyrobów o przeznaczeniu specjalnym. ITB „Moratex”, Łódź, 2008.
5. Raport z badań nr 266/2008. ITB „Moratex”, 2008, niepublikowane.
6. Raport z badań nr 50/2007. ITB „Moratex”, 2007, niepublikowane.
7. Raport z badań nr 265/2008. ITB „Moratex”, 2008, niepublikowane.
8. Wyniki z badań współczynnika reemisji dla koloru oliwkowo-zielonego. Dane ze sprawozdania z realizacji projektu badawczego nr 0 T00036 20. ITB „Moratex”, wyciąg 2008, niepublikowany.
9. Charakterystyka widmowa (reemisja) w zakresie 400-1100 nm dla próbki 548 w kolorze zielonym. PASAMON, Bydgoszcz, 2008, niepublikowane.
10. Raport z badań nr 029/2008W. ITB „Moratex”, 2008, niepublikowane.
11. Raport z badań nr 025/2008U. ITB „Moratex”, 2008, niepublikowane.

Promocja osiągnięć naukowych ITB MORATEX w 2008 r.

Iwona Dusio-Kraska

Stanisław Martynow

Instytut Technologii Bezpieczeństwa „Moratex”, Łódź

W 2008r ITB „Moratex” uczestniczył w międzynarodowych targach specjalistycznych oraz wystawach wynalazków i innowacji, na których promował wyniki działalności naukowej i wynalazczej, zyskując najwyższe oceny prezentowanych osiągnięć. Były to następujące projekty wystawiennicze w kraju i za granicą:

Giełda Wynalazków Nagrodzonych w 2007 roku, 10 – 15 marca 2008 r., Warszawa

W dniach 10-15 marca 2008 r. w Warszawie odbyła się „Giełda Wynalazków” nagrodzonych na międzynarodowych wystawach wynalazczości w 2007 roku. Na tej organizowanej co roku wystawie eksponowane są polskie wynalazki nagrodzone na najbardziej znanych światowych wystawach wynalazków organizowanych w różnych krajach na całym świecie. Jury konkursowe ocenia przedstawione wynalazki i najbardziej wartościowe opracowania nagradza Nagrodą Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego lub innymi nagrodami związanymi z wynalazczością.

ITB „Moratex” wziął udział w giełdzie eksponując wyniki prac naukowo-badawczych. Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego nagrodził następujące wynalazki prezentowane przez Instytut:

- zestaw dla strzelca wyborowego
- przestrzenna elastyczna osłona balistyczna
- wielofunkcyjna osłona balistyczna
- wkładka chłodząca do hełmu

Międzynarodowe Targi Wynalazków w Genewie, 02 – 06 kwietnia 2008 r., Genewa

Jest to jedna z najbardziej znanych w świecie coroczna wystawa wynalazków i innowacji, na której prezentowane są wyniki prac naukowo-badawczych i opracowań nowoczesnych technologii z różnych dziedzin nauki i gospodarki z całego świata. ITB „Moratex” prezentował na targach osobisty zestaw kuloodporny, który spotkał się z dużym zainteresowaniem zwiedzających i został nagrodzony Brązowym medalem.

Międzynarodowe Targi Zabezpieczeń „SECUREX”, 22 – 25 kwietnia 2008 r., Poznań

Targi „SECUREX” to największe targi branży zabezpieczeń w Polsce, organizowane w cyklu dwuletnim w Poznaniu. W bieżącym roku wzięło w nich udział 216 wystawców z 18 krajów prezentując nowoczesne opracowania wyrobów przeznaczonych dla firm, które zajmują się usługami w zakresie ochrony osób i mienia. ITB „Moratex” jako jedyny wystawca prezentował nowoczesne rozwiązania osobistych osłon balistycznych takich jak kamizelki i hełmy kuloodporne przeznaczone dla służb konwojowych, ochrony mienia i porządku publicznego oraz najnowsze konstrukcje kompletów przeciwwuderzeniowych. Eksponowane wyroby spotkały się z wyjątkowo dużym zainteresowaniem gości targowych takich jak policja, agencje detektywistyczne, ochrony konwojów, poczta, banki, służby więzienne, służby celne oraz organizacje związane z bezpieczeństwem publicznym.

Festiwal Nauki, Techniki i Sztuki, 22 – 23 kwietnia 2008 r., Łódź

W 2008 roku ten coroczny Festiwal został zorganizowany po raz ósmy i spotkał się z dużym zainteresowaniem środowiska naukowego, przemysłowego i gospodarczego. Podczas Festiwalu przedstawiciele stowarzyszeń naukowo-technicznych, wynalazczych, jednostek naukowo-badawczych, wyższych uczelni i przemysłu przedstawili wyniki prac naukowo-badawczych oraz omówili szereg problemów związanych z różnymi dziedzinami gospodarki w znacznym stopniu dotyczącymi regionu łódzkiego. Przedstawiciele ITB „Moratex” wystąpili z cyklem prezentacji dotyczących nowoczesnych rozwiązań osłon balistycznych i przeciwwuderzeniowych oraz innych prac prowadzonych w Instytucie. Przedstawiona tematyka związana z wykorzystaniem technologii włókienniczych w wytwarzaniu wyrobów specjalnego przeznaczenia spotkała się z dużym zainteresowaniem uczestników Festiwalu.

Wystawa Tekstylnych Innowacji Technologicznych, 17 maja 2008 r., Łódź

Wystawa zorganizowana została podczas obrad Europejskiego Stowarzyszenia Wspólnot Tekstylnych (ACTE) w Łodzi. W konferencji wzięli udział przedstawiciele krajów Unii Europejskiej. Przedmiotem obrad były najnowsze osiągnięcia w przemyśle włókienniczym. Zilustrowaniem tej tematyki była zorganizowana przez ITB „Moratex” wystawa najnowocześniejszych opracowań w zakresie nowatorskich rozwiązań tekstylnych, przedstawiająca różnorodność zastosowania wyrobów włókienniczych. Zaprezentowano nowoczesne rozwiązania osobistych osłon balistycznych i przeciwuderzeniowych, które spotkały się z dużym zainteresowaniem uczestników spotkania.

Międzynarodowa Wystawa Wynalazków IWIS 2008, 4-5 czerwca 2008 r., Warszawa

W wystawie wzięły udział jednostki naukowo-badawcze, wyższe uczelnie, jednostki innowacyjno-wdrożeniowe oraz inne przedsiębiorstwa przedstawiając swój dorobek wynalazczy z zakresu różnych dziedzin gospodarki. ITB „Moratex” eksponował osobisty zestaw kuloodporny, który spotkał się z dużym zainteresowaniem Jury konkursowego i został nagrodzony **Złotym medalem**.

Salon „Nauka dla Gospodarki”, 9-12 czerwca 2008 r., Poznań

Salon organizowany jest, co roku podczas największej polskiej imprezy wystawienniczej – targów

ITM Polska w Poznaniu. W tej prestiżowej wystawie wzięły udział wyższe uczelnie oraz jednostki naukowo-badawcze z różnych krajów, prezentując dorobek naukowy i wynalazczy, który może być zastosowany w różnych dziedzinach nauki i gospodarki. ITB „Moratex” eksponował osobisty zestaw kuloodporny, kamizelki i hełmy kuloodporne oraz kamizelki kulo-, nożo- i igłoodporne. Wyroby te zostały wysoko ocenione przez Jury konkursowe, a szczególnie osobisty zestaw kuloodporny, który został nominowany do **Złotego Medalu Międzynarodowych Targów Poznańskich**. Stoisko ITB „Moratex” odwiedził wicepremier Waldemar Pawlak interesując się wyrobami i działalnością Instytutu.

Międzynarodowe Targi Techniki Wojskowej BALT MILITARY EXPO 2008, 25-27 czerwca 2008 r., Gdańsk

W targach wzięły udział jednostki naukowo-badawcze, wyższe uczelnie i przedsiębiorstwa prowadzące badania naukowe i opracowujące wyroby służące bezpieczeństwu i obronności kraju. Instytut eksponował kamizelki i hełmy kuloodporne przeznaczone dla wojska, marynarki, policji i straży granicznej, osobisty zestaw kuloodporny, zestaw dla pirotechnika oraz wyroby dla gospodarki morskiej i służb ratowniczych. Ekspozycja ITB „Moratex” spotkała się z dużym zainteresowaniem przedstawicieli marynarki wojennej, straży granicznej, straży miejskiej, służb więziennictwa i agencji detektywistycznych, którzy z uznaniem wyrażali się o wyrobach Instytutu.



Wspólne stoisko MSWiA i ITB „Moratex” na Międzynarodowym Salonie Przemysłu Obronnego MSPO 2008 w Kielcach
Na zdjęciu: zastępca Dyrektora ds. Naukowych ITB „Moratex” dr hab. inż. Marcin Struszczyk i kierownik Zakładu Certyfikacji ITB „Moratex” mgr inż. Elżbieta Solińska

Międzynarodowy Salon Przemysłu Obronnego MSPO 2008, 8-11 września 2008 r., Kielce

Salon MSPO organizowany, co roku w Kielcach jest największą w Polsce imprezą wystawienniczą przemysłu obronnego. W bieżącym roku w Salonie wzięło udział około 400 wystawców z ponad 20

krajów, którzy zaprezentowali najnowsze osiągnięcia nauki i techniki przeznaczone dla potrzeb obronności kraju oraz służb bezpieczeństwa publicznego. ITB „Moratex” uczestniczył w Salonie na stoisku wspólnym z Ministerstwem Spraw Wewnętrznych i Administracji, koncentrując swoje



Na zdjęciu, od lewej: Dyrektor ITB „Moratex” dr inż. Elżbieta Witczak, Dyrektor Biura Logistyki Komendy Głównej Policji podinsp. Tomasz Kowalczyk, zastępca Komendanta Głównego Policji nadinsp. Henryk Tusiński

działania promocyjne na badaniach prowadzonych w Laboratorium Badań Balistycznych, Laboratorium Badań Metrologicznych oraz działalności certyfikacyjnej Zakładu Certyfikacji Wyrobów. Zakresy i możliwości badawcze i usługowe wymienionych komórek zostały przedstawione na planszach. Na stoisku prezentowane były również opracowane w Instytucie nowatorskie rozwiązania osobistych osłon balistycznych i przeciwuderzeniowych oraz materiały włókiennicze nowej generacji służące do maskowania i chroniące przed napalmem. Prezentowane wyroby spotkały się z dużym zainteresowaniem zwiedzających.

Międzynarodowa Wystawa Nowych Pomysłów, Produktów i Technologii ARCA 16-21 września 2008 r., Zagrzeb

W wystawie uczestniczyły instytuty badawcze i przedsiębiorstwa przemysłowe eksponując wynalazki z różnych dziedzin. ITB „Moratex” wziął udział we wspólnym stoisku zorganizowanym przez Stowarzyszenie Polskich Wynalazców i Racjonalizatorów.

Ekspozowany przez Instytut odzieżowy zestaw maskujący nowej generacji spotkał się z wysoką oceną Jury i został nagrodzony **Złotym medalem**.

Międzynarodowa Wystawa Wynalazków INST, 25-28 września 2008 r., Taipei

ITB „Moratex” wziął udział we wspólnym stoisku zorganizowanym przez Stowarzyszenie Polskich Wynalazców i Racjonalizatorów eksponując odzieżowy zestaw maskujący nowej generacji nagrodzony przez Jury konkursowe **Srebrnym medalem**.



Targi „Technicon Innowacje 2008”, 21-23 października 2008 r., Gdańsk

W dniach 21-23 października 2008 r. odbyły się w Gdańsku Targi Techniki Przemysłowej, Nauki i Innowacji **Technicon – Innowacje 2008**, na których instytuty naukowe, ośrodki badawczo-rozwojowe oraz wyższe uczelnie prezentowały wynalazki, innowacje i nowe technologie opracowane dla potrzeb różnych dziedzin gospodarki. ITB „Moratex” przedstawił nowe rozwiązania konstrukcyjne osobistych osłon balistycznych, w tym nowatorskie opracowania kamizelek kuloodpornych. Wyroby eksponowane przez ITB „Moratex” spotkały się z dużym zainteresowaniem zwiedzających i zostały wysoko ocenione przez Jury Konkursowe, które opracowaną w Instytucie kamizelkę kuloodporną o zwiększonej odporności balistycznej „WARRIOR” nagrodziło **Medalem INNOWACJE 2008**.



Międzynarodowa Wystawa Wynalazków „Inventor Festival”, 16-20 października 2008 r., - Suz Hou - Chiny

W dniach 16-20 października 2008r. w Chinach została zorganizowana jedna z największych w świecie wystawa wynalazków „Inventor Festival” Na

wystawie eksponowane były wynalazki i innowacje z różnych dziedzin nauki i gospodarki z całego świata. ITB „Moratex” uczestniczył w wystawie na zbiorczym polskim stoisku zorganizowanym przez Stowarzyszenie Polskich Wynalazców i Racjonalizatorów. Instytut prezentował kamizelkę kulo-, nożo- i igłoodporną, która została nagrodzona **Srebrnym medalem**.



Światowa Wystawa Innowacji Technologicznych BRUSSELS EUREKA 2008, 13-15 listopada 2008 r., Bruksela

Wystawa EUREKA, jest jedną z największych i najdłużej organizowanych na świecie wystaw wynalazków i innowacji obejmujących swoim zakresem różne dziedziny gospodarki i nauki.

W tej wielkiej imprezie wystawienniczej biorą udział wyższe uczelnie, jednostki naukowo-badawcze i przedsiębiorstwa przemysłowe z całego świata.

ITB „Moratex” w bieżącym roku eksponował na polskim stoisku zorganizowanym przez Stowarzyszenie Polskich Wynalazców i Racjonalizatorów odzieżowy zestaw maskujący nowej generacji, który został wysoko oceniony przez Jury konkursowe i nagrodzony **Złotym medalem**.

Alfabet Wynalazków

Zofia Przybylska

Instytut Technologii Bezpieczeństwa „Moratex”, Łódź

Kontynuując rozpoczęty w poprzednim numerze „autorski” wybór otaczających nas wynalazków różnego typu przedstawiam:

Elektrownia wodna

Elektrownia wodna produkuje prąd elektryczny wykorzystując energię spadku wody - najczęściej na zaporach wodnych, gdzie woda przepływając z wyższego poziomu na niższy porusza turbiny

wodne sprzężone z prądnicami. Osiągnięta górna granica spadku wynosi około 2 tysiące metrów.

Pierwszą na świecie elektrownię wodną zbudował w roku 1869 francuz Aristide Berges, którego fabryka papieru znajdowała się w Alpach nad brzegiem strumienia, zaś pierwsza większa elektrownia powstała przy wodospadzie Niagara w 1895 roku.

Największą elektrownię świata – Itaipu, wytwarzającą 13 320 megawatów energii, uruchomiono w 1984 roku na zaporze na rzece Parana.

Freon

Freony to związki chemiczne węgla z fluorem i chlorem, odkryte około 1920 roku, a na szeroką skalę wprowadzone do produkcji zaledwie dziesięć lat później. Freon zastosowano jako „bezpieczną alternatywę” środków chłodzących jak amoniak oraz dwutlenek siarki, stosowanych do tej pory w urządzeniach klimatyzacyjnych. Jest to związek bardzo trwały, nietoksyczny i chemicznie stabilny ale raz uwolniony może przebywać w atmosferze ponad sto lat. Freony zaczęto szeroko stosować oprócz instalacji chłodniczych (31% całego zastosowania freonów) i produkcji spienionych tworzyw sztucznych (28%), również jako gaz napędowy do pojemników ciśnieniowych (tylko do dezodorantów 24% całego zastosowania). Poza tym używany był również do produkcji rozpuszczalników, preparatów do mycia urządzeń elektronicznych, do odfuszczenia w urządzeniach klimatyzacyjnych, oraz w przemyśle motoryzacyjnym jako dodatek do lakierów.

Okazało się jednak, że przy odpowiednim nasłonecznieniu, uwolniony do atmosfery freon jest zabójczy dla warstwy ozonowej, która chroni nas przed nadmiernym i szkodliwym promieniowaniem UV. Chlor, który jest składnikiem freonu wchodzi w reakcję łańcuchową (do stu tysięcy razy!) z ozonem, redukując go do zwykłego tlenu. Pierwsze wzmianki o dziurze ozonowej pochodzą z lat 50 - tych. Od 1977 roku oficjalnie są podawane wartości stężenia ozonu, natomiast w 1985 roku ogłoszono, że zawsze w czasie arktycznej wiosny (sierpień, wrzesień, październik), następuje ubytek do 90% warstwy ozonowej nad Antarktydą, co powoduje m.in. tzw. „efekt cieplarniany”. Od 1991 roku w Polsce istnieje całkowity zakaz używania freonów.

Gwizdek

Generator akustyczny, który nie posiada elementów ruchomych, zamieniający energię strumienia gazu lub cieczy w energię drgań akustycznych. Najbardziej popularny jest niskociśnieniowy gwizdek ustny, używany najczęściej w celach sygnalizacyjnych.

Gwizdki były znane już we wczesnym paleolicie. Używano ich w starożytnych Chinach żeby ostrzegać mieszkańców miast przed najazdem Mongołów. Znano je również w Egipcie - wyrabiano z rosnącego wzdłuż Nilu papirusu.

Popularność gwizdka wzrosła wraz z rozwojem rozgrywek sportowych. Pierwszy gwizdek, który był

użyty przez piłkarskiego arbitra, został wyprodukowany w 1868 roku.

Bardzo prędko gwizdek przyjął się w policji - zamiast dotychczasowej kołatki, a jego specjalna wersja o zmniejszonych rozmiarach komory rezonansowej (wytwarzająca niesłyszalne dla człowieka dźwięki w zakresie ultradźwięków 20 - 30 kHz), jest używana do wydawania w sposób skryty komend specjalnie wyszkolonym psom policyjnym.

Hartowanie

Jeden z rodzajów obróbki cieplnej, polegający na nagrzewaniu materiału do odpowiedniej temperatury, wygrzaniu w tej temperaturze, a następnie szybkim chłodzeniu, w której następują przemiany strukturalne materiału prowadzące do zwiększenia jego twardości. Hartowaniu poddaje się głównie wyroby ze stali, różnych stopów metali jak również materiały niemetalowe, np. szkło.

Umiejętność hartowania jest znana od bardzo dawna, o czym świadczą wyniki analizy metaloznawczej w wielu wyrobach znalezionych na terenach zamieszkiwanych przez stare cywilizacje. Najstarsze z nich to nóż z grobowca Tutenchamona w Egipcie z około 1350 roku p.n.e. oraz dwa noże z 1200 roku p.n.e., również z Egiptu, których ostrza zostały nawęglone i zahartowane w wodzie. Przez wiele wieków otrzymanie dobrej stali w wyniku hartowania przypisywano siłom nadprzyrodzonym, jakości wody lub stosowaniu specjalnych receptur. Arabska receptura z IX wieku p.n.e. nakazywała „...nagrzewać miecz tak długo, dopóki nie nabierze barwy wschodzącego słońca na pustyni, następnie studzić go do barwy cesarskiej purpury przez wbicie w ciało niewolnika” ponieważ „...” siła niewolnika przechodzi w miecz i nadaje mu niezwykłą twardość”.

W 1772 roku E. Reaumur jako pierwszy wypowiedział pogląd, że obróbkę cieplną stali należy tłumaczyć zmianami w jej budowie wewnętrznej. Pogląd ten potwierdzony został w latach trzydziestych XIX wieku w oparciu o mikroskopowe badania struktury stali. Dopiero odkrycie pod koniec XIX wieku krytycznych temperatur, w których zachodzą wewnętrzne przemiany przejawiające się zmianą struktury, a więc i właściwości stali, stało się podstawą racjonalnego przeprowadzania obróbki cieplnej w ścisłych granicach temperaturowych, zależnych od składu chemicznego stali i oparcie obróbki cieplnej na naukowych podstawach.

Ciąg dalszy nastąpi.

Rzecznik Patentowy
mgr inż. Zofia Przybylska

Zakład Certyfikacji Wyrobów

Instytut Technologii Bezpieczeństwa „Moratex”, Łódź

WITB „MORATEX” działa od 2000 roku. Zakład Certyfikacji Wyrobów posiadający akredytację Polskiego Centrum Akredytacji AC 097.

Zakres certyfikacji obejmuje odzież roboczą, ochronną, sprzęt ochronny, wyroby techniczne, wyroby medyczne klasy I oraz wyroby tekstylne powszechnego użytku. Zakład wdrożył i utrzymuje system jakości zgodny z wymaganiami normy PN-EN 45011:2000 „Wymagania ogólne dotyczące jednostek prowadzących systemy certyfikacji wyrobów, co gwarantuje profesjonalizm w prowadzeniu procesów certyfikacji”, co gwarantuje profesjonalizm w prowadzeniu procesów certyfikacji.

Certyfikacja zgodności prowadzona jest w oparciu o normy krajowe, zagraniczne, dyrektywy lub inne dokumenty normatywne wskazane przez dostawcę.

Aktualnie priorytetem działalności Zakładu jest ocena zgodności wyrobów przeznaczonych na potrzeby bezpieczeństwa państwa stosowanych w jednostkach organizacyjnych podległych i/lub nadzorowanych przez Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji tj. Komendzie Głównej Policji, Straży Granicznej i Biurze Ochrony Rządu zgodnie z Ustawą z dnia 17 listopada 2006 r. o systemie oceny zgodności wyrobów przeznaczonych na potrzeby obronności i bezpieczeństwa państwa.

Zakład Certyfikacji Wyrobów posiada akredytację MSWiA nr CA-OiB-004.01/2008. Zakres certyfikacji OiB obejmuje grupy wyrobów umieszczone w Rozporządzeniu MSWiA z dnia 25 września 2007 r. w sprawie szczegółowego sposobu prowadzenia oceny zgodności wyrobów przeznaczonych na potrzeby bezpieczeństwa państwa. Są to takie wyroby jak środki ochrony skóry (filtracyjna i barierowa odzież ochronna), sprzęt i środki ochrony balistycznej (kamizelki ochronne – kuloodporne, odłamkoodporne, nożoodporne, igłoodporne i inne, hełmy ochronne, osłony ochronne, ochrony przeciwuderzeniowe), sprzęt pirotechniczny oraz przedmioty zaopatrzenia mundurowego. Zakład Certyfikacji Wyrobów udziela też w trybie dobrowolnym certyfikatów dla materiałów stosowanych na wyżej wymienione wyroby.

Zakład Certyfikacji Wyrobów posiada autoryzację Ministra Gospodarki do prowadzenia zgodności środków ochrony indywidualnej wymaganiami dyrektywy Rady 89/686/EWG.

Znaki potwierdzające bezpieczeństwo wyrobów

Zakład Certyfikacji Wyrobów opracował również kryteria oceny i własne znaki graficzne potwierdzające ekologię procesów wytwarzania oraz bezpieczeństwo użytkowania wyrobów tekstylnych.

Znakami mogą być oznaczane wyroby, które nie stwarzają żadnego zagrożenia dla człowieka i środowiska lub stwarzają znikome, dające się pogodzić ze zwykłym używaniem wyrobu zgodnie z jego przeznaczeniem.

Przy ocenie bezpieczeństwa i ekologii wyrobu uwzględnia się:

- zastosowane surowce,
- ekologiczność procesu wytwarzania,
- konstrukcję wyrobu,
- oddziaływanie na organizm dziecka,
- poziom zawartości substancji szkodliwych,
- komfort użytkowania,
- sposób oznakowania oraz informacje o konserwacji wyrobu,
- warunki techniczno-organizacyjne producenta, umożliwiające prowadzenie stabilnej produkcji i przyjaznej dla środowiska produkcji wyrobu.

Oznaczenie jest potwierdzeniem, że:

- surowce użyte do produkcji nie stwarzają zagrożenia dla człowieka,
- do produkcji wyrobu dla dzieci użyto odpowiednich dla wieku dziecka surowców,
- proces wykończenia zapewnia minimalną zawartość szkodliwych substancji chemicznych,
- konstrukcja wyrobu gwarantuje komfort użytkowania i prawidłowy rozwój dziecka.

Certyfikaty ITB MORATEX potwierdzają:

- wiarygodność producentów,
- zgodność z przepisami prawnymi,
- bezpieczeństwo produktów dla człowieka i środowiska.

e-mail: itb@moratex.eu

www.moratex.eu

tel.: 042 633 85 97

¹ Ustawa z dnia 12 grudnia 2003 r. o ogólnym bezpieczeństwie produktów



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



PROJEKT Nr POIG.01.03.01-10-005/08

„Nowoczesne balistyczne ochrony osobiste
oraz zabezpieczenia środków transportu i obiektów stałych
wykonane na bazie kompozytów włóknistych”

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ UNIĘ EUROPEJSKĄ
Z EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO

Projekt realizowany jest przez Konsorcjum Naukowe
w skład którego wchodzi następujące podmioty:

- Lider Projektu /Beneficjent
- Instytut Technologii Bezpieczeństwa „MORATEX” w Łodzi
- Partnerzy Naukowi:
 - Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia w Zielonce
 - Centralny Instytut Ochrony Pracy PIB w Warszawie
 - Politechnika Łódzka – Katedra Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji w Łodzi

Więcej informacji na temat realizowanego Projektu można znaleźć na stronie
<http://kompozyty.poig.eu>