

Obecne i przyszłe trendy rozwojowe włókienniczych wyrobów balistycznych, cz. 2

M. H. Struszczyk, M. Łandwajt, M. Olejnik

Instytut Technologii Bezpieczeństwa "MORATEX"

1. Ocena technologii włókienniczych wyrobów balistycznych z punktu widzenia skali koniecznych nakładów na realizację badań i wdrożenia, skalę korzyści wdrożenia do praktyki oraz ewentualnych barier ograniczających badania i wdrożenie.

Oslony balistyczne wymagają, w procesie projektowym, kompleksowej weryfikacji parametrów związanych z ich funkcjonalnością oraz bezpieczeństwem. Funkcjonujące obecnie dokumenty normatywne w zakresie wymagań dla balistycznych wyrobów włókienniczych zostały wprowadzone na przełomie wieku i stanowią state-of-the-art na ten okres. Nie odnoszą się one do obecnego stanu techniki oraz przewidywanego rozwoju technologii w przyszłości. Dotyczy to także wprowadzonych w 2011 r. nowych edycji norm polskich, które stanowią jedynie próbę przeniesienia na grunt polski pewnych aspektów opisanych w dokumentach normatywnych NIJ.

"Część artykułu stanowi rozdział z nieopublikowanego RAPORTU Z BADAŃ W OBSZARZE TECHNOLOGICZNYM T8. Specjalne włókiennicze wyroby techniczne, Projekt Foresight Nowoczesne Technologie dla Włókiennictwa. Szansa dla Polski, 2010"



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Artykuł powstał jako rezultat prac w ramach projektu typu foresight pt. „Nowoczesne technologie dla włókiennictwa. Szansa dla Polski” nr umowy UDA-01.01.01-00-005/09 współfinansowanego przez Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego

W tabelach 1a i 1b przedstawiono najczęściej stosowane obecnie dokumenty normatywne dotyczące osobistych ochron balistycznych oraz opancerzeni/doopancerzeń środków transportu.

Głównymi przyczynami wprowadzania zmian w zakresie dokumentów normatywnych oraz specyfikacji technicznych wyrobów balistycznych są [8]:

- wprowadzanie nowoczesnych i innowacyjnych surowców/materiałów balistycznych,
- rozwój technologii kompozytowych,
- coraz lepsze zrozumienie zmian zachodzących w właściwościach balistycznych materiałów włókienniczych w czasie przechowywania, konserwacji i użytkowania,
- zwiększony stopień zagrożeń wynikających z ataków terrorystycznych,
- możliwość opisu oraz symulacji zjawisk zachodzących przy ostrzale materiałów balistycznych,

Tabela 1a. Aktualne dokumenty normatywne z obszaru osobistych ochron balistycznych

Dokumenty normatywne NATO	Normy polskie	Dokumenty normatywne USA	Dokumenty normatywne w Wlk. Brytanii	Normy międzynarodowe	Normy europejskie
STANAG 2920 - Ballistic Test Method for Personal Armour Materials and Combat Clothing	PN-V-87000:2011 Osłony balistyczne lekkie - Kamizelki kulo- i odłamkooodporne - Wymagania ogólne i badania	Ballistic Resistance of Body Armor NIJ Standard-0101.06 [1]	HOSDB Body Armour Standards for UK Police (2007) Part 1: General Requirements [2]	- 1)	- 2)
STANAG 2911 - Design criteria for fragmentation protective body armour	PN-V-87001:2011 Osłony balistyczne lekkie -- Helmy ochronne odłamkowo- i kuloodporne - Wymagania ogólne i badania	Stab Resistance of Personal Body Armor NIJ Standard-0115.00 [3]	HOSDB Body Armour Standards for UK Police (2007). Part 2: Ballistic Resistance [4]		
STANAG 2902 - Criteria for a NATO combat helmet		Ballistic Helmets, NIJ Standard – 0106.01 [5]	HOSDB Body Armour Standards for UK Police (2007). Part 3: Knife and Spike Resistance [6]		

¹⁾ – projekt normy ISO/FDIS 14876 Protective clothing – body armor został wycofany z dalszych prac,

²⁾ – obecnie trwają prace nad normą europejską w ramach Komitetu Technicznego CEN/TC 162/WG 5/PG 5 (projekt normy prEN XXXX, Protective clothing - Body armour)

Tabela 1b. Aktualne dokumenty normatywne z obszaru opancerzeń/dopancerzeń środków transportu

Dokumenty normatywne NATO	Normy polskie	Dokumenty normatywne USA	Dokumenty normatywne w Europie i na Świecie	Normy europejskie
STANAG 4164 Test Procedures for Armour Perforation Tests of Anti-Armour Ammunition	PN-EN 1522:2000 Okna, drzwi, żaluzje i zasłony. Kuloodporność. Wymagania i klasyfikacja.	Ballistic Resistant Protective Materials, NIJ Standard-0108.01 [13]	BRV 1999 Spezifikation für Angriffshemmende Fahrzeuge -Durchschusshemmende Fahrzeuge- Anforderungen, Klasseneinteilung, Prüfverfahren, Prüfmittel u. Zertifizierung, Rev. 29.10.02	EN 1063 2000 Glass in building. Security glazing. Testing and classification of resistance against bullet attack.
STANAG 4569 Protection Levels for Occupants of Logistic and Light Armoured Vehicles, 2004	PN-EN 1523:2000 Okna, drzwi, żaluzje i zasłony. Kuloodporność. Metody badań.	Mil-A-46100D 1986 Military Specification Armor Plate, Steel, Wrought, High Hardness	VPAM BRV 2009 Stand: 14.05.2009 Prüfrichtlinie Sondergeschützte Fahrzeuge - Anforderungen, Klassifizierungen und Prüfverfahren -	
STANAG 2920 NATO - Military Agency for Standardization (MAS) Ballistic Test Method for Personal Armour Materials and Combat Clothing	PN-EN 1063:2002 „Szkło w budownictwie. Bezpieczne oszklenia – Badania i klasyfikacja odporności balistycznej na uderzenie pocisku”	Mil-A-12560H 1990 Military Specification Armor Plate, Steel, Wrought, Homogeneous (for Use in Combat-Vehicles and for Ammunition Testing)	BS 5051 1988 Bullet-resistant glazing. Specification for glazing for interior use.	EN 1522:2000 Windows, Doors, Shutters and Blinds - Bullet Resistance - Requirements and Classification
AEP-55 Volume 1 (Edition 1) Feb. 2005 Procedures for Evaluating the Protection Levels of Logistic and Light Armoured Vehicles for KE and Artillery Threats		Mil-Std-662F 1997 USA Department of Defense - Test Method Standard	AS/NZS 2343 Australian and New Zealand Standard - Bullet Resistance Panels and Elements	

- konieczność zrozumienia i zidentyfikowania efektu traumy balistycznej i jej wpływu na narządy wewnętrzne,
- konieczność zapewnienia pełnej ochrony całej powierzchni ciała ludzkiego.

Analizując obecne tendencje w rozszerzeniu zakresu wymagań normatywnych można wymienić 6 podstawowych obszarów zmian:

1) opracowanie nowoczesnych metod analitycznych umożliwiających, m.in.:

a. ocenę wpływu czynników fizycznych oraz chemicznych (temperatura, promieniowanie UV oraz światła widzialnego, detergenty oraz substancje czyszczące) oraz sposobu użytkowania, jak także warunków przechowywania i konserwacji na funkcjonalność oraz bezpieczeństwo wyrobów balistycznych [10],

b. ocenę wpływu czynników biologicznych (bakterie, grzyby pleśniowe), działających także synergicznie, na funkcjonalność i bezpieczeństwo wyrobów balistycznych,

c. niedestrukcyjną ocenę bezpieczeństwa i funkcjonalności, w tym ocenę zmian strukturalnych, wywołanych na drodze chemicznej lub/i we właściwościach mechanicznych, zachodzących w czasie przechowywania, konserwacji oraz użytkowania wyrobów [10],

d. ocenę bezpieczeństwa w zakresie punktowego, wielokrotnego ostrzału wyrobu balistycznego [10],

e. wiarygodną i powtarzalną ocenę poziomu odporności balistycznej dzięki stosowaniu walidowalnych procedur badawczych.

2) ocenę innowacyjnych materiałów balistycznych.

Obecne tendencje w projektowaniu lekkich i ergonomicznych osłon balistycznych wymagają maksymalizacji powierzchni ochrony oraz zabezpieczenia nie tylko przed ostrzałem, ale także przekłuciem (bronią białą, ostrymi przedmiotami), czyli nadawania wyrobowi wielofunkcyjności. Powinno się więc dążyć do opracowania i wdrażania wielofunkcyjnych materiałów balistycznych o wysokiej elastyczności oraz maksymalnie obniżonej masie oraz odpornych na niekorzystny wpływ czynników zewnętrznych (fizycznych, chemicznych oraz biologicznych), działających także synergicznie. Wymaga to ciągłego wdrażania nowych normatywów odpowiednio klasyfikujących wyroby balistyczne (ze względu na funkcje oraz poziom odporności balistycznej), które zostały opracowane na bazie nowoczesnych surowców balistycznych. Projektując wyroby ochronne powinno dążyć się do uzyskania ochrony jak największej powierzchni ciała użytkownika. Obecny stan wiedzy pozwala jedynie na ograniczoną ochronę tylko najważniejszych organów wewnętrznych (ryzyko urazów letalnych), głównie

z powodu wysokiej sztywności paneli balistycznych oraz braku ich optymalnej układalności [9-10].

Integracja elementów tekstronicznych oraz sensorów w wyrobach balistycznych wymaga wprowadzenie nowych aspektów badawczych, głównie w zakresie weryfikacji funkcjonalności zintegrowanych z wyrobami systemów tekstronicznych.

3) ocenę komfortu użytkowania oraz wpływu konstrukcji na parametry fizjologiczne i psychologiczne użytkownika. Zwiększona ergonomia balistycznych ochron osobistych może zostać osiągnięta dzięki zastosowaniu innowacyjnych technologii materiałowych umożliwiających zminimalizowanie powierzchni bezpośredniego kontaktu wyrobu z ciałem użytkownika, stosowanie materiałów warstwowych o różnej funkcjonalności oraz systemów aktywnie regulujących temperaturę w warstwie kontaktującej się bezpośrednio do ciała użytkownika [10].

4) opracowanie walidowanych symulacji potencjalnych zagrożeń wynikających z urazów ciała/narządów wewnętrznych powstałych po ostrzale wyrobu, co znacząco wpłynie na bezpieczeństwo wyrobu [10].

5) ocenę jakości gotowych wyrobów oraz zachowania jednorodności w zakresie parametrów odpowiedzialnych za ich bezpieczeństwo i funkcjonalność. Stopień zaawansowania przyszłych technologii związany głównie z uzyskaniem wysokiej ekonomiczności procesu wytwórczego oraz jednorodności jakościowej wyrobu będzie wymagał wprowadzenie automatyzacji procesu oraz jego skrócenia do niezbędnego minimum.

6) wdrożenie systemu zarządzania ryzykiem w procesie projektowania, produkcji oraz okresie post-sprzedażnym.

1.1. Nakłady na prace badawczo-rozwojowe w obszarze włókienniczych wyrobów balistycznych

Obserwując obecne światowe tendencje rozwojowe można założyć, że nakłady związane z pracami badawczo-rozwojowymi nad nowymi konstrukcjami wyrobów balistycznych, w tym osobistych osłon balistycznych, będą rosły znacząco. Biorąc pod uwagę spełnienie jedynie obecnych wymagań normatywnych kwota na prace badawczo-rozwojowe powinna szacunkowo wzrosnąć od 3 do 5 razy (w zależności od stopnia zaawansowania wyrobu oraz ilości i stopnia zintegrowania systemów wspomagających).

Koszty wdrożenia, głównie związane z procesem automatyzacji produkcji, powinny wzrosnąć od 2 do 4 razy w stosunku do obecnych (szacowanych na minimalnym poziomie ok. 100 000 EUR dla wyrobu o nieskomplikowanej konstrukcji). Jednorazowe wprowa-

dzenie automatyzacji produkcji może wpłynąć w późniejszym czasie na zmniejszenie kosztów wdrożeń kolejnych wyrobów lub ich modyfikacji.

Oczywiście, poziom wzrostu kosztów będzie w głównej mierze zależny od stopnia zaawansowania technologicznego oraz dostępności parku technologicznego w ujęciu lokalnym, a nie globalnym.

1.2. Zidentyfikowane bariery ograniczające badania i wdrożenia w obszarze włókienniczych wyrobów balistycznych

Potencjalnymi barierami ograniczającymi badania i wdrożenia w obszarze włókienniczych wyrobów balistycznych są:

a. bariery strukturalne, ekologiczne i formalno-prawne:

- brak wypracowanej strategii UE w zakresie finansowania badań w obszarze obronności i bezpieczeństwa wewnętrznego,
- brak strategii na poziomie UE odnoszącej się do wytypowania i rozwoju technologii z obszaru obronności i bezpieczeństwa wewnętrznego,
- nieekologicznie procesy wytwarzania i przetwarzania surowców oraz wyrobów gotowych (polityka horyzontalna oraz polityka zrównoważonego wzrostu UE) – rynek i wymagania prawne nie będą aprobowały technologii „brudnych” powodujących obciążenie środowiska naturalnego odpadami, zarówno w procesie produkcji, jak i po utracie przez wyrób właściwości użytkowych (brak możliwości lub utrudniony recycling),
- ograniczenia wynikające z możliwości nieupoważnionego lub niedozwolonego wykorzystania technologii - ze względu na kontrolę nad dystrybucją wyrobów/technologii z obszaru obronności i bezpieczeństwa wewnętrznego, wyroby i technologie te poddawane są bezpośredniemu nadzorowi państwowemu (np. system koncesji, pozwoleń, kontrole eksportowe, itp.), co znacząco utrudnia rozwój sprzedaży, w tym sprzedaży i wdrożeń rezultatów prac badawczo-rozwojowych [11].

b. bariery ekonomiczne:

- obniżenie wzrostu gospodarczego. Większość wyrobów balistycznych jest zamawianych przez służby państwowe odpowiedzialne za obronność i zachowanie bezpieczeństwa wewnętrznego. Obniżenie wzrostu gospodarczego powoduje zmniejszenie wartości lub zamrożenie zamówień publicznych. Dotyczy to także finansowania badań w ramach dotacji państwowych lub projektów współfinansowanych przez dane państwo lub bezpośrednio ze źródeł UE (np. w ramach programów ramowych),

- istnieje ryzyko szybkiego nasycenie rynku (-ów) w nowe wyroby/technologie,
- rynek będzie akceptował wyroby i technologie, których koszty wdrożenia i wytworzenia spowodują wzrost ceny gotowego wyrobu o maksymalnie 20 – 30%. W przypadku większego wzrostu ceny potencjalne korzyści wynikające z zastosowanych innowacji nie skompensują niezbędnych do poniesienia kosztów [11].

c. bariery społeczne/etyczne:

- w przypadku obniżenia ryzyka wystąpienia ataków terrorystycznych społeczeństwo nie będzie akceptowało zwiększania nakładów na projektowanie wyrobów i technologii z obszaru obronności i bezpieczeństwa wewnętrznego, zwłaszcza dla wyrobów/technologii, dla których analiza kosztów/korzyści wykazuje brak racjonalności wdrożeniowej,
- istnieje opór niektórych grup społecznych w zakresie finansowania prac nad wyrobami/technologiami z obszaru obronności i bezpieczeństwa wewnętrznego (np. ugrupowania pacyfistyczne, anarchistyczne, liberalne) [11].

d. bariery związane z użytkowaniem:

- brak lub ograniczone możliwości wymiany oraz naprawy zużytych/uszkodzonych elementów,
- niedopracowane lub niezbieżne z sobą wytyczne producentów w zakresie przechowywania, użytkowania oraz konserwacji wyrobów,
- brak lub niepoprawnie wypracowana przez końcowych użytkowników strategia użytkowania wyrobów.

2. Obecny stan zaawansowania badań nad włókienniczymi wyrobami balistycznymi w kraju i za granicą oraz stopień gotowości do wdrożenia do praktyki

W tabeli 2 przedstawiono szacowany przez autorów:

- stan zaawansowania badań nad grupą technologii i technologiami szczegółowymi w obszarze włókienniczych wyrobów balistycznych oraz
- stopień ich gotowości do wdrożenia do praktyki wraz z przyporządkowaniem do prawdopodobnych kierunków dalszych badań nad technologiami w danym obszarze.

Najbardziej konkurencyjne trendy rozwojowe, biorąc nie tylko pod uwagę rosnący popyt, ale także potencjał rynku, oraz możliwości rozszerzenia zakresu aplikacji, zostały wyszczególnione w tabeli 2.

3. Czynniki stymulujące rozwój badań i wdrażania innowacji w obszarze włókienniczych wyrobów balistycznych

Tabela 2. Obecny stan zaawansowania badań w obszarze włókienniczych wyrobów balistycznych w kraju i za granicą oraz stopień ich gotowości do wdrożenia do praktyki

Prawdopodobne kierunki dalszych badań nad technologiami w obszarze balistycznych ochron ciała	Stopień zaawansowania badań w kraju	Stopień zaawansowania badań za granicą	Stopień gotowości do wdrożenia do praktyki Przewidywana data wdrożenia
Opracowanie nowoczesnych włókien do potencjalnego wykorzystania w balistyce	+	+++	2017
Komercyjne wykorzystanie prac badawczych nad analizą wpływu struktury włóknistych wyrobów balistycznych na urazy po ostrzale	++	+++	2020
Zaawansowane włókna typu "smart" do zastosowania w włóknistych wyrobach balistycznych	+	++	2020
Opracowanie optymalnego składu jakościowego i ilościowego materiałów kompozytowych	+++	+++	2014
Opracowanie zaawansowanych technologii hybrydowych, włóknistych wyrobów balistycznych o szerokiej wielofunkcyjności	+++	+++	2012
Opracowanie zaawansowanych wielofunkcyjnych włóknistych wyrobów balistycznych	++	+++	2014
Prace na wprowadzeniu nanomateriałów i nanododatków do włóknistych wyrobów balistycznych	+	+++	2014
Opracowanie zaawansowanych nanotechnologii do potencjalnego wykorzystania w włóknistych wyrobach balistycznych	+	+++	2022
Wstępne prace nad ergonomią włóknistych wyrobów balistycznych	++	+++	2015
Wdrożenie ergonomicznych włóknistych wyrobów balistycznych	+	+++	2020
Opracowanie wstępnych systemów sensorowych zintegrowanych ze strukturą włóknistych wyrobów balistycznych	+	+++	2014
Zaawansowane systemy sensorowe w pełni zintegrowane ze strukturą włóknistych wyrobów balistycznych	+	++	2020
Wdrożenie w pełni zautomatyzowanych procesów wytwarzania włóknistych kompozytów balistycznych	0	++	2022
Minimalizacja czynnika ludzkiego w procesach projektowych i wytwórczych włóknistych wyrobów balistycznych	+	+++	2016
Włókniste systemy ochron balistycznych typu "smart"	0	+	2026
Opracowanie włóknistych wyrobów balistycznych odpornych na działanie czynników środowiskowych a ulegających rozpadowi po zakładanym czasie przydatności do użytkowania	+	++	2020
Opracowanie materiałów włóknistych do zastosowania w wyrobach balistycznych podlegających łatwemu recyklingowi	++	++	2016
Zwiększenie zakresu aplikacji włóknistych materiałów kompozytowych	+	+++	2022
Stopień zaawansowania prac: 0 - brak prac badawczych w danym zakresie + - niski ++ - średni +++ - wysoki			

Czynnikami stymulującymi rozwój badań i wdrażania innowacji w obszarze włókienniczych wyrobów balistycznych są przede wszystkim:

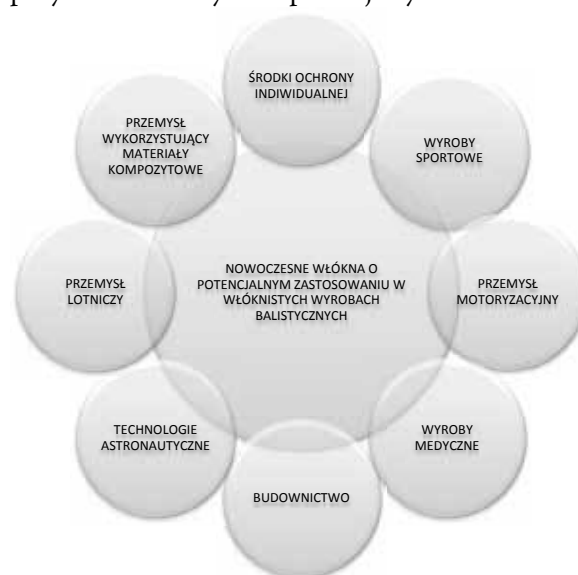
- rosnące zagrożenie ze strony ataków terrorystycznych bez oznak możliwości obniżenia ryzyka wystąpienia tych ataków,
- konieczność zapewnienia przez państwo wysokiego poziomu bezpieczeństwa wewnętrznego,
- liczne inicjatywy systemowe w obszarze wspomagania procesów badawczych w obszarze obronności i bezpieczeństwa wewnętrznego, zarówno w skali regionalnej, jak i UE (rozszerzenie tematyczne programów ramowych w zakresie finansowania projektów z obszaru obronności i bezpieczeństwa wewnętrznego),
- globalna recesja – paradoksalnie może stać się czynnikiem stymulującym rozwój technologii z obszaru bezpieczeństwa wewnętrznego. Większość krajów, w tym Polska i całościowo UE, wspomaga gospodarkę poprzez inwestycję w innowacyjne technologie (w tym z obszaru obronności i bezpieczeństwa wewnętrznego), aby rozbudzić gospodarkę i zwiększyć zatrudnienie w innowacyjnych przedsiębiorstwach,
- konieczność inwestowania w gałęzie przemysłu, których produkty wpływają na zwiększenie poziomu bezpieczeństwa wewnętrznego,
- stabilny rynek dostaw – okres dostaw rządowych powiązanych z obszarem obronności i bezpieczeństwa wewnętrznego jest zbyt długi, aby miały na niego wpływ krótkoterminowe wahania stanu gospodarki,
- znaczący wzrost zawansowanych technologii, które stosują terroryści musi być co najmniej zrównoważony dzięki bardziej zaawansowanym technologiom celem przeciwdziałania potencjalnym atakom terrorystycznym,
- możliwości rozszerzenia zastosowania technologii włóknistych kompozytów o inne gałęzie przemysłu, np.: przemysł samochodowy i lotniczy, technologie astronautyczne, technologie konstrukcyjne, itp.,
- gałęzie przemysłu wytwarzającego kompozyty, w tym kompozyty balistyczne, wykazywały stały, wysoki wzrost w ciągu ostatnich 20 lat niezależnie od stanu gospodarki regionalnej oraz globalnej,
- wiele nowych rozwiązań z zakresu kompozytów włóknistych posiada status innowacji i szeroką perspektywę rozwoju, głównie w zakresie optymalizacji, poszukiwania nowych zakresów aplikacji, rynków zbytu oraz realizacji nowych procesów rozwojowych [11-12].

4. Sieci powiązań technologii włókienniczych wyrobów balistycznych w danym obszarze technologii i w całym przemyśle włókienniczym (wzajemne zależności i wpływy technologii)

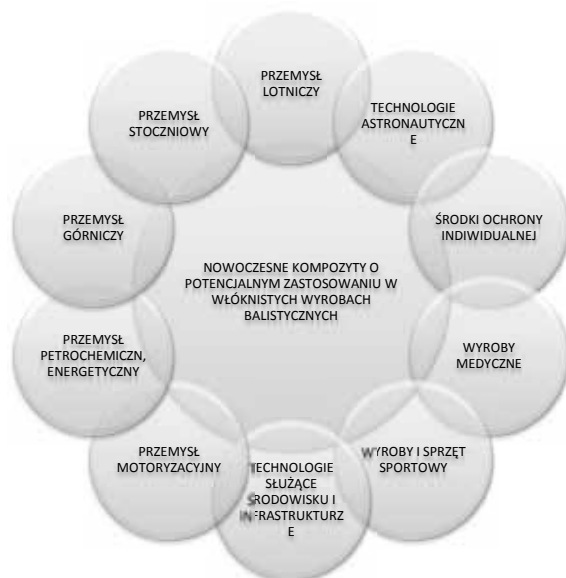
Na rysunku 1. przedstawiono wzajemne powiązania i wpływy w obszarze nowoczesnych włókien o potencjalnym zastosowaniu w włóknistych wyrobach balistycznych. Nowoczesne włókna o potencjalnym zastosowaniu w włóknistych wyrobach balistycznych posiadają lub mogą mieć także zastosowanie w:

- w projektowaniu środków ochrony osobistej (wysoko wytrzymałe materiały włókiennicze odporne na działanie czynników fizycznych, tj.: temperatura, wilgotność oraz na rozdieranie, klucie czy przecięcie),
- w projektowaniu ubrań sportowych oraz sprzętu sportowego,
- w przemyśle lotniczym oraz astronautycznym, w zakresie wysoko wytrzymałych przewodów doprowadzających paliwo, wspomagające sterowanie, itp.,
- w przemyśle samochodowym do projektowania przewodów doprowadzających chłodziwa, paliwo, wspomagające system kierowania, chłodzenie systemu hamulcowego oraz wspomagające systemy klimatyzacyjne,
- w sektorach przemysłu wykorzystujących wysoko wytrzymałe kompozyty włókniste, np. kompozyty konstrukcyjne.

Na rysunku 2. przedstawiono wzajemne powiązania oraz wpływ w obszarze nowoczesnych kompozytów włóknistych o potencjalnym zastosowaniu



Rys. 1. Wzajemne powiązania i wzajemny wpływ w obszarze nowoczesnych włókien o potencjalnym zastosowaniu w włóknistych wyrobach balistycznych



Rys. 2. Wzajemne powiązania oraz wzajemny wpływ w obszarze nowoczesnych kompozytów o potencjalnym zastosowaniu w włóknistych wyrobach balistycznych. Nowoczesne kompozyty włókniste o potencjalnym zastosowaniu w włóknistych wyrobach balistycznych mogą mieć także zastosowanie w:

- w projektowaniu środków ochrony osobistej,
- w projektowaniu ubrań sportowych, szczególnie dla sportów wyczynowych oraz sprzętu sportowego,
- w przemyśle lotniczym jako części składowe samolotów, barierowe konstrukcje ochronne z możliwością integracji czujników oraz elementów tektonicznych,
- w przemyśle astronautycznym do budowy paneli energetycznych, części składowych rakiet nośnych, anten, w tym z możliwością integracji czujników oraz elementów tektonicznych,
- w przemyśle samochodowym do projektowania części lub całości nadwozi, podwozi, plandek transportowych, zbiorników paliwa z możliwością integracji czujników oraz elementów tektonicznych,
- w sektorach przemysłu wykorzystujących wysoko wytrzymałe kompozyty włókniste,
- w technologiach służących środowisku i infrastrukturze (ultral lekkie konstrukcje budowlane, konstrukcje drogowe, materiały izolacyjne, itp.), w tym z możliwością integracji czujników oraz elementów tektonicznych,
- w przemyśle petrochemicznym, energetycznym i przesyłowym (konstrukcja zbiorników, linii przesyłowych, linii technologicznych, panele energetyczne),
- przemysł wydobywczy (górnictwo, ropa naftowa, gaz ziemny) – do projektowania części lub całości

sprzętu wydobywczego, linii przesyłowych, zbiorników wysokociśnieniowych (transport samochodowy oraz kolejowy),

- przemysł stoczniowy – do projektowania części statków oraz wyposażenia pokładowego.

Bibliografia

- [1] Ballistic Resistance of Body Armor NIJ Standard - 0101.06, <http://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/223054.pdf> [dostęp: 2010-06-04]
- [2] HOSDB Body Armour Standards for UK Police (2007) Part 1: General Requirements, http://www.bsst.de/content/PDF/39-07-A_-_HOSDB_Body_Armour1.pdf [dostęp: 2010-06-04]
- [3] Stab Resistance of Personal Body Armor NIJ Standard-0115.00, <http://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/183652.pdf> [dostęp: 2010-06-04]
- [4] HOSDB Body Armour Standards for UK Police (2007). Part 2: Ballistic Resistance, http://www.bsst.de/content/PDF/39-07-B_-_HOSDB_Body_Armour1.pdf [dostęp: 2010-06-04]
- [5] Ballistic Helmets, NIJ Standard – 0106.01, http://www.eeel.nist.gov/oles/Publications/NIJ%20Standard-0106.01_Ballistic_Helmets.pdf [dostęp: 2010-06-04]
- [6] HOSDB Body Armour Standards for UK Police (2007). Part 3: Knife and Spike Resistance, http://www.bsst.de/content/PDF/39-07-C_-_HOSDB_Body_Armour1.pdf [dostęp: 2010-06-04]
- [7] Ballistic Resistant Protective Materials, <http://www.eeel.nist.gov/oles/Publications/NIJ-0108.01.pdf> [dostęp: 2010-06-04]
- [8] A. Bhatnagar, Standards and Specifications for Lightweight Ballistic Materials, Lightweight Ballistic Composites – Military and Law-enforcement Applications, ed. A. Bhatnagar, Woodhead Publishing Ltd., Cambridge England, 2006, 127 – 167
- [9] Ballistic Resistance of Personal Body Armor (NIJ Standard-0101.04, <http://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/183651.pdf> [dostęp: 2010-06-04]
- [10] Current and Future Research on Body Armor, <http://www.ojp.usdoj.gov/nij/topics/technology/body-armor/research.htm> [dostęp: 2010-06-04]
- [11] Report Global Homeland Security 2009-2019, 2009, www.visiongain.com
- [12] Report The Armoured Vehicles Market 2010-2020, 2009, www.visiongain.com
- [13] Ballistic Resistant Protective Materials NIJ Standard 0108.01, <https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/099859.pdf> [dostęp: 2010-06-04]