



Recykling odzieży specjalnej

Sektor włókienniczy i odzieżowy jest ważną częścią europejskiego przemysłu produkcyjnego. Szczególną grupę stanowi odzież ochronna z włókien aramidowych. Podczas jej produkcji oraz po użytkowaniu powstają odpady włókiennicze, które ze względu na brak biodegradowalności są dużym obciążeniem dla środowiska. Jednak są cennym surowcem wtórnym ze względu na trwałą trudnozapalność i wysoką odporność mechaniczną. Wypracowanie systemów zagospodarowania, zgodnie z założeniami gospodarki o obiegu zamkniętym czy koncepcji Cradle to Cradle®, pozwoli na recykling odpadów aramidowych dający ewidentne korzyści: ekonomiczne, ekologiczne, społeczne i wpłynie na poprawę bezpieczeństwa.

Słowa kluczowe: odzież ochronna, aramidy, odpady, recykling

Recycling of special clothing

Textile and clothing sector is an important part of the European manufacturing industry. A special group is protective clothing made of aramid fibers. During their production and after the use, non-biodegradable textile waste are generated, which are a large burden for the environment. However, such waste are a valuable resource due to permanent flame retardancy and high mechanical resistance. Developing of management systems, according to assumptions with the Circular Economy or the Cradle to Cradle® concept allows for recycling of aramid waste giving evident benefits: economic, environmental, social and will improve safety.

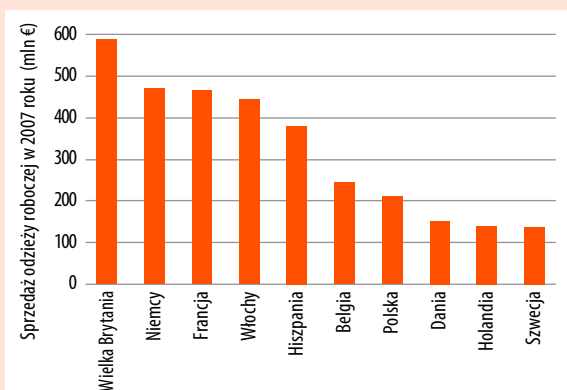
Keywords: protective clothing, aramids, waste, recycling

Tekstyliia i odzież

Sektor tekstylny i odzieżowy jest ważną częścią europejskiego przemysłu wytwórczego. Według danych z 2013 roku funkcjonowało w nim 185 tys. przedsiębiorstw zatrudniających 1,7 mln. osób [19]. Sektor tekstylny, nazywany także włókienniczym, zajmuje się wytwarzaniem materiałów włókienniczych o różnych strukturach, składzie i przeznaczeniu. Sektor odzieżowy wykorzystuje te materiały do konfekcjonowania odzieży o bardzo zróżnicowanym charakterze i trwałości użytkowej. Szczególną grupę stanowi odzież robocza i ochronna o specyficznych właściwościach. W roku 2007 na rynku EU-27 w sprzedaży tego asortymentu przodowało 10 krajów (rysunek 1), a Polska zajmowała w tej grupie 7. miejsce [15].

Dane europejskie za rok 2014 wykazują 4,2%-owy wzrost sprzedaży odzieży roboczej w stosunku do roku 2013 [18]. Dynamika rozwoju jest więc bardzo duża, a prognozowany jest dalszy intensywny wzrost. Globalny rynek środ-

ków ochrony indywidualnej w 2013 roku to 33,9 mld USD, a w 2020 ma osiągnąć wartość 55,5 mld. Ze względu na rosnące wymagania odnośnie poprawy bezpieczeństwa, w tym przeciwpożarowego, wzrasta udział materiałów włókienniczych i odzieży specjalnej o właściwościach trudnozapalnych. Zapotrzebowanie na tkaniny trudnozapalne w USA w roku 2008 przekraczało 41,5 mln mb [7]. W przypadku materiałów włókienniczych właściwości te uzyskiwane są poprzez modyfikację materiałów antypirenami oraz stosowanie specjalnych włókien trudnozapalnych do wytwarzania materiałów odzieżowych. We współczesnej odzieży trudnozapalnej stosowane są włókna o wysokiej odporności termicznej z polimerów organicznych (np. poliamidy, polibenzimidazol) oraz włókna nieorganiczne (np. szkło, bazalt). Obserwuje się ciągły wzrost udziału tkanin, dzianin i włókien oraz materiałów kompozytowych wytwarzanych z włókien aramidowych. Podczas produkcji i konfekcjonowania takich materiałów powstają odpady produkcyjne. Odzież z nich wykonana



Rys. 1 Rynek odzieży roboczej w roku 2007 w dziesięciu krajach europejskich [14]

staje się z czasem odpadem poużytkowym. Z przytoczonych danych dotyczących prognoz rozwoju tego segmentu odzieży jednoznacznie wynika, że podobną dynamiką będzie się charakteryzować powstawanie odpadów.

Każda inicjatywa zmierzająca do ograniczenia odpadów i ich racjonalnego wykorzystania w ogólnym bilansie ekologiczno-ekonomicznym jest korzystna, szczególnie gdy w jej efekcie powstają nowe produkty o znacząco lepszych właściwościach

Surowce włókiennicze

Jednym z głównych problemów krajowego sektora włókienniczego jest zapewnienie zrównoważonego rozwoju surowców włókienniczych, uwzględniające rozwój technologii recyklingu surowcowego i materiałowego o wysokim potencjale aplikacyjnym [12].

Krajowy przemysł włókienniczy wykorzystuje w produkcji włókna naturalne i chemiczne (sztuczne i syntetyczne). Z pierwszej grupy tylko len i wełna są pochodzenia krajowego. Produkcja krajowych włókien syntetycznych jest także ograniczona. Pozostałe surowce włókiennicze są importowane.

Polityka prośrodowiskowa wymusza konieczność zmian, stąd też gospodarka o obiegu zamkniętym [8,24,26,34] czy koncepcja Cradle to Cradle® istotnie zyskuje na znaczeniu we wszystkich sektorach gospodarki [11,25]. Technologie wytwarzania materiałów włókienniczych wymagają surowców włókienniczych i niewłókienniczych oraz wody i energii. Każdy z tych elementów powinien być wykorzystywany w ilości optymalnej ze względów technologicznych oraz ekonomicznych i ekologicznych. Dotyczy to również surowców pochodzących z odpadów. Pomimo zalet włókien naturalnych w wielu wyrobach nie mogą one być stosowane, dlatego rozszerza się produkcja i zastosowanie włókien syntetycznych, w tym tzw. włókien



**dr hab. inż.
Małgorzata
Cieślak**

Instytut Włókiennictwa
Zakład Naukowy
Niekonwencjonalnych
Technik i Wyrobów
Włókienniczych

e-mail: cieslasm@iw.lodz.pl

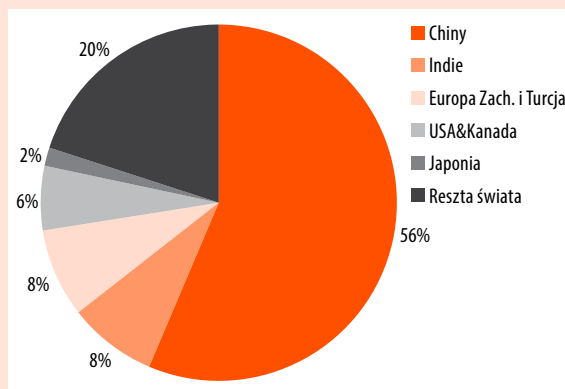


mgr Alicja Nejman

Instytut Włókiennictwa
Zakład Naukowy
Niekonwencjonalnych
Technik i Wyrobów
Włókienniczych

e-mail: anejman@iw.lodz.pl

wysokosprawnych, szczególnie aramidowych. Z analizy rysunku 2 wynika, że w produkcji włókien syntetycznych dominują Chiny [1].



Rys. 2 Geografia światowej produkcji włókien syntetycznych w 2015 roku (łącznie 52 mln ton), źródło: CIRFS, Oerlikon Fiber Year, IVC, Trevira, Gerzi analysis and estimates [1]

W zakresie surowców włókienniczych oczekuje się stosowania surowców pochodzących ze źródeł odnawialnych oraz odzyskanych na drodze recyklingu surowcowego lub materiałowego. Cena standardowego włókna poliestrowego to ok. 2,5 \$/kg, ale ciętych włókien meta-aramidowych to już 23 \$/kg, a przędzy z włókien ciągłych 50 do 80 \$/kg. Różnica w cenie i właściwościach tych włókien jest zasadnicza.

Materiały aramidowe

Aramidy należą do grupy poliamidów, w których co najmniej 85% stanowią wiązania amidowe, przyłączone do pierścieni aromatycznych. Pierwsze aramidki: meta-ara-

mid Nomex® i para-aramid Kevlar® zostały wytworzone przez firmę DuPont w latach 60. Obecnie włókna te mają silnych konkurentów z Teijin Group Ltd., Japonia, tj. Twaron (para-aramid), Technora (kopolimer para-aramidu) czy Teijinconex (meta-aramid) [27].

Odzież z włókien aramidowych charakteryzuje się szczególnymi właściwościami ochronnymi przed ogniem i wysoką temperaturą. Nie pali się i nie topi, dzięki czemu chroni użytkownika w sytuacji zagrożenia pożarowego, nie przywierając do skóry, co ma miejsce w przypadku większości materiałów z włókien syntetycznych, modyfikowanych trudnozapalnie. Wybitne właściwości termizolacyjne i odporność na chemikalia w połączeniu z niską masą powierzchniową, łatwością konserwacji i komfortem użytkowym, powodują, że materiały z włókien aramidowych spełniają kryteria dla odzieży ochronnej i mają trwałe funkcje ochronne w całym cyklu użytkowania [16,21]. Ponadto ich zaletą jest możliwość łączenia z innymi materiałami włókienniczymi oraz możliwość modyfikacji powierzchniowej i nanoszenia powłok funkcjonalnych [2,4,9,17,18].

Firma Teijin Group, prognozując długofalowy rozwój swoich produktów, przeznaczając 5% swoich obrotów na badania i rozwój [14]. W latach 2009-2010 produkcja aramidów sięgała 64 tys. ton. Wiodącymi producentami są DuPont oraz Teijin, ale jest również wiele odmian włókien aramidowych, produkowanych w krajach Dalekiego Wschodu. W Chinach roczna produkcja włókien meta-aramidowych to 6,9 tys. ton, a para-aramidowych 5 tys. ton.

W Polsce całość aramidów włókienniczych jest importowana. Przewiduje się, że nadchodzące lata to okres dalszego zapotrzebowania na wyroby aramidowe oraz że nastąpi obniżenie okresu ich użytkowania co najmniej o 20%. Wpłyne to bezpośrednio na przyspieszone generowanie odpadów. Rynek trudnozapalnych materiałów włókienniczych charakteryzuje się szczególną dynamiką wzrostu, co wynika między innymi z Europejskiej Dyrektywy 89/686/EEC. Wiele grup zawodowych wysokiego ryzyka i ekstremalnych warunków pracy (strażacy, górnicy, hutnicy itp.) wyposażonych jest w odzież i inne elementy ochrony indywidualnej wykonanych ze 100%-owych włókien aramidowych oraz mieszanek z ich udziałem.

Problem czy korzyść?

Tylko z przytoczonych powyżej danych wynika, że należy się liczyć ze wzrostem ilości odpadów zawierających aramidy. Istotne jest, by nie postrzegać tego w kategorii problemu, ale korzyści. Aktualnie nad technologiami odzyskiwania tego typu odpadów pracują przede wszystkim producenci aramidów, np. DuPont [18] czy Teijin [14].

Aktualnie recykling jest jednym z sześciu wiodących rynków w Europie i w roku 2010 osiągnął wartość obrotów na poziomie 47,3 mld €, a w roku 2020 ma ona wynosić 63,5 mld € [21]. Wprawdzie obecne uregulowania prawne i ekonomiczne w Polsce nie przemawiają za recyklingiem odpadów włókienniczych, jednak sytuacja powinna ulec zmianie. Dyrektywa 2008/98/WE nakłada na kraje członkowskie zobowiązania w zakresie wykorzystywania surowców wtórnych i konieczności ograniczania składowania odpadów. Jest to szczególnie istotne w odniesieniu do

Polityka prośrodowiskowa wymusza konieczność zmian, stąd też gospodarka o obiegu zamkniętym czy koncepcja Cradle to Cradle® istotnie zyskuje na znaczeniu we wszystkich sektorach gospodarki

odpadów aramidowych, które nie są typowym odpadem włókienniczym, a ze względu na brak biodegradowalności stanowią duże obciążenie dla środowiska. Z drugiej strony takie odpady są cennym surowcem wtórnym, z którego mogą być wytworzone wysokowytrzymałe, pełnowartościowe produkty, o dużej użyteczności. Odpady z włókien aramidowych są uciążliwe dla środowiska, ale możliwe do ponownego wykorzystania. Trwała odporność na działania czynników mechanicznych, cieplnych i chemicznych powoduje, że są szczególnym materiałem do wtórnego przetwarzania. Z kontaktów Instytutu Włókiennictwa z krajowymi producentami wynika, że pilnie poszukują innych rozwiązań niż odpłatne oddawanie odpadów na składowiska. Według danych uzyskanych tylko od niektórych polskich przedsiębiorstw, ilość odpadów z udziałem włókien aramidowych waha się średnio od 0,5 do 3 ton rocznie. Racjonalne sposoby zagospodarowania odpadów aramidowych na drodze recyklingu materiałowego charakteryzuje duży potencjał aplikacyjny. Technologie recyklingu materiałowego oparte są głównie na rozdrabnianiu odpadów i wykorzystaniu otrzymanego recyklatu. Opracowanie metod recyklingu materiałowego odzieżowych poprodukcyjnych i poużytkowych odpadów aramidowych jest istotne zarówno ze względów ekonomicznych, jak i środowiskowych. Opracowanie optymalnych warunków ich rozdrabniania pozwala na aplikację w wyrobach, które mogą być stosowane w materiałach budowlanych, barierowych materiałach technicznych oraz w barierowych układach odzieżowych.

Założenia recyklingu materiałowego takich odpadów powinny uwzględniać ich identyfikację i selekcję, proces rozdrabniania (cięcia, rozwłókniania) wyselekcjonowanych odpadów aramidowych, analizę otrzymanego recyklatu, dobór recyklatów o optymalnym składzie i strukturze do odpowiednich zastosowań.

Potencjał aplikacyjny

Odzież ochronna po okresie planowej eksploatacji trafia przejściowo do magazynów, a następnie na składowiska. Podobnie dzieje się z odpadami produkcyjnymi i pokonfekcyjnymi. Brak wypracowanych rozwiązań efektywnego zagospodarowania takiej grupy odpadów doprowadzi nie tylko do trwałego obciążania składowisk, ale straty wartościowego materiału, który może być wykorzystany do wytwarzania pełnowartościowych produktów o nowych cechach. Kontaminacja włókienniczych odpadów

aramidowych na składowiskach nie tylko doprowadzi do obniżenia ich wartości, ale do obciążenia ich kosztem przyszłego, ewentualnego odzysku ze składowisk.

Na całym świecie podejmowane są różne inicjatywy badawcze i techniczne, dotyczące wypracowania optymalnych systemów ekologiczno-ekonomicznych zagospodarowania odpadów włókienniczych [5,6,20,22,28-33]. Takie postępowanie jest zgodne z założeniami koncepcji Cradle to Cradle®, która w przypadku materiałów włókienniczych jest już realizowana w zakresie innych rodzajów recyklatów włókienniczych [20,28,29,31,32]. Pozwoliło to na wzrost ilości ponownego wykorzystania odpadów włókienniczych i zużytej odzieży trafiających na składowiska, z 324 tys. ton w roku 2003 do 523 tys. ton w 2008, ograniczając składowane ilości z 1165 tys. ton do 1081 tys. ton [32]. Od roku 2008 firma Teijin płaci swoim odbiorcom za zwrot zużytych wyrobów aramidowych, które przerabia na pulpę lub przędzę. Analiza ekoefektywności wykazała, że prowadzi to do ograniczenia negatywnego wpływu na środowisko: zmniejszenia emisji, zużycia wody, narażenia toksykologicznego itp. [14].

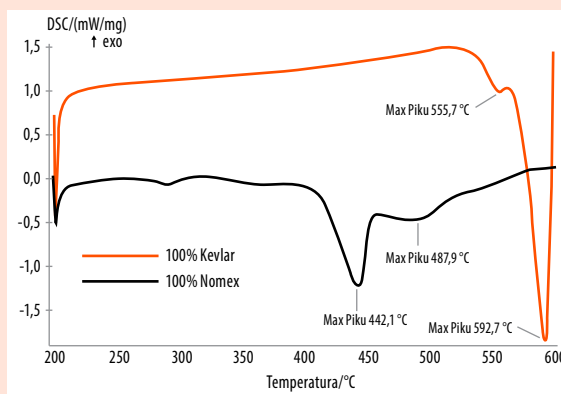
Włókiennicze odpady aramidowe stanowią przeszło połowę ilości krajowych odpadów z udziałem włókien aramidowych, źródła ich powstawania są łatwe do zlokalizowania i dostępne, charakteryzują się dużą jednorodnością i zgodnością właściwości, posiadają znikomą zawartość materiałów niewłókienniczych. Aramidowe odpady włókiennicze: surowce (włókna, przędze), materiały (tkaniny, dzianiny, włókniny, układy kompozytowe) oraz zużyte lub wadliwe wyroby (odzież, elementy ochronne) są bardzo cennym (jakość i cena) zasobem, który może być wykorzystany do wytwarzania nowych produktów na drodze recyklingu materiałowego. Na recykling surowcowy mogą sobie pozwolić duże koncerny chemiczne, najczęściej producenci polimeru.

Przykład rozwiązania

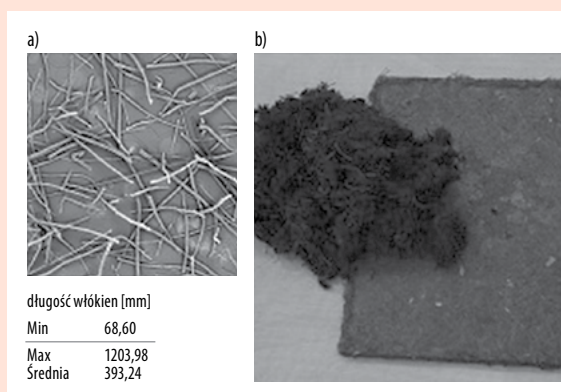
Racjonalne sposoby zagospodarowania odpadów aramidowych na drodze recyklingu materiałowego, oparte głównie na rozdrabnianiu i wykorzystaniu otrzymanego recyklatu, są optymalnym rozwiązaniem w warunkach krajowych. Z uwagi na właściwości tworzywa aramidowego bardzo istotny jest proces ich rozdrabniania i rozwłókniania. W przypadku zużytej odzieży specjalnej są to układy warstwowe, w których tkanina zewnętrzna o masie powierzchniowej od 180-250 g/m² charakteryzuje się minimalną wytrzymałością na rozciąganie ok. 450 N i wytrzymałością na rozdieranie 25 N, a parametry te mogą osiągać wartości maksymalne odpowiednio 2000 N i 200 N, co stanowi dziesięciokrotnie większe wartości niż dla typowych odpadów włókienniczych.

Para i meta aramidy różnią się zasadniczo temperaturą degradacji. Na **rysunku 3** przedstawiono termogramy wykonane dla tkanin 100% Nomex oraz 100% Kevlar. Bardziej wytrzymałe i stabilnie termicznie są włókna para-aramidu. Dzięki metodzie DSC możliwe jest nie tylko określenie charakterystycznych temperatur przemian i degradacji termicznej, ale i identyfikacja poszczególnych składników odpadów oraz ich dobór do dalszego wykorzystania.

W Polsce od niedawna podjęto działania dotyczące odpa-



Rys. 3 Termogram dla prób tkanin: meta-aramid Nomex 100% (linia czarna) i para-aramid Kevlar 100% (linia pomarańczowa)



Rys. 4 Włókna aramidowe z odpadów (a) oraz recyklat i wytworzona z niego trudnopalna płyta miękka (b)

dów z włókien aramidowych [4,10].

Z przeprowadzonych w Instytucie Włókiennictwa badań wstępnych wynika, że zastosowanie laboratoryjnego młyna do rozdrabniania tych odpadów pozwala na ich rozdrobnienie i uzyskanie recyklatu o różnych frakcjach (**rysunek 4**, sito o średnicy 4 mm) [4].

Z uzyskanego recyklatu można wytwarzać produkty o różnym przeznaczeniu użytkowym, zarówno jednorodne, jak i w połączeniu z innymi materiałami, np. płyty o różnej grubości i elastyczności. Na **rysunku 4b** przedstawiono przykład prototypowej jednorodnej płyty o grubości 5 mm. Badania palności płyt jednorodnych o grubości 3-10 mm przeprowadzone zgodnie z normą PN-EN ISO 6940:2005 Wyroby włókiennicze – Zachowanie się podczas palenia – Wyznaczanie zapalności pionowo umieszczonych próbek, Metoda A (zapalenie powierzchni) i Metoda B (zapalenie dolnej krawędzi), wykazały, że charakteryzują się one odpornością na zapalenie zarówno w warunkach działania płomienia (20 sek) na ich powierzchnie, jak i krawędź.

Podsumowanie

Każda inicjatywa zmierzająca do ograniczenia odpadów i ich racjonalnego wykorzystania w ogólnym bilansie ekologiczno-ekonomicznym jest korzystna, szczególnie gdy w jej efekcie powstają nowe produkty o znacząco lepszych właściwościach.

W kraju już powstają rocznie poważne ilości włókienni-

czych odpadów aramidowych, a ich ilość zgodnie z przedstawionymi tendencjami będzie rosła. Obecnie odpady w większości są tracone bezpowrotnie lub zalegają w magazynach. Odpady pokonfekcyjne niezabrudzone, o znaczącym składzie, mogą być przetwarzane na trudnozapalne warstwy izolacyjne i ponownie zastosowane w środkach ochrony osobistej. Wytwórcy barier technicznych mogą je wykorzystać w lepszych i skuteczniejszych osłonach. Jest także wiele możliwości zastosowań w wyrobach technicznych, w których odpad aramidowy stanowić może antypiren, a jednocześnie materiał wzmacniający.

Główne korzyści wynikające z recyklingu odpadów aramidowych można ująć w aspektach: ekonomicznym, ekologicznym, społecznym i poprawy szeroko rozumianego bezpieczeństwa. Taki kierunek jest zgodny z oczekiwaniami wobec działalności ekoinnowacyjnej, ujętej zarówno w priorytetach badawczych Horyzont 2020, jak i zakresie Krajowych Inteligentnych Specjalizacji – KIS 11. *Minimalizacja wytwarzania odpadów, w tym niezdatnych do przetworzenia, oraz wykorzystanie materiałowe i energetyczne odpadów (recykling i inne metody odzysku)* i wizji rozwoju tej specjalizacji – minimum niezagospodarowanych odpadów [13]. Pozwala to na budowanie zrównoważonych modeli planowania produkcji i konsumpcji, poprzez wzrost świadomości odnośnie do możliwości wykorzystania pełnowartościowych wysokosprawnych materiałów odpadowych, bez konieczności inwestowania w drogi surowiec. Zagospodarowanie zużytej odzieży tradycyjnej, o ile nie trafi do odpadów komunalnych i na składowiska, można prowadzić na wiele sposobów, wytwarzając np. włókna, plecionki, maty, czyściwa itp. Wydłuża się też jej cykl życia poprzez przekazywanie następnym użytkownikom, a w dużej skali eksport z krajów wysokorozwiniętych do tych o gorszej kondycji gospodarczej [23]. Tak cenny materiał jak niebiodegradowalne i trudnozapalne włókiennicze odpady aramidowe należy traktować ze szczególną uwagą, zwłaszcza że mają interdyscyplinarny potencjał aplikacyjny. ■

ŹRÓDŁA:

1. Challenges & Opportunities for EU Companies in Technical Textiles, EURATEX General Assembly, 14th June 2012, Brussels, Gherzi na podstawie danych: CIRFS, Oerlikon Fiber Year, IVC, Trevira, Gherzi analysis and estimates.
2. Chrissafis K., Kinetics of thermal degradation of polymers. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 95/2009, str. 273-283.
3. Cieślak M., Puchowicz D., Lao M., Witczak E., Kaminska I., Nejman A., Good old aramid in a new role. The 90th Textile Institute World Conference, Textiles: Inseparable from the human environment, 25-28 April 2016, Poznan, Poland.

4. Cieślak M., Puchowicz D., Schmidt H., Evaluation of the possibility of using surface free energy study to design protective fabrics. *Textile Research Journal* 82/2012, (11), str. 1177-1189.
5. Conroy A., Halliwell S., Reynolds T., Composite recycling in the construction industry, *Composites: Part A* 37/2006, str. 1216-1222.
6. European Commission (2007): Report of the Taskforce on Protective Textiles, Composed in the preparation of the Communication "A Lead Market Initiative for Europe", http://ec.europa.eu/enterprise/policies/innovation/policy/lead-market-initiative/files/pt_taskforce_report_en.pdf, z dnia 12.03.2012.
7. Gherzi Textile Organisation Report, 27.10.2011.
8. Grodkiewicz P., Ku gospodarce o obiegu zamkniętym, *Logistyka Odzysku* 1/2015.
9. Gu H.: Research on thermal properties of Nomex/Viscose FR fibre blended fabric, *Materials and Design* 30/2009, str. 4324-432.
10. Habaj W., Technologia kompozytów polimerowych wzmacnianych krótkim włóknem aramidowym wykonanych metodą RTM, *Problemy Techniki Uzbrojenia* 105/2008, (6), str. 61-73.
11. http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm z dnia 12.08.2016.
12. http://www.ncbir.pl/gfx/ncbir/userfiles/_public/fundusze_europejskie/inteligentny_rozwoj/innotextile_1/agenda_badawcza_innotextile.pdf
13. http://www.ncbir.gov.pl/gfx/ncbir/userfiles/_public/fundusze_europejskie/inteligentny_rozwoj/1_konkurs_2015/7_wykaz_krajowych_inteligentnych_specjalizacji.pdf z dnia 17.08.2016.
14. <http://www.tejinaramid.com/sustainability/recycling/> z dnia 12.08.2016.
15. <http://www.textilemedia.com/assets/report-pdfs/ppt10-sample-pages.pdf> z dnia 12.08.2016.
16. https://www2.dupont.com/Kevlar/en_US/tech_info/index.html z dnia 12.08.2016.
17. http://www2.dupont.com/Nomex/en_US/index.html z dnia 12.08.2016.
18. http://www2.dupont.com/Nomex/en_US/uses_apps/industrial.html z dnia 12.08.2016.
19. https://ec.europa.eu/growth/sectors/fashion/textiles-clothing/eu_en z dnia 12.08.2016.
20. Kang D. H., Auras R., Vorst K., Singh J. An exploratory model for predicting post-consumer recycled PET content in PET sheets. *Polymer Testing* 30/2011, str. 60-68.
21. Liu T-M, Zheng Y-S and Hu J., Surface modification of aramid fibers with novel chemical approach. *Polymer Bulletin* 66/2011, str. 259-275.
22. Louwers D., Kip B.J., Peters E., Souren F., Flapper D. S.P., A facility location allocation model for reusing carpet materials, *Computers & Industrial Engineering* 36/1999, str. 855-869.
23. Luz C., Waste Couture: Environmental Impact of the Clothing Industry. *Environ Health Perspect* 115/2007, (9), str. A449-A454.
24. Matlak D., W drodze ku gospodarce w obiegu zamkniętym, *Logistyka Odzysku* 4/2015.
25. McDonough W., Braungart M., *Cradle to Cradle: Remaking the Way we Make Things*, New York: North Point Press, 2002.
26. Patorska J., Karbowska D., Rozszerzona odpowiedzialność producenta a pakiet Komisji Europejskiej dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym, *Logistyka Odzysku* 2/2016.
27. Rebouillat S., *Aramids, In: High-performance fibres*, Ed. Hearle J.W.S., Woodhead Publishing 2001, str. 23-58.
28. Santos P., Pezzin S.H. Mechanical properties of polypropylene reinforced with recycled-pet fibres. *Journal of Materials Processing Technology* 143-144/2003, str. 517-520.
29. Schmidt H., Cieślak M., Concrete with carpet recycles: suitability assessment by surface energy evaluation, *Waste Management* 28/2008, str. 1182-1187.
30. State of the World. Innovations for a Sustainable Economy. www.worldwatch.org, z dnia 12.03.2012.
31. Stelmach S., Cieślak M., Gromadzińska E., Fuel made of textile composite waste. In: *Waste to Energy and Environment*, edited by Wandrasz J.W., Pikoń K., Czekańska Z., Published by Department of Technologies and Installations for Waste Management Silesian University of Technology 2010, str. 179-185.
32. Textiles 4 Textiles', T4T, Project funded under the ECO Innovation Programme of the EU <https://ec.europa.eu/environment/eco-innovation/projects/en/projects/t4t>.
33. Welle F., Twenty years of PET bottle to bottle recycling—An overview, *Resources, Conservation and Recycling* 55/2011, str. 865-875.
34. Zarebska J., Joachimiak-Lechman K., Gospodarka o obiegu zamkniętym – rola LCA, szanse, bariery, wyzwania, *Logistyka Odzysku* 1/2016.



MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA
LOGISTYKA ODZYSKU
ODPADY

19-20.09.2017
WROCŁAW

Temat przewodni:

Spalanie odpadów komunalnych – skuteczne rozwiązanie problemów czy ślepa uliczka?

W harmonogramie m.in.:

- Historia i znaczenie termicznego przekształcania odpadów komunalnych w Polsce i na świecie
- Ekologiczne, ekonomiczne i prawne aspekty termicznego przekształcania odpadów
- Najlepsze praktyki

LOGISTYKAODZYSKU.COM

