

Analiza porównawcza dwóch metod wyznaczania wskaźnika wytrzymałości na przebicie kulką dla dzianin

B. Wilbik-Hałgas, E. Ledwoń

Instytut Technologii Bezpieczeństwa "MORATEX"

Wprowadzenie

Wytrzymałość na działanie sił rozciągających jest jedną z cech fizycznych włókienniczych wyrobów decydującą o ich trwałości (czasie użytkowania). Dla większości płaskich wyrobów włókienniczych do określenia wytrzymałości na rozciąganie stosuje się rozciąganie jednokierunkowe. Są jednak wyroby, dla których bardziej wskazane jest stosowanie rozciągania wielokierunkowego [1]. Dzianiny w przeciwieństwie do tkanin mają dużą zdolność do rozciągania, wydłużenie przekracza niekiedy początkową długość próbki. Spowodowane jest to strukturą dzianin, w których nitki mogą przesuwać się pod naprężeniem. Decydujący wpływ na rozciągliwość dzianin ma dobór splotu. W przypadku zastosowania splotu dwuprawego ich rozciągliwość jest dwukrotnie większa w porównaniu do splotu lewoprawego. Różnice w budowie dzianin i tkanin powodują, że właściwości tych wyrobów znacznie różnią się między sobą. Od wielu lat jedną z metod służącą do określenia wytrzymałości na rozciąganie dzianin jest przebicie za pomocą metalowej kulki [2].

Do listopada 2008 roku w Polsce funkcjonowała norma PN-P-04738:1979 „Metody badań wyrobów włókienniczych - Wyznaczanie wytrzymałości na przebicie” [3], która była powszechnie stosowana między innymi przy badaniu dzianin. Zakresem obejmowała płaskie i konfekcjonowane wyroby włókiennicze. Precyzowała sposób pobierania próbek do badań gdy występowały różnice w strukturze wyrobu, głównie w przypadku wyrobów pończoszniczych. Dopuszczała dwie średnice kulki w zależności od przeznaczenia wyrobu. Dla wyrobów technicznych średnica kulki powinna wynosić 10mm a dla pozostałych wyrobów 20mm.

Obecnie norma PN-P-04738:1979 została wycofana i zastąpiona normą PN-EN ISO 9073-5:2008 „Tekstylna - Metody badania włókien - Część 5: Odporność na przebicie mechaniczne (metoda wypychania kulką)” [4], która swoim zakresem obejmuje jedynie włókniny.

Ponieważ metodyki badania zawarte w obu normach różnią się w istotny sposób istnieje potrzeba sprawdzenia jak zmienia się poziom wytrzymałości na przebicie wyrobów włókienniczych przy wykorzystaniu obu metodyk badawczych.

Ponadto minimalne wartości wskaźnika wytrzymałości na przebicie kulką w przypadku dzianin przy uwzględnieniu składu surowcowego są przedstawione w normie PN-P-84005:1996 „Dzianiny i wyroby dzieciarskie – Wartości wskaźnika wytrzymałości na przebicie” [5]. Norma ta została opracowana na podstawie metodyki badawczej obecnie wycofanej, dlatego podjęto próbę weryfikacji podanych wartości wskaźnika wytrzymałości na przebicie przy wykorzystaniu aktualnie obowiązującej metodyki badawczej przedstawionej w normie PN-EN ISO 9073-5:2008.

Cel pracy

Celem pracy było przeprowadzenie analizy porównawczej wyników badania wskaźnika wytrzymałości na przebicie kulką wyznaczonego przy zastosowaniu dwóch metod badawczych dla dzianin.

Powodem przeprowadzenia analizy porównawczej jest wycofanie polskiej normy PN-P-04738:1979 i zastąpienie jej normą PN-EN ISO 9073-5:2008.

Dzianiny wykorzystane do badań

Jakość każdej dzianiny określają parametry użytkowe, które są zależne od parametrów technologicznych: ścisłości, masy powierzchniowej, grubości, splotu oraz przede wszystkim zastosowanego surowca. Dobierając dzianiny, na których przeprowadzono badania zróżnicowano w/w parametry technologiczne, a jako podstawowe kryterium doboru przyjęto skład surowcowy, zachowując grupy surowcowe wymienione w normie PN-P-84005:1996. Badania przeprowadzono na dzianinach rzadkowych o splotcie lewoprawym i dwuprawym pochodnym. Zróżnicowanie dzianin pod względem splotowym było celowe ze względu na

Tabela 1 - Różnice między wymaganiami omawianych metod

Wymagania	PN-P-04738:1979	PN-EN ISO 9073-5:2008
Uchwyt do mocowania próbek	Dwie płytki metalowe okrągłe lub o innym kształcie z otworem o średnicy 25 mm	Dwie okrągłe płytki metalowe z otworem o średnicy $(44,500 \pm 0,025)$ mm
Kształt i wielkość próbek	Kwadrat lub koło o wymiarach dostosowanych do uchwytu mocującego	Kwadrat o boku min. 125 mm lub koło o średnicy min. 125 mm
Liczba próbek	10	5
Średnica kulki	10 mm dla wyrobów włókienniczych technicznych 20 mm dla pozostałych wyrobów włókienniczych	$(25,400 \pm 0,005)$ mm
Prędkość badania – przesuwu kulki	(100 ± 5) mm/min	(300 ± 10) mm/min

różną rozciągliwość i sposób zachowania się próbek podczas badania.

Ostatecznie do badań wykorzystano pięć dzianin, których charakterystykę przedstawiono w tabeli 2.

Metodyka badań

Metoda badania wytrzymałości na przebicie polega na wyznaczeniu siły potrzebnej do przebicia próbki wyrobu włókienniczego kulką metalową o określonej średnicy, działającą prostopadle do powierzchni próbki. Badania wykonano na maszynie wytrzymałościowej wyposażonej w odpowiednie urządzenia spełniające wymagania obu norm rys. 1 (Źródło własne). Zasadnicza różnica między omawianymi metodykami polega na wielkości średnicy kulki i zastosowaniu odpowiedniego urządzenia mocującego próbkę. Szcze-

gółowe różnice między wymaganiami omawianych metod przedstawione zostały w tabeli 1.



Rysunek 1 - Widok stanowiska laboratoryjnego do badania wytrzymałości na przebicie kulką

Tabela 2 - Charakterystyka dzianin wybranych do badań

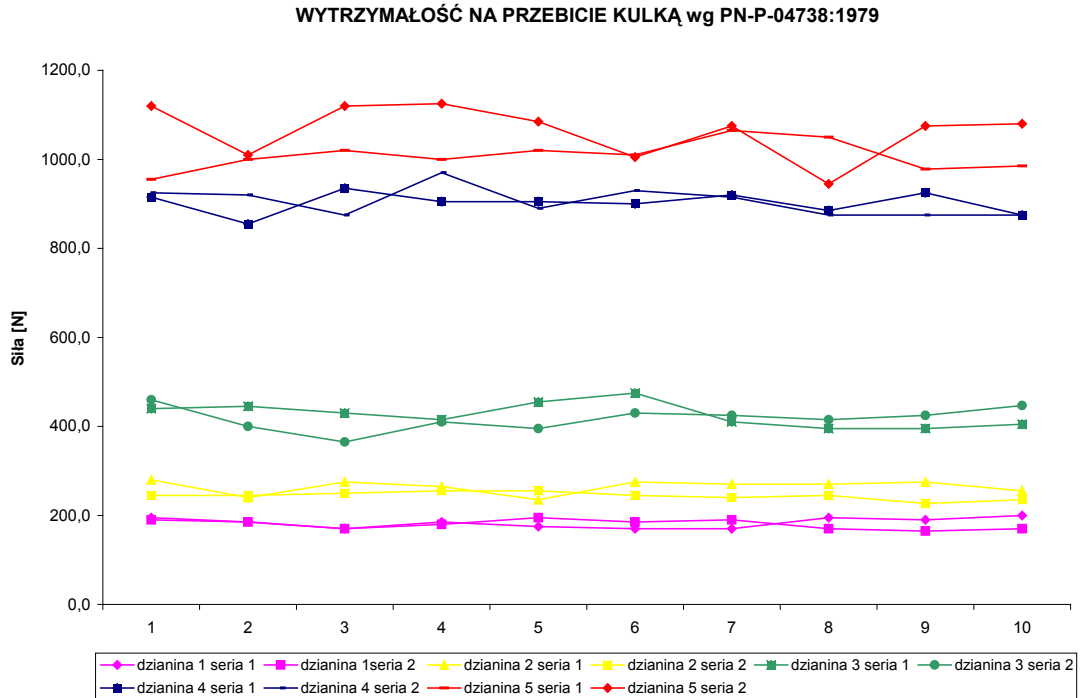
	Dzianina 1	Dzianina 2	Dzianina 3	Dzianina 4	Dzianina 5
Skład surowcowy	65% CO 35% PES	86% CO 14% PU	100% CO	100% PES	50% PAN 50% W
Splot	dwuprawy pochodny	lewoprawy	lewoprawy	dwuprawy pochodny	dwuprawy pochodny
Masa powierzchniowa [g/m ²]	160	250	230	300	700
Grubość [mm]	0,70	0,79	0,75	1,02	3,30
Ścisłość powierzchniowa [1/cm ²]	256	375	255	330	38

Wyniki badań

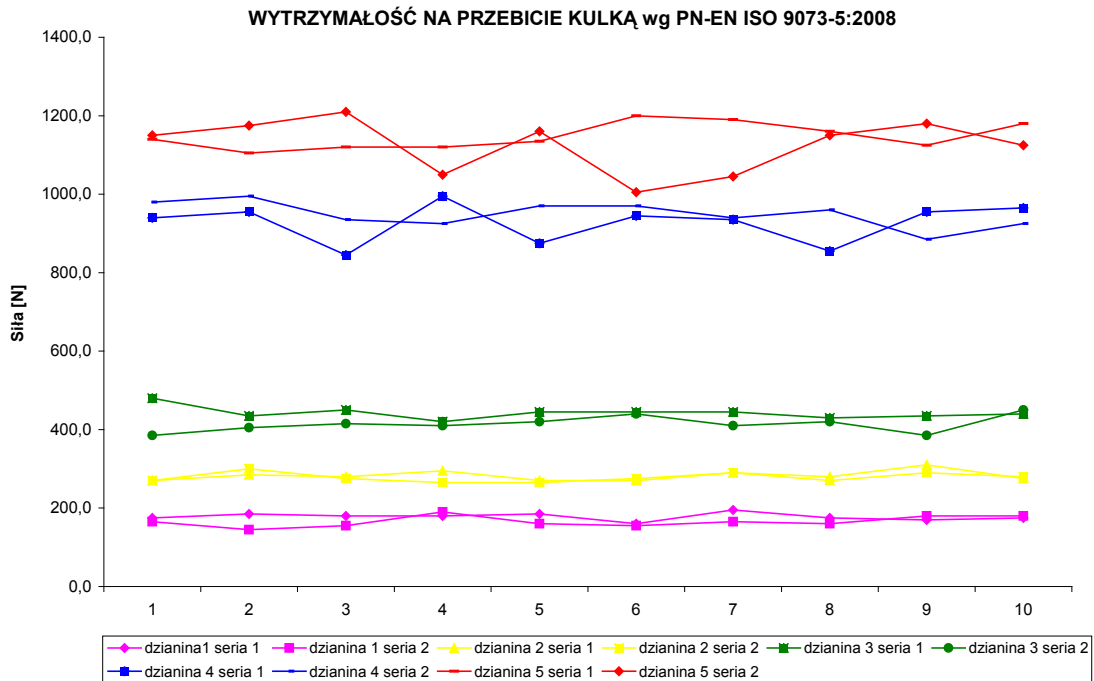
W każdej z metodyk badawczych wykonano po dwie serie badań, w serii po dziesięć pomiarów w celu szerszego spojrzenia na rozrzut otrzymanych wyni-

ków. Badania wykonano w warunkach powtarzalności, przez tę samą osobę przy użyciu tego samego przyrządu pomiarowego.

Otrzymane wyniki badań przedstawiono odpowiednio na wykresach rys.2 i rys.3.



Rysunek 2 - Wykres wytrzymałości na przebicie kulką serii I i serii II dla pięciu dzianin wg PN-P-04738



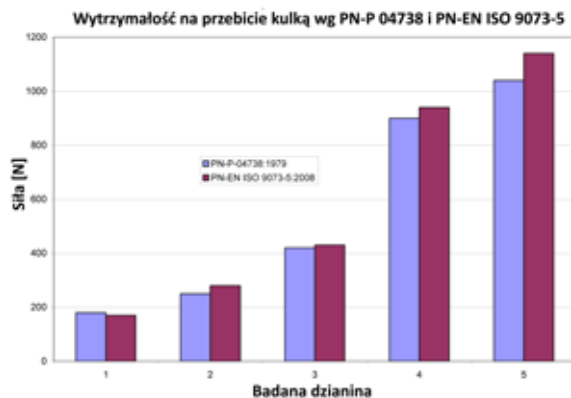
Rysunek 3 - Wykres wytrzymałości na przebicie kulką serii I i serii II dla pięciu dzianin wg PN-EN ISO 9073-5

Wartości średnie wytrzymałości na przebicie oraz ich parametry rozrzutu dla badanych dzianin przedstawiono w tabeli 3.

Średnią wartość wytrzymałości na przebicie kulką dla pięciu dzianin przy wykorzystaniu dwóch różnych metodyk badawczych przedstawiono na rys. 4.

Tabela 3 - Zestawienie wyników badań

Nazwa wskaźnika	PN-P-04738:1979		PN-EN ISO 9073-5:2008	
	Seria I	Seria II	Seria I	Seria II
Dzianina 1				
Średnia wartość wytrzymałości na przebicie [N]	185	180	180	165
Odchylenie standardowe S [N]	11	10	10	13
Współczynnik zmienności V [%]	6,2	5,6	5,4	7,9
Dzianina 2				
Średnia wartość wytrzymałości na przebicie [N]	265	245	280	280
Odchylenie standardowe S [N]	15	8	13	11
Współczynnik zmienności V [%]	5,8	3,4	4,5	3,9
Dzianina 3				
Średnia wartość wytrzymałości na przebicie [N]	425	415	445	415
Odchylenie standardowe S [N]	26	28	16	20
Współczynnik zmienności V [%]	6,2	6,7	3,7	4,8
Dzianina 4				
Średnia wartość wytrzymałości na przebicie [N]	905	905	925	950
Odchylenie standardowe S [N]	24	33	51	34
Współczynnik zmienności V [%]	2,7	3,6	5,4	3,5
Dzianina 5				
Średnia wartość wytrzymałości na przebicie [N]	1010	1065	1125	1150
Odchylenie standardowe S [N]	34	59	13	61
Współczynnik zmienności V [%]	3,3	5,5	1,1	5,3



Rysunek 4 - Średnia wartość wytrzymałości na przebicie kulką dla pięciu badanych dzianin przy wykorzystaniu dwóch różnych metod badawczych

Testy statystyczne

W celu ustalenia istotnych różnic między wariancjami i wartościami średnimi wytrzymałości na przebicie uzyskanymi dwoma porównywanymi metodami zastosowano test F-Fischera i test t-Studenta.

Wyniki obu testów przedstawiono w tabelach 4 i 5.

Dla wszystkich badanych dzianin wartość testu F jest mniejsza od wartości krytycznej dla prawdopodobieństwa 0,95 można więc przyjąć, że nie występuje istotna różnica statystyczna między wariancjami badanej cechy przy zastosowaniu różnych metod badania.

Dla czterech z przebadanych dzianin wartości statystyki u obliczeniowe uzyskały większą wartość od wartości krytycznej dla prawdopodobieństwa 0,95. Tylko w jednym przypadku wartości statystyki u jest mniejsza od wartości krytycznej dla prawdopodobieństwa 0,95.

Są więc podstawy do stwierdzenia, że ze statystycznego punktu widzenia występuje istotna różnica między wartościami średnimi wytrzymałości na przebicie przy zastosowaniu dwóch porównywanych metod badań.

Korelacja

Podjęto również próbę wyznaczenia korelacji pomiędzy otrzymanymi wynikami wytrzymałości na przebicie przy wykorzystaniu norm PN-P-04738 oraz PN-EN ISO 9073-5. Wyliczone wartości współczynnika korelacji liniowej dla wszystkich badanych dzianin są na poziomie od $R=0,1$ do $R=0,3$ co świadczy o braku związku pomiędzy porównywanymi metodami.

Dla dwóch przykładowo wybranych dzianin przedstawiono na jednym wykresie rozkład wyników otrzymanych przy zastosowaniu obu metodyk badawczych oraz krzywą korelacji.

Aktualność normy PN-P-84005:1996

Funkcjonująca w kraju norma PN-P-84005 powstała w oparciu o wyniki badań otrzymane zgodnie z normą wycofaną. W celu weryfikacji podanych w niej wartości wskaźnika wytrzymałości na przebicie z otrzymanymi wynikami badań, przy wykorzystaniu metodyki badawczej wg PN-EN ISO 9073-5:2008 przeanalizowano wymagania w/w normy i otrzymane wyniki.

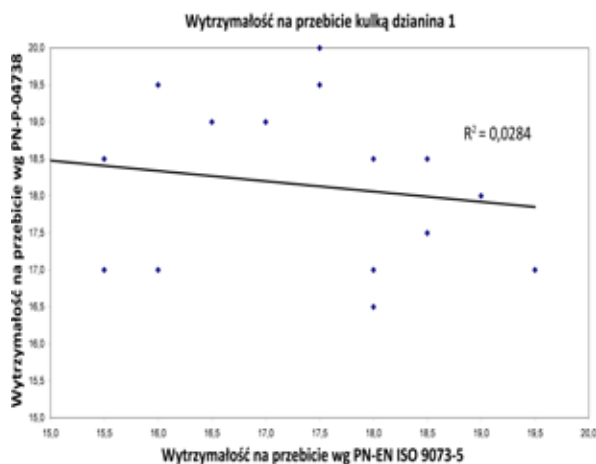
Uzyskane wartości wskaźnika wytrzymałości na przebicie dla wszystkich dzianin zarówno starą jak i nową metodą znacznie przekraczają wymagania normy, można więc w dalszym ciągu posiłkować się nor

Tabela 4 - Wyniki uzyskane przy zastosowaniu testu F-Fischera

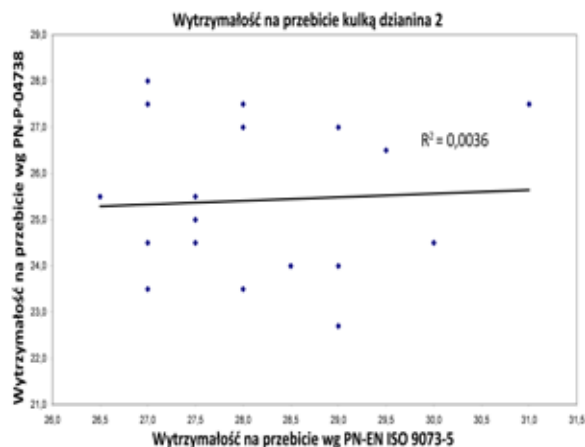
Wartość statystyki	Dzianina 1	Dzianina 2	Dzianina 3	Dzianina 4	Dzianina 5
F	1,46	1,68	1,33	1,62	1,03
$F_{0,95}$	2,16				
	$F < F_{0,95}$	$F < F_{0,95}$	$F < F_{0,95}$	$F < F_{0,95}$	$F < F_{0,95}$

Tabela 5 - Wyniki uzyskane przy zastosowaniu testu t-Studenta

Wartość statystyki	Dzianina 1	Dzianina 2	Dzianina 3	Dzianina 4	Dzianina 5
u	2,60	5,80	0,80	3,11	4,12
$u_{0,95}$	2,09				
	$u > u_{0,95}$	$u > u_{0,95}$	$u < u_{0,95}$	$u > u_{0,95}$	$u > u_{0,95}$



Rysunek 5 - Wykres korelacji wyników badań otrzymanych wg PN-P-04738 oraz PN-EN ISO 9073-5 dzianiny 1



Rysunek 6 - Wykres korelacji wyników badań otrzymanych wg PN-P-04738 oraz PN-EN ISO 9073-5 dzianiny 2

Tabela 6 - Porównanie uzyskanych wyników z wymaganiami wg PN-P-84005:1996

Surowiec	Min. wytrzymałość na przebicie wg PN-P-84005:1996 [daN]	Uzyskane wyniki [daN]	
		PN-P-04738:1979	PN-EN ISO 9073-5:2008
Bawełna 100%	10	42	43
Bawełna w mieszance z włóknami syntetycznymi	14	18 25	17 28
Wełna w mieszance z włóknami syntetycznymi	18	104	114
Włókna ciągłe poliestrowe	20	90	94

ma PN-P-84005:1996 pomimo zmiany metodyki badania.

Wnioski

1. Analiza różnic w otrzymanych wynikach wytrzymałości na przebicie przy zastosowaniu porównywanych metod wskazuje w czterech przypadkach większą wytrzymałość na przebicie przy zastosowaniu metody wg PN-EN ISO 9073-5:2008; w jednym przypadku mniejszą. Różnice te jednak nie przekraczają 10%.
2. Średnie wartości wytrzymałości na przebicie uzyskane porównywanymi metodami różnią się istotnie ze statystycznego punktu widzenia.
3. Otrzymane wartości współczynnika korelacji w przypadku wszystkich badanych dzianin potwierdziły brak korelacji pomiędzy porównywanymi metodami.
4. Wycofanie normy PN-P-04738:1979 i zastąpienie jej normą PN-EN ISO 9073-5:2008 pozostawia nierozwiązaną kwestię badania wyrobów pończoszniczych oraz włókienniczych wyrobów technicznych.

5. Badania wskaźnika wytrzymałości na przebicie wykonano dla przykładowych dzianin, w celu głębszej analizy problemu należało by badania wykonać na innych grupach asortymentowych tj. tkaninach i włókninach.

Literatura

1. Norma PN-EN ISO 9073-5:2008 Tekstylnia - Metody badania włóknin - Część 5: Odporność na przebicie mechaniczne (metoda wypychania kulką)
2. Norma PN-P-04738:1979 - Metody badań wyrobów włókienniczych - Wyznaczanie wytrzymałości na przebicie
3. Norma PN-P-84005:1996 - Działania i wyroby dziewiarskie - Wartości wskaźnika wytrzymałości na przebicie
4. Tadeusz Żyliński - Metrologia Włókiennicza II, rok 1967, str. 347-351
5. Włodzimierz Konecki - Metrologia Surowców i Wyrobów Włókienniczych - Laboratorium cz. II, rok 1996, str. 32-33