

WYBRANE ASPEKTY OCENY WŁAŚCIWOŚCI ESTETYCZNYCH SZWÓW LAMINOWANYCH W ODZIEŻY ROBOCZEJ

Halina Szafrńska

Katedra Fizykochemii i Technologii Materiałów

*Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego
w Radomiu*

DOI 10.34658/9788366741805.7

1. Wstęp

W ostatnich latach obserwuje się znaczący wzrost produkcji odzieży roboczej, przeznaczonej do celów zawodowych. Określenie "odzież robocza" dotyczy bardzo szerokiego wachlarza ubrań. W zależności od wykonywanej pracy mogą to być komplety ubrań dedykowane danej grupie zawodowej np. służbie zdrowia, pracownikom usług hotelarskich, bądź pojedyncze wyroby typu fartuchy, spodnie, koszule, itp. Główne zadanie, jakie spełnia odzież robocza, to zastępowanie ubrania pracownika lub jego zabezpieczanie przed zniszczeniami, zabrudzeniem, a także może pełnić funkcję reprezentacyjną.

Na estetyczny wygląd i wysokie walory użytkowe odzieży istotny wpływ ma nie tylko rodzaj zastosowanych materiałów podstawowych i dodatkowych (np. różnego rodzaju taśmy, klejowe wkłady odzieżowe, nici), ale również technologia wytwarzania [1-2].

Proces produkcji odzieży i obróbka jej elementów składa się z wielu operacji technologicznych, które powinny być wykonywane w określonej kolejności. Z technologicznego punktu widzenia na zapewnienie trwałości wyrobu, istotny wpływ mają strukturalne właściwości szwów. W odzieży stosuje się połączenia nitkowe, klejowe i zgrzewane [3-4,11]. Zastosowanie danej metody łączenia zależy między innymi od rodzaju materiałów z jakich wykonane są poszczególne elementy, od etapu procesu produkcyjnego, a także od wymagań wytrzymałościowych i estetycznych stawianych poszczególnym elementom odzieży lub całym wyrobom [5-6,10].

Uwzględniając wymienione właściwości, celem niniejszej pracy jest analiza właściwości estetycznych i założeń technologicznych dla trzech rodzajów utworzonych laminowanych szwów z udziałem folii transferowych w postaci taśmy o różnej szerokości. Ocenę właściwości estetycznych zaprojektowanych szwów dokonano poprzez wyznaczenie wartości wskaźnika sztywności zginania dla szwów utworzonych w kierunku nitki wątku.

Artykuł stanowi kontynuację wcześniejszych prac [5-8] dotyczących stosowania połączeń klejowych w szwach odzieży roboczej.

2. Materiały i metody badań

2.1. Materiał doświadczalny

Jako obiekt badań przyjęto:

- Materiał włókienniczy – tkanina odzieżowa
- Taśmy transferowe

Tabela 1 i tabela 2 zawiera podstawowe informacje n/t badanych materiałów.

Tabela 1. Charakterystyka materiału badawczego

Nazwa	Skład surowcowy	Masa pow. M_p , g/m ²	Grubość h, mm	Rodzaj splotu	Liczba nitek ilość/dm	Maksymalna siła zrywająca P, N	Wydłużenie względne ϵ , %
Tkanina Z	Bawełna 100%	180	0,34	Splot 1/1	osnowa: 290 wątek: 220	osnowa: 445 wątek: 408	osnowa: 7 wątek: 34

Źródło: opracowanie własne

Zastosowana do badań tkanina może być przeznaczona na odzież zawodową w szczególności dla pracowników służby zdrowia, jak również w gastronomii i hotelarstwie (np. fartuchy, koszule, bluzki). Włókno bawełny sprawia, że tkanina jest bardziej przewiewna, co zwiększa komfort użytkowania.

Tabela 2. Charakterystyka folii transferowej 8735 firmy 3M™ Scotchlite™ – zastosowanej w postaci taśmy

Oznaczenie	Skład surowcowy kleju	Masa pow. M_p , g/m ²	Grubość h, mm	Szerokość taśmy b, mm	Maksymalna siła zrywająca P, N	Wydłużenie względne ϵ , %
Taśma B	Poliester	350	0,21	10 15 20	44	770

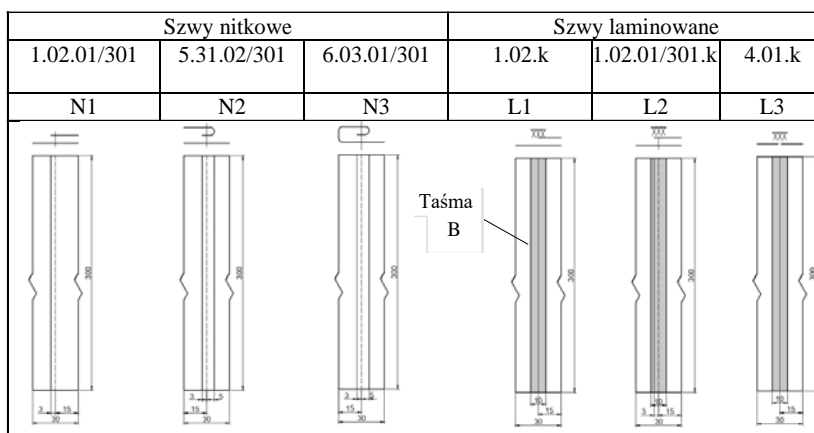
Źródło: opracowanie własne

Materiał odblaskowy 3M™ Scotchlite™ - folie transferowe są przeznaczone do stosowania w odzieży ochronnej, roboczej, sportowej, a także codziennego użytku. Podczas prawidłowego użytkowania materiały odblaskowe pomagają zwiększyć widoczność użytkownika w warunkach nocnych lub słabego oświetlenia. Materiał odblaskowy odbija jasne, białe światło kiedy zostanie oświetlony przez reflektory samochodowe, a także wtedy, gdy użytkownik będzie znajdował się na poboczu drogi. Odblaskowa folia termotransferowa jest zbudowana z odbijających światło szklanych soczewek zespolonych termicznie z aktywowanym termicznie podłożem. Folia transferowa 8735 to folia trudnopalna, i może być laminowana bezpośrednio do kompatybilnych podłoży.

2.2. Przygotowanie szwów do badań

Do badań wytypowano 3 warianty szwów laminowanych L1, L2 i L3 odpowiadające zmodyfikowanej wersji szwu zwykłego (1.02.k oraz 1.02.01/301.k), a także szwu stykowego 4.01.k składającego się z tkaniny Z i taśmy B umieszczonej na prawej stronie wyrobu. Szwy zaprojektowane są tak, aby dwie warstwy tkaniny były przesunięte względem siebie, a linia środka taśmy pokrywała się z linią łączenia obydwu warstw materiału. Dodatkowo w szwie L2 zastosowano połączenie nitkowe. Tak zaprojektowane struktury szwów zapewniają jednocześnie połączenie w szwie oraz dekorację wyrobu (rysunek 1). Proponowana struktura laminowanych szwów wpływa na mniejsze zużycie tkaniny podczas wytwarzania odzieży.

Dla analizy porównawczej badań przygotowano tradycyjne szwy nitkowe N1, N2, N3 tj. szew zwykły, nakładany i obrębiający (rysunek 1).



Rys. 1. Projekt technologiczny szwów nitkowych i laminowanych w oparciu o ISO 4916. Źródło: opracowanie własne

Źródło: opracowanie własne.

Próbki szwów dla badań były utworzone wzdłuż nitki wątku tkaniny. Dla każdego szwu laminowanego L1, L2 i L3 zastosowano trzy szerokości taśmy B wynoszące odpowiednio 10 mm, 15 mm oraz 20 mm.

Warunki laminowania szwów:

Proces laminowania wykonano na prasie Schulze Airpress 4 plus automatic.



Rys. 2. Maszyna do laminowania szwów – Prasa Schulze Airpress 4 plus automatic [9]

Źródło: opracowanie własne.

Jest to automatyczna prasa transferowa z czterema płytami dolnymi i jedną płytą górną-grzewczą. Wyposażona jest w:

- elektroniczne programowanie temperatury i czasu na wyświetlaczu
- płynną regulację nacisku.

Warunki szycia:

przemysłowa maszyna szwalnicza firmy Juki

rodzaj ściegu – stębnowy 301

liczba ściągów – 3/cm

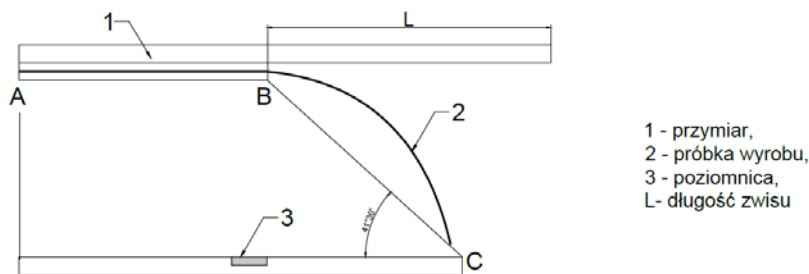
rodzaj nici szwalnych – nici firmy Coats Epic 150 - 100% PES

typ igły – Schmetz R 90, powłoka niklowa

2.3. Oznaczenie sztywności zginania metodą stałego kąta

Pomiaru sztywności zginania szwów laminowanych i szwów nitkowych dokonano metodą stałego kąta, na przyrządzie działającym w oparciu o zasadę pomiaru zmiennej długości zwisu L próbek zgiętych pod stałym kątem $41^{\circ}30'$.

Z przeznaczonych do badań materiałów i szwów wycinano próbki o wymiarach 300×30 mm i układano je na podstawce stolika przyrządu. Po obciążeniu ich przymiarem metalowym wysuwano próbki i odczytywano na przymiarze długość zwisu L w momencie, gdy zwisający koniec próbki pokrył się z płaszczyzną utworzoną pomiędzy rysą na wskaźniku, a odbiciem tej rysy w zwierciadle płaskim (rys. 3).



Rys. 3. Schemat przyrządu pomiarowego określający zmienną długość zwisu próbki

Źródło: opracowanie własne.

Dla badanych szwów wykonano po 10 pomiarów. Na podstawie tak wykonanych badań wyznaczono:

$$\text{- średnią długość zwisu } L: \quad \bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^{n=5} L_i}{n} [\text{cm}] \quad (1)$$

$$\text{- długość gięcia:} \quad c = \frac{\bar{L}}{2} [\text{cm}] \quad (2)$$

$$\text{- sztywność zginania:} \quad G = 10^{-3} \cdot M_p \cdot c^3 \cdot g [\text{N} \cdot \text{m}] \quad (3)$$

gdzie M_p to masa powierzchniowa wyrobu [g/m^2]; g to przyspieszenie ziemskie.

3. Wyniki badań i ich analiza

Program eksperymentalnych badań obejmował:

- określenie wpływu parametrów procesu laminowania: temperatura T , °C, czas t , s, ciśnienie p , N/m^2 - na wartość wskaźnika sztywności zginania G , $\mu N \cdot m$ dla szwu L1 z użyciem taśmy B o szerokości 10 mm,
- określenie wartości wskaźnika sztywności zginania G w zależności od struktury zaprojektowanych szwów.

W tym celu odpowiednio przygotowane próbki materiałów (rys. 1, szew L1) poddano procesowi laminowania (klejenia) na podstawie trójczynnиковego planu 3^3 z czynnikami wejściowymi: X_1 – temperatura T , °C, X_2 – czas t , s, X_3 – docisk p , N/m^2 . Na podstawie wstępnych badań określono zakresy zmienności czynników (tabela 3).

Skorzystanie ze standardowych planów eksperymentu poprzedzono kodowaniem czynników według reguły: *Wartość kodowa = (wartość fizyczna) – (wartość centralna) / (jednostka zmienności)*.

Tabela 3. Zakresy zmienności czynników dla szwów z użyciem taśmy B

Czynnik	Oznaczenie kodowe	Wartość centralna	Jednostka zmienności	Jednostka miary
Temperatura (T)	X_1	170	20	°C
Czas (t)	X_2	15	5	s
Docisk (p)	X_3	35	20	$10^4 N/m^2$

Źródło: opracowanie własne.

Wartości kodowe X_1 , X_2 i X_3 zmieniają się w zakresie $\langle -1,1 \rangle$. Oznacza to, że wartościom X_1 równym $-1,0,1$ odpowiada temperatura laminowania wynosząca odpowiednio 150 °C, 170 °C, 190 °C. Analogicznie wartości X_2 równe $-1,0,1$ oznaczają czas wynoszący odpowiednio 10 s, 15 s, 20 s, natomiast wartości X_3 równe $-1,0,1$ oznaczają nacisk wynoszący odpowiednio $15 \cdot 10^4 N/m^2$, $35 \cdot 10^4 N/m^2$, $55 \cdot 10^4 N/m^2$. Jako kryterium optymalizacji Y wybrano sztywność zginania G dla utworzonych szwów w kierunku nitki wątku. Program eksperymentu zawierał średnie wyniki z obliczeń.

Oszacowania funkcji regresji opisujących zależności między rozważanymi czynnikami a badanymi cechami przeprowadzono za pomocą programu komputerowego SAS.

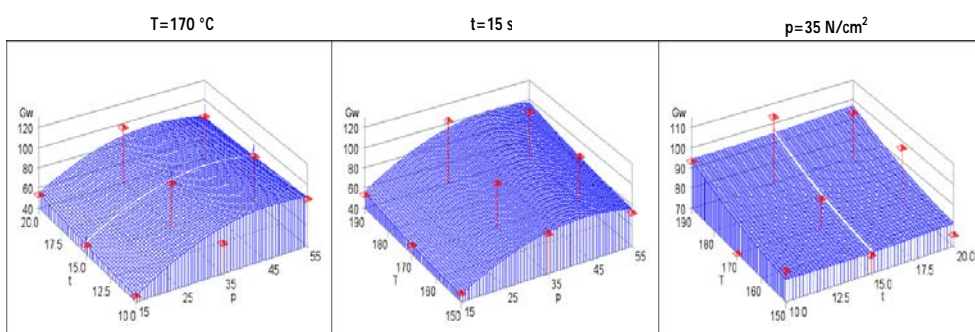
Uzyskane wyniki badań wykorzystano do przeprowadzenia analizy regresji, w rezultacie której oszacowano za pomocą wielomianów stopnia drugiego zależności między badanymi czynnikami a rozważaną cechą. Wartość współczynników regresji oceniana jest według testu t-Studenta, a adekwatność opracowanego modelu według wartości współczynnika korelacji wielokrotnej R .

Uwzględniając wartości współczynników regresji otrzymano równanie regresji drugiego stopnia, jako zależności sztywności zginania od parametrów procesu laminowania w postaci.

$$G = 147,3155 - 1,9371T - 0,5036t + 0,0058T^2 + 0,0055t*T + 0,0329t^2 + 0,0074p*T - 0,0355t^2 - 0,0457p^2 \quad R^2 0,93 \quad (4)$$

Otrzymany model adekwatnie opisuje proces laminowania o czym świadczy prezentowana wartość współczynnika korelacji R^2 .

Dzięki ustalonym analitycznym zależnościom można prognozować zmiany wartości wskaźnika sztywności zginania laminowanych szwów utworzonych w kierunku wątku.



Rys. 4. Powierzchnia odpowiedzi stanowiąca wykres funkcji regresji opisującej zależność sztywności zginania G szwów wzdłuż wątku od parametrów procesu laminowania:

- czasu t i nacisku p przy stałej temperaturze $T=170\text{ °C}$
- temperatury T i nacisku p przy stałym czasie $t=15\text{ s}$
- temperatury T i czasu t przy stałym nacisku $p=35\text{ N/m}^2$

Źródło: opracowanie własne.

Na rysunku 4 przedstawiono zależności sztywności zginania G od parametrów procesu laminowania (T , t , p) dla szwów z użyciem taśmy B.

Analiza prezentowanych zależności wykazała, że dla utworzonych na termoprasie szwów zalecane najmniejsze wartości wskaźnika sztywności zginania otrzymuje się w obszarze niższych wartości temperatury i ciśnienia.

Stąd zalecane wartości analizowanych parametrów dla szwu B wynoszą:

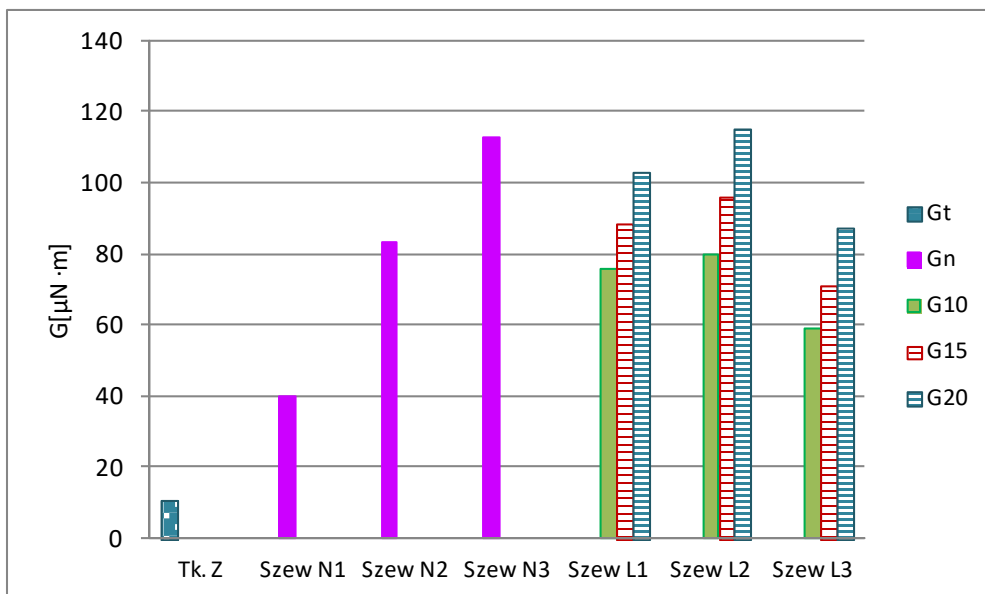
- temperatura $T=150\text{ °C}$, i 170 °C ,
- nacisk $p=15 \cdot 10^4\text{ N/m}^2$

Zauważono, że w wytypowanym obszarze nie mają znaczenia analizowane wartości parametru czasu (10-20 s). Charakter zmian prezentowanych powierzchni odpowiedzi świadczy o możliwości projektowania sztywności szwów poprzez zmianę warunków procesu laminowania. Dzięki temu możemy prognozować jakość szwu w zależności od wymagań dotyczących wyrobu i miejsca usytuowania szwu w wyrobie.

W dalszej części pracy dokonano laminowania szwów z użyciem różnej szerokości taśmy B w wytypowanych i zalecanych wyżej warunkach tj. $T=170\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t=15\text{ s}$, $p=15\cdot 10^4\text{ N/m}^2$.

Dzięki otrzymanym wynikom badań przedstawiono porównawczą analizę:

- wpływu struktury szwów laminowanych i nitkowych na wartość wskaźnika sztywności zginania dla szwów utworzonych w kierunku nitki wątku
- wpływu zmiennej szerokości taśmy B na wartość wskaźnika sztywności zginania G.



Rys. 5. Wpływ rodzaju i struktury szwu na wartość wskaźnika sztywności zginania G szwów – utworzonych wzdłuż nitki wątku.

Gt – sztywność zginania dla tkaniny Z

Gn – sztywność zginania dla szwów nitkowych

G10, G15, G20 – sztywność zginania dla laminowanych szwów z użyciem zmiennej szerokości taśmy B wynoszącej odpowiednio 10 mm, 15 mm, 20 mm

Źródło: opracowanie własne.

Jak przedstawiono w literaturze [10], stosowane w odzieży połączenia nitkowe i klejowe wpływają na wzrost wartości wskaźnika sztywności zginania w porównaniu do tkaniny. Podczas produkcji odzieży szwy nitkowe N1 i N2 mogą być stosowane np. do naszywania kieszeni, do wykończenia dołu rękawa. Szew N3 - może być stosowany do wykończenia krawędzi przodu np. bluzki, fartucha, a także do wykończenia dołu spodni, fartucha, spodnicy.

Z prezentowanych badań (rys. 5) wynika, że wraz ze zmianą struktury szwów nitkowych od N1 do N3 rośnie wartość wskaźnika sztywności zginania. W porównaniu do tkaniny Z ($11\mu\text{N}\cdot\text{m}$) uzyskane wartości wskaźnika sztywności

zginania dla szwu nitkowego N1 były 4 razy większe, dla szwu N2 były 8 razy większe, a dla szwu N3 aż 10 razy większe osiągając wartość $113 \mu\text{N}\cdot\text{m}$. Najprawdopodobniej ma na to wpływ liczba i sposób ułożenia poszczególnych warstw materiału względem siebie, a także zastosowany ścieg stębnowy, co potwierdza istotny wpływ struktury szwu na wartość wskaźnika sztywności zginania.

Ułożenie warstw tkaniny w szwach L1 i L2 jest zbliżone do szwu N1, ale sposób łączenia zupełnie inny. Utworzone szwy laminowane L1 i L2 z udziałem taśmy o szerokości 10 mm charakteryzują się wzrostem wartości wskaźnika sztywności zginania o 100% w stosunku do szwu N1. W technologii odzieży również bardzo często stosuje się szwy nitkowe N2 i N3. Uzyskane wartości wskaźnika G dla szwów L1 i L2 ($80 \mu\text{N}\cdot\text{m}$), są bliskie wartościom wskaźnika G dla szwu N2 ($83 \mu\text{N}\cdot\text{m}$), i znacznie mniejsze (o 30%) od szwu N3 ($113 \mu\text{N}\cdot\text{m}$). Najmniejsze wartości wskaźnika sztywności zginania uzyskano dla szwu stykowego L3 ($59 \mu\text{N}\cdot\text{m}$), mogącego mieć zastosowanie podczas łączenia elementów odzieży np. na linii karczku. Otrzymane wyniki wskazują na możliwość zastąpienia często stosowanych podczas produkcji odzieży szwów nitkowych przez szwy laminowane L1, L2 i L3.

Na rysunku 5 zaprezentowano uzyskane podczas badań wartości wskaźnika sztywności zginania dla laminowanych szwów z użyciem zmiennej szerokości taśmy B. Przeprowadzone badania wykazały, że wraz ze wzrostem szerokości taśmy B od 10 mm do 15 mm i do 20 mm rośnie wartość wskaźnika sztywności zginania utworzonych szwów odpowiednio o 20% i o 40% niezależnie od struktury szwu laminowanego. Stanowi to cenną informację przy projektowaniu właściwości estetycznych szwów.

W porównaniu do szwu nitkowego N3 posiadającego największą wartość wskaźnika sztywności zginania ($113 \mu\text{N}\cdot\text{m}$), prawie wszystkie analizowane szwy laminowane o zmiennej szerokości taśmy B charakteryzują się mniejszymi wartościami wskaźnika sztywności zginania. Bliskie wartości stanowi szew L2 z udziałem taśmy o największej szerokości. W porównaniu do szwu L1 zastosowanie połączenia nitkowego w szwie laminowanym L2 wpłynęło w niewielkim stopniu na wzrost o (5-12%) wartości wskaźnika sztywności zginania, co świadczy o dominującym wpływie połączenia klejowego. Natomiast może mieć znaczący wpływ na zmianę właściwości wytrzymałościowych szwu.

4. Podsumowanie

Efekty przeprowadzonych badań w ramach niniejszej pracy można przedstawić w postaci następujących wniosków:

- Otrzymane analityczne zależności pozwalają prognozować zmiany właściwości laminowanych szwów w zależności od parametrów takich jak temperatura, czas i nacisk.

- Biorąc pod uwagę zalecaną miękkość szwów określono najlepsze wartości parametrów procesu laminowania tj. temperatura $T= 170\text{ }^{\circ}\text{C}$ i nacisk $p= 15\text{ N/m}^2$ dla szwów utworzonych w kierunku wątku.
- Wraz ze wzrostem szerokości taśmy B od 10 mm do 15 mm i do 20 mm rośnie wartość wskaźnika sztywności zginania odpowiednio o 20% i o 40% niezależnie od struktury szwu laminowanego.
- Dla laminowanych szwów uzyskano bliskie lub mniejsze wartości wskaźnika sztywności zginania w porównaniu do powszechnie stosowanych w wyrobach odzieżowych szwów nitkowych N2 i N3. Potwierdza to możliwość zastąpienia wybranych szwów nitkowych – szwami laminowanymi.

Literatura

- [1] **Hayes S.G., McLoughlin J.**, Welded and sewn seams: A comparative analysis of their mechanical behaviour, [in:] Ariadurai S.A., Wimalaweera W.A. (eds) The Textile Institute 85th World Conference, Sri Lanka, Colombo 2007, ss. 131–142.
- [2] **Jakubčionienė Ž., Masteikaite V.**, Investigation of textile bonded seams, Mater Sci (Medžiagotyra) 2010,16: s. 76–79.
- [3] **Jevšnik S., Vasiliadis S., Kurson Bahadir S., Grujić D., Stjepanović Z.**, Applying heat for joining textile materials [in:] Mahadzir I. (eds.) Joining Technologies, Pahang 2016, <http://www.intechopen.com/books/joining-technologies> [dostęp: 15.11.2022]
- [4] **Jevšnik S., Eryürük S.H., Kalaoğlu F., Karaguzel Kayaoğlu B., Komarkova P., Golombikova V., Stjepanović Z.**, Seam properties of ultrasonic welded multilayered textile materials, Journal of Industrial Textiles 2017, vol. 46, nr 5, ss. 1193-1211.
- [5] **Szafrńska H., Pawłowa M., Mitak K., Korycki R.**, Kształtowanie wytrzymałości połączeń szytych w wyrobach odzieżowych [w:] Zieliński R. i Żuchowski J.(eds), Ocena jakości wybranych wyrobów przemysłowych, Wyd. UTH Radom, Instytut Technologii Eksploatacji – PIB, Radom 2016, ss. 62 -70.
- [6] **Szafrńska H., Pawłowa M., Korycki R.**, Wybrane aspekty zapewnienia jakości w odzieży wodochronnej [w:] Paździor M., Żuchowski J. i in. (eds), Wybrane problemy jakości wyrobów przemysłowych, Wyd. UTH, Radom 2018, ss. 23-32.

- [7] **Szafrańska H., Pawłowa M., Korycki R.**, Analysis of The Mechanical Properties of Seams in Waterproof Clothing [w:] Frydrych I., Bartkowiak G., Pawłowa M., Innovations in Clothing 3D Design, Products, Fashion, Technologies and Testing of Clothing Materials, Wyd. Politechnika Łódzka, Łódź 2017, ss. 156 -163.
- [8] **Szafrańska H., Korycki R.**, Tests of applications of transfer films in seams lamination technology, Journal of Natural Fibers 2019, vol. 16, nr 6, ss. 898-912.
- [9] Romanik, Prasa transferowa SCHULZE Air 4, online,
<http://romanik.pl/prasy-pneumatyczne/434-prasa-transferowa-schulze-air-4-press.html>
[dostęp: 16.11.2022]
- [10] **Szafrańska H., Pawłowa M.**, Aesthetical aspects of clothing products in the context of maintenance procedures, Fibres & Textiles in Eastern Europe 2007, Vol. 15, No. 5-6(64-65), ss. 109-112.
- [11] **Vujasinovic E., Rogale D.**, Properties and performance of welded or bonded seams [in:] Jones, I., Stylios. G.K., (eds) Joining textiles. Principle and application, 1st ed., Woodhead Publishing Series in Textiles, Philadelphia 2013, ss. 435–461.