

# TERMOWIZJA JAKO OCENA SPOSOBU WYKORZYSTANIA METODY NIR W CELU POPRAWY JAKOŚCI WYROBÓW HAFTOWANYCH

*Jakub Kosmol, Izabella Krucińska*

*Instytut Materiałoznawstwa, Tekstyliów i Kompozytów Polimerowych  
Politechnika Łódzka*

DOI 10.34658/9788366741805.11

## 1. Wstęp

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie wyników badań termowizyjnych, które stanowią integralną część pracy doktorskiej skupionej na ocenie wpływu ciepła (temperatury komory termicznej) na efektywne usuwanie zbędnych składników po procesie haftowania na wyrobach tekstylnych, z wykorzystaniem metody spektroskopii absorpcyjnej w bliskiej podczerwieni (NIR) i techniki odbiciowej.

Problem naukowy został zidentyfikowany podczas pracy w przedsiębiorstwie produkcyjnym na oddziale hafciarni, zlokalizowanym we Wrocławiu. Proces produkcyjny, stosowany w firmie HFT71 Sp. z o.o. został zaprezentowany na Rys. 1:



Rys. 1. Identyfikacja problemu naukowego – *opracowanie własne*

*Źródło: opracowanie własne.*

Elementem podlegającym identyfikacji w procesie produkcyjnym firmy HFT71 Sp. z o.o. jest obszar kontroli jakości, zwany inaczej procesem wykończenia. Obszar ten jest bezpośrednim następstwem produkcji masowej i każdy półprodukt (tak

nazywany jest produkt, który „nie przeszedł” pomyślnie przez kontrolę jakości) musi zostać gruntownie sprawdzony przez pracownika działu kontroli jakości, zarówno pod kątem estetycznym, jak i funkcjonalnym (np. czy produkt nadaje się do użytkowania). W ramach procesu kontroli jakości, każdy pracownik działu wykonuje następujące czynności:

- eliminacja flizeliny (materiał stanowiący podkład pod haft) – obecnie czynność jest wykonywana w sposób manualny z wykorzystaniem następujących narzędzi: nożyczki krawieckie i pęsety,
- eliminacja warstwy pianki polietylenowej – obecnie czynność jest wykonywana w sposób manualny z wykorzystaniem tych samych narzędzi co w przypadku eliminacji flizeliny,
- eliminacja nici poliestrowych – obecnie czynność jest wykonywana w sposób manualny z wykorzystaniem tych samych narzędzi co w przypadku eliminacji flizeliny,
- obróbka termiczna pianki polietylenowej oraz nici poliestrowych – obecnie czynność jest wykonywana w sposób manualny, z wykorzystaniem ręcznej opalarki termicznej. Pianka (oraz drobne pozostałości po niciach) ulegają natychmiastowemu stopieniu pod wpływem gorącego powietrza – stopione elementy zostają usunięte za pomocą szczotki,
- wykończenie haftu – obecnie czynność jest wykonywana w sposób manualny, z wykorzystaniem następujących narzędzi: nożyczki krawieckie, pęseta, gąbka do kąpieli, szczotka do butów, woda w sprayu.

Czynności podlegające automatyzacji w ramach obszaru kontroli jakości to:

- obróbka termiczna pianki polietylenowej i nici poliestrowych,
- wykończenie haftu.

Automatyzacja odbywa się w oparciu o:

- przygotowanie biblioteki widm absorpcyjnych w bliskiej podczerwieni,
- zaprojektowanie i budowę komory termicznej,
- zaprojektowanie i budowę systemu sterowania procesem obróbki termicznej (system SZOT), uwzględniający algorytm identyfikacyjny.

## 2. Obróbka termiczna – dane literaturowe

Na podstawie zidentyfikowanych włókien z jakich wyprodukowane zostało podłoże czapek oraz surowce pianki i nici, zakwalifikowanych do obróbki termicznej, wyznaczono temperatury nagrzewnicy w komorze termicznej, przy których wyrób nie ulegnie degradacji, poprzez wybór najniższej możliwej temperatury spośród wymienionych poniżej, które odpowiadają temperaturom topnienia/degradacji poszczególnych włókien na podstawie [8, 9]:

- Poliamid alifatyczny PA6 – 220 °C,
- Poliester aromatyczny – 380 °C,
- Wełna – 135 °C,
- Bawełna – 150 °C,
- Poliakrylonitryl – 300 °C

Z racji, iż czapka obejmowała kilka surowców (podłoże, nić, pianka), należało zastosować odpowiednią logikę przy wyborze temperatury końcowej, która mówi, iż przy zidentyfikowaniu więcej niż jednego surowca, należy wybrać najniższą możliwą temperaturę, celem uniknięcia ewentualnej degradacji materiału czapki lub nici lub pianki w skutek zbyt wysokiej temperatury obróbki dla pozostałych surowców. Minimalne temperatury dla każdego z zakwalifikowanych modeli czapek zostały zaprezentowane poniżej:

- Czapka w kolorze czarnym o składzie surowcowym 60% bawełna/40% poliester aromatyczny z haftem wypukło-płaskim (na czarnej piance polietylenowej) *Linie* wykonanym wielokolorową nicią z *poliestru aromatycznego* – temperatura nagrzewnicy 150 stopni Celsjusza,
- Czapka w kolorze białym o składzie surowcowym 80% poliakrylonitryl/20% wełna z haftem wypukłym (na białej piance polietylenowej) *SIXX PAXX* wykonanym różową nicią z *poliestru aromatycznego* – temperatura nagrzewnicy 135 stopni Celsjusza,
- Czapka w kolorze różowym o składzie surowcowym 60% bawełna/40% poliester aromatyczny z haftem wypukłym (na białej piance polietylenowej) *VP* wykonanym białą nicią z *poliestru aromatycznego* – temperatura nagrzewnicy 150 stopni Celsjusza,
- Czapka w kolorze czarnym o składzie surowcowym 80% poliakrylonitryl/20% wełna z haftem wypukłym (na czarnej piance polietylenowej) *SENSI SEEDS* wykonanym czarną nicią z *poliestru aromatycznego* – temperatura nagrzewnicy 135 stopni Celsjusza,
- Czapka w kolorze czarnym o składzie surowcowym bawełna 100%, z haftem płaskim *Snipes* w kolorze białym wykonanym nicią z *poliestru aromatycznego* – temperatura nagrzewnicy 150 stopni Celsjusza.

Wyniki badań obróbki termicznej z wykorzystaniem danych literaturowych zostały zaprezentowane na Rys. 2:



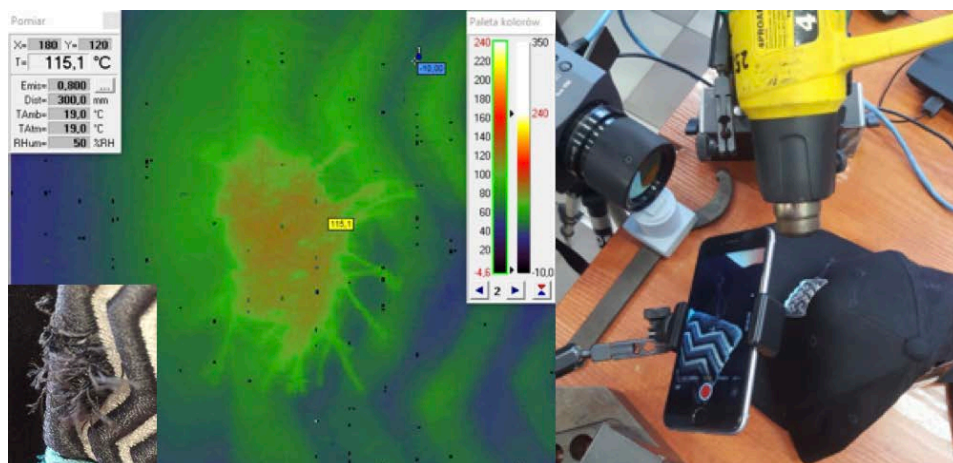
Rys. 2. Wyniki obróbki termicznej dla danych literaturowych – *opracowanie własne*  
*Źródło: opracowanie własne.*

Wniosek z obserwacji:

Brak zauważalnych zmian z wykorzystaniem temperatur literaturowych, zarówno jeśli chodzi o materiał czapek, jak i włókna poliestrowe / polietylenowe. W celu znalezienia optymalnej temperatury nagrzewnicy, przy której obróbka termiczna mogła zostać zakończona sukcesem, wykorzystano proces termowizji.

### 3. Badania termowizyjne

Badania z wykorzystaniem strumieni ciepła powodującym wzrost temperatury odpowiadający temperaturom przedstawionych w literaturze nie przyniosły oczekiwanych rezultatów w postaci poprawnej obróbki termicznej nici i pianek. W związku z tym wykorzystano technikę termowizji, celem przebadania przy jakiej temperaturze nagrzewnicy, nici poliestrowe/pianki polietylenowe zaczną ulegać topnieniu przy nienaruszonym podłożu czapki. Badania termowizyjne zostały przeprowadzone przy wykorzystaniu kamery termowizyjnej VIGOcam V50. Stanowisko badawcze oraz przykładowe badanie termowizyjne zostały zaprezentowane na rys. 3:



Rys. 3. Stanowisko badawcze / kamera optyczna vs termowizyjna – *opracowanie własne*  
*Źródło: opracowanie własne.*

Zestawienie średnich temperatur panujących na podłożu czapki (z uwzględnieniem nici oraz pianek), w zależności od temperatury nagrzewnicy i składu surowcowego wyrobu tekstylnego (czapki), zostały zaprezentowane poniżej (Tab. 1):

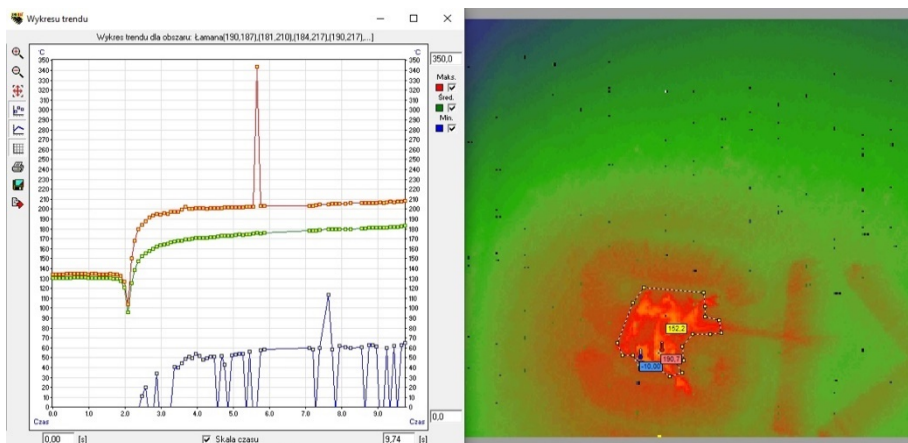
**Tabela 1.** Zestawienie temperatur średnich wyrobu (czapki) – *opracowanie własne*

Skład surowcowy Temp. nagrzewnicy	60% bawełna 40% wełna (czapka <i>Linie</i> )	80% poliakrylonitryl 20% wełna (czapka <i>SIXX PAXX</i> )	60% bawełna 40% wełna (czapka <i>VP</i> )	80% poliakrylonitryl 20% wełna (czapka <i>SENSI SEEDS</i> )	100% bawełna (czapka <i>Snipes</i> )
140 °C	72,57 °C (1)		79,79 °C		63,67 °C (1)
180 °C	89,06 °C (1)	92,63 °C	99,36 °C		76,36 °C (1)
220 °C	114,1 °C (1)	107,8 °C	119,6 °C		88,68 °C (1)
260 °C	132,4 °C (1) 124,3 °C (2)	134,0 °C	140,8 °C	130,9 °C	109,2 °C (1) 104,8 °C (2)
280 °C	133,5 °C (2)	143,2 °C	150,3 °C	153,0 °C	110,7 °C (1) 132,0 °C (2)
300 °C	150,9 °C (1) 147,9 °C (2)	152,1 °C	167,0 °C	159,3 °C	123,1 °C (1) 145,1 °C (2)
320 °C	161,0 °C (2)	159,6 °C	170,7 °C	169,7 °C	126,1 °C (1) 147,2 °C (2)
340 °C	162,4 °C (1) 158,2 °C (2)	162,9 °C	175,7 °C		133,2 °C (1) 162,9 °C (2)
360 °C		170,6 °C			137,2 °C (1) 153,7 °C (2)
380 °C					150,0 °C (1)
400 °C					160,6 °C (1)

*Źródło: opracowanie własne.*

Dla dwóch składów surowcowych zrealizowano dwie serie badań – stąd oznaczenia 1 i 2. Moment pomiaru dla każdego z wyrobów i dla każdej temperatury nagrzewnicy był taki sam dla każdego pomiaru i był ustawiony na drugą sekundę od momentu ustawienia docelowej temperatury nagrzewania.

Dla każdego z wyrobów zostały wyznaczone trendy temperatury, tak jak to zostało zaprezentowane na Rys. 4:



Rys. 4 Trend składu III (temp. nagrzewnicy: 300 °C) – *opracowanie własne*  
Źródło: *opracowanie własne.*

## 4. Podsumowanie

Analizując wyniki badań termowizyjnych można wysnuć następujące wnioski:

- Ustawianie temperatury nagrzewnicy powinno uwzględniać barwę podłoża, nici oraz pianki (jeśli użyta) a nie tylko ich rodzaj, gdyż do rozpoczęcia procesu topnienia wymagana była niższa temperatura nagrzewnicy dla materiałów ciemniejszych niż dla jaśniejszych.
- Na podstawie przeprowadzonych badań obejmujących dwa składy surowcowe: 60% bawełna/40% poliester oraz 80% poliakrylonitryl/20% wełna zauważono, iż temperatura nagrzewnicy musi zostać ustawiona tak samo dla obu składów surowcowych: 280 stopni Celsjusza dla czapek ciemnych i 300 stopni Celsjusza dla czapek jasnych.
- Dla każdego z badanych składów surowcowych zauważono dużą utratę ciepła pomiędzy temperaturą nagrzewnicy a temperaturą panującą na czapce, dochodzącą nawet do 150 stopni Celsjusza, które ulega znaczącemu rozproszeniu przy stosunkowo niewielkiej odległości (3 cm) pomiędzy wylotem nagrzewnicy a frontem czapki.

## Literatura

- [1] **Sztajnowski S.**, Metoda spektroskopii absorpcyjnej w podczerwieni w badaniach budowy polimerowych materiałów włókienniczych. Monografia, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2016.
- [2] **Wrosz P.**, Zastosowanie spektroskopii bliskiej podczerwieni i klasycznej podczerwieni w analizie jakościowej i ilościowej surowców w przemyśle farmaceutycznym i kosmetycznym, Niepublikowana rozprawa doktorska, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2012.
- [3] **Czarnecka-Komorowska D.**, Recykling niskoudarowego polistyrenu (GPPS): struktura, właściwości, Przetwórstwo Tworzyw 2013, nr 5.
- [4] **Czarnecka-Komorowska D., Ciesielska D.**, Wpływ liczby obiegów na właściwości recyklatów polimerowych, Wydawnictwo Czasopism i Książek Technicznych 2005, nr 3, ss. 16-17.
- [5] **Vilaplana F., Ribes-Greus A., Karlsson S.**, Degradation of recycled high-impact polystyrene. Simulation by reprocessing and thermooxidation, Polymer Degradation and Stability 2006, nr 91.
- [6] **Masek A.**, Recykling materiałów polimerowych – laboratorium, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2009.
- [7] **Biniaś W., Włochowicz A.**, Wykorzystanie spektrofotometrii fourierowskiej w zakresie bliskiej podczerwieni do analizy składu surowcowego wyrobów włókienniczych, Przegląd Włókienniczy 2002, nr 6.
- [8] **Urbańczyk G.**, Fizyka włókna, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2002.
- [9] **Mark E. J.**, Polymer Data Handbook, Oxford University Press, Oxford 1999.