

**Agata Poniecka**

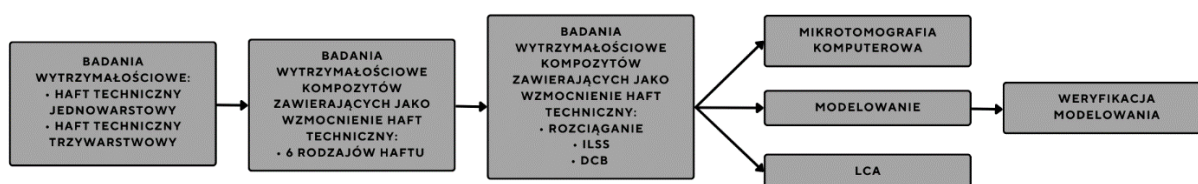
## **„Właściwości mechaniczne kompozytów zawierających jako wzmocnienie haft techniczny wykonany z włókien lnianych”**

### **Streszczenie**

W kontekście zrównoważonego rozwoju, produkcja kompozytów może być trudnym wyzwaniem, ze względu na wykorzystywane materiały oraz złożoność procesów produkcyjnych. Często stosuje się w nich żywice syntetyczne oraz włókna szklane lub węglowe, które mają negatywny wpływ na środowisko, zarówno podczas procesu produkcji, jak i po zakończeniu użytkowania produktu. Jednym ze sposobów na poprawę zrównoważonego rozwoju w produkcji kompozytów jest stosowanie ekologicznych materiałów, takich jak na przykład naturalne włókna roślinne (np. lniane, konopne), które mają mniej negatywny wpływ na środowisko naturalne. Ponadto, planowanie produkcji kompozytów powinno uwzględniać recykling i odzyskiwanie surowców wtórnych, aby zmniejszyć ilość odpadów i zminimalizować wpływ na środowisko naturalne. Z tego powodu, w ostatnich latach wzrosło wykorzystywanie w przemyśle kompozytów zawierających jako wzmocnienie włókna naturalne. Autorka niniejszej pracy, pragnąc połączyć aspekty ekologiczne z innowacyjnością, postanowiła zbadać właściwości mechaniczne kompozytów wzmocnianych haftem technicznym wykonanym z włókien lnianych. Wybór lnu jako materiału wzmocniającego jest podyktowany jego odnawialnością, biodegradacją oraz niskim wpływem na środowisko w porównaniu z tradycyjnymi włóknami syntetycznymi. Tradycyjne metody wzmocniania kompozytów opierają się na zastosowaniu ciągłych włókien lub tkanin. Niniejsza praca proponuje innowacyjne podejście, polegające na wykorzystaniu haftu technicznego wykonanego z włókien lnianych jako elementu wzmocniającego. Haft techniczny, dzięki swojej złożonej strukturze, może zapewnić kompozytom unikalne właściwości, takie jak zwiększona odporność na zginanie czy lepsze rozłożenie naprężeń. Celem badań jest ocena wpływu różnych parametrów haftu technicznego, takich jak długość ściegu czy kierunek ułożenia włókien, na właściwości mechaniczne otrzymanych kompozytów.

Badania skupiły się na haftach technicznych wykonanych na hafciarce komputerowej firmy ZSK model JCZA 0109-550 wyposażonej w głowicę typu W. Projekty haftu były wykonane w dedykowanym oprogramowaniu GiS BasePack 10, co pozwalało na uzyskanie dokładnych i powtarzalnych wzorów.

W niniejszej pracy dokonano analizy właściwości mechanicznych kompozytów zawierających jako wzmocnienie haft techniczny wykonany z włókien lnianych. W celu weryfikacji użyteczności takich kompozytów, badaniom poddano również tradycyjne kompozyty, zawierające jako wzmocnienie tkaninę. Poszczególne rozdziały odpowiadają kolejnym etapom prac badawczych. Badania te następowały kolejno po sobie, a otrzymane wyniki prowadziły do kolejnych etapów. Poniżej przedstawiono schemat prowadzonych prac badawczych.



Rysunek 1. Schemat prac badawczych zawartych w pracy

W pierwszych badaniach skupiono się na właściwościach mechanicznych samego haftu – przeprowadzono testy trzech różnych orientacji niedoprzędu lnianego w hafcie – 0°, 90° oraz 45°. Dokonano również oceny wytrzymałości haftu składającego się z trzech warstw (o kierunkach ułożenia kolejno 0°, 90°, 0°) oraz samego niedoprzędu lnianego i nitki tworzącej haft.

Na podstawie otrzymanych wyników badań wytrzymałościowych haftu opracowano siedmiowarstwowe warianty haftu, z których następnie wykonano kompozyty metodą infuzji. Poszczególne warianty różniły się pomiędzy sobą kierunkiem ułożenia niedoprzędu w poszczególnych warstwach. Otrzymane kompozyty zbadano pod kątem wytrzymałości na rozciąganie oraz wydłużenia przy rozciąganiu. Badania te opisano w rozdziale nr 4.

Kolejnym etapem prac było kompleksowe zbadanie kompozytów zawierających jako wzmocnienie haft techniczny wykonany z włókien lnianych. Skupiono się na wyłonieniu najbardziej optymalnej długości ściegu. W tym celu zaprojektowano i wykonano próbki haftu o długościach ściegu 2, 4 oraz 8 mm. Wykonano następnie kompozyty metodą infuzji. W celu porównania, badaniom poddano również kompozyty zawierające jako wzmocnienie tkaninę

oraz jednokierunkowy układ włókien, które poddano następnie szeregowi badań wytrzymałościowych:

- wytrzymałości na rozciąganie i wydłużenia przy rozciąganiu,
- wytrzymałości na zginanie: ILSS - Interlaminar shear strength
- odporności na pękanie: DCB - Mode I Interlaminar Fracture Toughness

Z powodu zauważalnych różnic w wytrzymałości kompozytów, zawierających jako wzmocnienie haft techniczny wykonany z włókien lnianych o zróżnicowanych długościach ścięgu, zdecydowano się na zbadanie struktury haftu za pomocą mikrotomografii komputerowej. Badanie to miało na celu wykrycie mikro urazów w strukturze haftu, powstających podczas procesu haftowania.

Przeprowadzone badania wytrzymałościowe kompozytów zawierających jako wzmocnienie haft techniczny posłużyły do wykonania podstawowych modeli numerycznych metodą elementów skończonych. Opracowano następnie plan eksperymentu składający się z 15 wariantów haftu. Wszystkie warianty zostały zamodelowane metodą elementów skończonych w programie „Patran-Nastran” firmy MSC Software.

Wybrane modele numeryczne zostały poddane weryfikacji. Wykonano próbki, które zostały następnie poddane badaniu wytrzymałości na rozciąganie oraz wydłużenia przy rozciąganiu. Otrzymane wyniki zestawiono z modelami numerycznymi.

Ostatnim elementem pracy było dokonanie Środowiskowej Oceny Cyklu życia (Life Cycle Assessment) w celu porównania wpływu na środowisko przykładowego przedmiotu wykonanego z haftu technicznego z przedmiotem wykonanym z tkaniny.