

## **„Wpływ parametrów druku 3D na właściwości eksploatacyjne wybranej okrętowej części maszynowej”**

Celem rozprawy doktorskiej jest określenie wpływu parametrów druku na właściwości eksploatacyjne pompy okrętowej. Praca zawiera dwie podstawowe tezy. Pierwsza obejmuje udzielenie odpowiedzi na pytanie czy zamiennik kompozytowy wydrukowany na drukarce 3D będzie posiadał takie właściwości eksploatacyjne i wytrzymałościowe, aby móc zastąpić uszkodzony element pompy w razie wystąpienia awarii podczas wyjścia na morze. Druga teza obejmuje udzielenie odpowiedzi na pytanie, jak zmiana określonych parametrów druku i modyfikacja oprogramowania G-COD wpłynie na właściwości wybranych filamentów.

W pracy doktorskiej zastosowano różnorodne metody badawcze: systematyczny przegląd literatury, metodę eksperymentalną, obserwacji, doświadczalną, statystyczną, symulacji komputerowej.

Przy zastosowaniu metody systematycznego przeglądu literatury, w pracy zawarto odniesienie do istniejącego stanu wiedzy tj. opartego na analizie aktualnych artykułów naukowych dotyczących nowoczesnych materiałów, technologii, badań naukowych związanych z drukiem 3D. Pozwoliło to na prawidłowe sformułowanie pytań badawczych i interpretacje uzyskanych wyników badań.

W przypadku metody eksperymentalnej modyfikowano parametry druku, oprogramowanie G-COD w celu uzyskania wydruku części o jak najlepszej jakości, tj. odwzorowanie wymiarowe i geometryczna struktura powierzchni będą zbliżone do wzorca jakim był wirnik z brązu cynowego.

Zakres badań metodą obserwacji obejmował: analizę przełomów próbek badawczych przy wykorzystaniu mikroskopu skaningowego, badania związane z absorpcją wilgoci w komorze klimatycznej.

Zastosowanie metody doświadczalnej pozwoliło na dokładne poznanie właściwości wytrzymałościowych i eksploatacyjnych zastosowanych materiałów. Wykonano szereg badań wykorzystując nowoczesne maszyny i urządzenia np. rozciąganie, zginanie, badania absorpcji, badania na stanowisku pomp.

Metodę symulacji komputerowej wykorzystano wielokrotnie w pracy doktorskiej. Zrealizowano proces inżynierii odwrotnej w celu rekonstrukcji uszkodzonego wirnika pompy. Model zeskanowano skanerem 3D a następnie odtworzono geometrię w programie CAD, aby w końcowym etapie go wydrukować. Ważnym zagadnieniem była analiza odchylek wymiarów i kształtów wirnika w porównaniu z odwzorowaną geometrią wirnika wzorcowego. Zaimplementowano także metodę elementów skończonych w celu symulacji procesu rozciągania i weryfikacji danych.

Wykorzystując metodę statystyczną wykonano analizę statystyczną danych pomiarowych związanych z parametrem gęstości filamentów. Opracowano histogramy i sporządzono rozkład Gaussa dla próbek badawczych.

Praca zawiera wstęp, wnioski oraz została podzielona na sześć rozdziałów. Rozdział pierwszy zawiera przegląd technik przyrostowych stosowanych podczas druku 3D. Dokonano także wyboru technologii addytywnej na podstawie analizy wielokryterialnej i filamentów do badań wykorzystując w tym celu analizę SWOT. W rozdziale drugim sformułowano problem badawczy. Rozdział trzeci obejmuje badania eksperymentalne własności wybranych filamentów. Przedstawiono w nim program badań, przebieg pomiaru czy też analizy otrzymanych wyników eksperymentalnych. Na ich podstawie dokonano wyboru filamentu tj. politereftalan etylenu glikolu wzmacniany włóknem węglowym (PETG CF) do druku części mechanicznej. W następnym rozdziale omówiono identyfikację cech funkcjonalnych obiektu badań. W rozdziale piątym odwzorowano geometrię, przedstawiono proces druku wirnika i zweryfikowano dokładność odwzorowania. W rozdziale szóstym omówiono badania

eksperymentalne przeprowadzone na stanowisku diagnostycznym okrętowych pomp wirowych. Potwierdzono, że przy zastosowaniu podczas druku parametrów: wysokości warstwy filamentu 0,12 mm, gęstości wypełnienia objętości próbki - 100% i czterech obrysach zewnętrznych, otrzymane charakterystyki podczas pracy pokrywają się z charakterystyką wirnika wzorcowego z brązu cynowego, zapewniając ciągłą pracę pompy okrętowej przez 48 godzin.