

## Streszczenie

Cel dysertacji stanowiło opracowanie technologii wytwarzania sensorów rozciągnięcia do zastosowań telerehabilitacyjnych. Rosnąca popularność realizowanych na odległość świadczeń medycznych stwarza potrzebę nowych rozwiązań technologicznych. W zdalnie prowadzonej kinezyterapii kluczowe jest monitorowanie postępów leczenia, jednak komercyjne systemy śledzenia ruchu nie są dostępne w cenach uzasadniających zakup przez pacjenta na okres terapii. W tej aplikacji wysoki potencjał wykazują materiały piezorezystywne, które po integracji z odzieżą, mogą służyć do rejestrowania ruchu osoby noszącej.

Jako obiekt pomiaru zgięcia wybrano staw kolanowy, co pozwoliło ustalić wymagania ergonomiczne oraz wyznaczyć klinicznie istotne parametry dokładności, zakresu pracy i wytrzymałości zmęczeniowej urządzenia. Określono, że sensor będzie oparty na kompozycie piezorezystywnym stanowiącym element układu tekstronicznego na opasce stabilizującej. Badania rozpoczęto od wytwarzania materiału sensorycznego techniką wytłaczania. Opracowane włókna, zawierające nanorurki węglowe i grafit, wykazywały się wysoką czułością, elastycznością i odkształceniem zrywającym powyżej 200%. Podatność kompozytu na pęczanie oraz wyzwania dotyczące integracji z dzianiną stanowiły przyczynę zmiany techniki wytwarzania na sitodruk. Przetestowano komercyjne przewodzące pasty do sitodruku oraz szereg autorskich kompozycji opartych na kopolimerze styren-butadien-styren, żywicy winylowej, polidimetylosiloksanie i termoplastycznym poliuretanie. Na podstawie badań reologii oraz charakterystyki mechanicznej i elektrycznej nadruków, opracowano docelowy kompozyt polimerowy napełniony sadzą techniczną.

Pomiary odpowiedzi piezorezystywnej i analiza morfologii powierzchni pozwoliły wyznaczyć właściwą grubość warstwy sensorycznej. Kompozyt zintegrowany z opaską stabilizującą wykazywał wysoką czułość i utrzymywał przewodność przez 3000 cykli rozciągnięć o 30%. Wykonano również kompaktowy moduł elektroniczny umożliwiający obsługę sensora przez dedykowaną aplikację na smartfona. Kalibracja pomiarem wizyjnym oraz zaprojektowany model regresji pozwoliły osiągnąć wymaganą dokładności wskazań. Opracowane rozwiązanie spełniło wszystkie wymagania techniczno-ergonomiczne i – w ocenie uznanego chirurga ortopedy – ma niezaprzeczalny potencjał stworzenia klinicznie użytecznego narzędzia wspomagającego rehabilitację. Skład kompozytu objęty jest zgłoszeniem patentowym, a wykonane sensory piezorezystywne są rozwijane do wdrożenia na rynek.

**Słowa kluczowe:** kompozyt piezorezystywny, sensor rozciągnięcia, nanomateriały, śledzenie ruchu, elektronika osobista