

W ostatnich latach obserwujemy gwałtowny wzrost produkcji artykułów wykonanych z materiałów polimerowych i ich kompozytów. Wzrost ten jest związany z niskimi kosztami materiału i produkcji wyrobów jak i wysoką wytrzymałością w odniesieniu do gęstości, dużą funkcjonalnością i estetyką materiału. Rosnąca troska o środowisko naturalne człowieka prowadzi do poszukiwania rozwiązań materiałowych i technologicznych ograniczających zużycie materiału przy produkcji oraz ułatwiających ich późniejszą utylizację. Dlatego też w dzisiejszych czasach rozwój inżynierii materiałowej w obrębie biodegradowalnych materiałów polimerowych pochodzenia naturalnego następuje bardzo szybko.

Od dekady gwałtownie wzrosło zainteresowanie wytwarzania produktów metodami addytywnymi. Metody te polegają na wytworzeniu produktu za pomocą skomputeryzowanego procesu nakładania warstw, który stopniowo buduje jeden płaski wycinek części (lub warstwę) na drugim. Proces ten pozwala stworzyć produkt o precyzyjnych kształtach, złożonej geometrii w stosunkowo krótkim czasie, co znacząco wpływa na obniżenie kosztów produkcji. Druk 3D znalazł zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu: medycynie, lotnictwie, przemyśle samochodowym czy elektronice. Często produkty te są poddawane znacznym obciążeniom mechanicznym, w niektórych przypadkach są to obciążenia cykliczne. Szczególnie takie przypadki występują w aplikacjach medycznych. Implanty stosowane jako zespolenia kostne ze względu na środowisko swojej pracy (obciążone miejsca szkieletu – kości szczękowo-twarzowe, rurkowe kości itd.) są narażone na obciążenia cykliczne, podczas których występuje znaczne nagromadzenie defektów, co prowadzi do szybszego zniszczenia materiału. Dodatkowo zmiany we właściwościach materiałów często są potęgowane poprzez wodne środowisko ich pracy np. w przypadku biomateriałów: płyny ustrojowe człowieka, pot itd., a w materiałach konstrukcyjnych: warunki klimatyczne (opady atmosferyczne, wilgotność itd.).

Coraz częściej ze względu na złożoną budowę, wyroby na implanty kostne są wytwarzane za pomocą druku 3D z biodegradowalnych materiałów polimerowych. Wprowadzenie do organizmu ludzkiego implantów o spersonalizowanych wymiarach, wytworzonych z materiałów które rozkładają się samoczynnie (bez negatywnego wpływu na organizm), nie tylko wpływają na efektywność leczenia, ale również zapobiegają reoperacji. Zrozumienie wymaganych wytrzymałości w określonych warunkach obciążenia ma zasadnicze znaczenie dla wszelkich zmian obciążeniowych. Zwłaszcza jest to ważne w przypadku materiałów polimerowych dla których nawet obciążenia poniżej granicy plastyczności mogą powodować zmęczenie materiału, co powoduje mikropęknięcia i ostatecznie uszkodzenie. Uwzględniając szybko rozwijający się przemysł druku 3D i zainteresowanie materiałami biodegradowalnymi, zrozumienie mechanizmów zmęczeniowych dla biodegradowalnych kompozytów jest konieczne do przewidywania i zapobiegania uszkodzeniom. Celem projektu jest poznanie zjawisk i mechanizmów zmęczeniowych biodegradowalnych kompozytów polimerowych otrzymanych metodą druku 3D. Projekt będzie miał na celu określenie synergistycznego oddziaływania hydrolitycznej degradacji (wpływ roztworu soli fizjologicznej i temperatury) i zadawanego obciążenia (statyczne/cykliczne) na właściwości mechaniczne i zmęczeniowe kompozytów. W pierwszym etapie do badań zostaną wytworzone za pomocą druku 3D i formowania wtryskowego kompozyty na podstawie dwóch biodegradowalnych i biokompatybilnych polimerów: polilaktydu (PLA) i poli(3-hydroksymaślan-ko-3-hydroksywalerianu) (PHBV). Oraz ich kompozyty wzmocnione hydroksyapatytem oraz włóknami bazaltowymi. Materiały zostaną poddane cyklicznym obciążeniom a zmiany strukturalne zostaną ocenione na poszczególnych etapach zmęczenia oraz biodegradacji. Nadrzędnym celem projektu będzie opracowanie i dostosowanie innowacyjnej metody Lehra służącej do wyznaczania przybliżonej wytrzymałości zmęczeniowej, na podstawie, której zostanie opracowany nowy model zmęczenia cyklicznego. Zarejestrowane rzeczywiste pętle histerezy oraz wartości wytrzymałości zmęczeniowej zostaną zaimplementowane do modelu teoretycznego, a dane doświadczalne zostaną porównane do wyników z programu numerycznego, co pozwoli zweryfikować otrzymane wyniki i wykluczyć błędy. Dodatkowo, obrazy struktury przełomów na poszczególnych etapach zmęczenia będą poddane kompleksowej ocenie metodami komputerowej analizy obrazu dla połączenia zjawisk mechanicznych takich jak zdolność do dyssypacji energii mechanicznej czy pełzanie dynamiczne z cechami mikrostruktury. Analiza zmian struktury molekularnej za pomocą dyfraktometru rentgenowskiego i mikrotomografu komputerowego próbek posłuży do oceny zmian organizacji mikrostruktury podczas badań zmęczeniowych. Co więcej zostanie określony wpływ technologii produkcji na właściwości mechaniczne biodegradowalnych materiałów polimerowych.

Dotychczasowe doniesienia literaturowe, wyraźnie pokazują, że istnieje luka w informacjach dotyczących zmęczenia materiałów biopochodnych, co więcej informacje na zmęczenia kompozytów PHBV drukowanych 3D nie zostały do tej pory opublikowane. Istnieje zatem potrzeba przeprowadzenia eksperymentalnych i obliczeniowych badań zmęczeniowych, aby zrozumieć mechanizmy prowadzące do zniszczenia materiału, co znacznie ułatwi projektowanie inżynierskie i zwiększy bezpieczeństwo pracy materiału. Dodatkowo opisane zjawisko pozwoli na udoskonalenie technologii produkcji druku 3D. Podjęcie tematyki badawczej przedstawionej w proponowanym projekcie uargumentowane jest potrzebą rozwijania wiedzy o materiałach polimerowych i ich kompozytach, znajdowania nowych rozwiązań w aspekcie wytwarzania nowych materiałów o zastosowaniach specjalnych oraz przewidywania długości życia produktu.