

Prof. dr hab. inż. Leszek Klimek  
Politechnika Łódzka  
Instytut Inżynierii Materiałowej

Łódź dn. 31. 08. 2024

## RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Kamila Patryka Kwiecińskiego pt.: „Dobór materiałów i technologii wytwarzania urządzenia do rehabilitacji jamy ustnej”**

**wykonana na zlecenie Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria  
Materiałowa Politechniki Śląskiej**

### 1. Charakterystyka ogólna pracy

Dysfunkcje układu stomatognatycznego należą do bardzo często występujących dolegliwości wśród pacjentów gabinetów stomatologicznych. Ich leczenie polega m.in. na stosowaniu specjalistycznych urządzeń, które wytwarzane są przez techników dentystycznych, indywidualnie dla każdego pacjenta. Zastosowanie mają też urządzenia produkowane masowo i finalnie dostosowywane przez lekarza stomatologa do indywidualnych cech anatomicznych pacjenta, lub formowane samodzielnie przez pacjenta. Wykonanie takich elementów wymaga zastosowania materiałów gwarantujących z jednej strony odpowiednie właściwości mechaniczne, a z drugiej spełniających wymagania dotyczące biomateriałów stosowanych w obrębie jamy ustnej i związanego z nią specyficznego środowiska. W wykonawstwie tych wyrobów istotne jest jeszcze to, że są one zakwalifikowane do grupy wyrobów medycznych i z tego powodu podlegają bardzo restrykcyjnym przepisom Unii Europejskiej, a tym samym krajowych (rozporządzenia i dyrektywy UE).

Leczenie zaburzeń układu stomatognatycznego polega najczęściej na eliminacji napięcia w mięśniach twarzoczaszki poprzez stosowanie urządzeń rozdzielających od siebie zęby szczęki i żuchwy różnego rodzaju nakładek, tzw. szyn zwarciovych. W zależności od rodzaju leczenia (aktywne, bierne) elementy te przebywają w jamie ustnej pacjenta nawet do kilkunastu godzin każdego dnia. Z tego powodu muszą wykazywać się odporność na środowisko, które jest w jamie ustnej pacjenta. Jednym z głównych problemów jest kolonizacja mikrobiologiczna, która dotyczy wszelkich wyrobów medycznych w jamie ustnej, w tym

Biurowo Dziekana

wpłynęło dnia 09.09.2024  
RDJMa, RMT, 512-1, 2024  
nr ..... zał. ....

właśnie nakładek. Tworzący się na nich biofilm wpływa nie tylko na pogorszenie estetyki, ale także ma znaczenie zdrowotne, przyczyniając się do różnego rodzaju chorób w jamie ustnej (próchnica, choroby przyzębia), a także chorób ogólnoustrojowych i alergii.

Aby sprostać tym wymaganiom, Doktorant w swojej pracy postawił sobie następujące cele:

„Celem pierwszym pracy były badania służące opracowaniu konstrukcji тренаżera przeznaczonego do leczenia bruksizmu w oparciu o wyniki biomechanicznego rozpoznania warunków jego funkcjonowania wraz z dobozem/opracowaniem materiałów zapewniających jego prawidłowe funkcjonowanie.”<sup>1</sup>

„Celem drugim były badania możliwości opracowania materiału dedykowanego wdrażanej konstrukcji, który obok funkcjonalnych właściwości mechanicznych zapewni poprawę właściwości mikrobiologicznych rozwiązania.”<sup>2</sup>

a także następujące tezy do zweryfikowania:

„Teza 1 stanowiła, że możliwym jest w oparciu o biomechaniczne rozpoznanie funkcjonowania układu stomatognatycznego opracowanie materiału i konstrukcji elementu sprężystego w taki sposób, że będzie on pełnił funkcję podczas działania mięśni języka, przy założeniu, że rozwiązanie to będzie mogło być wytwarzane masowo w formie prefabrykowanej przeznaczonej do indywidualizacji w jamie ustnej pacjenta.”<sup>3</sup>

„Teza 2 stanowiła możliwość opracowania oryginalnego materiału dedykowanego pod przedmiotowe rozwiązanie i gwarantującego spełnienie wymogów biomechanicznych i postaci konstrukcji prefabrykowanej przy uzyskaniu poprawy odporności mikrobiologicznej.”<sup>4</sup>

**Problematykę recenzowanej pracy należy więc uznać jako trafną zarówno z punktu widzenia poznawczego, jak i ze względu na możliwości praktycznego zastosowania opracowanej konstrukcji тренаżera oraz opracowanego materiału do leczenia zaburzeń układu stomatognatycznego.**

## **2. Ocena części literaturowej pracy**

Część literaturowa zamieszczona jest w rozdziale *Przegląd piśmiennictwa* i została podzielona na cztery podrozdziały. W pierwszym Autor opisuje dysfunkcje układu stomatognatycznego i metody ich leczenia. W podrozdziale drugim skupił się na materiałach i urządzeniach stosowanych w leczeniu zaburzeń układu stomatognatycznego. Omówił miękkie i twarde szyny okluzyjne, a także inne urządzenia; płytki podniebienne, podjęzykowe,

---

<sup>1,2,3,4</sup>Oryginalne cytaty z rozprawy

kulki rehabilitacyjne. W podrozdziale tym dokonał także przeglądu materiałów stosowanych w terapii okluzyjnej. W tym omówieniu więcej miejsca poświęcił materiałowi EVA, który stanowił bazę do późniejszych modyfikacji. Podrozdział trzeci poświęcony jest kolonizacji mikrobiologicznej wyrobów medycznych w jamie ustnej. Zwrócił uwagę na istotność tego problemu, podkreślając, że „Zakładając długi okres stosowania trenażerów, jako szczególny aspekt rozwojowy trzeba wskazać opracowanie dedykowanych materiałów umożliwiający zniwelowanie a nawet wyeliminowanie problemów natury mikrobiologicznej.”<sup>15</sup> Jak już wcześniej wspomniano bazą nowego materiału był EVA, w związku z tym szerzej omówił podejmowane prace związane z modyfikacją tego materiału pod kątem uzyskania właściwości przeciwdrobnoustrojowych. W części tej Autor nie ustrzegł się pewnych niezręcznych sformułowań do których zaliczyłbym zamieszczone w tabeli 3 – kruchość przy niskiej temperaturze polepsza się, uważam za niezręczne. Lepiej byłoby użyć sformułowania zmniejsza lub zwiększa się. Ostatni podrozdział przeglądu piśmiennictwa poświęcony jest wymogom prawnym dotyczącym stosowania materiałów i wyrobów medycznych, ze szczególnym uwzględnieniem tych stosowanych w jamie ustnej pacjenta. Podjęcie tej tematyki jest bardzo zasadne. Świadczy o tym, że Doktorant zdaje sobie sprawę i uwzględnia realia dotyczące wprowadzania urządzeń, wyrobów i materiałów na rynek medyczny. Treści zawarte w tym rozdziale można potraktować jako skrócone kompendium wiedzy dotyczącej wprowadzania wyrobów i materiałów na rynek medyczny. Moim zdaniem można było ten rozdział nieco skrócić i ograniczyć się tylko do elementów stosowanych w jamie ustnej.

Tak przeprowadzona analiza piśmiennictwa jest moim zdaniem jak najbardziej prawidłowa. Znajomość tych zagadnień jest niezbędna prawidłowego zaprojektowania urządzenia do rehabilitacji układu stomatognatycznego. Brakuje mi jednak końcowego podsumowania części teoretycznej, z którego wynikałyby założenia do badań przeprowadzonych w ramach przedstawionej rozprawy doktorskiej.

**Oceniając tę część pracy stwierdzam, że tak przedstawiona część literaturowa świadczy o posiadaniu przez Doktoranta wystarczających podstaw teoretycznych do realizacji podjętego tematu.**

### **3. Ocena części merytorycznej pracy**

Część merytoryczna pracy przedstawiona została w rozdziałach trzecim i czwartym. W rozdziale trzecim przedstawiono materiały i metody badawcze, natomiast w rozdziale

---

<sup>15</sup>Oryginalny cytat z rozprawy

czwartym wyniki tych badań. Całość kończy się omówieniem i dyskusją wyników badań (rozdział piąty) oraz wnioskami (rozdział szósty). Zakres merytoryczny pracy można podzielić na trzy części, pierwszą dotyczącą projektowania trenażera, drugą obejmującą dobór materiałów i trzecią polegającą na opracowaniu technologii formowania prefabrykatów w ustach pacjenta, ich modyfikacji oraz badania właściwości po tych procesach. Do procesu projektowania trenażera Doktorant podszedł bardzo kompleksowo. Rozpoczął od stworzenia modelu numerycznego żuchwy oraz symulacji jej biomechaniki. W swoich symulacjach uwzględnił siły generowane w łuku zębowym, obliczone wartości obciążeń w stawie skroniowo żuchwowym wynikające z aktywności mięśni dla różnych wariantów okluzji. Kolejnym etapem było wykonanie trenażerów, opracowanie ich modeli cyfrowych i badania symulacyjne MES ugięcia i naprężenia w trakcie jego obciążania. W efekcie tych badań autor określono zakresy ugięć i naprężeń dla różnych sztywności elementu sprężystego trenażera, co pozwoliło na wytypowanie materiałów spełniających założone w pracy kryteria. Należy zaznaczyć, że efektem tej części pracy było zgłoszenie patentowe dotyczące kształtu elementu sprężystego trenażera.

Druga część pracy obejmowała dobór i modyfikację materiału trenażera. Na podstawie wcześniej wykonanych symulacji MES Doktorant sformułował wytyczne dotyczące materiału trenażera wraz z elementem sprężystym. Jako materiał do dalszej modyfikacji wybrał poli(etylen-co-octan winylu) z uwagi na jego dostępność i możliwość łatwego termoformowania. Ma to istotne znaczenie, biorąc pod uwagę, że z założenia rozwiązanie to będzie mogło być wytwarzane masowo w formie prefabrykowanej przeznaczonej do indywidualizacji w jamie ustnej pacjenta. Do dalszych badań przygotował trzy blendy o różnych zawartościach EVA28 i EVA40. Jako środka przeciwdrobnoustrojowego zastosował fosforan srebrowo-sodowo-wodorowo-cyrkonowy aplikowany dwoma różnymi sposobami. Tak przygotowane kompozyty zostały poddane badaniom właściwości fizykochemicznych. Dobór metod badawczych zastosowanych w pracy nie budzi wątpliwości. Nie można mieć zastrzeżeń co do ich celowości. Z jednej strony były to badania właściwości mechanicznych, pozwalające na ocenę zachowania się tych materiałów w warunkach przewidywanego zastosowania z obciążeniami, z drugiej strony były to badania pozwalające przewidzieć ich właściwości przeciwdrobnoustrojowe i ewentualną cytotoksyczność. Badania poszerzono o obserwacje w elektronowym mikroskopie skaningowym obrazujące morfologię badanych materiałów i, jak to nazwał autor, ocenę dyspersji wypełniaczy. Wydaje mi się jednak, że gdy mówimy o większej lub mniejszej dyspersji porównywanych materiałów, to powinniśmy podać jakieś dane liczbowe, które umożliwią porównanie i poddać je analizie statystycznej. Ponieważ

w dalszej kolejności przewidywane było opracowanie technologii formowania tych elementów, praca została uzupełniona o badania mające ustalenie warunków przetwórstwa tych tworzyw. Odnośnie tej części nasuwa mi się pytanie, dlaczego w analizie DMA wybrano zakres od  $-150^{\circ}\text{C}$ ? Temperatura ta znacznie odbiega zarówno od temperatury użytkowania, jak i od temperatury przetwórstwa. Ostatnim etapem prac było opracowanie finalnej technologii formowania w ustach prefabrykowanych trenażerów. Następnie trenażery zostały fizycznie wykonane i poddane weryfikacji.

Przeprowadzona przez Autora analiza wyników badań pozwoliła opracować konstrukcję trenażera i wytypować typoszereg materiałów o pożądanym właściwościach mechanicznych i technologicznych. Co istotne proponowane blendy pozwalają wytwarzać trenażery o zróżnicowanej podatności w zależności od indywidualnych potrzeb pacjenta. Modyfikacja cząstkami fosforanu srebrno-sodowo-wodorowo-cyrykonowego w znacznym stopniu zmniejszyła podatność materiału na kolonizację mikrobiologiczną w stosunku do wyjściowych materiałów poli(etylen-co-octan winylu). Co istotne modyfikacje te nie wykazały cytotoksycznego działania na komórki organizmu ludzkiego.

#### **4. Zagadnienia polemiczne i uwagi**

Oprócz niewątpliwych zalet rozprawa, jak każda tego typu praca, zawiera pewne nieścisłości, a także sformułowania i ujęcia, które mogą być przez recenzenta postrzegane w inny sposób lub w formie rozszerzonej, a obowiązkiem ciężącym na recenzencie jest zwrócić na nie uwagę. Zostały one już wcześniej zasygnalizowane podczas oceny części teoretycznej i merytorycznej pracy, i nie ma potrzeby ich tutaj powtarzać. Chciałbym jedynie podkreślić, że przytoczone uwagi w niewielkim stopniu obniżają wartości pracy i należy je traktować jako wskazówki na przyszłość, szczególnie w kontekście publikowania wyników pracy w czasopismach naukowych.

#### **5. Ocena końcowa**

Doktorant zrealizował w sposób wystarczający postawione sobie cele, a tym samym zrealizował zakres merytoryczny pracy, której tematyka jest ważna zarówno w aspekcie poznawczym, jak i klinicznym. Wykazał się przy tym odpowiednią wiedzą teoretyczną w zakresie dyscypliny Inżynieria Materiałowa, a zastosowane metody badawcze wskazują na Jego umiejętność w samodzielnym prowadzeniu eksperymentów oraz opracowania i analizy wyników, a także wyciągania wniosków. Na szczególną uwagę zasługuje kompleksowe opracowanie zagadnienia wytwarzania trenażera, poczynając od modelowania i symulacji

komputerowych poprzez zbadanie przydatności możliwych do zastosowania materiałów, a kończąc na technologii wykonywania trenażer. Należy mieć nadzieję, że Doktorant nie poprzestanie na tym etapie, ale przebrnąwszy przez skomplikowane procedury prawne dotyczące wyrobów medycznych doprowadzi do wdrożenia produkcyjnego. **Przedstawione w pracy rozwiązania dotyczące doboru materiałów i technologii wytwarzania urządzenia do rehabilitacji jamy ustnej są oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego wnoszącym wkład w dyscyplinę Inżynieria Materiałowa w zakresie materiałów biomedycznych.**

#### **Wniosek końcowy**

Na podstawie powyższej opinii o rozprawie doktorskiej mgr inż. Kamila Patryka Kwiecińskiego pt.: *„Dobór materiałów i technologii wytwarzania urządzenia do rehabilitacji jamy ustnej”* stwierdzam, że wykazał się on wiedzą umożliwiającą prowadzenie samodzielnych badań naukowych, a oceniana praca jest samodzielnym i oryginalnym rozwiązaniem problemu badawczego. Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska spełnia warunki stawiane przez Ustawę z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (z późn. zm.), (Dz. U. 2018 poz. 1668). Przedkładam, więc, Wysokiej Radzie Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej wniosek o dopuszczenie mgr inż. Kamila Patryka Kwiecińskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Leszek Klimek