

Częstochowa, 12.09.2019

**Recenzja rozprawy doktorskiej
Pani mgr inż. Anny Jarzębskiej
pt. „Synergiczny wpływ dodatku magnezu i wyciskania
hydrostatycznego na mikrostrukturę i właściwości biodegradowalnego
materiału na bazie cynku”**

wykonana dla Rady Naukowej Instytutu Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN w Krakowie,
(zgodnie z pismem Dyrektora IMIM/DP/1735/2019 z dnia 18.07.2019)

1. Ocena przedmiotu rozprawy

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr inż. Anny Jarzębskiej dotyczy zgodnie z tematem analizy stopów cynku z magnezem poddanych procesowi hydrostatycznego wyciskania w celu poszukiwania optymalnego rozwiązania materiałowego dla biodegradowalnych stentów. Podyktowane bezpośrednio zastosowaniem elementu finalnego ograniczenie wyboru pierwiastków stopowych przy projekcie materiałowym stanowi niewątpliwie trudność w osiągnięciu wymaganych zespołów właściwości, którymi muszą charakteryzować się biomateriały. Zaproponowany przez Doktorantkę skład stopów wraz z procesem ich przeróbki plastycznej pozwolił na uzyskanie tworzyw o właściwościach spełniających główne wymagania stawiane stentom biodegradowalnym. Należy również zaznaczyć, że tematyka i zakres rozprawy umiejscowione się niewątpliwie w obszarze aktualnych i istotnych zagadnień zawierających się w dyscyplinie *inżynieria materiałowa*. Autorka podjęła badania trzech stopów z układu Zn-Mg, wytworzonych dla potrzeb pracy i poddanych procesowi hydrostatycznego wyciskania, analizując jednocześnie wpływ zarówno udziału masowego magnezu jak i stopnia odkształcenia na ich mikrostrukturę oraz główne właściwości, w odniesieniu również do czystego technicznie cynku. Tak przyjęty zakres rozprawy przyczynił się do uzyskania nowych danych materiałowych

jak również poszerzenia możliwości aplikacyjnych materiałów cynkowych. Na tle dotychczasowych danych literaturowych zarówno aktualną tematykę rozprawy jak i przyjęty logiczny i konsekwentny plan pracy oceniam bardzo dobrze.

2. Charakterystyka językowej i edycyjnej formy pracy

Praca o łącznej objętości 113 stron zawiera typowy dla rozpraw doktorskich układ obejmujący przegląd danych literaturowych (utworzony na podstawie spisu 99 pozycji) oraz część badań własnych wraz ze streszczeniem (w języku polskim i angielskim). Układ pracy jest poprawny, czytelny i nie budzi zastrzeżeń, podobnie jak użyty język oraz stosowana terminologia. Drobne błędy drukarskie czy językowe jak np. nadużywane w pracy słowo „spadek” czy nieprawidłowe sformułowania „prędkość korozji” (powinno być „szybkość”), nie umniejszają pozytywnego odbioru dysertacji jako całości. Liczne rysunki i tabele przedstawiono w sposób czytelny wraz z prawidłowym opisem i cytowaniem w treści rozprawy. Podobnie, dobrane adekwatnie do tematyki pracy pozycje literaturowe zostały odpowiednio w niej zacytowane oraz wyszczególnione w spisie końcowym. Pojedyncze niedopatrzenia, jak brak daty dostępu do poz. [13] i [86] również nie rzutują na ocenę prawidłowego trybu operowania przez Doktorantkę danymi literaturowymi.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Przedstawiony w pracy problem badawczy, jakim była propozycja materiałowa dla biodegradowalnych stentów nie budzi zastrzeżeń, a sposób jego rozwiązania podano w sposób konsekwentny i precyzyjny. Część literaturowa, zawarta w pięciu pierwszych rozdziałach i opisująca najistotniejsze zagadnienia związane z tematyką badawczą rozprawy, napisana została w sposób zwięzły, logiczny i komunikatywny. Dzięki przedstawieniu w dwóch pierwszych rozdziałach tej części głównych założeń i wymagań stawianych stentom biodegradowalnym, poprzez analizę cynku i jego stopów aż do kwestii jego odkształcenia plastycznego oraz omówienia procesu hydrostatycznego wyciskania czytelnik bez trudu może zapoznać się z głównymi zagadnieniami podjętej pracy doświadczalnej. Przedstawiona analiza literaturowa jest przejrzysta, a tok rozumowania prowadzi do przedstawionej w rozdziale szóstym tezy pracy.

Zarówno sformułowana poprawnie teza jak i główny cel rozprawy zawiera w mojej ocenie innowacyjne podejście do problemu materiałowego stentów biodegradowalnych oraz stanowi oryginalny wkład w rozwój inżynierii materiałowej tworzyw cynkowych. Na podkreślenie zasługuje również wielopłaszczyznowe podejście do zagadnień rozwoju stopów z układu Zn-Mg. Konsekwencją przyjętej tezy pracy było wytypowanie (wraz z czystym technicznie cynkiem jako materiałem odniesienia) oraz wytworzenie materiałów badawczych tj. stopów Zn zawierających 0,5, 1 i 1,5% mas. Mg, przeprowadzenie procesu ich wyciskania hydrostatycznego oraz wykonanie badań ich mikrostruktury i właściwości. Osiągnięcie założonego w rozprawie celu wymagało zatem nie tylko pracy eksperymentalnej na poziomie badań mikrostruktury i właściwości materiałów ale także istotnego wkładu w przygotowanie doświadczalnych tworzyw. Praca zawiera dużą ilość różnorodnych wyników badań eksperymentalnych uzyskanych adekwatnymi metodami badawczymi (w tym szczegółowych badań mikrostruktury wykonanych przy użyciu szerokiej gamy instrumentarium oraz badań twardości, wytrzymałości na rozciąganie, umownej granicy plastyczności, wydłużenia i odporności na korozję). Eksperymenty zaplanowano, przeprowadzono oraz opisano w sposób prawidłowy, chociaż wątpliwości budzi interpretacja krzywych polaryzacji. Na rys. 8.37 i 8.38 pokazano krzywe polaryzacji, z których wynika, że korozja badanych materiałów w rozworze Hanksa kontrolowana jest dyfuzyjnie (o czym świadczy wyraźne plateau na gałęzi katodowej). W takim wypadku nieuprawnione jest wyznaczanie nachylenia katodowego i analiza metodą prostych Tafela. Pewnym niedopatrzeniem opisu jest również brak jednoznacznej informacji w rozdz. 7.5, że testy odporności na korozję przeprowadzono dla materiałów przyjętych w pracy jako wyjściowe oraz dla materiałów po procesie hydrostatycznego wyciskania z maksymalnym zastosowanym odkształceniem, o czym można wnioskować na podstawie wyników zamieszczonych w rozdz. 8.5. Przyjęty jednak szeroki i logiczny zakres badawczy pozwolił Autorce na analizę zagadnień wpływu składu fazowego oraz stopnia odkształcenia materiałów eksperymentalnych na ich mikrostrukturę oraz zachowanie się w warunkach zarówno jednoosiowego rozciągania jak i środowiska korozyjnego. Zarówno zawarte w rozdziale ósmym wyniki badań wraz z opisem jak i dyskusja uzyskanych rezultatów zamieszczona w rozdziale dziewiątym stanowią udowodnienie tezy pracy oraz potwierdzają osiągnięcie sformułowanego jej celu.

Pozytywnej oceny przedłożonej rozprawy, zarówno w kontekście aktualnej tematyki, osiągnięć poznawczych oraz potencjału aplikacyjnego nie zmienia fakt, że Autorka nie ustrzegła się elementów dyskusyjnych czy wymagających wyjaśnień. Do elementów tych można zaliczyć pominięcie w pracy informacji o ilości przeprowadzonych prób badania danej właściwości materiałów czy odchylenia standardowego dla uzyskanych wyników. Powtarzalność wyników oraz znajomość zakresu zmian uzyskiwanych właściwości stanowią bowiem istotną kwestię podczas opracowywania nowych rozwiązań materiałowych (uwaga ta dotyczy zarówno uzyskanych wartości właściwości jak i wyników zamieszczonych np. na rys.8.12.d). Na stronie 17 podano z kolei, że mikrostruktura stopów „składa się z ziaren czystego cynku α -Zn (...) oraz eutektyki utworzonej z czystego cynku α -Zn i fazy międzymetalicznej (co podano również na stronach m.in. 66, 68, 69). Zgodnie z zamieszczonym w pracy rys. 7.1b, w układzie Zn-Mg występuje roztwór stały Mg w Zn, a o rozpuszczalności magnezu w cynku Autorka pisze także w dalszej części strony 17.

Przedstawione w recenzji uwagi nie umniejszają podstawowym wartościom merytorycznym rozprawy. Jej Autorka wykazała umiejętność prowadzenia badań eksperymentalnych oraz ich analizy, uzyskując oryginalne wyniki badawcze. Ważnym również elementem rozprawy jest potencjał aplikacyjny proponowanych rozwiązań, pomimo że ten aspekt pracy wymaga jeszcze, moim zdaniem, przeprowadzenia szczegółowej optymalizacji.

3. Wnioski końcowe

Przedstawiona powyżej analiza pracy Pani mgr inż. Anny Jarzębskiej pozwala na przedstawienie Radzie Naukowej Instytutu Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN w Krakowie wniosku, że spełnia ona wymagania stawiane rozprawom doktorskim, określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (z późniejszymi zmianami). Tym samym wnoszę o dopuszczenie Pani mgr inż. Anny Jarzębskiej do publicznej obrony rozprawy doktorskiej przed Radą Naukową Instytutu Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN w Krakowie.

