



dr hab. Grzegorz Dercz, prof. UŚ
Instytut Inżynierii Materiałowej
Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
Uniwersytet Śląski
ul. 75 Pułku Piechoty 1A
41-500 Chorzów

Chorzów, 10.10.2024r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej pt.

**„Resorbowalne stopy Ca-Mg-Zn z dodatkiem iterbu, boru i złota
do zastosowań biomedycznych”**

Autor: mgr inż. Dawid Szyba

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawę opracowania recenzji stanowi uchwała RDIMa.RMT.512.7.2024 Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej z dnia 26 września 2024r., przekazana w piśmie z dn. 26 września 2024r., przez Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej prof. dr hab. inż. Adama Grajcara.

2. Ogólna charakterystyka pracy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska Pana mgr inż. Dawida Szyby przygotowana na Wydziale Mechanicznym Technologicznym, Politechniki Śląskiej. Promotorem rozprawy doktorskiej jest Pan dr hab. inż. Rafała Babilas, prof. PŚ, natomiast Promotorem pomocniczym jest Pani dr inż. Aneta Kania.

Praca składa się z monotematycznego cyklu 4 publikacji naukowych (sumaryczny IF = 20,04; sumaryczna ilość pkt. MEiN = 450) w czasopismach z bazy JCR. Przedstawiony w dysertacji monotematyczny cykl publikacyjny oparty jest o wysoko punktowane recenzowane artykuły powstałe, zgodnie z oświadczeniami współautorów, przy istotnym



udziale Doktoranta, a które zostały zamieszczone w: Journal of Non-Crystalline Solids IF = 3,2; Journal of Alloys and Compounds IF = 5,8; Materials & Design IF = 7,6; Scientific Reports IF = 3,8.

Rozprawa liczy 187 stron wydruku komputerowego, w którym zawarto 14 rozdziałów w tym między innymi streszczenie w języku polskim i angielskim, obszerną bibliografię (229 publikacji, w tym 5 prac współautorskich Doktoranta), oraz zamieszczono wykaz ww. publikacji z krótką charakterystyką przedmiotu i zakresu poszczególnych prac wraz z oświadczeniami współautorów.

W pracy doktorskiej Pana mgr inż. Dawida Szyby w sposób bardzo szeroki przedstawiono wyniki z zakresu syntezy resorbowalnych, w założeniu amorficznych i biokompatybilnych stopów Ca-Mg-Zn z dodatkiem odpowiednio: iterbu, złota oraz boru, wraz z badaniami ich właściwości fizykochemicznych oraz cytotoxycności. Należy podkreślić, iż w przedmiotowym monotematycznym cyklu zaprezentowano możliwości kontroli wspomnianych właściwości poprzez kształtowanie struktury amorficznej resorbowalnych stopów na bazie Ca oraz badania biologiczne, w tym testy cytotoxycności zaprojektowanych materiałów. Należy podkreślić, że badania biozgodności poprzez ocenę toksycznego działania badanych materiałów prowadzonych na hodowlach komórkowych opracowanych stopów były kluczowym zagadnieniem, które także zostało przedstawione w rozprawie doktorskiej.

Co istotne, wykazane w cyklu publikacje należą do kanonu badań zarówno podstawowych jak i aplikacyjnych, których wyniki pozwalają wskazać potencjalne zastosowania zsyntezowanych materiałów jako resorbowalny biomateriał.

Przegląd literatury obejmuje głównie prace z ostatnich lat, co świadczy o bardzo dobrej orientacji Autora w temacie bioresorbowalnych stopów Ca-Mg-Zn. Praca doktorska Pana mgr inż. Dawida Szyby napisana została poprawnym językiem technicznym, przy zastosowaniu specjalistycznej nomenklatury wraz z dobrze opracowanymi rysunkami oraz wysoką jakością badań.

Do przedstawionego cyklu Doktorant przygotował obszerny wstęp teoretyczny w postaci dwóch rozdziałów, a mianowicie *Wstęp* oraz *Motywacja badań*, wprowadzając w temat metali resorbowalnych, szkieł metalicznych w tym maszynowych. Nadto, Autor przedstawił rolę jaką

odgrywają w organizmach żywych poszczególne pierwiastki będące wykorzystywane w pracy doktorskiej do syntezy materiału badań. W tym miejscu Recenzent wskazuje, że niezrozumiałym jest dlaczego wpływ poszczególnych pierwiastków został rozrzucony po całym wstępie, w dwóch pierwszych rozdziałach (rozdział 1 oraz 3) Autor dość szczegółowo przedstawia opisy w kontekście biologicznym dla większości użytych w pracy pierwiastków, podczas gdy informacje odnośnie złota jako biomateriału, przedstawiono dość lakonicznie, sprowadzając te informacje właściwie do jednego zdania. Z drugiej strony Autor stosunkowo szeroko rozpisuje się w zakresie PNB. Po czym dopiero na stronie 31 (rozdział 5.2.), Doktorant dokonuje opisu pierwiastka Au w kontekście oddziaływania biologicznego z organizmami żywymi. Niestety, w sposób znaczący utrudnia to czytelność. Inną sprawą jest, że część teoretyczna pisana jest w sposób dość chaotyczny, Autor skacze z tematu na temat, przy znikomym powiązaniu poszczególnych treści, które niejednokrotnie potraktowane zostały niestety w sposób dość lakoniczny.

W końcowej części Pracy doktorskiej, Autor zawarł swój dorobek naukowy w postaci wszystkich publikacji opublikowanych w czasopiśmie oraz zestawień rozdziałów w monografiach, w których był autorem lub współautorem a także staże naukowe oraz uczestnictwo w dwóch projektach naukowo-badawczych.

Oceniając cały układ pracy uważam, że jest on właściwy i odpowiada wymogom prac doktorskich bazujących na cyklu jednotematycznych publikacji.

3. Ocena doboru tematyki i zakresu pracy

Stopy na osnowie magnezu cieszą się coraz większym zainteresowaniem z uwagi na ich atrakcyjne własności mechaniczne i biologiczne, które mogą być wykorzystane do produkcji materiałów bioresorbowalnych do potencjalnych aplikacji medycznych. Przedłożona do recenzji praca doktorska Pana mgr inż. Dawida Szyby, stanowi szerokie opracowanie i jednocześnie rozwinięcie dotychczasowej wiedzy w zakresie zagadnień związanych z wytwarzaniem oraz charakterystyką relatywnie nowej grupy biomateriałów dotyczącej amorficznych stopów Ca-Mg-Zn z dodatkiem iterbu, złota oraz boru jako biomateriałów na biodegradowalne implanty.



Jak wskazuje Autor, główny cel naukowy niniejszej rozprawy doktorskiej koncentruje się na wytworzeniu oraz scharakteryzowaniu struktury, właściwości: fizykochemicznych, cytotoksycznych, korozyjnych oraz biokompatybilnych, amorficznych stopów typu: Ca-Mg-Zn-Yb, Ca-Mg-Zn-Yb-B oraz Ca-Mg-Zn-Yb-B-Au. W ocenie Doktoranta, dodatki stopowe do stopów Ca-Mg-Zn w postaci iterbu, złota oraz boru, mają spowolnić ich degradację w wybranych roztworach fizjologicznych przez zmniejszenie ilości uwolnionego wodoru oraz poprawić parametry elektrochemiczne. Nadto, wg. Autora dodatki stopowe Yb, B, Au, mają poprawić proliferację komórek kostnych oraz zmniejszyć aktywność korozyjną wybranych stopów Ca-Mg-Zn.

W oparciu o studia literaturowe i wyniki własnych badań doświadczalnych sformułowano tezę pracy: *„Dodatek iterbu, złota oraz boru do stopów Ca-Mg-Zn spowalnia ich degradację w wybranych roztworach fizjologicznych przez zmniejszenie ilości uwolnionego wodoru oraz poprawę parametrów elektrochemicznych. Ponadto, zastosowanie Yb, Au i B zwiększa potencjał stopów Ca-Mg-Zn jako materiałów na potencjalne implanty resorbowalne przez niską cytotoksyczność i zwiększenie ilości komórek kostnych odnotowanych w badaniach cytotoksyczności.”*. Na podstawie powyższej tezy sformułowano 10 pytań badawczych (str. 16 i 17) które podlegały sprawdzeniu w trakcie realizacji pracy doktorskiej i do których Doktorant odniósł się zarówno w publikacjach jaki i w przewodniku, szczególnie w rozdziale 9. *Podsumowanie i wnioski*.

W celu realizacji postawione tezy pracy i jednocześnie sformułowanych do niej pytań badawczych, Doktorant zastosował wieloetapową metodę syntezy materiału badań, począwszy od użycia generatora indukcyjnego w atmosferze ochronnej argonu poprzez wytworzenie próbek w postaci płytek metodą odlewania ciśnieniowego PDC, które po pocięciu na małe kawałki umieszczono w tyglu kwarcowym wytwarzając w ten sposób masywne szkła metaliczne. Niestety, w ocenie Recenzenta opis końcowej części przygotowania materiału badań jest opisany niejasno, o czym w dalszej części recenzji.

Następnie, tak przygotowany materiał badań został szeroko scharakteryzowany w zakresie fizykochemicznym, cytotoksyczności oraz biologicznym. W pierwszej kolejności, Autor przedstawił badania mikrostrukturalne z użyciem dyfrakcji rentgenowskiej, mikroskopii



transmisyjnej wysokiej rozdzielczości oraz dyfrakcji neutronowej, które to wg. Autora wykazały że uzyskano stopy zarówno w pełni amorficzne jak i takie, które charakteryzowały się amorficzną osnową z fazami krystalicznymi: CaZn, CaZn₂ oraz MgZn.

Kolejnym etapem realizacji pracy doktorskiej były badania elektrochemiczne w roztworze Ringera oraz płynie wieloelektrolitowym PWE przy wykorzystaniu metody potencjodynamicznej oraz elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej. Otrzymane wyniki pomiarów dostarczyły informacji o rodzaju wytworzonych produktów korozji. Rozszerzenie badań o analizę EDS i XRD produktów korozji po badaniach zanurzeniowych w roztworze Ringera, pozwoliły zidentyfikować inne związki wcześniej nie scharakteryzowane. Ponadto, przeprowadzone badania metodą FTIR potwierdziły występowanie głównie węglanów o różnej budowie i składzie chemicznym, co Autor uzasadnił różnym składem stopów i roztworów. Otrzymane wyniki, zdaniem Autora pozwoliły stwierdzić, że niewielki dodatek boru w stopie CaMgZnYb oraz złota w stopie CaMgZnYbB zmniejsza aktywność korozyjną stopów w roztworze Ringera. Z drugiej strony, Doktorant wykazał, że dodatek boru o udziale 1 % at., oraz 2 % at., wpłynął na zwiększenie aktywności korozyjnej stopu Ca₃₂Mg₁₂Zn₃₈Yb₁₈ w wieloelektrolitowym płynie fizjologicznym PWE.

Przeprowadzone w pracy pomiary aktywności korozyjnej analizowanych stopów wykazały tendencję do mniejszego uwalniania wodoru w funkcji czasu zanurzenia, a wartość H₂ nie przekraczała dla większości stopów wartości 1 ml/cm². W oparciu o te badania, Autor wskazał, że mechanizmy korozji stopów obejmują: rozpuszczanie anodowe, formowanie się wodorotlenków, tworzenie się warstw produktów korozji i etap propagacji korozji. Kolejne badania dotyczyły analizy chropowatości powierzchni, które wykazały, że najniższe wartości chropowatości uzyskano dla stopu zawierającego największy dodatek boru i jednocześnie dla tego stopu, Doktorant wykazał poprawę odporności korozyjnej w porównaniu z 1 % at. oraz 2 % at. dodatkiem B. Z zakresu badań mechanicznych, Autor po przeprowadzeniu testów na ściskanie stwierdził, że stop z dodatkiem boru posiada potencjalnie możliwości aplikacyjne jako implant.

Dalsze badania Doktoranta odnosiły się do badań biogodności stopów metodą MTT. Wyniki badań cytotoksyczności wykazały, że stop o udziale 3 % at. boru charakteryzował się

najwyższą żywotnością komórek, zarówno dla 24, jak i 48-godzinnego okresu inkubacji.

W części końcowej, Doktorant skonstruował swoje badania w sposób następujący: „Ze względu na korzystne własności korozyjne i mechaniczne, a także niską cytotoksyczność, stopy na bazie wapnia, a szczególnie stop $\text{Ca}_{32}\text{Mg}_{12}\text{Zn}_{38}\text{Yb}_{15}\text{B}_3$, mogą być obiecującymi kandydatami na resorbowalne implanty medyczne.” Tym samym, Autor jednoznacznie dowiódł, że osiągnął zakładane cele pracy.

Podsumowując, przeprowadzone w ramach pracy doktorskiej badania nad nowymi materiałami magnezowymi, mają na celu poszerzenie podstawowej wiedzy w zakresie wytwarzania i własności, co powinno prowadzić do dalszego rozeznania zdolności aplikacyjnych takich materiałów. Moim zdaniem, recenzowana praca dotyczy zagadnień o istotnej wartości zarówno poznawczej oraz przyszłościowo i aplikacyjnej.

4. Ocena merytoryczna pracy

Oceniając pracę od strony merytorycznej, warto podkreślić że zaplanowane eksperymenty oraz interpretacja wyników wykonane są starannie i jako całość stanowią dobre opracowanie badań nad strukturą, właściwościami fizykochemicznymi, cytotoksyczności oraz biologicznymi stopów Ca-Mg-Zn z dodatkiem odpowiednio iterbu, złota oraz boru. Badania wykonano w sposób przemyślany i wykorzystano odpowiedni ich zestaw w celu charakterystyki wytworzonych materiałów.

Powyższe wyraźnie wskazuje na poprawny warsztat badawczo - naukowy oraz potwierdza, że Doktorant w sposób swobodny posługuje się zastosowanymi metodami aby zrealizować cel pracy.

Lektura rozprawy doktorskiej przynosi następujące uwagi, komentarze oraz pytania:

1. Opis końcowej części przygotowania materiału badań jest opisany niejasno, bowiem wynika z niego, że samo pocięcie próbek i umieszczenie w tyglu kwarcowym pozwoliło uzyskać masywne szkła metaliczne (str. 36). Stąd Recenzent wnosi o doprecyzowanie tej części związanej z preparatyką materiału badań.
2. Pewne wątpliwości budzą wyniki analizy fazowej, w szczególności badania składu fazowego metodą dyfrakcji rentgenowskiej. Jak wynika z zestawienia dyfraktogramów



przedstawionych na rysunkach 8-10 dla kilku dyfraktogramów widoczne są nieopisane refleksy co może budzić pewne wątpliwości w zakresie jakości przeprowadzonych analiz.

3. W oparciu o jakie przesłanki Autor twierdzi, między innymi w streszczeniu (str. 170), że stop $\text{Ca}_{32}\text{Mg}_{12}\text{Zn}_{38}\text{Yb}_{16}\text{B}_2$ charakteryzował się strukturą amorficzną, podczas gdy z dyfraktogramu z rys. 8 wynika, że materiał ten zawiera również fazy krystaliczne, bowiem np. przy kącie około $50^\circ 2\theta$ czy $75^\circ 2\theta$ widoczne są refleksy od fazy krystalicznej.
4. Na stronie 46, Autor pisze, cyt. „*Jednak pojawiają się refleksy pochodzące od tlenku wapnia ($\text{Ca}_{65}\text{Mg}_{10}\text{Zn}_{25}$). Tlenki wapnia, prawdopodobnie powstały podczas procesu przygotowania stopu wstępnego albo podczas odlewania amorficznych płytek. W amorficznych stopach na bazie wapnia duże powinowactwo pierwiastków do tlenu prowadzi do utleniania przed i w trakcie procesu odlewania.*” Recenzent wskazuje, że interpretacja pojawienia się tlenku wapnia jest niejasna i w żaden sposób nie odnosi się także do obecnego w stopie pierwiastka magnezu. Jak wynika z literatury przedmiotu, magnez jest również silnie powinowaty do tlenu, stąd gdyby doszło do utleniania to również powinny pojawić się tlenki magnezu. Nasuwa się więc pytanie, co z tlenkami innych pierwiastków np. Mg oraz czy została dokonywana analiza składu fazowego na poszczególnych etapach syntezy materiału. Recenzent prosi o wyjaśnienie.
5. Strona 46. Autor pisze: „*Linie dyfrakcyjne wskazują mieszaninę fazy amorficznej i krystalicznej*”. Raczej w tym kontekście należałoby opisać jako wyniki uzyskane z pomiarów rentgenowskich, bowiem na dyfraktogramach widoczne są zarówno linie dyfrakcyjne fazy krystalicznej i jak i charakterystyczne „halo” od fazy amorficznej.
6. Autor przy opisywaniu wyników, jak i w podpisach pod rysunkami niestety nie podał w jakim kontraście zarejestrowane zostały obrazy SEM, czy było to np. SEI czy też np. BSE.
7. Na stronie 46, Autor pisze, cyt. „*Ponadto, badania rentgenowskie wykazały, że mikrododatek B może zwiększyć zdolność do zeszklenia w badanych stopach –*





przedstawia to widmo bez refleksów krystalicznych dla stopu o składzie 2 % at. B. Na podstawie tych wyników stwierdza się, że stop $Ca_{32}Mg_{12}Zn_{38}Yb_{16}B_2$ można z powodzeniem odlać w postaci amorficznej płytki o grubości 1 mm." Powyższe wymaga szerszego wyjaśnienia, bowiem jak widać na Rys. 9 dla wspomnianego dwuprocentowego dodatku boru widoczne są refleksy od fazy krystalicznej, którą doktorant jednoznacznie identyfikuje jako +CaZn₂. Ponadto analiza zestawienia dyfraktogramów z rysunku przeczy twierdzeniu, że mikroddodatek może zwiększyć zdolność do zaszklania, albowiem jak widać na Rys. 9, dla fazy która zawiera 3 % at. boru, widoczny jest szereg linii dyfrakcyjnych po prawej stronie „halo” amorficznego. Recenzent, tym samym prosi o wyjaśnienie w oparciu o jakie przesłanki doktorant postawił takie wnioski.

8. Brak jest wyjaśnienia przyczyn zmiany parametrów z badań własności mechanicznych zestawionych w Tabeli 3. Jedynie co autor podnosi, to że otrzymane wyniki pomiarów twardości są wyższe od twardości podanych w dwóch cytowanych pracach. Podjęta próba wyjaśnienia dlaczego dla materiału badań zawierającego 2% at. boru oraz 2% at. złota, wydają się niejasne i niepełne bowiem doktorant te zmiany wyjaśnia, że prawdopodobnie wynika to z większej ilości faz nanokrystalicznej w osnowie amorficznym. Należy w tym miejscu wskazać, że być może dochodzi do zmian lokalnych pól naprężeń ze względu na obecność innego pierwiastka a tym samym może innego związku, a co może powodować zmiany na poziomie atomowym, np. albo kontrakcję albo ekspansję sieci krystalicznej w nanoobszarach. Niestety Doktorant nie wyjaśnia także jak mogłoby to wpłynąć na właściwości makro, tym samym Recenzent prosi o wyjaśnienie tej kwestii.
9. Na stronie 34, Autor pisze, cyt. *"Niewłaściwa selekcja metalowego materiału lub stopu stosowanego w implantologii może powodować reakcję alergiczną organizmu, znaną jako metaloza [171]."* Czy przypadkiem Autor nie miał na myśli metale i ich stopy zawierające pierwiastki toksyczne? Recenzent prosi o wyjaśnienie. Zacytowane zdanie Autora ze str. 34, jest sprzeczne z powszechnym stanem wiedzy, bowiem każdy metal zaimplementowany do organizmu żywego wywołuje metalozę z uwagi na zdolność





przenikania jonów metali do organizmu. Inną sprawą jest poziom owej migracji jonów i ich wpływu na organizm.

10. Str. 56. Autor pisze: cyt. „*Można również zauważyć, że stopy $Ca_{32}Mg_{12}Zn_{38}Yb_{14}B_2Au_2$ i $Ca_{32}Mg_{12}Zn_{38}Yb_{16}B_2$ były bardziej stabilne w roztworze PWE w porównaniu do pozostałych stopów.*” Proszę w oparciu o dane literaturowe wyjaśnić na czym owa stabilność polega i z czego może wynikać.
11. Str. 71, Tabela 8. Recenzent prosi o wyjaśnienie, z czego może wynikać mniejsza chropowatość dla większego udziału dodatku boru. Czy Doktorant te wyniki skorelował z danymi z pomiarów mikrotwardości? Co ze składem? Jaką rolę odgrywa w procesie umocnienia bor?
12. Czy do dyfrakcyjnych badań składu fazowego zmian na powierzchni po testach np. korozyjnych nie lepiej byłoby wykorzystać rentgenowską geometrię stałego kąta padania (GIXD)? Badanie tego typu pozwoliłyby na analizę produktów korozji w zależności od zastosowanego kąta padania wiązki. Umożliwiłoby to bardziej wszechstronną analizę zmian składu fazowego materiałów cienkowarstwowych lub po modyfikacji warstwy wierzchniej jak w przypadku przedmiotowej dysertacji.
13. Brak jest podanych numerów ICDD w przypadku jakościowej analizy składu fazowego metodą dyfrakcji rentgenowskiej. Takie dane byłyby pomocne do oceny z jaką odmianą fazową danego związku czy pierwiastka mamy do czynienia. Względnie, Autor na dyfraktogramach i w tekście powinien przypisać grupę przestrzenną bowiem dany związek może występować w kilku odmianach alotropowych, np., $CaCO_3$.

Podczas czytania rozprawy niestety odczuwalny jest pewien pośpiech w opracowywaniu jej treści, bowiem miejscami pojawiają się tzw. skróty myślowe czy usterki natury terminologicznej i czysto edytorskiej, na przykład:

- w pracy Autor posługuje angielsko brzmiącym terminem „at. %”, podczas gdy w języku polskim istnieje odpowiednik zwrotu „% at.”. O ile w plikach wynikowych jest to do zaakceptowania, bowiem wielokrotnie nie istnieje możliwość ingerencji przez operatorów w taki zapis, to podczas redagowania tekstu czy tabel i rysunków taka





- możliwość zapisu istnieje.
- zastrzeżenia budzi również sposób zapisywania udziału w procentach atomowych poszczególnych dodatków stopowych, bowiem doktorat do zapisu używa przecinku zamiast „;” względnie „:” co jeden zacznie wskazałoby na rozdzielenie liczb. Zapis zastosowany przez Autora prowadzi to do swoistych niejasności, bowiem jak np. jak zapisano np. na stronie 50 zapisano ($x = 1, 2 \text{ at.}\%$) oraz wielu innych miejscach, co może sugerować że wartość ta może odnosić się do wartości udziału pierwiastka 1,2 % at. (jeden i dwie dziesiąte % at.).
 - str. 47 Autor pisze: „Wszystkie zidentyfikowane fazy zostały zidentyfikowane na tle amorficznej osnowy”. Co Autor miał na myśli? Na szczęście język polski jest bogaty w słownictwo i synonimy, więc można zdania inaczej zapisywać.
 - Niepełne opisy w tekście, jak np. str. 51 Autor pisze: „Wyniki testów twardości wykonanych metodą Vickersa (HV) dla stopów $\text{Ca}_{32}\text{Mg}_{12}\text{Zn}_{38}\text{Yb}_{18-x}\text{B}_x$ ($x = 1, 2, 3 \text{ at.}\%$)”, podczas gdy tabela zawiera także zestawienia dla innej fazy, a mianowicie $\text{Ca}_{32}\text{Mg}_{12}\text{Zn}_{38}\text{Yb}_{18-2x}\text{B}_x\text{Au}_x$ ($x = 1, 2\% \text{ at.}$).
 - W tabeli 1, Autor błędnie przypisał „nitinol” (stop NiTi) do grupy materiałów na bazie magnezu.
 - Wielokrotnie Autor pozostawia użyte skróty bez ich wyjaśnienia i przełożenia na język polski, np. BMSC.
 - Odnotowano wielokrotnie pojawiające się skróty myślowe Autora, które prowadzą do dość nietypowych treści, jak np. kwestia przyporządkowania stentów i chorób układu krążenia do chorób nowotworowych. Dla przykładu, str. 28 Autor pisze, cyt. „*Ten niezwykle ważny makroelement działa wielokierunkowo na organizm człowieka [136], dlatego stosuje się go w leczeniu i zapobieganiu wielu chorób (w osteoporozie na implanty kostne, jako stenty w chorobach układu krążenia oraz w innych przypadkach chorób nowotworowych).*”
 - Tabela 8, różna ilość cyfr znaczących w wartościach zamieszczonych w kolumnach.



Zdaniem Recenzenta, treść rozprawy stanowi zamkniętą całość, udowodniono postawioną tezę rozprawy doktorskiej a postawione cele zostały w pełni zrealizowane. Rozprawa jest napisana zazwyczaj poprawnym technicznie językiem i posiada starannie opracowaną szatę graficzną. Według Recenzenta, przedstawiona rozprawa doktorska jest wartościowa i stanowi podstawę do dalszych badań naukowych zarówno dla Doktoranta, jak i innych badaczy, nie tylko z grupy badawczej Katedry Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych Politechniki Śląskiej.

5. Ocena i wniosek końcowy

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa jest dobrze ulokowana w obecnym stanie wiedzy, została wykonana i napisana na odpowiednim poziomie naukowym i stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Autor wykazał, że posiada szeroką wiedzę teoretyczną i praktyczną w zakresie wytwarzania resorbowalnych amorficznych stopów Ca-Mg-Zn z dodatkami: Yb, Au i B, o strukturze, biodegradowalności oraz właściwościach umożliwiającymi ich zastosowanie w medycynie jako potencjalne materiały biomedyczne, w tym ortopedyczne. Ponadto, dysertacja zawiera obszerny materiał badawczy uzyskany przez Autora w wyniku przeprowadzonych badań struktury, właściwości fizykochemicznych, cytotoxycznosci oraz korozyjnych oraz dyskusję mającą swoje umocowanie w cytowanej literaturze, których wyniki zinterpretował i opisał poprawnie wyciągając logiczne i praktyczne wnioski, czym udowodnił że potrafi samodzielnie prowadzić badania naukowe.

Przedstawione przez Recenzenta uwagi mają charakter dyskusyjny i nie wpływają na pozytywną ocenę dysertacji, a odnoszą się jedynie do niektórych sformułowań Doktoranta, interpretacji wyników badawczych, warunków prowadzenia eksperymentów, czy też nieświadomych pominięć niektórych faktów dla Autora oczywistych, a nie ujętych w pracy.

Pozytywnie oceniam rozprawę doktorską Pana mgr inż. mgr inż. Dawida Szyby. Autor pracy trafnie wybrał nie tylko tematykę badań, ale również umiejętnie sformułował tezę pracy, zaprojektował plan badawczy oraz przeprowadził analizę otrzymanych wyników badań.

Zarówno wykonane badania eksperymentalne, jak i przemyślenia przedstawione w pracy potwierdzają dojrzałość naukową Doktoranta, co wskazuje na wyraźnie ukształtowany obszar zainteresowań naukowych.

W mojej opinii przedstawiona do recenzji praca doktorska Pana mgr inż. Dawida Szyby pt.: „*Resorbowalne stopy Ca-Mg-Zn z dodatkiem iterbu, boru i złota do zastosowań biomedycznych*”, spełnia ustawowe wymogi ustawy stawiane pracom doktorskim zgodnie z art.13 ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14.03.2003 r. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789 z późn. zm.

W związku z powyższym wnoszę o przyjęcie rozprawy mgr inż. Dawida Szyby i dopuszczenie jej Autora do publicznej obrony.

