Dr hab. inż. Tomasz Dudziak
Łukasiewicz – Krakowski Instytut Technologiczny
Centrum Badań Materiałowych
Zakopiańska 73
30-418 Kraków

Kraków 22.08.2022

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Małgorzaty Frelek – Kozak pt. „*Wpływ zawartości chromu oraz metody konsolidacji na strukturę, właściwości mechaniczne oraz odporność radiacyjną stopu typu ODS*"

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Materiałowa na Politechnice Warszawskiej z dnia 24 czerwca 2022 roku (pismo z dnia 11.07.2022 r.).

1. Ogólna charakterystyka pracy

Praca doktorska Pani mgr inż. Małgorzaty Frelek – Kozak pt. „*Wpływ zawartości chromu oraz metody konsolidacji na strukturę, właściwości mechaniczne oraz odporność radiacyjną stopu typu ODS*" dotyczy zagadnień związanych z oceną właściwości mechanicznych i strukturalnych oraz odporności radiacyjnej stopów typu ODS. Ocena tych właściwości jest bezpośrednio zależna od stężenia Cr w metalicznej osnowie jak i ze sposobem wytwarzania stopu ODS. Praca ma charakter doświadczalny a uzyskane wyniki mogą być dalej rozwijane w celach poznawczych, które skutkować będą wykorzystaniem ich przy budowie nowych reaktorów jądrowych IV Generacji.

Źródłem energii cieplnej w reaktorach jądrowych jest energia pochodząca z rozczepiania jąder atomowych i emisji promieniowania α, β, γ jak i promieniowania elektronowego, następnie energia ta jest przekazywana czynnikowi roboczemu przez ściankę. Dawki wydzielanego promieniowania w reaktorach podczas jego pracy nie są bez wpływu na właściwości mechaniczne użytych materiałów konstrukcyjnych (stali, stopów na bzie niklu i innych). Do głównych wymagań stawianych materiałom przeznaczonym do budowy reaktora jądrowego należy zaliczyć odporność na promieniowanie, wysokie właściwości mechaniczne w podwyższonej temperaturze, odporność korozyjną w warunkach agresywnych, odporność na

pełzanie i zmęczenie cieplne, małą skłonność do pęcznienia podczas kontaktu z promieniowaniem oraz dobrą spawalność.

Pomimo że stale austenityczne wykazują lepsze właściwości mechaniczne niż stale ferrytyczne, to stale ferrytyczne ze względu na wysoką przewodność, niską rozszerzalność cieplną zostały wybrane do polepszenia swych właściwości poprzez wzmocnienie struktury nanocząstkami Y_2O_3 tworząc stopy dyspersyjnie umacniane cząstkami tlenków. Doktorantka podjęła próbę wytworzenia takich stopów, umacnianych dyspersyjnymi cząstkami tlenków z ang. *Oxide Dispersion-Strengthened alloy* (ODS) z dodatkiem 9, 12, 14, 18 % wag. Cr przy zastosowaniu technik mechanicznej syntezy oraz metalurgii proszków, gdzie użyto celem zagęszczania: izostatycznego prasowania na gorąco z ang. Hot Isostatic Pressing (HIP), iskrowego spiekania impulsowego (Spark Plasma Sintering). Zagęszczenia materiału dokonano również poprzez ekstruzję na gorąco z ang. Hot Extrusion Process (HE). W rozprawie doktorskiej określono dwie hipotezy badawcze mówiące, że na parametry mechaniczne, jak i odporność radiacyjną ferrytycznych stali typu ODS wpływ mają zarówno stężenie Cr w metalicznej osnowie jak i technika konsolidacji proszku metali.

2. Analiza merytoryczna pracy

Praca doktorska napisana została w języku polskim, układ rozprawy doktorskiej jest klasyczny, składa się z 8 głównych rozdziałów i zawiera 156 stron, 63 zdjęcia, 6 tabel oraz 171 odnośników, zestawionych chronologicznie. Praca w ogólnym ujęciu jest napisana w sposób przejrzysty, stanowi logiczną całość, a program badawczy jest dobrze udokumentowany. Na podkreślenie zasługuje zwarty układ pracy z zachowaną proporcją między przeglądem literaturowym, opisem procedur badawczych, przedstawieniem analiz, interpretacją wyników podsumowaniem, wnioskami końcowymi oraz perspektywą dalszej pracy naukowej doktorantki. Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska zawiera wyniki badań eksperymentalnych, skorelowane z aktualną wiedzą podpartą licznymi odnośnikami w obszarze materiałów stosowanych na elementy konstrukcyjne reaktorów jądrowych.

Tytuł rozprawy doktorskiej pt. „*Wpływ zawartości chromu oraz metody konsolidacji na strukturę, właściwości mechaniczne oraz odporność radiacyjną stopu typu ODS*" w pełni pokrywa się z tematyką przedstawioną w pracy.

Rozdział 1 (wstęp), autorka przedstawia ogólny problem energetyki na świecie i braki energii elektrycznej związane ze wzrostem zapotrzebowania na energię elektryczną jak również przedstawia procentową emisję gazów cieplarnianych na świecie wg. źródła emisji w Unii Europejskiej (UE) jak również charakteryzuje rozkład wieku obecnie pracujących siłowni jądrowych na świecie (stan 31.12.2020).

W Rozdziale 2, rozprawy doktorskiej przedstawiono aktualny stan wiedzy, przeprowadzono przegląd literatury dotyczący teorii oddziaływania promieniowania z ciałami stałymi i skutkami tego oddziaływania. Przygotowano również charakterystykę stali typu ODS. Opisane zostały cechy strukturalne tych materiałów wraz z przedstawieniem zależności między poszczególnymi elementami struktury a właściwościami fizycznymi i mechanicznymi. Zaprezentowano również aktualną bazę wiedzy dostępną w literaturze międzynarodowej dotyczącą gatunków stali ODS, stosowanych metod badawczych, otrzymanych rezultatów oraz wnioski jakie z nich płyną.

W Rozdziale 3, autorka rozprawy doktorskiej przedstawia opis hipotezy badawczej. W rozdziale tym przedstawiono problem badawczy wraz z argumentacją jego istotności z punktu widzenia naukowego. Zdefiniowany został cel pracy doktorskiej, który zdeterminował rodzaj i kolejność przeprowadzonych badań.

Autorka rozprawy doktorskiej w Rozdziale 4 opisuje zastosowane techniki prowadzące do wytworzenia stopów ODS dla niniejszych badań, krótką charakterystykę metod (HIP, SPS, HE), opisy te pozwalają na zrozumienie złożoności procesów towarzyszących wytwarzaniu stopów ODS. W rozdziale podano również otrzymane składy chemiczne stopów ODS oraz techniki badawcze z których autorka rozprawy doktorskiej korzystała w celu osiągnięcia celu swojej pracy (techniki analityczne, badania mechaniczne).

Rozdział 5 rozprawy doktorskiej, to rozdział, gdzie autorka przedstawia wyniki swoich badań, rozdział ten zajmuje 40 stron na których to stronach w sposób precyzyjny przedstawione są wyniki otrzymanych badań dotyczące: mikrostruktury otrzymanych stopów za pomocą SEM, TEM, przedstawiona została również analiza fazowa (GIXRD) wraz z orientacją kształtu ziaren i ich zorientowania (EBSD). Bardzo cenne wyniki dotyczące właściwości nanostruktury stali ODS zostały otrzymane przy użyciu nisko kątowego rozpraszania neutronowego (SNAS), wyniki te otrzymano przy pomocy zainstalowanego w reaktorze MARIA systemu pomiarowego. W rozdziale tym, co zasługuje na uznanie przedstawiono szeroki wachlarz wyników odzwierciedlających właściwości mechaniczne stopów ODS wytworzonych różnymi

technikami. Badania własności mechanicznych otrzymanych stopów ODS wykonano za pomocą: nanoidentacji (NI), testu small punch test (SPT), mikrotwardości Vickersa (HV). Autorka pracy postanowiła również przeprowadzić implantację jonami Ar^+, Fe^+ oraz He^+ wytworzonych stali ODS w celu zasymulowania oddziaływania promieniowania neutronowego i wytworzenia defektów radiacyjnych w strukturze wytworzonych stali ODS z różną zawartością Cr. Należy podkreślić, że autorka pracy umiejętnie wykorzystała zastosowane w pracy techniki badawcze, które posłużyły do oceny struktury, właściwości otrzymanych stali oraz przeprowadziła wnikliwie analizy opisując relacje między mikrostrukturą a właściwościami mechanicznymi, wpływem zawartości Cr na te właściwości, co było głównym celem prowadzonych prac naukowych i założoną hipotezą badawczą. Relacje te są w bardzo przejrzysty sposób udokumentowane w niniejszym rozdziale jak również w rozdziale 6, który to rozdział poświęcony został analizie i dyskusji otrzymanych wyników (przedstawiona w sposób zwięzły i merytoryczny).

Dwa ostatnie rozdziały (Rozdział 7 i rozdział 8) rozprawy doktorskiej autorka poświęca podsumowaniu uzyskanych wyników, analiz oraz przedstawieniu perspektywy dalszej pracy naukowej. Co interesujące i bardzo budujące, autorka rozprawy doktorskiej widzi dalszą perspektywę badań naukowych na podobnych materiałach, lecz zamiast wzmocnienia tlenkiem Y_2O_3, proponuje badania stopów ODS wzmacnianych przy użyciu ZrO_2 oraz Al_2O_3. Badania te są prowadzone w projekcie pt. *„Wpływ rodzaju tlenku wzmacniającego na właściwości strukturalne i mechaniczne stali typu ODS"* – konkurs PRELUDIUM.

Z przedstawionych powyżej analiz rozprawy doktorskiej wynika jasno, że obszar tematyczny podjęty w pracy jest bardzo ważny i aplikacyjnie potrzebny. Różnorodność i złożoność przeprowadzonych badań oraz analiz, wyciągniętych wniosków oraz dyskusji otrzymanych wyników świadczą o samodzielności naukowej autorki rozprawy doktorskiej, wskazują wysoki poziom wiedzy merytorycznej, podejmowanych wyzwań analitycznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa. Ponadto, na podkreślenie zasługuje fakt, iż doktoranta opublikowała wiele prac z zakresu pracy doktorskiej (4 prace) o wysokim współczynniku oddziaływania jako pierwszy autor pracy, rzecz bardzo rzadko spotykana a bardzo cenna. Opublikowano również inne prace nie wchodzące w zakres tematyczny rozprawy doktorskiej (5 prac), co świadczy o tym, iż doktorantka nie tylko zajmowała się badaniami dotyczącymi swojego doktoratu, lecz również uczestniczyła w innych pracach naukowo – badawczych. Bazując na danych Scopus, Author Search, doktorantka posiada index h = 4 oraz przeszło 40 cytowań w 38 pracach naukowych, wynik ten jest wynikiem bardzo wysokim, pokazującym doskonałe przygotowanie naukowe jak i wysoki warsztat umiejętności naukowych w pisaniu, edytowaniu i sporządzaniu koncepcji

publikacyjnych do wydawnictw o zasięgu międzynarodowym. Na podkreślenie zasługuje fakt, że doktorantka brała i bierze czynny udział w projektach naukowych:

„Wpływ implantacji jonowej na właściwości mechaniczne i strukturalne stali ODS, przeznaczonych do przyszłych zastosowań fizyki jądrowej", finansowany przez Narodowe Centrum Badań Jądrowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach programu Projekt Młodego Naukowca zgodnie z decyzją nr 212727/E-78/M/2016 z dnia 16 marca 2016 r., termin realizacji: 01.07.2016 - 30.11.2017

Oraz

Wpływ rodzaju tlenku wzmacniającego na właściwości strukturalne i mechaniczne stali typu ODS" finansowany przez Narodowe Centrum Nauki w ramach programu PRELUDIUM 18 zgodnie z decyzją nr DEC-2019/35/N/ST5/00010 z dn. 18.05.2020, okres realizacji: 14.07.2020-13.12.2022

Do oryginalnych osiągnięć rozprawy doktorskiej zaliczam:

- Podjęcie bardzo ambitnej tematyki związanej z otrzymywaniem stopów ODS poprzez mechaniczną syntezę proszków oraz ich późniejszą konsolidację różnymi technikami,
- Zastosowanie złożonych techniki analitycznych pomagających wyjaśnić zachodzące zjawiska,
- Wykorzystanie badań w reaktorze MARIA w celu otrzymania informacji na temat właściwości nanostruktury,
- Dogłębną analizę otrzymanych wyników, podjęcie dyskusji o zależnościach między zawartością Cr, właściwościami mechanicznymi a technikami wytwarzania, co było istotą niniejszej pracy doktorskiej,
- Dużą ilość wysoko punktowanych publikacji w czasopismach zagranicznych wywodzących się z wyników pracy doktorskiej.

Do pewnych mankamentów pracy oraz uwag o charakterze dyskusyjnym zaliczam:

1. Brak w pracy przedstawionych badań z zakresu korozji wysokotemperaturowej (nawet krótkich badań na 50h) w celu porównania właściwości tych stali,
2. Brak materiału odniesienia, wyprodukowanego w klasyczny sposób stali z 9, 12, 14 oraz 18 % wag. Cr,

3. Brak tabeli z rozmiarami proszków *„Próbki te zostały wytworzone z wykorzystaniem proszków metali podstawowych o komercyjnej czystości dostarczonych przez Alfa Aesar"*,
4. Dlaczego nie ma wyników TEM dla stali ODS-HE a są dla stali ODS-HIP, ODS-SPS?,
5. Dlaczego tylko widmo GIXRD zostało zaprezentowane dla stali ODS-SPS, ODS-HE 12% Cr a nie ma widm GIXRD dla stali ODS- HIP?
6. *Pierwiastek ten jest nieodłącznym elementem stali ODS, który przy zawartości minimum 9% wag., tworzy na powierzchni materiału stabilną warstwę* Cr_2O_3 (strona 50). Nie jest to prawdą, w zależności od środowiska utleniającego, rozmiaru ziaren, może 9 % wag. Cr wystarczy choć jest to bardzo wątpliwe. Unikał bym takich teorii.
7. Hipotezy badawcze postawione w pracy są dość lakoniczne, są bardziej stwierdzeniami niż hipotezami, hipoteza to przypuszczenie lub domysł naukowy tworzony w celu wyjaśnienia zdarzeń, faktu lub zbioru faktów, tutaj raczej mamy stwierdzenie. Oczywistym jest, że dodatek Cr oraz technika konsolidacji będzie wpływać na odporność korozyjną (nie badaną tutaj), oraz na właściwości mechaniczne wytworzonych materiałów
8. Strona 78, Temperatura próbki podczas procesu implantacji była monitorowana w czasie rzeczywistym (zainstalowana na powierzchni próbki termopara). Jaka temperatura towarzyszyła procesowi implantacji ?
9. Strona 79, Próbki materiału konsolidowanego metodą HE poddano również implantacji jonami Fe^+ i He^+. Dlaczego tylko tą próbkę (ODS-HE, 12% Cr) poddano procesowi implantacji jonami Fe^+ i He^+, a innych nie, natomiast wszystkie próbki poddano procesowi implementacji jonami Ar^+?
10. Strona 82, Na rysunku 31 przedstawiono wyniki pomiarów gęstości stali ODS z różną zawartością Cr wytworzonych dwiema metodami: SPS oraz HIP. Dlaczego brak jest wyników gęstości dla stali ODS-HE? Czy założono 100%? Jak ta gęstość była mierzona, metodą Archimedesa, próbki ODS-SPS, ODS-HIP były mierzone. Jeśli tak, taki zapis powinien się pojawić w tekście, lub chociaż odnośnik.
11. Strona 87, rysunek 37, czemu tylko zdjęcia powierzchni mikrostruktury próbek 12% były poddane obserwacją z wykorzystaniem SEM, brak informacji na temat 9,14, 18 % wag. Cr.
12. Strona 88, rysunek 39, dla jakiego konkretnie materiału, z jaką zawartością Cr były przeprowadzone analizy EBSD, dla stopów z 9, 12, 14 czy 18% wag. Cr?
13. Wykonano zdjęcia TEM dla ODS-HIP, ODS-SPS: 9, 12, 14, 18% wag. Cr, dlaczego nie ma zdjęć TEM dla ODS-HE 12% wag. Cr?
14. Dla jakich próbek widma GIXRD na rysunku 43 są przedstawione?

15. Brak w składzie chemicznym otrzymanych stali ODS zawartości węgla (Tabela 1), a dyskusja o węglikach jest prowadzona w pracy doktorskiej na stronie 95 i innych stronach
16. Strona 98, Rysunek 45. *Przesunięcia pików charakterystycznych na skutek implantacji jonowej dla stali ODS o zawartości Cr: (A-C) 9% oraz (D-F) 18% (powiększenia stref X, Y oraz Z na rysunku 44)*, jaka to stal, ODS-SPS, ODS-HIP?
17. Strona 100, *Defektowaniu radiacyjnemu poddano również stal 12% Cr ODS-HE. Materiał ten poddano implantacji jonami Fe+/He+. Podobnie jak w przypadku stali o rożnej zawartości Cr, głębokość zbierania danych jest znacznie większa niż grubość zdefektowanej warstwy. Oznacza to, że rejestrowane sygnały są w pewnym stopniu „rozmyte" przez informacje pochodzące od części materiału niezdefektowanego.* W obu rodzajach stali ODS-SPS i ODS-HIP jest taki sam efekt, więc można stwierdzić, że metoda konsolidacji nie ma wpływu na głębokość zbierania danych?
18. Strona 129, Na podstawie literatury stwierdzono, że najprawdopodobniej są to wydzielenia węglików chromu, zaś ich morfologia i rozmieszczenie jest skorelowane z czasem konsolidacji, który ogranicza możliwości dyfuzji atomów Cr i wzrostu cząstek węglikowych, tutaj uważam, że lepiej przeprowadzać własne badania biorąc pod uwagę fakt, że wszelakie dostępne urządzenia analityczne są dostępne, wówczas można korelować swoje wyniki z literaturą

3. Uwagi edytorskie

Przedstawiona praca doktorska, pokazuje obszerny materiał badawczy i jest napisana z dużą starannością oraz dbałością o szczegóły. Pomimo tego, rozprawa doktorska posiada pewne błędy natury edytorskiej, które w mojej ocenie nie wpływają zasadniczo na jakość przedstawionej pracy doktorskiej i jej wysokie walory naukowe, lecz nie powinny być w przyszłości popełniane.

Poniżej przedstawiam błędy edytorskie które zostały w pracy wykryte:

1. *ODS czy ODS RAF* (streszczenie, Tabela 1), raz pisane jest tak a raz inaczej, proszę pisać jeden skrót nie zaś różne, wówczas czytelnik myśli, że są różne materiały
2. *Materiały te muszą charakteryzować się stosunkowo wysoką plastycznością i dobrą odpornością na pękanie powyżej temperatury przejścia w stan kruchy (z ang. Ductile-To-Brittle Transition Temperature - DBTT). Poniżej tej temperatury plastyczność materiału gwałtownie maleje (strona 19)* – powinno być powyżej tej temperatury plastyczność gwałtownie spada
3. *Pierwiastki, które w ten sposób podnoszą odporność korozyjną stali, to również Ni czy Mo* (strona 23), nie jest to prawdą, gdyż NiO jest tlenkiem silnie zdefektowanym i

termodynamicznie niestabilnym w porównaniu do Cr_2O_3, Al_2O_3, SiO_2, ten tlenek (NiO) nie jest tlenkiem ochronnym, podobnie jak tlenki na bazie Mo, nie są tlenkami ochronnymi gdyż w środowiskach zawierających tlen są lotne

4. Proszę nie używać określenia *„nierdzewna stal autentyczna"* (strona 24, 28), każda stal ulega degradacji w wyniku oddziaływania agresywnego środowiska
5. Utrzymanie doskonałej odporności korozyjnej, wynikającej z obecności wysokiej zawartości chromu (strona 29): proszę nie używać słów doskonały, lepiej użyć słowa odpowiednia odporność korozyjna.
6. *W materiałach typu NFA* – co to takiego (strona 42)
7. *obecnością różnych faz w stalach typu FM* (strona 43) czym są stale FM – chodzi o stale ferrytyczno – martenzytyczne? Brak w spisie skrótów i oznaczeń
8. *(tzn. tworzenie się PKA i efektu kaskadowego)* [67] (strona 43): brzmi to bardzo niepoprawnie gramatycznie, proszę nie konstruować takich stwierdzeń
9. Skrót *F/M ODS* na stronie 50 pojawia się 1 raz a wcześniej był skrót FM, jest dosyć to mylące
10. *Ponadto, należy znaczyć, że nieodłącznym dodatkiem tych materiałów jest Ni, który charakteryzuje się dużym przekrojem czynnym (n, α),* - strona 53, czym jest n a czym α? Nie ma oznaczeń w spisie skrótów i oznaczeń.
11. Ogólna uwaga do zdjęć SEM, bardzo mało widoczna skala na zdjęciach
12. Osie na rysunkach w pracy doktorskiej powinny być w języku polskim ni zaś angielskim.
13. Niektóre opisy w tekście nie są skorelowane z rysunkami (np. dotyczy to procesu mielenia opisanego na stronie 57, gdzie autorka odwołuje się do rysunku 14 zamieszczonego na stronie 33
14. Strona 64: *Ze względu obecność trudnotopliwych cząstek*, brakuje słowa *„na"*
15. Strona 64: *Dodatek ten odpowiedzialny jest za budowanie na powierzchni materiału stabilnej warstwy tlenkowej.* Dość niefortunne sformułowanie, Cr nie buduje tlenku, lecz jest odpowiedzialny za tworzenie się tlenku.
16. Strona 69, brak jednostki*: do postaci pręta o średnicy* Φ30
17. Strona 70: Obrazy zarejestrowano wykorzystując detekcję elektronów wtórnych SE (z ang. *Scattered Electrons*), SE to *Secondary Electrons* nie *Scattered Electrons*
18. *Na podstawie analizy obrazów mikrostrukturalnych SEM przeprowadzono szacowanie średniej wielkości ziarna poszczególnych materiałów badawczych (tabela 4).* – gdzie jest ta tabela na stronie 88, tabela znajduje się 90 stronie. Tabela 4 powinna być pod opisem dotyczącym danego zagadnienia, nie zaś na kolejnej stronie.
19. Strona 89, Błędnie opisy rozdział (rozdział IV.A.21, str. 67), powinno być (rozdział IV.A.2.1, str. 68).

20. Strona 89, Błędnie opisy rozdział (rozdział IV.A.21, str. 67), powinno być (rozdział IV.A.2.2, str. 68).
21. Rysunek 50, 52, 54, 56, brak jest oznaczeń E14, E15, E16 w tekście ani w tabeli skrótów i oznaczeń
22. Strona 118, *sile oraz przy największym przemieszczeniu puncha* – proszę nie używać takich określeń
23. Strona 118, *Ponadto, należy zwrócić uwagę na zachowanie stali ODS-HE w ostatniej fazie odkształcania (faza IV na rysunku 28),* rysunek 28 jest na stronie 75 dotyczy ogólnego wykresu z pomiarów metodą Small Punch Test
24. Strona 120, *Na rysunku 60 zaprezentowane wartości YM wyznaczone na podstawie zależności (11) (rozdział IV.C.2, str. 75).* Powinna być informacja: rozdział IV.C.2, str. 77).
25. Strona 121, *Zarejestrowane zmiany wskazują, że dla materiałów wytworzonych technikami SPS oraz HIP, wartości Hv są zbliżone*. Powinno być HV a nie Hv
26. Strona 123, Otrzymane dane XRD, czy GIXRD, tutaj właśnie jest dużo takich nieścisłości, że używa się rożnych skrótów które wprowadzać mogą czytelnika w błąd.
27. Strona 125, *Wyznaczony na podstawie próby SPT parametr YM [a.u.],* co oznacza a.u.?

Podsumowując błędy zawarte w treści rozprawy doktorskiej, zarówno te merytoryczne jak i edytorskie przedstawione powyżej pomimo ich ilości nie mają decydującego wpływu na cały kontekst pracy doktorskiej, lecz w pewnych momentach mogą wprowadzać czytelnika w błąd. Uważam jednak, że poprzez specyfikację rozprawy doktorskiej, różnorodności technik analitycznych, jak również dużą ilość wykonanych zdjęć, tabel, otrzymanych wyników pochodzących z różnych próbek oraz z faktu posługiwanie się własnymi wynikami (z prac już opublikowanych w języku angielskim) błędy te mogą być akceptowalne, lecz nie powinny się zdarzać w dalszej karierze naukowej.

4. Wniosek końcowy

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska Pani mgr inż. Małgorzaty Frelek – Kozak pt. „*Wpływ zawartości chromu oraz metody konsolidacji na strukturę, właściwości mechaniczne oraz odporność radiacyjną stopu typu ODS*" jest pracą, w której widać dużą pracę włożoną przez doktorantkę. Praca ta odznacza się szerokim zakresem badań, szerokim wachlarzem analiz wykonanych na badanych materiałach poprzez wykorzystanie technik mikrostrukturalnych, nanostrukturalnych, implantacji jonowej różnych rodzajów jonów oraz szeregu badań mechanicznych. Pojęta tematyka badawcza jest bardzo aktualna, gdyż według prognoz Polska

ma dołączyć do grona krajów posiadających blok jądrowy w następnych 10 latach, a więc badania w celu określenia własności materiałów, które mają być użyte w przyszłych siłowaniach jądrowych są bardzo cenne. Na uwagę zasługuje fakt (już wcześniej wspomniany), że autorka rozprawy doktorskiej może pochwalić się bardzo dobrym dorobkiem publikacyjnym, naukowym.

Biorąc pod uwagę właściwy wybór tematyki rozprawy doktorskiej, przedstawione wyniki, analizy i dyskusję wyników jak i dokonania publikacyjne doktorantki, stwierdzam że rozprawa doktorska spełnia stawiane przez ustawę wymagania zawarte w ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r. poz. 1789 z późn. zm.), a także przepisami ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. – przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. z poz. 478 z późn. zm.), tym samym wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Materiałowej na Politechnice Warszawskiej o dopuszczenie rozprawy doktorskiej do publicznej obrony.