

Katowice, dn. 15.07.2023 r.  
dr hab. inż. Bożena Szczucka-Lasota, prof. PŚ.  
Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej  
40-019 Katowice  
ul. Krasieńskiego 8

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgra Piotra Biskupa  
pt.: „Wpływ zastosowania napawania metodami o wysokiej gęstości energii na odporność ścierną  
i korozyjną napoju”  
Promotor: dr hab. inż. Leszek Łatka prof. Uczelni

### 1. Formalna podstawa recenzji

Podstawę formalną opracowania przedmiotowej recenzji stanowi powołanie mnie zgodnie z artykułem 190 ust.2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2022, poz. 574 z póź.zm) na recenzenta rozprawy doktorskiej w postępowaniu w sprawie nadania doktora, przez Radę Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Wrocławskiej oraz otrzymane od Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Pana profesora dr hab. inż. Zbigniewa Gronostajskiego pisma z dnia 28.06.2023 nr W10/RDND07/31/2023 dotyczące sporządzenia recenzji z jednoznaczną konkluzją dotyczącą spełnienia przez Doktoranta wymagań zawartych w Ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2022, poz. 574 z póź.zm).

### 2. Aktualność podjętego tematu

Zużycie tribologiczne oraz korozyjne stanowią najczęstsze przyczyny utraty właściwości użytkowych elementów maszyn i urządzeń. Szczególnie niebezpieczne jest synergiczne oddziaływanie wyżej wymienionych mechanizmów zużycia. Procesy te przebiegając równolegle w warunkach

*BB*

przemysłowych często doprowadzają do przedwczesnej degradacji elementów konstrukcyjnych. Jednym ze sposobów przeciwdziałania zachodzącym procesom zużycia erozyjno-korozyjnego lub abrazyjno-korozyjnego jest odpowiednie ukształtowanie w trakcie realizacji procesów technologicznych ochronnych warstw powierzchniowych na współpracujących tarciowo w warunkach korozyjnych części maszyn i urządzeń. Wytwarzanie w ten sposób efektywnych technologicznie warstw powierzchniowych ogranicza zużycie tribologiczne i korozyjne ochranianego podstawowego materiału konstrukcyjnego. Zaprojektowanie i wytworzenie właściwej powłoki jest zadaniem skomplikowanym, wymaga poprawnego rozpoznania warunków pracy zabezpieczanych elementów, dobrania materiałów powłokowych, technologii i parametrów ich nanoszenia. Do napraw elementów maszyn i urządzeń stosuje się bardzo często procesy spawalnicze, w tym napawanie. Metody napawania stanowią zarówno efektywny sposób uzupełnienia ubytków powstałych podczas eksploatacji materiału konstrukcji, jak również umożliwiają wytworzenie warstw zapewniających poprawę właściwości materiału podstawowego, w tym zapewniają wzrost odporności na zużycie korozyjno-abrazyjne. Współcześnie nie opracowano jednej uniwersalnej metody zabezpieczenia powierzchni przed niekorzystnym działaniem czynników środowiskowych. Bardzo trudne jest porównywanie wyników uzyskanych w różnych laboratoriach badawczych, gdyż dotyczą one najczęściej różnych materiałów powłokowych i innych metod albo parametrów procesów ich nanoszenia.

Zestawienie informacji dotyczących różnych metod należących do jednego procesu wraz z oceną ich przydatności użytkowej stanowią istotny problem badawczy, a uzyskane wyniki badań przyczynią się do uzupełnienia wiedzy w omawianym zakresie. Proponowane rozwiązania z zakresu napawania odpowiadają współczesnym potrzebom nauki i praktyki gospodarczej w obszarze problematyki związanej ze zużyciem tribologiczno-korozyjnym maszyn i urządzeń.

### **3. Ogólna charakterystyka rozprawy - ocena metodyczna (ocena układu rozprawy doktorskiej, ocena zastosowanego piśmiennictwa)**

Praca liczy 151 stron, wraz ze stroną tytułową, stroną informacyjną (informacja dotycząca realizacji pracy i współpracy z przemysłem) (s. 2), podziękowaniami autora (s. 3), spisem treści, (s. 4), wykazem skrótów i symboli (s. 5), wstępem stanowiącym rozdział 1 pracy (s. 6-10), przeglądem literatury (s. 11-42),

#### 4. Ocena merytoryczna (wskazanie i ocena celu pracy kandydata, zastosowanych metod badawczych oraz sposobu omówienia przez kandydata wyników badań)

Recenzowaną dysertację charakteryzuje wykorzystanie wiedzy naukowej dla zastosowań praktycznych, związanych z problemami przyspieszonej degradacji elementów konstrukcyjnych maszyn i urządzeń oraz możliwościami ich naprawy regeneracyjnej.

Rozdział pierwszy, zatytułowany „Wstęp” posiada dwa podrozdziały, w których Doktorant zidentyfikował rodzaje mechanizmów zużycia maszyn i urządzeń pracujących w analizowanym przedsiębiorstwie. W rozdziale tym Autor podkreślił, że wspomniane procesy degradacji prowadzą do częstych awarii i nieplanowanych przestoju, wyłączenia urządzeń i maszyn z ciągu technologicznego a to z kolei powoduje zakłócenia procesu produkcyjnego, generując straty dla firmy i wzrost kosztów operacyjnych. Doktorant zidentyfikował problem związany z przedwczesnym złomowaniem elementów maszyn, w przypadku których regeneracja jest w pełni uzasadniona. Tym samym mgr Piotr Biskup określił problem badawczy, związany z regeneracją maszyn i urządzeń procesami spawalniczymi z wykorzystaniem metod napawania powłok. Rozdział pierwszy, oparty został nie tylko o przegląd literatury ale także doświadczenie i badania własne autora (o czym mgr Piotr Biskup wspomina na stronach 8-9 dysertacji). Rozdział ten można potraktować jako podsumowanie badań przedwstępnych prowadzonych przez autora w zakresie identyfikacji problemów eksploatacyjnych związanych z nadmiernym zużyciem elementów maszyn i urządzeń w badanej organizacji.

W kolejnym rozdziale, zatytułowanym przegląd literatury Doktorant charakteryzuje szczegółowo znane procesy degradacji maszyn i urządzeń a także opisuje metody i ich możliwości w zakresie regeneracji części maszyn poszczególnymi procesami napawania. Rozdział 2, mgr Piotr Biskup wieńczy związłym podsumowaniem, z którego wynika, że stosowanie dotychczasowych standardowych, klasycznych metod regeneracji, w wielu przypadkach związanych z naprawą części urządzeń pracujących w warunkach synergicznego działania procesów korozyjnych i erozyjnych może być niewystarczające. Warunki takie wymagają stosowania nowych materiałów, modyfikacji warstwy wierzchniej oraz specjalistycznych metod przywracania własności użytkowych, co wymusza potrzebę ciągłego doskonalenia tego obszaru. W tym zakresie Doktorant podkreśla możliwości jakie daje wdrożenie

nowych procesów spawalniczych w oparciu o techniki wysokiej gęstości energii (PTA, LMWD). Reasumując, należy stwierdzić, że Doktorant umiejętnie zidentyfikował lukę badawczą. Dokonany przegląd literatury stanowił podstawę postawienia tezy: **„Napawanie metodami o wysokiej gęstości energii umożliwi wytworzenie napoń o zwiększonej odporności na ścieranie i korozję w porównaniu do warstw wykonanych metodami konwencjonalnymi”** oraz celu naukowego rozprawy jakim było: **określenie wpływu parametrów procesu oraz warunków technologicznych napawania łukowego, plazmowego i laserowego na strukturę powstałych napoń oraz własności użytkowe**. Postawiona teza jest dość ogólna. Na tym etapie czytania pracy można błędnie zinterpretować zapis, gdyż doktorant nie podał ani gatunku materiału podłoża napawanego, ani nie sprecyzował materiału przeznaczonego do wykonania napoiny, co sugeruje, że sama metoda nanoszenia powłoki umożliwi wykonanie napoń o zakładanej odporności na zużycie ściernie albo korozyjne. Dobór wspomnianych materiałów ma jednak istotny wpływ na otrzymane wyniki badań, służące udowodnieniu tezy. Teza wymaga zatem doprecyzowania informacji w tym zakresie, np. poprzez podanie założeń dotyczących stosowanych materiałów w procesie a także nakreślenia planu badań. Takie założenia rozbudowałyby omawiany dość zwięzły rozdział (opisany na 1 stronie) i stanowiłyby cenne uzupełnienie wiedzy w temacie. Uwagę należy potraktować jako wskazówkę do przyszłych opracowań naukowych Doktoranta. W omawianym rozdziale mgr Piotr Biskup przedstawił również cel użytkarny rozprawy dotyczący **„doboru warunków napawania plazmowego oraz laserowego warstw o podwyższonej odporności na zużycie ściernie i korozję w odniesieniu do napoń wykonanych metodami konwencjonalnymi.”** Cel należy uznać za właściwy, tym bardziej, że poprawny dobór warunków napawania obejmuje weryfikację parametrów procesu. Osiągnięcie wyżej wymienionego celu, postawionego przez Doktoranta, stanowi zatem istotny krok w kierunku uzyskania obiektywnego dowodu, że metody napawania plazmowego oraz laserowego spełniają założone w pracy kryteria w zakresie wytwarzania warstw ochronnych. Prowadzone, przez Dyplomanta, badania w tym zakresie stanowią ważny etap na drodze do walidacji i późniejszego praktycznego zastosowania zaproponowanych rozwiązań zabezpieczenia albo regeneracji elementów konstrukcji maszyn i urządzeń w warunkach przemysłowych.

Największą wartość poznawczą prezentuje bardzo mocno rozbudowany rozdział 4 dysertacji obejmujący 7 podrozdziałów stopnia pierwszego. W rozdziale tym Dyplomant charakteryzuje: zarówno procesy w których zostały wykonane próbki do badań wstępnych i zasadniczych jak również otrzymane pojedyncze napawane ściegi oraz powłoki; sposób pobrania i przygotowania próbek do poszczególnych



testów i pomiarów; a także metodykę badawczą obejmującą badania wstępne pojedynczych napawanych ściegów (podrozdział 7.4); jak i badania właściwe wytworzonych powłok. Rozdział obejmuje prezentację wyników przeprowadzonych testów i badań strukturalnych w formie graficznej, tabelarycznej i opisowej, a także szczegółową analizę uzyskanych rezultatów. Doktorant przeprowadził badania:

- makrostruktury przy użyciu mikroskopu metalograficznego przy powiększeniu  $30\times$  i  $50\times$ ;
- planimetryczne, wyznaczając współczynnik wymieszania materiału podłoża i napoiny;
- mikrotwardości, na przekrojach poprzecznych próbek metodą Vickersa;
- odporności na zużycie ściernie;
- odporności korozyjnej napoim w komorze solnej Cofomegra Corrosionbox 400e - typ C200 zgodnie z normą PN-EN ISO 9227:2017-06;
- badania mikrostruktury i składu chemicznego. W toku realizacji badań strukturalnych, prowadzonych przed i po wyżej wymienionych testach, Doktorant wykorzystał zestaw metod analizy instrumentalnej w tym mikroskopię świetlną (LM), skaningową mikroskopię elektronową (SEM) z mikroanalizą składu chemicznego (SEM/EDS).

Doktorant w dysertacji zawarł szczegółowe analizy wyników, które odniósł do danych literaturowych, a rozbudowany plan badawczy i jego konsekwentna realizacja umożliwiły realizację założonego celu rozprawy. Uwagi do tej części dysertacji przedstawiłam w przedostatnim punkcie recenzji.

Wymierny efekt przeprowadzonych przez Doktoranta analiz stanowi:

- opracowanie matematycznego modelu zależności pomiędzy zmierzoną chropowatością powierzchni, powierzchnią śladu zużycia i ubytkiem masy próbki w badaniu odporności na zużycie ściernie;
- wybór parametrów i procesów napawania drutów proszkowych: 1,2 mm Böhler SK600 - G i 1,6 mm Böhler SK900 Ni RTC - G do wytwarzania warstw powierzchniowych o zespole korzystnych, pożądanych właściwościach użytkowych dla zabezpieczenia elementów maszyn i urządzeń pracujących w warunkach zużycia korozyjnego i ściernego;

- przedstawienie ograniczeń technologicznych a przez to i możliwości aplikacyjnych metody napawania laserowego wyżej wymienionych materiałów przeznaczonych do wytworzenia powłok ochronnych na powierzchniach stalowych w warunkach przemysłowych.

Przytoczone osiągnięcia doktoranta charakteryzuje przydatność praktyczna, co zostało dodatkowo potwierdzone w rozdziale 5 dysertacji, w którym autor sformułował krótkie podsumowanie, wskazujące na osiągnięcie celu pracy i udowodnienie tezy (s.122) oraz przedstawił zarówno wnioski poznawcze o charakterze ogólnym i szczegółowym jak również wnioski o charakterze użytkowym. W rozdziale tym mgr Piotr Biskup nakreślił również kierunki badań przyszłościowych.

W tym miejscu recenzowana dysertacja mogłaby zostać zakończona. Kolejne rozdziały mają charakter informacyjny (półstronicowe informacje dotyczące celu, tezy) a także dołączonego dość luźno i ogólnikowo napisanego podsumowania, co powoduje, że praca staje się nieco rozwlekła. Doktorant pisze m.in. o innych aspektach, nie związanych z realizowaną pracą, np. s. 131 zamieszcza informacje o badaniach nad rakiem. Ogólnikowość tego dodatkowego podsumowania może wprowadzać błędy w interpretacji wyników i zrozumieniu istoty poruszanych problemów co przedstawiono w uwagach krytycznych zamieszczonych w przedostatnim punkcie recenzji. Do pracy dołączono rozdział 13, nie stanowiący treści zasadniczej a jedynie informację od Autora dotyczące jego motywacji w realizacji zadań związanych z opracowaną dysertacją. Drobną sugestią w tym zakresie, rozdział powinien być wyłączony z numeracji gdyż nie stanowi części opracowania naukowego.

Wyniki opracowania mogą znaleźć zastosowanie m.in. w przedsiębiorstwach przy regeneracji maszyn oraz urządzeń pracujących w warunkach synergicznego oddziaływania procesów tribologicznych i korozyjnych.

Podsumowując tę część recenzji stwierdzam, że mgr inż. Piotr Biskup wykazał się zarówno teoretyczną jak i praktyczną wiedzą z zakresu tematyki i przedmiotu badań prowadzonych w dyscyplinie Inżynieria mechaniczna. Podczas czytania dysertacji wyczuwa się ogromne doświadczenie Doktoranta związane z praktycznym stosowaniem procesów spawalniczych w regeneracji części maszyn i urządzeń stosowanych w przemyśle. Doktorant właściwie połączył swoją wiedzę i doświadczenie z umiejętnością analitycznego spojrzenia na rozpatrywany problem utrzymania maszyn i urządzeń w przedsiębiorstwie poprzez wydłużenie czasu ich bezpiecznej eksploatacji metodami

regeneracyjnymi. Wyniki badań stanowią cenne uzupełnienie wiedzy w dyscyplinie inżynieria mechaniczna oraz wypełniają, zidentyfikowaną przez mgra Piotra Biskupa, lukę badawczą. Prezentowane osiągnięcia potwierdzają właściwe przygotowanie Dyplomanta do dalszego samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

#### 5. Informacja dotyczące praktycznego zastosowania uzyskanych wyników badań

Tworzenie stabilnego systemu zapobiegania stratom w zakładach czy przedsiębiorstwach produkcyjnych wymaga dążenia do eliminacji występowania wypadków z udziałem niesprawnych maszyn i urządzeń, a także ograniczenie nieplanowanych przestoi produkcji spowodowanych awariami, nadmiernym zużyciem części maszyn czy ich nieprawidłowym funkcjonowaniem lub przedwczesnym złomowaniem. W świetle tego, należy stwierdzić, że metody regeneracji opracowane przez autora dysertacji, dające możliwość wytworzenia powłok ochronnych zapobiegających nadmiernemu zużyciu części maszyn i urządzeń pracujących w trudnych warunkach eksploatacji (jednoczesnego oddziaływania procesów korozyjnych i abrazyjnych), mają znaczny potencjał wdrożeniowy. Dodatkowo, przedstawione przez Doktoranta ograniczenia dotyczące wytwarzania powłok napawanych w warunkach przemysłowych, stanowią cenną wskazówkę dla wyboru metody regeneracji określonych części maszyn i urządzeń oraz doboru parametrów procesu. Otrzymanym wynikiom badań Doktorant nadał zatem charakter aplikacyjny, wskazał metody i parametry umożliwiające wytworzenie warstw ochronnych pozbawionych niezgodności spawalniczych z badanymi materiałami. Wykazał celowość wprowadzenia zmian w badanej organizacji (KGHM Polsk Miedź S.A.) w zakresie stosowanych przez nią metod regeneracyjnych maszyn i urządzeń oraz zaproponował modernizację wyżej wymienionych procesów technologiczno-regeneracyjnych przy zastosowaniu autorskiego opracowania. Parametry procesu, zaproponowane przez Autora dysertacji, zostały zweryfikowane i umożliwiły wytworzenie funkcjonalnych warstw powłokowych do zastosowań w omawianym środowisku eksploatacji.

## 6. Uwagi o charakterze krytycznym do opracowania

Przy tak kompleksowym i obszernym opracowaniu nie sposób było uniknąć uwag krytycznych. Przedstawione uwagi o charakterze ogólnym należy potraktować jako wskazówkę do doskonalenia kolejnych opracowań publikacyjno-naukowych autora.

### Uwagi o charakterze ogólnym:

1. W pracy występują liczne usterki redakcyjno – edycyjne, literówki, błędy stylistyczno-językowe oraz interpunkcyjne, np.:
  - „granat glinokrzemianowy” s. 84, „granatu aluminiowo-krzemianowego” s. 102 zamiast garnet albo granulat itd;
  - „50x” ; „100x” zamiast  $50 \times$  i  $100 \times$  s. 88, podobne błędy na innych stronach s. 56, 58, 61, 66 itd.; zapis „Cl-” zamiast Cl<sup>-</sup>;
  - brak jednostek na osi rzędnych, np. rys. 4.42;
  - brak informacji, czy podane zawartości składu chemicznego na rys. 4.57, 4.46 itd. są wyrażone w % wagowych czy atomowych?
  - „Luźno związane z powierzchnią proszki WC obserwowano są przy” s. 102;
  - niewłaściwe łamanie tekstu:
    - przy wstawianiu rysunków np. s. 8-9; 16-17, 112-113;
    - przesunięcia tekstu pomiędzy poszczególnymi wersami np. s. 55; s. 56, s. 72:

„ Wybór parametrów napawania dokonano na podstawie wstępnych selektywnych badań eksperymentalnych ( Tab. 5).”;
  - zbyt małe rysunki stanowiące dokumentację fotograficzną wyników badań, przez co nie można odczytać informacji, powiększeń, np. rys. 4.44, rys. 4.47 itd. lub brak powiększeń na rysunkach, np. rys. 4.28, rys. 4.31;
  - dołączone rozdziały, które powinny być usunięte z pracy lub przedstawione w formie załączników.



2. W pracy zdarzają się skróty myślowe i niedopowiedzenia, np.:

- „główne procesy zużycia występujące w przedsiębiorstwie” s. 8 (czy chodziło o zużycie maszyn i urządzeń podczas eksploatacji?);
- „analizy warunków pracy do niniejszej dysertacji przyjmowano...” (warunków pracy czego?);
- „badania własne autora w zakresie kosztów regeneracji części” s.10 (jakie to były badania, jak przeprowadzono, jakich części dotyczyły – brak źródła i informacji?);
- „w wyniku wymieszania materiału napoiny i węgla pochodzącego z podłoża do napoiny” (brakuje słowa: dyfuzji);
- „na podłożu ze niskowęglowej osadzono twardą napoinę” (brakuje słowa: stali);
- „duże ziarna” - pojęcie względne, nie wykonywano pomiarów wielkości ziarna;

oraz nieprecyzyjne sformułowania, wynikające najprawdopodobniej ze znacznego doświadczenia autora jako praktyka przemysłowego i używanej w przemyśle terminologii, nie do końca zgodnej z opracowaniami naukowymi. Poniżej podano przykłady sformułowań, wymagających korekty albo wyjaśnienia, np.:

- „rozdrobione ziarno” ; „rozdrobiona mikrostruktura” (Doktorant nie opisuje procesu mechanicznego kruszenia, tylko procesy metalurgiczne z zakresu obróbki cieplnej, zatem uzyskuje strukturę drobnodziarnistą), np. s. 123;
- „odporność na ścieranie”, np. s. 31, s. 43 (w tezie), s. 107, s.123 itd.; „odporność na ściernie abrazyjne” s. 84, zamiast odporność na zużycie ściernie;
- „zabiegi ciepłe” zamiast „zabieg obróbki cieplnej”, np. s. 60;
- „problem badawczy o wysokiej użyteczności” s. 46;
- „struktura ... zanikła” s. 62 „charakterystyczna dendrytyczno-komórkowa struktura podobna do zidentyfikowanej przez Saewę i in. [106] zanikła”;
- „ostro krawędziowe ziarna” s. 63 „ostre przejście” s. 123;

Chciałabym również przedstawić kilka uwag krytycznych o charakterze szczegółowym, w formie pytań do treści recenzowanej dysertacji:

1. W wykazie symboli opisano tylko 1 symbol. Po co zatem do pracy dołączono wykaz symboli?
2. W pracy Doktorant używa sformułowania „walidacja” w przypadku weryfikacji parametrów (np. s. 47). Uprzejmie proszę o sprecyzowanie, co Pan rozumie pod pojęciem walidacja a co pod pojęciem weryfikacja.
3. Dlaczego do napawania stali S235JR jako materiały dodatkowe użyto dwa tak różne druty proszkowe? Jaka jest rola pierwiastków stopowych, występujących w składzie chemicznym obu drutów?
4. Doktorant w rozdziale 3 stawia tezę a w badaniach własnych (od s. 48) weryfikuje hipotezę. Proszę o sprecyzowanie, dlaczego nastąpiła zmiana terminologii.
5. Na stronie 50 oraz 52 pracy podano, że opisywane procesy napawania wymagają podgrzewania wstępnego i obróbki cieplnej po napawaniu. Proszę o sprecyzowanie, dlaczego temperatura procesu podgrzewania była ustalona na  $150^{\circ}\text{C}$ , a temperatura wygrzewania na  $210^{\circ}\text{C}$  w czasie 2,5 – 3 godziny dla tych procesów?
6. Na rysunku 4.75 uzyskane wyniki badań przedstawiono w formie punktów, które połączono, chociaż układ punktów wskazuje na początkowy liniowy charakter przebiegu rejestrowanego procesu korozji i późniejszy przebieg zgodny z prawem parabolicznym. Dlaczego nie zastosował Pan krzywych aproksymujących wraz z wyznaczeniem równań i współczynnikiem dopasowania  $R^2$ , a jedynie uzyskane wyniki (punkty pomiarowe) połączył. Co oznaczają (na sporządzonym przez Pana wykresie) wartości pośrednie? Uprzejmie proszę o komentarz.
7. Proszę o wytłumaczenie jak możliwe jest powstanie fazy NiB, o której Doktorant kilkakrotnie wspomina, stanowiącej osnowę węgla chromu? (np. s. 63). Zgodnie z układem równowagi fazowej Ni-B, faza NiB może powstać jedynie przy zawartości powyżej 18 % boru, a przy niskich zawartościach B może się jedynie utworzyć faza  $\text{Ni}_3\text{B}$ .  
Doktorant pisze dodatkowo, że następuje „częściowe rozpuszczenie wolframu i węgla w osnowie metalicznej” co zatem stanowi osnowę (bo w fazie  $\text{Ni}_3\text{B}$  raczej nic się nie rozpuści) ? Uprzejmie proszę o sprecyzowanie informacji.
8. Zgodnie z metodyką badań zaprezentowaną w podrozdziale 4.3.3 dysertacji pomiary twardości były wykonywane w dwóch kierunkach wzajemnie prostopadłych.

- a) Czy wyniki badań zamieszczone w tablicy 6 obejmują średnią z pomiarów uzyskaną w kierunku poziomym/pionowym względem podłoża? Ile było tych pomiarów?;
- b) Zaprezentowane w pracy wykresy, np. 4.15, rys. 4.16 przedstawiają wyniki badań mikrotwardości. Zgodnie z wykresami mamy 2-3 punkty pomiarowe dla napoiny i około 15 punktów pomiarowych dla materiału rodzimego. Dlaczego wybrał Pan i przedstawił taką ilość punktów pomiarowych dla materiału rodzimego, jeżeli wyniki nie wskazywały istotnych różnic?
- c) Parokrotnie w dysertacji pojawia się stwierdzenie, że „obserwowane różnice w twardości w stosunku do deklarowanych przez producenta, mogą wynikać ze stopnia wymieszania napoiny oraz wysokiej plastyczności osnowy metalicznej”. Proszę o sprecyzowanie takich informacji jak:
- różnice w twardości czego? (np. napiony, strefy wpływu ciepła, materiału rodzimego czy całego złącza względem wartości podawanych przez producenta)
  - jakie są wartości deklarowane przez producenta?
9. W dysertacji nie przedstawiono badań ilościowych ani nie przeprowadzono rentgenowskiej analizy fazowej, a mimo to w pracy pojawiają się stwierdzenia typu „*mikrostruktura próbek serii D składała się z dużej frakcji (ponad 50 % obj.) twardych węglików wolframu WC, borków niklu, a także innych związków metali rozmieszczonych w osnowie.*” Proszę o sprecyzowanie, w jaki sposób zidentyfikował Pan występowanie wymienionych związków i jak oszacował Pan ich ilość?
10. Uprzejmie proszę o odniesienie się do uzyskanych wyników badań i wyjaśnienie, skąd zawartość węgla w napoinie na poziomie 10 % i wyżej (rys. 4.25)?
11. Z treści podrozdziału 4.4.1 wynika, że analizowane próbki do badań były wytworzone w procesie napawania, a wykonane zglądy metalograficzne były obserwowane przy użyciu mikroskopii skaningowej. W analizie wyników s. 66 napisano, że próbki były poddane procesowi „ścierania abrazyjnego”. Uprzejmie proszę o uściślenie informacji.
12. W pracy pojawiają się wnioski nie poparte wynikami badań zaprezentowanymi w dysertacji przez autora, np. dotyczące „ograniczenia ekspozycji negatywnych czynników na personel spawalniczy i środowisko naturalne”.
13. Doktorant napisał, że:

- techniki „PTA i LMWD, przy zastosowaniu materiału dodatkowego w postaci drutu proszkowego, w porównaniu do metody napawania łukowego elektrodą topliwą (FCAW), pozwalają na uzyskanie... wyższej odporności na korozję wżerową, średnio o ok. 35 % dla metody LMWD oraz ok. 9 % dla metody PTA” s. 124-125;
- napawanie „strumieniem plazmy i wiązką lasera, przy zastosowaniu tego samego materiału dodatkowego, jest zdecydowanie korzystniejsze niż w przypadku stosowanych w HMI klasycznych łukowych metod spawalniczych (GMAW, FCAW)” s. 131.

Uprzejmie proszę o doprecyzowanie powyższych wniosków. Z dysertacji wynika, że ze względów technologicznych w ogóle nie wykonano próbek do badań korozyjnych przy użyciu napawania laserowego (LMWD) drutem Böhler SK900 Ni RTC - G (s. 89 dysertacji).

#### 4. Wnioski końcowe

Reasumując potwierdzam, że Doktorant w toku realizacji dysertacji wykazał się wiedzą teoretyczną i praktyczną. Potwierdził umiejętność samodzielnego planowania i realizacji badań służących udowodnieniu tezy. Doktorant najczęściej właściwie dokonuje analiz i interpretacji wyników, na podstawie których formułuje wnioski zarówno o charakterze ogólnym jak i szczegółowym. Oceniane osiągnięcia naukowe Doktoranta, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna charakteryzuje wysoka wartość aplikacyjna. Na tej podstawie stwierdzam jednoznacznie, że Doktorant posiada kompetencje niezbędne do prowadzenia pracy naukowo-badawczej. Przedstawione uwagi krytyczne do rozprawy nie umniejszają pozytywnej ocenie zaprezentowanego osiągnięcia.

W podsumowaniu stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgra Piotra Biskupa pt.: „Wpływ zastosowania napawania metodami o wysokiej gęstości energii na odporność ścierną i korozyjną napoin” spełnia wymagania określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2022, poz. 574 z póź.zm) oraz mieści się w obszarze badań właściwym dla dyscypliny inżynieria mechaniczna. Wnoszę zatem o przyjęcie rozprawy doktorskiej na stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie Inżynieria mechaniczna i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

*Beata Szauka-Laska*.....

*Bu*