

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgra inż. Bartłomieja Szweda zatytułowanej „Własności mechaniczne oraz eksploatacyjne połączeń lutowanych tytanu ze stalą austenityczną wykonanych z udziałem Al, Cu, Ni”

Recenzję opracowano na podstawie pisma Pana Prof. dr hab. inż. Tomasza Lecha Stańczyka, Dziekana Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej z dnia 6.05.2019r. (znak: MD-510/128/2019).

Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska mgra inż. Bartłomieja Szweda zatytułowana „Własności mechaniczne oraz eksploatacyjne połączeń lutowanych tytanu ze stalą austenityczną wykonanych z udziałem Al, Cu, Ni” obejmuje wprowadzenie, analizę stanu zagadnienia, wnioski z przeglądu literatury, tezę, cel i program badań, a przede wszystkim badania własne. Na zakończenie jest zamieszczone podsumowanie i wnioski oraz literatura, spis rysunków, spis tabel, a także streszczenia w języku polskim i w języku angielskim. Wszystko zawarte jest na 118 stronach tekstu wraz z rysunkami, wzorami i tabelami, na zakończenie zamieszczono spis literatury, w której wykazano 197 materiałów źródłowych.

Układ pracy, pod względem struktury, podziału treści, kolejności rozdziałów uważam za prawidłowy. Praca przedstawiona została w dwóch głównych częściach, pierwszą stanowi wnikliwy przegląd literaturowy stanu zagadnienia poruszanego w pracy, zaś druga obszerniejsza część pracy dotyczy badań własnych. Rezultaty prac badawczych określonych w dysertacji uważam za duże osiągnięcie naukowe Doktoranta.

W części pierwszej literaturowej pracy można wyróżnić zarys historyczny procesu lutowania, charakterystykę i podział metod lutowania, a także fizykochemiczne podstawy tego procesu spajania. W klasyfikacji proces lutowania podzielono ze względu na temperaturę topnienia materiału dodatkowego na miękkie i twarde, ze względu na metalurgię procesu na topnikowe, beztopnikowe, reakcyjne i dyfuzyjne. Do procesu lutowania dyfuzyjnego

zaliczono spajanie w stanie stałym i spajanie z udziałem fazy ciekłej. Opisano szczegółowo parametry oraz przygotowanie elementów do lutowania dyfuzyjnego. Przedstawiono także zalety i wady oraz praktyczne zastosowanie procesu lutowania dyfuzyjnego w porównaniu do klasycznych metod łączenia różnych materiałów.

Wnikliwie scharakteryzowano łączone materiały zastosowane w części badawczej (tytan, stal nierdzewna) i ich własności. Dokonano również szczegółowej analizy dwu i trójskładnikowych układów równowagi fazowej: Ti-Fe, Ti-Al, Fe-Al, Al-Fe-Ti, Ti-Cu, Fe-Cu, Cu-Fe-Ti, Ti-Ni, Fe-Ni i Fe-Ni-Ti. Na zakończenie części literaturowej sformułowano wnioski, a mianowicie między innymi stwierdzono, że spajanie dyfuzyjne jest stosunkowo nową metodą łączenia materiałów różnych grup np. ceramika-metal, metal-stop metalu czy metal-kompozyt, określono, że tego typu metoda łączenia znajduje zastosowanie w przemyśle lotniczym, medycznym, energetycznym, nuklearnym, budowy maszyn i urządzeń, chemicznym, elektronicznym. Wyjaśniono również, dlaczego podjęto się wyboru tematyki pracy i uzasadniono celowość podjętych badań.

W drugiej części recenzowana rozprawa zawiera tezę, cel, program pracy, zastosowane materiały (tytan, stal austenityczna, aluminium, miedź, nikiel), metodykę badań własnych. W ramach metodyki określono przygotowanie elementów do spajania, parametry procesu oraz metody badawcze. A następnie przedstawiono badania metalograficzne i analizę fazową. W tej części pracy zamieszczono badania własności mechanicznych połączeń (pomiar twardości, technologiczną próbę ścinania i statyczną próbę rozciągania, próbę udarności), a także badania własności eksploatacyjnych uzyskanych połączeń (badanie odporności na ścieranie, badanie odporności na korozję). Zasady ujęcia zagadnień w poszczególnych rozdziałach można uznać za poprawne, powszechnie przyjmowane w redakcjach rozpraw naukowych.

W opiniowanej rozprawie doktorskiej dokonano analizy możliwości spajania dyfuzyjnego tytanu (Grade 2) ze stalą austenityczną (X5CrNi 18-10) za pomocą międzywarstw wykonanych z czystych metali (Al, Cu, Ni).

Przedstawione w rozprawie badania własne eksperymentalne wykazały, że wraz ze zmianą materiału dodatkowego w postaci przekładek aluminiowych, miedzianych czy niklowych następuje zmiana własności mechanicznych i eksploatacyjnych uzyskanych złączy, wskazano również, że złącza uzyskane za pośrednictwem warstwy miedzianej osiągały najkorzystniejsze własności mechaniczne i eksploatacyjne.

Ocena rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska przedstawiona do oceny posiada bardzo dobry poziom, ma strukturę typową dla prac eksperymentalnych, zawiera w sobie wnikliwą analizę przeglądu literaturowego, tezę i cel, przedstawiony jest program pracy, zastosowane materiały oraz metodyka badań własnych własności mechanicznych i eksploatacyjnych oraz wyniki, a na zakończenie zamieszczono podsumowanie i sformułowano wnioski.

Na podstawie wstępnych badań własnych i analizy literatury poświęconej tematyce spajania dyfuzyjnego tytanu i stali austenitycznej Doktorant postawiła tezę pracy:

„Możliwe jest połączenie tytanu i stali austenitycznej za pośrednictwem przekładem z czystych metali (Al, Cu, Ni), które będzie charakteryzować się wyższymi własnościami mechanicznymi i eksploatacyjnymi, niż materiały rodzime. Zastosowanie przekładek z czystych metali pozwoli zredukować ilość faz międzymetalicznych z układu równowagi faz Fe-Ti występujących w obszarze złącza. Lutowanie dyfuzyjne materiałów podstawowych: tytanu i stali austenitycznej w stanie stałym jest korzystniejsze, niż lutowanie z udziałem fazy ciekłej”.

Celem użytecznym pracy była ocena wpływu czystych metali (Al, Cu, Ni) jako lutów stałych na strukturę i własności mechaniczne oraz eksploatacyjne połączeń dyfuzyjnych tytanu ze stalą austenityczną, oraz ustalenie temperatury lutowania i wytypowanie danej przekładki jako międzywarstwy zapewniającej najkorzystniejsze własności mechaniczne i eksploatacyjne złączy.

W sposób prawidłowy Doktorant zrealizował założony cel i program pracy. Dla potwierdzenia tezy i osiągnięcia celu Doktorant wykonał następujące zadania:

- Przygotowanie i wykonanie złączy tytanu z gatunku Grade 2 ze stalą austenityczną X5CrNi 18-10 z wykorzystaniem materiałów dodatkowych w postaci folii z czystych technicznie metali Al, Cu, Ni wraz z określeniem wpływu temperatury na mikrostrukturę lutowanych złączy dyfuzyjnych.
- Badania metalograficzne oraz identyfikację faz w strukturze złączy.
- Badania własności mechanicznych złączy (próba ścinania, próba rozciągania, próba uderzenia i pomiary twardości).
- Badania własności eksploatacyjnych złączy (badania korozyjne, badania tribologiczne).

Mocną stroną dysertacji jest część badawcza, ujawniająca umiejętności Doktoranta w zakresie prowadzenia prac eksperymentalnych. Na podkreślenie wkładu Doktoranta w rozwój nauki w szczególności zasługuje realizacja kompleksowych badań eksperymentalnych i dokonanie analizy porównawczej z zakresu tematyki spajania materiałów różnoimiennych za

pośrednictwem międzywarstw pod względem posiadanych własności mechanicznych a w głównej mierze własności eksploatacyjnych. Recenzowana rozprawa doktorska jest zredagowana należycie, posiada prawidłową strukturę, jest spójna przedmiotowo. Dysertacja napisana jest poprawnie ze względu na język techniczny z użyciem właściwej terminologii. Tytuł pracy doktorskiej jest sformułowany w sposób przemyślany i odzwierciedla jej treść.

Rozprawa doktorska jest oryginalna, i uważam że rezultaty badań własnych eksperymentalnych określonych w pracy są dużym osiągnięciem naukowym i stanowią wartość dodaną do zagadnień związanych z dyscypliną naukową budowa i eksploatacja maszyn, a aktualnie z dyscypliną inżynieria mechaniczna.

Uwagi szczegółowe i dyskusyjne

Po zapoznaniu się z recenzowaną rozprawą zaznaczyłem uwagi oraz kwestie o charakterze dyskusyjnym. Jednakże w niczym nie umniejszają one wartości naukowej danej pracy, a w szczególności pomogą Doktorantowi w dalszym wykorzystaniu analiz wyników i zamieszczeniu ich w ewentualnych publikacjach, a mianowicie:

- Już w temacie pracy pojawia się wyrażenie „własności mechaniczne” czy „własności eksploatacyjne”, niektórzy reprezentanci nauk inżynierijno - technicznych wolą używać pojęcia „własności” a inni „właściwości” różnych przedmiotów, elementów czy części. Wyszukiwanie w Korpusie Języka Polskiego PWN potwierdza, że w języku ogólnym wymienione wyrazy są synonimami i mogą być używane zamiennie. Jednak według mojej opinii bardziej oddającym charakter ocenianych cech przedmiotów wydaje się być słusznym stosowanie wyrażenia „właściwości mechaniczne”, „właściwości eksploatacyjne” itp. Zaznaczam tutaj, że jeżeli w całej ocenianej pracy używane są jednakowe zwroty, frazy czy oznaczenia itp., to tego typu sformułowania są dopuszczalne. Autor przyjął w swojej pracy używać wyrażenia „własności”, dlatego należy o tym pamiętać i zwrot „właściwości” ze strony 6, 27 i 117 zamienić na „własności”.
- W pracy dokonano wnikliwej analizy literaturowej, a także przedstawiono znaczące badania własne procesu lutowania dyfuzyjnego w stanie stałym i z udziałem fazy ciekłej. Autor wykazał własne publikacje dotyczące lutowania dyfuzyjnego tytanu (Grade 2) ze stałą austenityczną (X5CrNi 18-10) z wkładkami Al, Cu, Ni, jest to znaczny wkład w rozwój nauki. Wydaje mi się, że warto by było przeprowadzić badania dotyczące

lutowania dyfuzyjnego w stanie stałym i z udziałem fazy ciekłej tytanu z innym rodzajem stali austenitycznej, a może dobrze byłoby zastosować stal ferrytyczo-austenityczną.

- Rysunki przedstawione w drugiej części pracy są wykonane prawidłowo, jednak Doktorant nie ustrzegł się błędów w opisach. Zapewne jest to związane ze stroną edytorską, ponieważ na stronie 61 występuje zdjęcie mikrostruktury połączenia tytanu ze stalą nierdzewną, ale jest brak podpisu. Podobnie jest na stronie 62, gdzie występują trzy mikrostruktury. Na stronie 63 dopiero pojawia się podpis odnoszący się do rysunku 31. Według mojej oceny powinien znaleźć się podpis na każdej stronie, odnosząc się do rysunku 31, tylko na kolejnych stronach powinna się znaleźć adnotacja, że jest to kontynuacja rysunku. Tego typu błędy edytorskie dotyczą rysunków 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 i 41.
- Na rysunkach 34÷36 jest przedstawiona mikrostruktura połączeń tytanu i stali austenitycznej za pośrednictwem międzywarstw, gdzie bardzo wnikliwie są opisane składniki strukturalne złącza, co stanowi atut analizy mikrostruktury powstałych faz w złączach dyfuzyjnych. Wydaje mi się, że warto by było na rysunkach 31÷33 umieścić jeszcze dodatkowe opisy (międzywarstw czy występujących porów).
- W literaturze znajduje się bardzo bogaty spis publikacji dotyczący aktualnego stanu zagadnienia z zakresu spajania tytanu ze stalą austenityczną, są one najnowsze i precyzyjnie dobrane. Jednak wydaje mi się, że źródła internetowe powinny znaleźć się na końcu spisu bibliografii.
- Autor zaznacza w pracy, że na podstawie analizy literatury można stwierdzić, że brak jest prac kompleksowych porównujących metody spajania dyfuzyjnego z udziałem fazy stałej i z faza ciekłą. W rozprawie zaprezentowane wyniki stanowią uzupełnienie powstałej luki a wartościowym jest w pracy przedstawienie szczegółowej analizy mikrostruktury wraz z identyfikacją warstw faz występujących w powstałych złączach. Jednakże warto było by pokusić się o przedstawienie porównania badań własnych własności eksploatacyjnych dla spajania w stanie stałym i spajania z udziałem fazy ciekłej.

Przedstawione uwagi szczegółowe są bardziej o charakterze dyskusyjnym i nie wpływają na wartość merytoryczną rozprawy doktorskiej, którą oceniam wysoko.

Podsumowanie i wnioski końcowy

Doktorant wykazał w całości rozprawy opanowany warsztat badawczy poprzez samodzielność prowadzenia badań doświadczalnych oraz umiejętność wnioskowania merytorycznego na podstawie uzyskanych wyników analiz literaturowych i badań eksperymentalnych. Opiniując przedstawioną dysertację pragnę podkreślić, że podjęty w pracy temat jest bardzo aktualny i ważny. Pracę oceniam jako dobrą i wartościową.

Podsumowanie i wnioski zamieszczone w rozprawie doktorskiej wymownie świadczą o poznawczej wartości dysertacji oraz wskazują na możliwości użytecznego wykorzystania wyników rozprawy do wykonania połączeń za pomocą dyfuzyjnego lutowania pomiędzy tytanem a stalą austenityczną, w przemyśle mechanicznym, chemicznym, jądrowym, lotniczym oraz kosmicznym, przykładowo do naprawy pęknięć w komorach spalania silników odrzutowych, czy w elementach pełniących funkcję wymienników ciepła, albo w urządzeniach mikrokanałowych.

Jako istotny dorobek Doktoranta należy uznać:

- Uzyskanie szczegółowej charakterystyki badanych połączeń dyfuzyjnych pomiędzy tytanem (Grade 2) a stalą austenityczną (X5CrNi 18-10) za pomocą międzywarstw wykonanych z czystych metali (Al, Cu, Ni).
- Dokonanie kompleksowego porównania mikrostruktury, własności mechanicznych oraz eksploatacyjnych złączy uzyskanych za pomocą metali pośrednich.

Wyrażam opinię, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Bartłomieja Szweda zatytułowana „*Własności mechaniczne oraz eksploatacyjne połączeń lutowanych tytanu ze stalą austenityczną wykonanych z udziałem Al, Cu, Ni*” spełnia określone warunki w art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017, poz. 1789 t.j. ze zm.), a także uwzględnione są wymagania zawarte w Ustawie z dnia 3 lipca 2018 r. - *Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2018 r., poz. 1669) i na tej podstawie rekomenduję Radzie Wydziału Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej przyjęcie rozprawy i wnioskuję o dopuszczenie Pana mgr inż. Bartłomieja Szweda do publicznej obrony.

Dr hab. inż. Tomasz Dyl, prof. UMG



.....