

Prof. dr hab. inż. Maria Trzaska
Instytut Mechaniki Precyzyjnej
ul. Duchnicka 3, 01-796 Warszawa

Warszawa, dn. 13.03.2019 r.

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Kazimierza Czapczyka
pt. „Badania właściwości mechanicznych i tribologicznych nanokompozytowej powłoki
Ni-P/Si₃N₄ osadzonej metodą redukcji chemicznej na stopie aluminium AW-7075
stosowanym na części maszyn”

wykonana na zlecenie Rady Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej

Przedstawioną do oceny pracę doktorską pt. „Badania właściwości mechanicznych i tribologicznych nanokompozytowej powłoki Ni-P/Si₃N₄ osadzonej metodą redukcji chemicznej na stopie aluminium AW-7075 stosowanym na części maszyn” mgr inż. Kazimierz Czapczyk wykonał pod kierunkiem prof. dra hab. inż. Stanisława Legutko na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej.

Przedmiotem badań przedstawionych w opiniowanej rozprawie doktorskiej mgr inż. Kazimierza Czapczyka są powłoki kompozytowe z osnową Ni-P i fazą dyspersyjną w postaci cząstek Si₃N₄ o nanometrycznych wymiarach osadzone metodą redukcji chemicznej na stopie aluminium AW-7075. Nakładanie powłok kompozytowych Ni-P/Si₃N₄ na części maszyn ze stopu aluminium AW-7075 ma na celu poprawienie właściwości mechanicznych oraz zwiększenie odporności na zużycie ścierne takich wyrobów.

Recenzowana rozprawa przedstawiona jest na 135 stronach wraz z rysunkami i tablicami oraz 107 pozycjami literaturowymi.

Pierwsza część rozprawy (52 strony) obejmująca 5 rozdziałów zawiera wstęp, uzasadnienie podjęcia badań z tej tematyki, charakterystykę stopów aluminium oraz powłok wytwarzanych metodą redukcji chemicznej i procesu zużycia części maszyn w warunkach eksploatacji.

Podsumowując tę część rozprawy, która stanowi część literaturową należy podkreślić, że mgr inż. Kazimierz Czapczyk przeprowadził dość szeroką analizę doniesień literaturowych dotyczących stopów aluminium, powłok Ni-P wytwarzanych metodą redukcji chemicznej oraz zużycia maszyn podczas ich eksploatacji, W tej części pracy Doktorant zbyt wiele miejsca poświęcił na szerokie omówienie podstawowej wiedzy w przedmiotowym zakresie.

Po pierwszej ogólnej części pracy Doktorant sformułował tezę, cel i zakres pracy. W oparciu o analizę literatury Doktorant postawił następującą tezę: „zastosowanie na częściach maszyn ze stopu AW-7075 bezprądowych nanokompozytowych powłok Ni-P/Si₃N₄

spowoduje zwiększenie twardości i odporności na zużycie ścierne ich powierzchni - w porównaniu do analogicznych części aluminiowych bez osadzanych powłok Ni-P/Si₃N₄”.

Udowodnienie postawionej tezy Doktorant realizował poprzez podjęcie badań, których cele były następujące:

a) cele poznawcze:

- określenie właściwości mechanicznych stopu AW-7075 w porównaniu do stali stosowanej na ruchome części maszyn,
- określenie właściwości eksploatacyjnych stopu AW-7075 bez powłoki w porównaniu do stopu AW-707 z powłoką przeciwzużyciową,
- określenie zależności składu chemicznego powłoki przeciwzużyciowej na jej właściwości eksploatacyjne,

b) cele użytkowe:

- wybór grubości powłoki przeciwzużyciowej,
- wybór składu chemicznego powłoki,
- określenie warunków pracy dla stopu AW-7075 z powłoką Ni-P/Si₃N₄.

Następna część rozprawy doktorskiej mgra inż. Kazimierza Czapczyka obejmuje charakterystykę próbek ze stopu AW-7075, na które nakładane były powłoki, opis procesu osadzania powłok Ni-P, Ni-P/Si₃N₄ oraz omówienie stosowanych w pracy technik badawczych.

Badania zrealizowane w ramach rozprawy doktorskiej obejmowały próbki ze stopu AW-7075 z osadzonymi metodą redukcji chemicznej powłokami Ni-P oraz Ni-P/Si₃N₄ o różnej grubości (10µm, 20µm, 30µm) i różnej zawartości fazy dyspersyjnej Si₃N₄ (2 i 5g/dm³ roztworu) oraz w celach porównawczych próbki ze stopu AW-7075 bez powłoki.

W realizowanych badaniach Doktorant stosował następujące techniki badawcze:

- badania budowy materiału za pomocą elektronowej mikroskopii skaningowej oraz mikroskopii świetlnej,
- badania właściwości mechanicznych metodą instrumentalnej indentacji (DSI) oraz metodą Vickersa,
- badania właściwości tribologicznych metodą Boll on Disc,
- badania połączenia powłoki z materiałem podłoża metodą scratch test (test zarysowania).

Część doświadczalna pracy obejmuje wyniki badań budowy oraz właściwości mechanicznych i tribologicznych nałożonych powłok i materiału podłoża.

Badania budowy wytworzonych powłok obejmowały: charakterystykę morfologii i topografii powierzchni oraz analizę składu chemicznego materiału powłoki.

Właściwości mechaniczne wytworzonych powłok Doktorant charakteryzował w oparciu o badania twardości oraz modułu Younga.

Ocenę połączenia badanych powłok z materiałem podłoża Doktorant dokonywał w oparciu o analizę sygnału akustycznego, siły tarcia i współczynnika tarcia zarejestrowanych podczas testu na zarysowanie oraz obrazu powstałych rys.

Jako kryterium oceny zużycia tribologicznego badanych powłok Doktorant przyjął szerokość śladu zużycia warstwy wierzchniej materiału oraz współczynnik tarcia. Badania właściwości tribologicznych były prowadzone przy różnych obciążeniach, przy tarcia suchym oraz z zastosowaniem smarów w postaci smaru suchego MoS_2 i półsyntetycznego oleju przekładniowego.

Wyniki przeprowadzonych badań, które ilustrują różnice w budowie oraz właściwościach powłoki Ni-P oraz Ni-P/ Si_3N_4 wytworzonych metodą redukcji chemicznej, zostały przedstawione w postaci odpowiednich tablic, wykresów i obrazów struktury.

W rozprawie doktorskiej, po omówieniu wyników, badań Doktorant przedstawił wnioski końcowe, które obejmują wnioski dotyczące tezy pracy, wnioski poznawcze, wnioski użytkowe oraz nakreślił kierunki dalszych badań.

Tematyka podjęta przez mgr inż. Kazimierza Czapczyka w ramach rozprawy doktorskiej jest aktualna i ważna z praktycznego i naukowego punktu widzenia. Doktorant w ramach swojej pracy podjął próbę przeprowadzenia analizy wpływu powłok Ni-P oraz Ni-P/ Si_3N_4 o różnej grubości i różnej zawartości fazy dyspersyjnej, osadzanych metodą redukcji chemicznej, na właściwości mechaniczne i tribologiczne wyrobów ze stopu aluminium AW-7075. Zrealizowane przez Doktoranta badania nie wyczerpują możliwości kształtowania właściwości układu stop aluminium – powłoka kompozytowa Ni-P/ Si_3N_4 wytwarzana metodą redukcji chemicznej, lecz mogą stanowić inspirację do dalszych badań w tym zakresie.

Po analizie wyników badań uzyskanych przez Doktoranta nasuwają się następujące uwagi i wątpliwości:

- W pracy brakuje podjęcia próby wyjaśnienia przyczyn i mechanizmów zmiany właściwości mechanicznych i tribologicznych powłok w wyniku wbudowania cząstek Si_3N_4 w powłokę Ni-P.
- Niepoprawne jest równanie reakcji chemicznej zachodzącej podczas procesu osadzania powłoki Ni-P (str.29).
- Niepoprawny jest opis rysunków przedstawiających obrazy powierzchni badanych warstw uzyskanych za pomocą mikroskopii świetlnej. O powiększeniu obrazów powierzchni przedstawionych na tych rysunkach powinien informować naniesiony marker, tak jak w

przypadku obrazów uzyskanych za pomocą mikroskopii elektronowej. Natomiast umieszczone w podpisie powiększenie informuje przy jakim powiększeniu realizowane były te badania, a to nie odpowiada rzeczywistemu powiększeniu obrazu przedstawionego na rysunku.

- Niepoprawny jest wniosek „Powłoki Ni-P bez fazy dyspersyjnej mają dużą twardość, która zwiększa się ze wzrostem ich grubości do określonego momentu”. Materiał powłoki Ni-P ma taką samą twardość niezależnie od jej grubości. Natomiast Doktorant w swoich badaniach mierzył twardość układu powłoka Ni-P/podłoże ze stopu aluminium AW-7075, a w takim układzie grubość powłoki ma wpływ na jego twardość.

Przedstawione uwagi o charakterze krytycznym lub dyskusyjnym nie wpływają na pozytywną ocenę rozprawy doktorskiej mgra inż. Kazimierza Czapczyka, lecz mogą posłużyć jako wskazówki w dalszych przedmiotowych badaniach.

W podsumowaniu stwierdzam, że mgr inż. Kazimierz Czapczyk w rozprawie doktorskiej podjął ważny i aktualny problem badawczy zarówno z naukowego punktu widzenia, jak i znaczenia praktycznego. Wnioskuje do Rady Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej o dopuszczenie mgra inż. Kazimierza Czapczyka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

