

Lublin, 19.12.2023

dr hab. Paweł Mergo, prof. UMCS
Pracownia Technologii Światłowodów
Instytut Nauk Chemicznych, Wydział Chemii
Uniwersytet Marii Curie Skłodowskiej
Pl. Skłodowskiej 3, 20-031 Lublin

Recenzja rozprawy doktorskiej

Pana mgr inż. Sebastiana Białasza

**Tytuł rozprawy „Wpływ warstwy śluzowej na poprawę efektywności wprowadzania
mikrokabla światłowodowego do osłony z tworzywa”**

Praca doktorska została wykonana na Wydziale Mechanicznym Politechniki Lubelskiej. Promotorem pracy był Pan dr hab. Tomasz Klepka, prof. uczelni, zaś promotorem pomocniczym był Pan dr Tomasz Jachowicz.

1 Podstawa opracowania recenzji

- pismo Z-cy Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Lubelskiej dr hab. inż. Jarosława Bieniasia z dnia 4.12.2023r.
- rozprawa doktorska mgr inż. Sebastiana Białasza pt. „Wpływ warstwy śluzowej na poprawę efektywności wprowadzania mikrokabla światłowodowego do osłony z tworzywa”
- Ustawa z dnia 20 lipca 2018r., Prawo o Szkolnictwie Wyższym (Dz.U. z 2020r, poz. 85)
- Ustawa z dnia 3 lipca 2018r., Przepisy wprowadzające Ustawę – Prawo o Szkolnictwie Wyższym (Dz.U z 2018r., poz. 1669)

2. Charakterystyka pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska została napisana w języku polskim i liczy 165 stron druku wraz ze spisem literatury który liczy 165 pozycji oraz wykazem skrótów i jednostek. Bibliografia odzwierciedla współczesny stan wiedzy z zakresu technologii światłowodów, rodzajów i technologii kabli światłowodowych oraz technologii i technik związanych z warstwami śluzowymi. Dobór literatury jest celowy i poprawny.

Rozprawa zawiera dwie części. Pierwsza to część teoretyczna zawierająca sześć rozdziałów merytorycznych, wnioski z części teoretycznej oraz rozdział poświęcony zakresowi pracy, jej celowi, hipotezie i tezie. Druga część to część badawcza (doświadczalna). Zawiera ona pięć rozdziałów merytorycznych oraz rozdział w którym doktorant przedstawił analizę wyników badań, weryfikację hipotezy, potwierdzenie tezy oraz podsumowanie i

wnioski końcowe. Materiał ilustracyjny przedstawiony w pracy jest czytelny i obrazuje dokonania mgr inż. Sebastiana Białasza w zakresie podjętej tematyki. Układ pracy nie budzi moich zastrzeżeń, a użyta terminologia jest prawidłowa i zrozumiała. Praca jako całość napisana jest poprawnym językiem. Niewielkie moje zastrzeżenia budzi kilka drobnych fragmentów w których autor wypowiada się w zbyt żargonowym tonie.

3. Tematyka pracy doktorskiej

Rozprawa doktorska dotyczy badania wpływu rodzaju warstwy śluzowej na poprawę efektywności wprowadzania mikrokabla światłowodowego do osłony z tworzywa polimerowego. Pozornie temat podjęty przez doktoranta może wydawać się dość odległy od obecnych trendów naukowych czy potrzeb otaczającego nas Świata. Już kilkanaście lat temu powstała definicja społeczeństwa informacyjnego w którym dostęp do informacji jest tak samo cenny jak inne potrzeby życiowe. W tym kontekście prace związane z technikami i technologiami związanymi z szeroko rozumianym przesyłaniem informacji są wciąż aktualne. Pojawiające się w literaturze naukowej informacje o nowych technikach multipleksacji sygnałów optycznych w światłowodach np. multipleksacja modowa oraz nowych rodzajach światłowodów wielordzeniowych wychodzą z jednej strony naprzeciw oczekiwaniom szybkiego i pewnego dotarcia do informacji zapewniając coraz większe przepływności danych jednym włóknem światłowodowym z drugiej strony bardzo ograniczone i kończące się miejsce w podziemnej sieci teletechnicznej wymaga opracowania nowych technik wprowadzania i wymiany światłowodowych kabli telekomunikacyjnych. Z tego punktu widzenia podjęta przez doktoranta tematyka jest z naukowego i technologicznego punktu widzenia niezwykle ważna i atrakcyjna. Badania, obok charakteru naukowego mają także bardzo istotny aspekt użyteczny.

4. Teza rozprawy doktorskiej

W rozdziale 8 doktorant sformułował hipotezę - „zastosowanie powłoki na bazie dimetyloakrylanów lub silikonów, aplikowanej na powierzchnię mikrokabla światłowodowego umożliwia zmniejszenie oporów ruchu przy jego wprowadzaniu do wnętrza osłony z tworzywa polimerowego, bez pogorszenia jakości przesyłanego sygnału optycznego”.

W tym samym rozdziale autor przedstawił tezę i cel pracy.

Jako teza wskazane zostało „*istnienie związku pomiędzy: rodzajem zastosowanej powłoki śluzowej, promieniem gięcia mikrokabla światłowodowego oraz wartością siły potrzebnej do wprowadzenia mikrokabla światłowodowego do wnętrza osłony z tworzywa polimerowego*”.

Natomiast celem który udowadnia zarówno hipotezę jak i tezę pracy jest opracowanie i wykonanie powłoki z dimetyloakrylanów utwardzanej światłem UV zmniejszającej opory ruchu pomiędzy mikrokablem światłowodowym a osłoną z polietylenu

oraz określenie parametrów umożliwiających naniesienie takiej powłoki na zewnętrzną powierzchnię mikrokabla. Celami pracy jest również przeprowadzanie badań siły oporu i współczynnika oporu dla różnych układów mikrokabel-ośłona z wykorzystaniem specjalnego stanowiska badawczego.

Dodatkowo w tym samym rozdziale doktorant sformułował cel użyteczny którym jest stworzenie podstaw do rozwoju i wdrożenia technologii powlekania mikrokabli światłowodowych, a także określenie warunków prowadzenia procesu instalowania (promień gięcia, prędkość wprowadzania, rodzaj osłony z tworzywa).

Można uznać, że hipoteza, teza i cele rozprawy doktorskiej zostały przez Doktoranta sformułowane jasno i poprawnie.

5. Zakres rozprawy doktorskiej

Recenzowana praca obejmuje jednocześnie rozdziałów merytorycznych podzielonych na część teoretyczną i część badawczą.

Pierwszy typowo teoretyczny rozdział zawiera opis, niestety jest to dość powierzchniowy opis, najważniejszych parametrów charakteryzujących światłowody, klasyfikację i podział światłowodów, opis systemów transmisji sygnału optycznego, straty sygnału optycznego we włóknie światłowodowym. Niektóre informacje zawierają błędy np.: apertura numeryczna nie jest wartością sinusa stożka akceptacji, jest wartością sinusa połowy kąta akceptacji; rysunek 14 przedstawia jedynie czarny prostokąt; mikrogięcia to nie odstępstwa od regularnego kołowego kształtu rdzenia i płaszcza powstające w trakcie wytwarzania światłowodu mikrogięcia to zgięcia włókien optycznych o promieniach porównywalnych z wymiarami światłowodu. W tej części wyraźnie brakuje dyskusji o wpływie różnych czynników (np. poziom domieszkowania rdzenia, średnica zewnętrzna światłowodu, ilość i jakość powłok ochronnych) na mikrogięcia co pozwoliłoby na poszerzenie analizy uzyskanych wyników doświadczalnych.

W rozdziale drugim doktorant omówił charakterystykę i podział mikrokabli światłowodowych. Przedstawione zostały powłoki ochronne światłowodów, materiały stosowane do produkcji mikrokabli takie jak: LDPE, HDPE i ich pochodne, PVC-P, PVC-P oraz poliamidy.

W rozdziale trzecim przedstawiono charakterystykę i podział osłon do mikrokabli światłowodowych, omówiono budowę osłon do mikrokabli oraz materiały do wytwarzania osłon. Scharakteryzowano również dwa materiały wykorzystywane do wytwarzania warstw ślizgowych tj. PTFE i silikony

W rozdziale 4 opisano oddziaływania tribologiczne mikrokabla z osłoną. Przedstawiono podstawowe wzory opisujące te oddziaływania oraz najważniejsze teorie opisujące tarcie ciał stałych. Ważną częścią tego rozdziału jest opis teoretyczny zasady oporu dla układu ciągną opasanego na bębnie i jej zaadoptowanie do badania mikrokabla wprowadzonego do osłony. Zrozumienie zjawisk tarcia powstającego pomiędzy

współdziałającymi elementami tj mikrokaablami a osłoną pozwoliło na identyfikację i określenie wartości wielkości fizycznych wpływających na efektywność całego procesu.

W rozdziale piątym przedstawiono różne rodzaje warstw ślizgowych.

W rozdziale szóstym opisano badania wstępne polegające na statycznym rozciąganiu mikrokabla oraz pomiarze właściwości tribologicznych przy wprowadzaniu kabli w osłony na odcinkach krzywoliniowych dla 3 różnych kątów opasania. Wyniki tych badań stanowiły podstawę do dalszych prac doświadczalnych i analizy wpływu różnych czynników na efektywność wprowadzania kabli do osłon z różnych materiałów.

W części badawczej w rozdziale dziewiątym przedstawiono dobór materiału do wytwarzania powłok ślizgowych. Szczegółowo omówiono powłoki z dimetyloakrylanu utwardzanego promieniowaniem UV. Wytworzone powłoki scharakteryzowano przy wykorzystaniu analizy ATR-FTIR oraz DSC. W ramach prac badawczych opracowano narzędzie do nanoszenia warstwy ślizgowej oraz stanowisko do powlekania mikrokaabli światłowodowych. Przedstawiono również parametry procesów pokrywania mikrokabla które wykorzystano do wytworzenia próbek do badań.

W rozdziale dziesiątym przedstawiono wyniki badań wytworzonych próbek. Badania dotyczyły głównie obserwacji mikroskopowych. Na ich podstawie dokonano wyboru materiału do wytwarzania powłoki ślizgowej oraz określono parametry procesu w którym uzyskano najlepsze powłoki.

W rozdziale jedenastym opisano nową metodę badania tarcia ślizgowego którą wykorzystano w dalszych badaniach. Opisano również budowę i zasadę działania układu pomiarowego.

W rozdziale dwunastym przedstawiono wyniki badań wpływu rodzaju warstwy ślizgowej na efektywność wprowadzania mikrokabla do osłony. Badania przeprowadzono na specjalnie opracowanym stanowisku badawczym. Badania przeprowadzono dla dwóch promieni opasania tzw. mały i duży promień.

W rozdziale trzynastym opisano badania właściwości optycznych światłowodów w mikrokaablu pokrytym warstwą ślizgową.

W rozdziale czternastym przedstawiono analizę uzyskanych wyników. Przedstawione wyniki i ich analiza nie budzą wątpliwości. Wyraźnie brakuje natomiast opisu co do zasady wyboru próbek do analizy np. Jak długie (w całości) odcinki mikrokaabli pokrytych różnymi warstwami ślizgowymi wytworzono? Czy i na jakiej podstawie odrzucono odcinki wykazujące warunki brzegowe? Wątpliwości budzi również przeprowadzenie optycznych badań transmisyjnych. Dlaczego przedstawiono je w postaci pomiaru gęstości mocy optycznej? Jak dokładnie przeprowadzono te pomiary?

4. Ocena rozprawy doktorskiej

W rozdziale pt. „Weryfikacja hipotezy” Autor wskazuje że:

„- Zastosowanie powłoki na bazie dimetyloakrylanów, aplikowanej na powierzchnię mikrokabla światłowodowego, skutecznie umożliwia zmniejszenie oporów ruchu podczas wprowadzania mikrokabla do wnętrza osłony z tworzywa polimerowego.

- Obecność takiej powłoki nie wpływa negatywnie na jakość przesyłanego sygnału optycznego. Oznacza to, że jest możliwe uzyskanie redukcji tarcia przy zachowaniu wysokiej jakości transmisji sygnału.

- Istnieje wyraźny związek pomiędzy rodzajem zastosowanej powłoki ślizgowej, promieniem gięcia mikrokabla światłowodowego oraz wartością siły potrzebnej do wprowadzenia mikrokabla światłowodowego do wnętrza osłony z tworzywa polimerowego. Określony promień gięcia oraz rodzaj powłoki mają wpływ na wartości oporu ruchu mikrokabla w trakcie jego instalacji.”

Analizując przedstawioną do oceny pracę jednoznacznie stwierdzam poprawność powyższych wniosków i całkowicie zgadzam się z doktorantem że hipoteza badawcza została potwierdzona.

W rozdziale pt. „Weryfikacja tezy” Autor wskazuje że:

„- Istnieje wyraźna korelacja pomiędzy rodzajem zastosowanej powłoki ślizgowej, a wartościami oporu ruchu podczas wprowadzania mikrokabla światłowodowego. Wybrane powłoki, szczególnie te na bazie dimetyloakrylanów, wykazują znaczące zmniejszenie oporów ruchu w porównaniu z innymi badanymi materiałami.

- Promień gięcia mikrokabla światłowodowego wpływa na wartość siły potrzebnej do jego wprowadzenia. Im mniejszy promień gięcia, tym większa siła konieczna do wprowadzenia kabla, jednak zastosowanie odpowiedniej powłoki ślizgowej może ten opór znacząco zmniejszyć.

- Odpowiedni dobór powłoki ślizgowej oraz kontrola promienia gięcia mikrokabla światłowodowego umożliwiają optymalizację procesu wprowadzania kabla, minimalizując ryzyko uszkodzeń oraz zapewniając efektywne i stabilne prowadzenie mikrokabla w osłonie z tworzywa polimerowego.”

Uważam że powyższe stwierdzenia są całkowicie poprawne i w pełni potwierdzają przyjętą tezę.

5. Uwagi krytyczne

Większość moich uwag do recenzowanej pracy zostało zawarte powyżej. Dla porządku wymienię je jeszcze raz:

- apertura numeryczna nie jest wartością sinusa stożka akceptacji, jest wartością sinusa połowy kąta akceptacji;

- rysunek 14 przedstawia jedynie czarny prostokąt;

- mikrozgięcia to nie odstępstwa od regularnego kołowego kształtu rdzenia i płaszczki powstające w trakcie wytwarzania światłowodu mikrozgięcia to zgięcia włókien optycznych o promieniach porównywalnych z wymiarami światłowodu;

- brak dyskusji o wpływie różnych czynników (np. poziom domieszkowania rdzenia, średnica zewnętrzna światłowodu, ilość i jakość powłok ochronnych) na mikrozgięcia;

- Jak długie (w całości) odcinki mikrokabli pokrytych różnymi warstwami śluzowymi wytworzono?

- Czy i na jakiej podstawie odrzucono odcinki wykazujące warunki brzegowe?

- Wątpliwości budzi przeprowadzenie optycznych badań transmisyjnych. Dlaczego przedstawiono je w postaci pomiaru gęstości mocy optycznej? Jak dokładnie przeprowadzono te pomiary?

Przedstawione powyższe uwagi nie mają wpływu na jednoznacznie pozytywną ocenę pracy.

6. Uwagi końcowe

Po zapoznaniu się z przedstawioną do recenzji rozprawą doktorską jednoznacznie stwierdzam że przedstawiona dysertacja całkowicie wypełnia warunki określone dla nadania stopnia doktora tj:

- prezentuje ogólną wiedzę mgr inż. Sebastiana Białasza w dyscyplinie inżynieria mechaniczna oraz jednoznacznie wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

- przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Reasumując uważam że rozprawa doktorska mgr inż. Sebastiana Białasza pt. „Wpływ warstwy śluzowej na poprawę efektywności wprowadzania mikrokabla światłowodowego do osłony z tworzywa” spełnia wymagania stawiane pracom promocyjnym na stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna w rozumieniu ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity: Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.) a Autor może być dopuszczony do jej publicznej obrony.

Henryk Panet