

RECENZJA
rozprawy doktorskiej
mgr inż. Tomasza Jankowskiego

„Określenie wpływu parametrów strukturalnych
na właściwości filtracyjne kompozytów
włókninowych stosowanych do ochrony
przed zagrożeniem aerozolami cieczy”

Podstawa dla wykonania recenzji

Recenzję wykonano w oparciu o:

- Umowę 17/07/0016/DZ zawartą w Warszawie dniu 17.07.2017 r. z Centralnym Instytutem Ochrony Pracy – Państwowym Instytutem Badawczym.
- Protokół Ustaleń z Centralnym Instytutem Ochrony Pracy – Państwowym Instytutem Badawczym sporządzony w Warszawie w dniu 17.07.2017 r.
- Wytyczne dla recenzentów rozpraw doktorskich przedstawianych do obrony przed Radą Naukową Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego.
- Ustawę z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 nr 65 poz. 595 z późn. zm.).

Charakterystyka ogólna rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa została napisana na 145 stronach, a udokumentowane wyniki badań zamieszczono w czterech załącznikach na płycie CD. Bibliografia zawiera 95 publikacji, 13 norm i aktów prawnych oraz 7 tzw. źródeł cyfrowych. Rozprawa zawiera również streszczenie w języku angielskim.

W rozprawie, mgr inż. Tomasz Jankowski zajmuje się właściwościami filtracyjnymi kompozytów włókninowych z punktu widzenia eliminowania lub ograniczenia zagrożeń cząstkami aerozolowymi człowieka w środowisku pracy. Cząstki takie powstają w trakcie różnych procesów technologicznych, gdzie jako czynniki chłodzące stosowane są różnego rodzaju oleje, np. w obróbce mechanicznej. Narażenie na aerozole cieczy, w szczególności mgłę olejową, może powodować powstawanie takich jednostek chorobowych jak: przewlekłe zapalenie oskrzeli, astma, alergie a także rozwój nowotworów wśród pracowników zatrudnionych w przemyśle.

Przesłanką dla podjęcia takiej tematyki badawczej jest dążenie do eliminowania zagrożenia zanieczyszczeniami powietrza w środowisku pracy człowieka. Wynika ono m.in. z Dyrektyw

Unii Europejskiej (89/391/EWG, 98/24/WE, 2001/45/WE), Konwencji Nr 148 Międzynarodowej Organizacji Pracy oraz Rozporządzeniami (1997, 2002).

Opiniowana rozprawa ma charakter eksperymentalny, w której wyniki badań zostały uzyskane na specjalnie przygotowanym stanowisku badawczym.

Uzyskane w trakcie badań wyniki Autor rozprawy konfrontuje z wynikami obliczeń uzyskanymi wg dostępnych algorytmów.

Rezultaty badań Autora rozprawy pozwalają lepiej zrozumieć mechanizmy filtracji zachodzące w różnych rodzajach kompozytów włókninowych, jak również opracować podstawy dla doboru właściwych rodzajów filtrów dla zatrzymywania mgły olejowej, co istotne znaczenie praktyczne.

Cel i zakres pracy

Celem rozprawy było określenie wpływu wybranych parametrów strukturalnych niektórych włóknin na właściwości filtracyjne utworzonych z nich warstwowych kompozytów włókninowych, stosowanych do ochrony przed zagrożeniem aerozolami cieczy.

Badaniom poddano homogeniczne i heterogeniczne przestrzenie warstwowe kompozyty złożone z włóknin ułożonych w różnych konfiguracjach i wytworzonych metodą „spun – lace” oraz metodą „melt – blown”.

Zakres pracy obejmował badania eksperymentalne polegające głównie na określeniu zależności pomiędzy takimi parametrami strukturalnymi włóknin jak: grubość i kompozycja oraz parametrami procesowymi: prędkość przepływu aerozolu i jego nominalne stężenie, a oporem przepływu i skutecznością filtracji aerozolu cieczy.

Zdefiniowane zależności oporu przepływu powietrza i skuteczności filtracji aerozolu od parametrów strukturalnych włóknin i procesowych filtracji powietrza zostały skonfrontowane ze zmianami parametrów użytkowych czystych i obciążanych aerozolem cieczy warstwowych kompozytów włóknin.

Określone w ramach pracy wskaźniki jakości i użyteczności filtra były stosowane następnie do porównywania jakości kompozytów włóknin o różnych grubościach i konfiguracjach w stanie początkowym procesu filtracji powietrza, oraz do uwzględniania rzeczywistych kosztów inwestycyjnych i operacyjnych ponoszonych przez użytkowników.

Hipoteza badawcza

Hipoteza badawcza, w której wyrażony został cel pracy, została sformułowana przez mgr inż. Tomasza Jankowskiego na str. 27 rozprawy doktorskiej:

„Uzyskanie na drodze badań eksperymentalnych charakterystyki zależności pomiędzy poszczególnymi niezależnymi zmiennymi, takimi jak: grubość warstwowych kompozytów włóknin, ich kompozycja (kompozyty homogeniczne i heterogeniczne), prędkość liniowa przepływu aerozolu i jego nominalne stężenie, a oporem przepływu i skutecznością filtracji aerozolu cieczy pozwala przewidywać jakie będą najkorzystniejsze warunki filtracji dla różnych warstwowych kompozytów włókninowych”.

Udowodnienie tak sformułowanej hipotezy stanowi w istocie treść recenzowanej rozprawy doktorskiej.

Realizacja prac badawczych

Realizację prac eksperymentalnych mgr inż. Tomasz Jankowski poprzedził rozpoznaniem literaturowym, na które składają się głównie publikacje angielskojęzyczne (ok. 80%) zamieszczone w czasopiśmie o zasięgu światowym. Część z tych czasopism znajduje się na tzw. liście A posiadających współczynnik wpływu IF i znajdujących się w bazie JCR. Dominują publikacje wydane w ostatnich kilkunastu latach.

Potrzebne dla realizacji części eksperymentalnej pracy zagadnienia, wynikające z rozpoznania literatury zawierające m.in. dane do obliczeń, algorytmy obliczeniowe, jak

również opis najważniejszych zjawisk decydujących o optymalnych właściwościach filtracyjnych kompozytów, zostały zamieszczone w rozdziale 2 rozprawy. Zostały one poprzedzone informacjami o zagrożeniach, jakie stanowią aerozole cieczy emitowane w procesach przemysłowych. W rozdziale tym skupiono się również na takich zagadnieniach jak: zjawiska związane z obładowywaniem materiałów filtracyjnych cząstkami pyłów, procesy zatrzymywania i transportu cząstek aerozoli cieczy w materiałach filtracyjnych oraz modele opisujące zmiany skuteczności filtracji aerozoli cieczy w materiałach filtracyjnych. Przedstawiono także, zgodną z aktualnymi przepisami, klasyfikację kompozytów stosowanych do filtracji aerozoli, oraz omówiono sposoby wytwarzania włóknin filtracyjnych metodami *spun-lace* i *melt-blown*.

Prace eksperymentalne zostały zrealizowane na zaprojektowanym specjalnym stanowisku pomiarowym. Umożliwiało ono określanie zmian oporu przepływu powietrza i skuteczności frakcyjnej warstwowych kompozytów włóknin, które mogą być stosowane w systemach wentylacji do ochrony przed zagrożeniem aerozolami cieczy.

W tej części pracy (rozdz. 5 i 6) na 21 stronach mgr inż. Tomasz Jankowski szczegółowo opisuje stanowisko pomiarowe, zamieszczając liczne schematy poszczególnych elementów stanowiska, zdjęcia oraz tabele zawierające różne dane techniczne urządzeń i aparatury pomiarowej.

Zawierający wyniki badań rozdział 7 został poprzedzony rozdziałem, w którym przedstawiono metodykę zrealizowanych badań. Treść tego rozdziału to w istocie zgodne z obowiązującymi normami procedury, dla uzyskania zestawionych w rozdziale 7 wyników badań. Ujęte one zostały w trzy etapy: przygotowanie próbek włóknin do badań, określenie parametrów strukturalnych warstwowych kompozytów włóknin, określenie charakterystyk oporu przepływu sprawności filtracji aerozoli przez warstwowe kompozyty włóknin.

Z uwagi na bardzo obszerny materiał pomiarowy uzyskany w trakcie badań eksperymentalnych, rozdział 7 zawiera jedynie wyniki badań określone przez doktoranta jako „przykładowe”. Wszystkie wyniki badań dokumentujące prace pomiarowe przeprowadzone przez doktoranta, zostały zamieszczone w postaci załącznika w formie elektronicznej na płycie CD.

Stanowiące istotę badań zależności oporu przepływu aerozolu przez różne warstwowe kompozyty włóknin, w funkcji prędkości przepływu aerozolu, zostały przedstawione w formie graficznej na 10 rysunkach osobno dla zakresu ruchu laminarnego i burzliwego. Dla porównania naniesiono wartości uzyskane na drodze obliczeń w oparciu o zależności przedstawione w rozdziale 2 rozprawy.

W dalszej części rozdziału 7 przeprowadzono analizę i dyskusję wyników wpływu parametrów strukturalnych, procesowych i fizyko – chemicznych na opór przepływu w warstwowych kompozytach włóknin. Skoncentrowano się na porównaniu współczynników „d” nachylenia funkcji uzyskanych z eksperymentu i obliczeń (równania 2.10 i 7.1). Wyniki przedstawiono tabelarycznie oraz formie graficznej w postaci wykresów.

Dodatkowo, symulując emisję zanieczyszczeń podczas obróbki mechanicznej testami DEHS i DOP, dla różnych stężeń zanieczyszczeń i prędkości przepływu aerozolu określono i przedstawiono w formie graficznej zależności: stężenia liczbowego [cząstek/cm³] w zależności o średnicy cząstek. W dalszej części rozdziału pokazano jak: warstwowe kompozyty włóknin o różnej grubości warstw wpływają na początkowy opór przepływu aerozolu oraz jak zmienia się opór przepływu aerozolu w czasie.

Dokonano porównania rezultatów eksperymentu i obliczeń teoretycznych w odniesieniu do całkowitej skuteczności filtracji w zależności od prędkości przepływu aerozolu. Oceny dokonuje się poprzez porównanie współczynników „a” występujących w równaniach 2.1 i 7.4. Porównuje się również wartości początkowe skuteczności filtracji aerozolu przez warstwowe kompozyty włóknin o różnej porowatości warstw czołowych, jak również zmiany tej skuteczności w czasie.

W tej części rozprawy analizowane są także wyniki badań jakości warstwowych układów włóknin wytworzonych metodami „*spun-lace*” i „*melt-blown*” w zależności od prędkości

przepływu aerozolu. Podobnie jak w poprzednich analizach określone są współczynniki nachylenia funkcji uzyskane w badaniach eksperymentalnych i obliczeń. Ostatnim zagadnieniem analizowanym w oparciu o badania są wskaźniki jakości „QF” i użyteczności „FUF”.

Rezultaty badań uzyskiwane w poszczególnych etapach prac pomiarowych są na bieżąco dyskutowane przez doktoranta.

Podsumowanie rezultatów pracy zostało dokonane w rozdziale 8 a w ostatnim 9 rozdziale pracy zamieszczono wnioski końcowe wynikające z rozprawy.

Ocena wartości naukowej rozprawy

Zagadnienia filtracji powietrza, jako problemu naukowego, którego dotyczy recenzowana rozprawa doktorska, zawierającego aerozole cieczy są w procesach wentylacji zagadnieniami aktualnymi o kluczowym znaczeniu, z punktu widzenia ochrony strefy pracy. Są zagadnieniami nie tak dobrze rozpoznanymi i opisanymi jak filtracja powietrza zanieczyszczonego pyłami. Obszar występowania zanieczyszczeń aerozolami cieczy jest bardzo szeroki i dotyczy szeroko rozumianych procesów przemysłowych np. obróbki mechanicznej, gdzie do chłodzenia maszyn stosowane są różnego rodzaju oleje. Powstające w takich procesach aerozole cieczy (mgły olejowe) stanowią istotne zagrożenie dla zdrowia osób znajdujących się pod oddziaływaniem takich aerozoli.

Problematyka filtracji aerozoli cieczy podjęta w rozprawie doktorskiej przez mgr inż. Tomasza Jankowskiego może być uznana jako trafnie dobrana i istotna dla poszerzenia dotyczącej tego obszaru wiedzy, oraz dla zastosowań praktycznych. Potwierdza to fakt, że badania z udziałem warstwowych kompozytów włóknin były i są obecnie realizowane w licznych ośrodkach naukowych w kraju i na świecie.

Problem badawczy został w rozprawie w sposób jednoznaczny i nie budzący wątpliwości sformułowany w tzw. hipotezie badawczej (str. 27).

Potrzebę podjęcia realizowanych w rozprawie badań autor rozprawy udowodnił w rozdziałach 1, a zwłaszcza w rozdziale 2 p.t „Filtracja aerozoli cieczy”, w którym w oparciu o literaturę i akty prawne przedstawił stan wiedzy z tego zakresu. Skoncentrował się w tym przypadku na: zagrożeniach aerozolami cieczy emitowanymi w procesach przemysłowych, oraz procesami filtracji aerozoli cieczy. Zakładając w swoich pracach eksperymentalnych stosowanie kompozytów włóknin, badając stan wiedzy w tym zakresie, mgr inż. Tomasz Jankowski skupił się na charakterystyce kompozytów włóknin w filtracji aerozoli cieczy. Już we Wprowadzeniu do swojej rozprawy stwierdził, że *„warstwowe kompozyty włóknin stanowią znaczącą pozycję wśród materiałów filtracyjnych stosowanych w systemach wentylacji procesów obróbki mechanicznej”* i *„pozwalają nie tylko na dogodnie regulowanie grubości filtru ale również na dobór odpowiedniej struktury w przekroju filtra w celu uzyskania najbardziej efektywnego oczyszczania powietrza z polidispersyjnego aerozolu cieczy”*.

Przeprowadzoną analizę stanu wiedzy na temat filtracji aerozoli cieczy uznają jako wyczerpującą.

Rozwiązanie sformułowanego w hipotezie badawczej problemu naukowego doktorant zrealizował zgodnie z wymaganiami art. 13.1 Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki *„Rozprawa doktorska... powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego..... oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej.....oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.... ”*

Przeprowadzenie bardzo obszernych badań eksperymentalnych poprzedziło opracowanie metodyki badań, oraz zbudowanie, uruchomienie i testowanie skomplikowanego stanowiska badawczego, wymagającego od doktoranta odpowiedniego przygotowania.

Wyniki badań prezentowane głównie w postaci graficznej, były przez doktoranta na bieżąco dyskutowane. Metodyka przeprowadzonych badań jest poprawna, a przeprowadzone

badania są aktualne i oryginalne. Terminologia używana w rozprawie jest zgodna z obowiązującymi normami. Styl i język występujące w pracy uznaję jako poprawne.

W części końcowej rozprawy doktorant przedstawia podsumowanie i wnioski potwierdzające hipotezę badawczą. W szczególności dotyczy to m.in.: obszarów stosowania równań określających zmiany całkowitej skuteczności filtracji aerozolu, obszarów stosowania współczynnika jakości QF, relacji pomiędzy skutecznością filtracji a oporem przepływu cząstek aerozoli cieczy o danym rozkładzie wymiarowym.

Ponadto, wykorzystanie proponowanych w rozprawie uproszczonych zależności umożliwi opracowanie odpowiednich algorytmów obliczeniowych. Mogą one być traktowane jako narzędzia do prognozowania zastosowania włókien w procesach filtracji aerozoli cieczy.

Na podkreślenie zasługuje to, że wnioski wynikające z badań zrealizowanych w rozprawie mają charakter nie tylko poznawczy lecz umożliwiają ich praktyczne wykorzystywanie.

Analizując podejście mgr inż. Tomasza Jankowskiego do rozwiązania postawionego problemu naukowego oraz sposobu jego rozwiązania, udokumentowanego w recenzowanej rozprawie stwierdzam, że posiada on odpowiednią wiedzę, oraz umiejętności dla samodzielnego prowadzenia badań naukowych w dyscyplinie inżynieria środowiska.

Oryginalność rozwiązania będącego przedmiotem rozprawy doktorskiej polega na tym, że w oparciu o wyznaczone eksperymentalnie charakterystyki możliwe staje się przewidywanie, jakie będą najkorzystniejsze warunki filtracji dla różnych warstwowych kompozytów włókninowych, co ma istotne znaczenie praktyczne.

Uwagi do rozprawy

- W tytule pracy brakuje słów „strefy pracy”. Tytuł byłby bardziej zrozumiały, gdyby był następujący: „Określenie wpływu parametrów strukturalnych na właściwości filtracyjne kompozytów włókninowych stosowanych do ochrony strefy pracy przed zagrożeniem aerozolami cieczy”.
- Brak podsumowania – wniosków części studialnej.
- Streszczenie: Jakie systemy wentylacji procesów obróbki mechanicznej są brane pod uwagę przy stosowaniu kompozytów włókninowych? Jak jest realizowana ochrona osób przebywających w strefie pracy?
- Str. 41- Porometr kapilarny. Czy badania porowatości włókien tym przyrządem były dla potrzeb pracy doktorskiej wykonane w Akademii Techniczno – Humanistycznej w Bielsku – Białej? Jeżeli tak, to jaki był ich zakres? W rozprawie stwierdza się tylko, że „badania są wykonywane w Instytucie Inżynierii Tekstyliów i Materiałów Polimerowych”.
- Rozdz. 2 p 2.1 str. 5: Gonthier, 2003 – nie umieszczono w spisie literatury.
- Rozdz.2 p. 2.1 str. 5 Woskie i in., 2003 – w spisie literatury podano rok 1994
- Rozdz. 2 p. 2.1 str. 7 „Większa część pyłu powinna być zatrzymywana przez system wentylacji miejscowej, lecz część pyłu wydostaje się do otoczenia stanowiska pracy. W takich przypadkach istnieje możliwość oddziaływania cząstek aerozolu cieczy i pyłu na powierzchni i wewnątrz struktury kompozytów włóknin stosowanych w systemach wentylacji miejscowej. W celu ograniczenia lub wyeliminowania zagrożenia spowodowanego rozprzestrzenianiem się zanieczyszczeń emitowanych podczas obróbki mechanicznej, w szczególności aerozoli cieczy stosuje się różne rozwiązania instalacji do oczyszczania i separacji cząstek aerozoli cieczy o zmiennych wymiarach, poczynając już od wymiarów manometrycznych” – niezrozumiałe – wymaga wyjaśnienia, czy chodzi o zatrzymywanie zanieczyszczeń w układach wentylacji miejscowej, czy oczyszczanie tych zanieczyszczeń, które rozprzestrzeniają się poza odciąg miejscowe.

- Rozdz. 2 p. 2.2 str. 9 Gądor i Jankowska, 1999 - nie umieszczony w spisie literatury.
- Rozdz. 2 p 2.2, str. 9 Jankowska i Lisowski, 2001; - nie umieszczony w spisie literatury.
- Rozdz. 2 p. 2.2, str. 9 Podgórski i Bałazy, 2004, 2007; - nie umieszczony w spisie literatury.
- Rozdz. 2 p. 2.2 Ciach i Gradoń, 2001 nie umieszczony w spisie literatury.
- Rozdz. 2 p.2.2 str 17 Penicot i Inn. - nie umieszczony w spisie literatury.
- Rozdz. 3 p .3.3 str 24 Czy ciśnienie natryskiwania rzędu 200 do 800 Pa przy technice produkcji „spun-lace” można uznać jako „wysokie” ?
- Brak w spisie oznaczeń symbolu z rys. 6 i 7 „ε”.
- Rozdz. 6 p 6.2 str 52 – Zbyt szczegółowo opisane procedury przypominające „Instrukcje obsługi”.
- Str. 71. Stwierdzenie, że w obszarze ruchu laminarnego spadek ciśnienia na warstwach filtracyjnych jest liniowy a w przypadku ruchu burzliwego jest funkcją kwadratową jest rzeczą powszechnie znaną (patrz Mechanika Płynów).
- „R_a” brak w zestawieniu symboli – zestawienie symboli chaotyczne
- 20 publikacji zestawionych w spisie literatury nie jest przywoływanych w tekście pracy.

Przedstawione uwagi nie wpływają na ogólną ocenę rozprawy doktorskiej mgr inż. Tomasza Jankowskiego. Powinny być jednak uwzględnione przy przygotowywaniu publikacji z zakresu objętego rozprawą.

Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę treść i zawartość przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej mgr inż. Tomasza Jankowskiego pt. „Określenie wpływu parametrów strukturalnych na właściwości filtracyjne kompozytów włókninowych stosowanych do ochrony przed zagrożeniem aerozolami cieczy” stwierdzam, że spełnia ona wymagania warunków określonych w art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jednolity Dz.U. z 2016 r. poz. 882 z późn. zm.) i wnoszę o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

