

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Małgorzaty Zakrzewskiej pt.: *"Wpływ dodatków modyfikujących współczynnik tarcia we fleksograficznych farbach rozpuszczalnikowych na jakość nadruków dla wybranych podłoży z tworzyw sztucznych"*

Podstawą formalną opracowania niniejszej recenzji jest zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej, Pana prof. dr. hab. inż. Andrzeja Kołasy, przesłane mi pismem z dnia 04.07.2019 r. Po wstępnej analizie treści rozprawy doktorskiej mgr inż. Małgorzaty Zakrzewskiej pt.: *"Wpływ dodatków modyfikujących współczynnik tarcia we fleksograficznych farbach rozpuszczalnikowych na jakość nadruków dla wybranych podłoży z tworzyw sztucznych"* załączonej do tego pisma stwierdziłem, że jej tematyka jest zgodna z moimi zainteresowaniami naukowymi, co umożliwiło mi podjęcia się opracowania recenzji merytorycznej tej rozprawy. Jednocześnie oświadczam, że nie prowadziłem i nie prowadzę z Doktorantką żadnych wspólnych badań naukowych oraz, że nie jesteśmy współautorami jakiegokolwiek publikacji naukowej.

1. Znaczenie tematyki, przedmiot i dyscyplina naukowa rozprawy

Jedną z charakterystycznych cech współczesnej cywilizacji jest systematycznie rosnąca produkcja i wynikający z niej wzrost zużycia tworzyw polimerowych. Tworzywa te są stosowane obecnie niemal we wszystkich dziedzinach ludzkiej działalności, ale największe ich zużycie (ok. 40% mas.) występuje w produkcji opakowań, gdzie dominującą grupę stanowią różnego rodzaju opakowania foliowe. Bardzo ważną operacją realizowaną podczas produkcji tych opakowań jest wykonywanie nadruku, a jedną z powszechnie stosowanych technologii jest fleksografia. Z tych względów wiedza dotycząca uwarunkowań technologii drukowania fleksograficznego ma duże znaczenie praktyczne, a prace nad jej ciągłym

rozwojem prowadzone są w wielu uczelniach, instytutach badawczych oraz w przemyśle.

Przedmiotem recenzowanej rozprawy było zbadanie wpływu różnych składników dodatkowych (promotora adhezji, pasty zwiększającej poślizg, środka antystatycznego oraz środka redukującego zwijanie się folii) wprowadzanych do farb drukowych, na wartość dynamicznego współczynnika tarcia (COF). Wykonano badania laboratoryjne wpływu na wartość COF promotora adhezji lub pasty zwiększającej poślizg, wprowadzonych do czterech farb o różnych barwach, naniesionych na podłoża w postaci folii polietylenowej (PE), polipropylenowej orientowanej jednokierunkowo (OPP) oraz politereftalanowej (PET). W podobny sposób zbadano wpływ środka antystatycznego lub środka redukującego zwijanie się folii na wartość COF folii OPP zadrukowanych tymi samymi farbami. Zbadano też wpływ promotora adhezji oraz środka antystatycznego na wartość COF zadrukowanej folii PE oraz pasty zwiększającej poślizg na wartość COF zadrukowanej folii polipropylenowej wylewanej (PP), przy czym badania te wykonano w warunkach laboratoryjnych i w warunkach przemysłowych. **Zatem temat i zakres rozprawy dotyczą ważnych problemów z zakresu technologii drukowania fleksograficznego, mających duże znaczenie praktyczne, szczególnie dla przedsiębiorstw stosujących tę technologię na skalę przemysłową.** Nie są one jeszcze wystarczająco poznane i należą do dynamicznie rozwijającego się obszaru techniki.

Zgodnie z podziałem przedstawionym w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 8 sierpnia 2011 r. w *sprawie obszarów wiedzy, dziedzin nauki i sztuki oraz dyscyplin naukowych i artystycznych* (Dz. U. 179, poz. 1055) recenzowana rozprawa, zrealizowana na podstawie przepisów obowiązujących przed wejściem w życie Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z dnia 30.08.2018, poz. 1668), kwalifikuje się do *dziedziny nauk technicznych* i wchodzącej w jej skład dyscypliny naukowej ***Budowa i Eksploatacja Maszyn***, a także częściowo w skład dyscypliny naukowej ***Inżynieria Materiałowa***.

2. Cel rozprawy

W rozprawie nie sformułowano w sposób bezpośredni tezy badawczej. Stwierdzono jedynie, że: „*Wpływanie na COF daje producentom opakowań możliwość optymalizowania wydajności i unikania problemów podczas procesu zadrukowania i pakowania, transportu oraz przechowywania opakowań*”.

Cel rozprawy (określony przez Doktorantkę, jako: „*cel podjętych badań*”, str.13) sformułowany został zbyt ogólnie. Syntetycznie można go określić, jako zbadanie wpływu udziału masowego składników dodatkowych (promotora adhezji, pasty zwiększającej poślizg, środka antystatycznego oraz środka redukującego zwijanie się folii) wprowadzonych do wybranych farb stosowanych w technologii drukowania fleksograficznego, na wartość COF folii PE, OPP, PET i PP, zadrukowanych tymi farbami. Realizując ten cel Doktorantka przedstawiła analizę literaturową niektórych zagadnień dotyczących drukowania fleksograficznego, a także wykonała odpowiednie badania eksperymentalne.

3. Układ rozprawy

Recenzowana rozprawa jest pracą naukową, w której podstawowe znaczenie mają badania eksperymentalne. Integralną częścią tych badań jest analiza uzyskanych wyników. Ważnym elementem rozprawy jest także przegląd literatury. **Tytuł rozprawy jest właściwy i dobrze odzwierciedla zawarte w niej treści.**

Rozprawa składa się z siedmiu rozdziałów, zawierających kolejno: (1) cel podjętych badań), (2) przegląd literatury, (3) część doświadczalną, (4) metodykę badań (w rozdziale tym przedstawiono także wyniki badań laboratoryjnych stanowiących podstawową część rozprawy), (5) wyniki badań wpływu składników dodatkowych do farb na proces drukowania fleksograficznego, (6) opis przygotowania opakowania docelowego (rozdział ten jest bardzo krótki, przedstawiony jest na jednej stronie (str.86), zawiera sześć zdań i dwa rysunki) i (7) podsumowanie. Ponadto w skład rozprawy wchodzi: streszczenia w języku polskim i angielskim, spis treści, wykaz skrótów i oznaczeń, wstęp, dorobek naukowy Doktorantki, spis rysunków, spis wykresów, spis tabel i wykaz cytowanej literatury (bibliografia). Układ treści rozprawy jest prawidłowy i typowy dla rozpraw doktorskich z nauk technicznych.

Jednak lepiej dla przejrzystości układu rozprawy byłoby zamieścić część rozdziału 4 dotyczącą metodyki badań w rozdziale 3, rozdział 4 poświęcić tylko przedstawieniu i omówieniu wyników badań laboratoryjnych, a bardzo krótki rozdział 6 połączyć z rozdziałem 5.

Rozprawa ma 104 strony, a cytowana literatura zawiera 144 pozycji, w tym 26 pozycji obcojęzycznych, 16 pozycji internetowych i 7 norm. Poszczególne pozycje wykazu literatury przedstawione zostały w sposób niejednolity. Niektóre z nich nie zawierają wystarczających informacji umożliwiających szybką ich identyfikację (przykładami takich zapisów mogą być pozycje: (a) „[37] Holm R. The friction force over the real area of contact, 1938.”; (b) „[67] Klasyczne Tworzywa z ropy naftowej, plastice COBRO”; lub (c) „[82-86] Materiały techniczno - informacyjne zaczerpnięte ze strony internetowej”).

Rozprawa zawiera także 18 rysunków, 20 wykresów oraz 44 tabele – co należy podkreślić - wszystkie wykonane starannie.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

Technologia drukowania fleksograficznego stanowi obecnie coraz bardziej atrakcyjną alternatywę innych technologii drukowania. Z tego względu jest ona przedmiotem wielu badań naukowych i technicznych, w których poszukuje się m.in. nowych receptur farb drukowych stosowanych w tej technologii oraz bada się ich wpływ na warunki drukowania i jakość nadruku. **Z tych względów temat oraz zakres recenzowanej rozprawy mają charakter oryginalny i są określone poprawnie pod względem naukowym.**

Przegląd literatury, przedstawiony w drugim rozdziale rozprawy, obejmuje definicję i charakterystykę procesu drukowania fleksograficznego, a w tym analizę rozwoju tego procesu i stosowanych w nim urządzeń w okresie od połowy XIX wieku. Scharakteryzowane zostały także farby drukowe i ich podstawowe składniki. Opisano również folie z tworzyw polimerowych stosowane jako podłoża drukowe, akcentując przy tym znaczenie odpowiedniego ich przygotowania (aktywowania) w celu zwiększenia swobodnej energii powierzchniowej, a tym samym stworzenia warunków dla dobrego zwilżania przez farby drukowe. Przedstawiono także podstawowe testy służące do oceny jakości nadruku. Dużo uwagi poświęcono tarcu, opisując różne jego

odmiany. Końcową część analizy literatury poświęcono wybranym zagadnieniom eksploatacji maszyn drukowych.

Wyniki analizy literatury zawierają informacje przydatne dla właściwego określenia zakresu i sposobu prowadzenia prac eksperymentalnych. Brakuje w nich jednak analizy pozycji przedstawiających dane eksperymentalne z badań COF wytworów pokrytych farbą drukową, co jest przedmiotem części eksperymentalnej rozprawy. Wykonanie takiej analizy stanowiłoby podstawę do lepszej interpretacji wyników własnych badań Doktorantki.

W badaniach eksperymentalnych Doktorantka zastosowała metodę badawczą polegającą na pomiarach wartości COF przy użyciu maszyny wytrzymałościowej. Badała także lepkość stosowanych farb metodą kubka wypływowego, przy czym wyniki tych badań nie miały bezpośredniego związku z wynikami badań wartości COF, a jedynie służyły utrzymaniu odpowiedniej lepkości farb stosowanych w badaniach. Ważnym elementem rozprawy były badania technologiczne wykonane w warunkach laboratoryjnych i w warunkach przemysłowych. Celem tych badań było poznanie wpływu składników wprowadzanych do farb na proces drukowania prowadzony przy użyciu przemysłowych maszyn drukarskich. Końcowym fragmentem badań technologicznych było wykonanie opakowań z folii zadrukowanej farbami stosowanymi w badaniach COF. Opakowania te miały postać woreczków przeznaczonych do przechowywania produktów spożywczych. Badania technologiczne zakończyły się wynikiem pozytywnym, gdyż proces wytwarzania tych woreczków w warunkach przemysłowych przebiegał bez zakłóceń.

Urządzenie badawcze i przemysłowe zastosowane przez Doktorantkę, zostały przez Nią opisane w sposób właściwy. Scharakteryzowała Ona także w sposób wystarczający farby drukowe, składniki dodatkowe wprowadzane do tych farb i folie tworzywowe, będące przedmiotem badań eksperymentalnych.

Metodyka badań opisana została w sposób skrótowy. Doktorantka pisze, że „współczynnik tarcia mierzono zgodnie z obowiązującą Polską Normą 8295” (str.47), Prawdopodobnie dotyczy to normy PN-ISO 8295:1998 (gdyż ten numer widniej w spisie literatury, jako poz. [28]), chociaż obecnie obowiązuje norma *PN-EN ISO 8295:2005 Tworzywa sztuczne – Folie i płyty – Oznaczanie współczynników tarcia*. Nie przedstawiono tu szczegółowego opisu sposobu przygotowania próbek do badań.

W opisie metodyki jest informacja (str.47), że jedna strona folii „była aktywowana, druga natomiast nie (folia/folia strona nieaktywowana)”, ale w rozprawie brak jest jakiegokolwiek wzmianki o aktywowaniu folii badanej.

Wyniki analizy treści rozprawy oraz dodatkowe obszernie wyjaśnienia ustne i pisemne udzielone Recenzentowi przez Doktorantkę pozwalają stwierdzić, że **część eksperymentalna rozprawy została wykonana w sposób właściwy. Poprawnie dobrana została metoda badawcza i aparatura pomiarowa oraz warunki wykonywania pomiarów.**

Badania wykonane przez Doktorantkę mają ważne znaczenie poznawcze i użytkowe. Znaczenie poznawcze wyników tych badań polega głównie na tym, że zwiększają one dotychczasowy zakres wiedzy o wpływie czterech składników dodatkowych, wprowadzanych do farb drukowych na wartość COF (w układzie folia z nadrukiem/nieaktywowana folia bez nadruku – układ taki występuje w praktyce) oraz na przebieg i rezultaty drukowania fleksograficznego. Także oryginalnym i nowym elementem poznawczym jest tu zbadanie różnic w wartości COF folii bezpośrednio po naniesieniu druku i po jego utrwaleniu. Osiągnięcia te stanowią istotny wkład Doktorantki w poznanie procesów drukowania fleksograficznego folii tworzywowych.

Znaczenie użytkowe rozprawy polega głównie na tym, że jej wyniki wskazują na możliwości zmniejszenia wartości COF zadrukowanych folii polimerowych poprzez odpowiedni dobór ilościowy i jakościowy składników dodatkowych farb fleksograficznych. Ma to istotne znaczenie w procesach opracowywania optymalnych technologii drukowania fleksograficznego i w eksploatacji przemysłowej drukarek fleksograficznych. Ważnym osiągnięciem o charakterze użytkowym jest również potwierdzenie, że w warunkach przemysłowych proces drukowania przy użyciu farb stosowanych przez Doktorantkę w badaniach laboratoryjnych przebiega poprawnie, a opakowania uzyskane z tak zadrukowanej folii są odpowiedniej jakości.

Oceniam, że **wartość merytoryczna rozprawy jest wystarczająca w stosunku do wymagań stawianym rozprawom doktorskim z dziedziny nauk technicznych.**

5. Uwagi krytyczne

5.1. Uwagi o charakterze merytorycznym

W rozprawie Doktorantka nie ustrzegła się nieprawidłowości o charakterze merytorycznym, do których zaliczam:

- Cel sformułowany został zbyt ogólnie (str.12).
- W rozdziale „Cel podjętych badań” (str.12), Doktorantka pisze: „*Chodziło więc o zbadanie co i w jaki sposób spowoduje zmianę metody optymalizacji jakości wzorowaną na teorii Taguchi'ego*”, a w rozdziale „Część doświadczalna” (str.37): „*Kolejność działań w metodzie Taguchi'ego obejmuje:...*”. Jednak w dalszej części rozprawy brak jest jakiegokolwiek wzmianki o procedurze i wynikach zastosowania tej metody w badaniach prowadzonych w ramach rozprawy.
- W przeglądzie literatury nie przedstawiono analizy publikacji zawierających wyniki badań COF zadrukowanych folii tworzywowych. Konsekwencją tego jest brak porównania wyników badań przeprowadzonych przez Doktorantkę z wynikami badań wykonanych przez innych badaczy, co uszczupla wartość merytoryczną rozprawy.
- Stwierdzenie: „*W wysokiej temperaturze płomienia gazowego, cząstki tlenu rozpadają się na wolne atomy tlenu oraz gazy spalinowe, zawierające aktywne molekuly węgla i azotu, swobodne elektrony i dodatnio naładowane jony*”(str. 22) jest błędne. Cząstki tlenu (w postaci O_2 lub O_3) nie mogą rozpadać się na „*gazy spalinowe*”.
- Zdanie: „*Zdolność zwilżania określa ściśliwość cieczy na powierzchni ciał stałych*” (str.24) jest niezrozumiałe. Ogólnie w termodynamice i mechanice płynów przyjmuje się, że ściśliwość cieczy jest miarą względnej zmiany objętości tej cieczy, spowodowaną zmianą ciśnienia zewnętrznego. Niejasny jest tu związek między „*zdolnością zwilżania*” i „*ściśliwością cieczy*”.
- Stwierdzenie: „*Zdolność zwilżania powierzchni przeznaczonych do uszlachetniania musi być wyższa niż napięcie powierzchniowe środka zwilżającego*” (str.24) jest niepoprawne. Niejasne jest, czym jest tu „*zdolność zwilżania powierzchni*” i w jakich jednostkach jest ona mierzona.

- Wzór (4) na str.28 nie jest zgodny z treścią poprzedzającego i opisującego go zdania. Także wzory (5-7) i (9-11) znajdujące się na tej stronie są błędnie zapisane.
- W rozprawie brakuje wyjaśnienia, dlaczego w badaniach COF zastosowano farby Gecko Frontal Eco (str.39), a w badaniach na maszynach drukujących farby Gecko Frontal Uni (str.74).
- Zapis: „*wykonano pomiary współczynnika tarcia COF we fleksograficznych farbach rozpuszczalnikowych*” (str.42) jest błędne. Przedmiotem pomiarów COF były folie tworzywowe pokryte rozpuszczalnikowymi farbami fleksograficznymi.
- W omówieniu wyników badań brakuje analizy ich rozrzutu. Na stronach 50 i 51 przedstawiony jest przykład wydruku wyników badań wykonanych za pomocą maszyny wytrzymałościowej stosowanej przez Doktorantkę, gdzie oprócz średniej arytmetycznej występują także odchylenie standardowe i współczynnik zmienności. Wielkości te nie były przedmiotem analizy, chociaż analiza taka byłaby bardzo przydatna. Celowym byłoby także przeprowadzenie w niektórych przypadkach testów istotności różnic wartości dwóch średnich.
- Podsumowanie wyników rozprawy (rozdział 7) przedstawione zostało w zbyt ogólnej postaci. Ponadto fragment zawierający opis stosowanych farb i składników dodatkowych powinien znajdować się w rozdziale 3.

Przedstawione wyżej uwagi obniżają wartość merytoryczną recenzowanej rozprawy. Z tego względu wartość ta została uznana w poprzednim punkcie recenzji jedynie, jako wystarczająca.

5.2. Uwagi szczegółowe

Nie znalazłem w rozprawie istotnych błędów formalnych i językowych, a błędy literowe są nieliczne. Występują natomiast pewne nieścisłości i usterki o charakterze pojęciowym lub porządkowym, do których zaliczam m.in.:

- Rozprawa jest pracą naukową napisaną w języku polskim i nie powinna zawierać słów angielskich, które mają swój odpowiednik polski (np. „tack” - str.20).
- Na str.22 błędnie podany jest zakres pomiarowy cieczy wzorcowych, będących składających się z wody i metanolu.
- Rys.5 (str.25) wykonany jest niepoprawnie – kropla wody osadzona na powierzchni płaszczyzny nie może przyjąć kształtu elipsoidy obrotowej, której dłuższa oś skierowana jest prostopadle do tej płaszczyzny.
- Napięcie powierzchniowe podczas składowania podłoża nie może „spadać” (str.25).
- Wyrażenie: „niekorzystna geometria styku” (str.32) jest niepoprawne.
- W tab.5 (str.39) i w dalszych, kolumna 3 powinna mieć nazwę „masa”, a nie „ilość”.
- Tytuł tab.9 (str.47) jest niewłaściwy – to nie jest „metodyka przeprowadzonych badań”. Także kolumna 4 tej tabeli powinna mieć nazwę „udział masowy dodatku [% mas.]”, a nie „ilość dodawanego dodatku”. Generalnie uwaga ta dotyczy także innych tabel oraz tekstu rozprawy, gdzie słowo „ilość” stosowane jest zamiast słów „udział masowy”.
- Tab.11 (str.52) - kolumna 1 tej tabeli powinna mieć nazwę „udział masowy dodatku [% mas.]”, a nie „ilość dodatku [%]”.
- Tab.31 (str.79) i dalsze – COF nie może być „bez dodatku” lub „z dodatkiem”.
- Zapis „zadrukowane podłoża, które modyfikowano dodatkami...” (str.86) jest nieprawidłowy. Modyfikowane były farby, które nanoszono na te podłoża.

Przedstawione nieprawidłowości nie obniżają w istotny sposób wartości merytorycznej rozprawy, ale wskazują na konieczność zachowania przez Doktorantkę większej dyscypliny podczas przygotowywania prac naukowych oraz bardziej wnikliwego sprawdzania napisanych tekstów.

6. Wniosek końcowy

Podstawowym warunkiem właściwej realizacji celów recenzowanej rozprawy było wykonanie odpowiedniej analizy literatury, staranne przeprowadzenie badań eksperymentalnych oraz wnikliwa analiza uzyskanych wyników. **Według mojej oceny Doktorantka spełniła te wymagania w stopniu wystarczającym.**

Na podstawie szczegółowej analizy przedłożonej mi do recenzji rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Małgorzaty Zakrzewskiej pt.: *”Wpływ dodatków modyfikujących współczynnik tarcia we fleksograficznych farbach rozpuszczalnikowych na jakość nadruków dla wybranych podłoży z tworzyw sztucznych”* stwierdzam, że **rozprawa ta spełnia warunki** określone w ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2014 r., poz. 1852), w tym także **warunki określone w art.13 ust. 1 tej ustawy. Na tej podstawie przedkładam wniosek o dopuszczenie Pani mgr inż. Małgorzaty Zakrzewskiej, po spełnieniu pozostałych wymogów, do publicznej obrony recenzowanej rozprawy.**

/Prof. dr hab. inż. Marian Żenkiewicz/