

RECENZJA**Rozprawy doktorskiej mgr. inż. Szymona Wojciechowskiego
pt.: „Koncepcja chemiczna i technologiczna procesu recyklingu
poliolefin i aluminium z opakowań wielomateriałowych”**

Interdyscyplinarna rozprawa doktorska mgr. inż. Szymona Wojciechowskiego została skoncentrowana na zagadnieniach związanych z procesem recyklingu opakowań wielomateriałowych zawierających poliolefiny oraz aluminium.

Praca została wykonana na Wydziale Chemicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach pod kierunkiem Pana prof. dr hab. inż. Jana Zawadiaka przy udziale dr inż. Adama Marka jako promotora pomocniczego. Badania zrealizowane zostały przy współpracy z Fabryką Papieru i Tektury BESKIDY SA. Należy w tym miejscu podkreślić, że technologiczny charakter rozprawy w dużej mierze związany jest z unikatowym doświadczeniem promotora w zakresie wdrożeń różnych technologii chemicznych zarówno w kraju jak i zagranicą.

Recenzowana rozprawa obejmuje: Wstęp, Część literaturową, Omówienie wyników badań, Część eksperymentalną, Część projektową, Podsumowanie oraz Bibliografię zawierającą 41 pozycji literaturowych. Zostały zachowane właściwe proporcje pomiędzy przeglądem literaturowym a pozostałymi elementami rozprawy. Ponadto, do pracy zostały dołączone załączniki, wśród których między innymi są: Schemat technologiczny, Schemat blokowy oraz CV autora.

Polski przemysł opakowań jest w znacznym stopniu uzależniony od importu surowców i materiałów, w szczególności dla branży opakowań z tworzyw sztucznych, co znacznie ogranicza rentowność tego przemysłu. Ponadto europejska strategia na rzecz tworzyw sztucznych skupia się obecnie na dostosowaniu unijnych przepisów do realizacji zasad Gospodarki o Obiegu Zamkniętym (GOZ). Według założeń tej strategii, w 2030 roku aż 70% wagowo wszystkich odpadów opakowaniowych powinno być poddawanych recyklingowi. Zatem tematyka rozprawy

dotycząca opracowania koncepcji procesu recyklingu laminatów polietylenowo-aluminiowych otrzymywanych z kartonowych opakowań na żywność płynną typu Tetra Pak wpisuje się bardzo dobrze w aktualne zapotrzebowania społeczne.

Opracowanie literaturowe rozprawy zawiera omówienie charakterystyki oraz różnych form recyklingu kartonowych opakowań wielomateriałowych (KOW) na żywność płynną. Ta część pracy napisana jest poprawnie i nie zawiera znaczących nieścisłości.

Omówienie wyników badań przedstawia rezultaty uzyskane w trakcie badań laboratoryjnych, niezbędne do sformułowania koncepcji technologicznej. Sprecyzowane zostały elementy aparatury stosowane przez Fabrykę Papieru i Tektury BESKIDY SA, scharakteryzowano surowiec na każdym z etapów jego przygotowania do recyklingu oraz zaprezentowano wyniki eksperymentów, przeprowadzonych zarówno w laboratorium jak i w skali przemysłowej, obejmujących symulację warunków docelowych procesów ekstrakcji i roztwarzania liniowego polietylenu niskiej gęstości (LDPE). Rozdział ten zawiera również charakterystykę i ocenę właściwości uzyskanego produktu względem komercyjnych granulatów LDPE. Porównanie wytrzymałości mechanicznej kształtek wykonanych z odzyskanego LDPE oraz z granulatu stosowanego przez firmę Tetra Pak do produkcji KOW wykazało, że LDPE odzyskany z KOW nie traci istotnych właściwości mechanicznych. Jedynie względne odkształcenie przy zerwaniu okazało się mniejsze (str. 79), co, jak wyjaśniono, może być spowodowane obecnością wtrąceń włókien celulozowych i drobin aluminium widocznych na Rysunku 3.32. Zdolności do wytwarzania folii oceniono przeprowadzając badania możliwości wykonania folii z proszku LDPE metodą wytłaczania z rozdmuchem oraz metodą wytłaczania. W pierwszym przypadku uzyskano folię o grubości 45 μm , a w drugim o grubości 100 μm . Właściwości przetwórcze odzyskanego LDPE oceniono wyznaczając masowy wskaźnik szybkości płynięcia (MFR) oraz objętościowy wskaźnik szybkości płynięcia (MVR). Oba te parametry lokowały się w zakresie komercyjnie dostępnych LDPE. Analiza odzyskanego LDPE, wykonana przy pomocy spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR), wykazała bak sygnałów pochodzących od drgań rozciągających grupy karbonylowej, co może wskazywać, że w czasie recyklingu LDPE nie zachodzi utlenienie polimeru.

Przedstawione wyniki wskazują nie tylko na przetwórcze możliwości wykorzystania odzyskanego proszku LDPE, ale również na możliwość jego potencjalnego użycia jako surowca

do produkcji polimerów biodegradowalnych na drodze biotechnologicznej, jak wykazały uprzednio opublikowane badania z udziałem opiekunów naukowych doktoranta (doi:10.3390/ma9050367).

Część eksperymentalna rozprawy obejmuje opis metod i aparatury zastosowanej do wykonania badań przedstawionych w Omówieniu wyników. Na podkreślenie zasługuje fakt wykorzystania w badaniach aparatury dostępnej nie tylko na Politechnice Śląskiej, ale również aparatury znajdującej się w posiadaniu Fabryki BESKIDY SA oraz Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych Polskiej Akademii Nauk w Zabrze, Instytutu Metali Nieżelaznych w Gliwicach oraz Instytutu Materiałów Polimerowych i Barwników w Toruniu.

Interesującym elementem rozprawy jest Część projektowa. Rozdział ten poświęcony jest koncepcji zaproponowanej instalacji technologicznej oraz zawiera uproszczone bilanse materiałowe i energetyczne opracowanej technologii. Instalacja została skalkulowana dla skali 620 kg/h laminatu rafinowanego (w przeliczeniu na suchą masę) na podstawie badań laboratoryjnych i przemysłowych przedstawionych w części Omówienia wyników. Część projektową zamyka bilans ekonomiczny zawierający koszty operacyjne natury technologicznej (z wyłączeniem kosztów personelu, utrzymania ruchu, finansowania itp.). Rozdział ten jest uzupełniony schematem technologicznym, stanowiącym załącznik do recenzowanej rozprawy. Opis dotyczy instalacji do recyklingu laminatów PE-Al otrzymanych z KOW na drodze ekstrakcji octanem i-amylu w skali około 620 kg względem suchej masy laminatu rafinowanego. Przychody wynikające z pracy instalacji do recyklingu laminatów rafinowanych w skali 620 kg/h oszacowano na poziomie 8,8 mln PLN, a koszty na poziomie 6,4 mln PLN.

Powyższy układ pracy wydaje się być logiczny z uwagi na interdyscyplinarny charakter przeprowadzonych badań. Istotne elementy innowacyjne rozprawy (stanowiące przedmiot dwóch zgłoszeń patentowych) zostały trafnie podsumowane we wnioskach końcowych. W toku przeprowadzonych badań doktorant wykazał, że:

- wykorzystanie octanu i-amylu jako rozpuszczalnika umożliwiło wytrącenie LDPE w postaci proszku z roztworu poprzez schłodzenie mieszaniny z ciągłym mieszaniem;
- badania reologiczne wykazały nagły spadek lepkości roztworu w trakcie obniżania temperatury mieszaniny;

- wstępne badania charakteryzujące podatność octanu i-amylu na hydrolizę pozwoliły na oszacowanie strat rozpuszczalnika związanych z tym procesem;
- wykonano prototypowy mieszalnik z filtrem umożliwiającą uzyskanie w ilościach kilogramowych próbek produktów i półproduktów otrzymywanych na każdym z etapów procesu;
- na podstawie uzyskanych wyników zaproponowano koncepcję technologiczną opartą o ekstrakcję LDPE metodą rozpuszczalnikową;
- opracowano stosowne bilanse masowe i energetyczne, na podstawie których oszacowano ekonomikę procesu.

W ramach prac rozwojowych, w oparciu o dokonane zgłoszenie patentowe, podjęta została współpraca z Fabryką Papieru i Tektury BESKIDY SA celem opracowania i budowy instalacji pilotowej umożliwiającej zweryfikowanie technologii w skali około 25 dm³ na szarzę. Badania przeprowadzone na instalacji pilotowej umożliwiły wyznaczenie m.in. takich parametrów jak szybkość rozpuszczania, temperatura wytrącania LDPE oraz potwierdziły możliwość prowadzenia procesu w większej skali.

Podsumowując uważam, że rozprawa doktorska napisana jest dobrze, a ilość błędów redakcyjnych i nieścisłości jest niewielka i nie odbiega od średniej w tego typu pracach. Dotyczą one między innymi niepełnej nazwy jednej z instytucji naukowych, w której zostały przeprowadzone badania (str. 106) oraz braku analizy porównawczej mas molowych granulatu stosowanego przez firmę Tetra Pak do produkcji KOW oraz odzyskanego LDPE, co umożliwiło by bezpośrednią ocenę wpływu opracowanej technologii na właściwości uzyskanego produktu.

Z uwagi na technologiczny charakter przeprowadzonych badań wyniki stanowiące przedmiot rozprawy zostały przedstawione dotychczas w dwóch publikacjach oraz były przedmiotem 4 prezentacji konferencyjnych, co jest zrozumiałe w tego rodzaju przypadkach.

Rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Szymona Wojciechowskiego stanowi interesujące rozwiązanie technologiczne procesu recyklingu laminatów polietylenowo-aluminiowych otrzymywanych z kartonowych opakowań na żywność płynną typu Tetra Pak. Przeprowadzone badania umożliwiły opracowanie koncepcji technologicznej opartej o ekstrakcję LDPE metodą rozpuszczalnikową.

Pan mgr inż. Szymon Wojciechowski wykazał się umiejętnością prowadzenia interdyscyplinarnej pracy badawczej na wysokim poziomie. Oceniając pozytywnie recenzowaną rozprawę stwierdzam, że spełnia ona wymogi stawiane pracom doktorskim określone w artykule 13-tym Ustawy o stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2013 r., z późniejszymi zmianami i wnoszę do Wysokiej Rady Wydziału Chemicznego Politechniki Śląskiej o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Pana mgr. inż. Szymona Wojciechowskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie załączam wniosek o wyróżnienie recenzowanej rozprawy doktorskiej.

Zabrze, 14 maja 2019 roku.



Marek Kowalczyk
