



Streszczenie w języku polskim

Doktorant: mgr inż. Dawid Sojka

Promotor: prof. dr hab. inż. Krzysztof Pikoń

Temat rozprawy doktorskiej: Opracowanie technologii odzysku surowców z odpadowych kabli żelowych z wykorzystaniem termicznych i fizyko-chemicznych metod przeróbczych w kontekście Gospodarki o Obiegu Zamkniętym.

Celem naukowym rozprawy doktorskiej było określenie efektywności różnych wariantów odzysku surowców z kabli żelowych oraz wskazanie optymalnych kierunków ich zastosowania w warunkach laboratoryjnych. Celem wdrożeniowym było opracowanie kompleksowej technologii odzysku surowców z odpadowych kabli żelowych, wpisującej się w założenia Gospodarki o Obiegu Zamkniętym.

Recykling kabli wypełnionych żel hydrofobowym, stanowi złożone wyzwanie technologiczne w obszarze przetwarzania kabli miedzianych. Żel hydrofobowy umieszczony w kablach żelowych jest zabezpieczeniem przeciwwilgociowym oraz stanowi znaczące utrudnienie w przetwarzaniu odpadowych kabli żelowych. Po rozdrobnieniu kabla, żel hydrofobowy skutecznie wiąże metalowe i polimerowe komponenty kabla, uniemożliwiając ich separację przy użyciu standardowych metod przeróbczych. Obecnie stosowane technologie recyklingu kabli żelowych nie spełniają wytycznych Gospodarki o Obiegu Zamkniętym. W szczególności metody mokre generują odpady wtórne, a żel traktowany jest jako zanieczyszczenie.

Praca koncentruje się na opracowaniu nowatorskiej technologii odzysku surowców, analizując metody fizyczne i chemiczne oraz ich hybrydowe połączenia. Szczególną uwagę poświęcono możliwości ponownego wykorzystania odzyskanych materiałów. Nowatorskie podejście polegało na badaniu możliwości odzysku żelu hydrofobowego na poziomie powyżej 90 %. Badania ponownego wykorzystania uzyskanego żelu hydrofobowego pozwoliły na wypełnienie luki technologicznej polegającej zmianie podejściu do żelu jako surowca wtórnego, a nie odpadu. Praktycznymi efektami badań są wnioski z wielowariantowych prób przetworzenia



odpadowych kabli żelowych. Najistotniejszym efektem są praktyczne założenie do opracowanej technologii odzysku surowców z odpadowych kabli żelowych, pozwalających na odzysk miedzi o czystości 99,9 %, odzysk żeluz na poziomie powyżej 90 % udziału masowego żeluz w budowie kabla.

Praca składa się z części literaturowej oraz części badawczej. W części literaturowej opisano kontekst zrównoważonego rozwoju oraz Gospodarki o Obiegu Zamkniętym (GOZ) w odniesieniu do tematu pracy. Przeanalizowano polski rynek produkcji kabli żelowych oraz trendy odpadowej. Omówiono analizę stanu techniki związane z recyklingiem kabli żelowych. Natomiast w części badawczej wykonano badania wstępne wynikające z analizy literaturowej.

Następnie przeprowadzono badania właściwe polegające na kompleksowym badaniu i analizie trzech zaproponowanych metod. Spośród których wybrano Metodę III jako najbardziej skuteczną i spełniającą założenia omawianej pracy.

Część badawczą prowadzono w warunkach laboratoryjnych. Jako materiał badawczy wykorzystano cztery typy kabli żelowych produkcji firmy Bitner i Telefonika. Wykonano analizę morfologiczną badanych materiałów, obejmującą identyfikację i ilościowe określenie udziału poszczególnych surowców. Badania wstępne obejmowały analizę termograwimetryczną (DTA/TG), badania stopnia granulacji oraz ocenę strat żeluz podczas cięcia. Badania kriogeniczne polegały na zamrażaniu próbek w ciekłym azocie, a następnie ich rozdrabnianiu. Wykonano również pirolizę badanych kabli w piecu laboratoryjnym, w temperaturze 600°C. Analizie poddano produkty procesu: frakcję stałą, ciekłą i gazową. Analiza obejmowała pomiar ciepła spalania oleju pirolitycznego oraz analizę chemiczną i chromatograficzną.

Na podstawie analizy literatury oraz stanu techniki opracowano i przetestowano trzy metody separacji żeluz: gorącą wodą, gorącym powietrzem oraz ekstrakcją heksanem i destylacją próżniową. Po odseparowaniu żeluz od pozostałych surowców, żel skierowano do producenta żelów hydrofobowych w celu określenia możliwości jego ponownego użycia. Pozostałe surowce poddano przetworzeniu na laboratoryjnej symulacji linii do przetwarzania kabli miedziowych. Produktem tych badań było tworzywo sztuczne wymieszane z aluminium oraz miedź o czystości 99,9%. Analiza ścieków i emisji gazowych potwierdziły zgodność Metody I i II z obowiązującymi rozporządzeniami środowiskowymi. Dla Metody III wykonano analizę cyklu życia (LCA) z użyciem specjalistycznego oprogramowania SimaPro. Analiza LCA wykazała korzyści środowiskowe wynikające z zastosowania opracowanej technologii.

Praca potwierdziła możliwość efektywnego odzysku surowców z kabli żelowych, w tym żeluz



hydrofobowego, miedzi i tworzywa sztucznego. Opracowana technologia może być stosowana również do innych typów kabli miedzianych. Założenia pracy spełnia metoda z użyciem rozpuszczalnika organicznego, szczególnie heksanu. Technologia wpisuje się w cele zrównoważonego rozwoju i GOZ, oferując wysoką efektywność, niską emisję zanieczyszczeń oraz możliwość ponownego wykorzystania odzyskanych materiałów. Istnieje możliwość zwiększenia skali opracowanej technologii i wdrożenia jej do przemysłu.

Podpisał Dawid Sojka