

Politechnika Śląska w Gliwicach
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Katedra Technologii i Urządzeń Zagospodarowania Odpadów

Dyscyplina Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka

ROZPRAWA DOKTORSKA

mgr Dariusz Lewandowski

Określenie stopnia odzysku miedziowców z odpadu płyt obwodów drukowanych metodą mechaniczną i termiczną

Determining the level of recovery of copper group metals from waste printed
circuit boards using mechanical and thermal methods

Promotor pracy:
prof. dr hab. inż. Jolanta Biegańska

Promotor pomocniczy:
Dr inż. Waldemar Ścierański

Gliwice, 2023

Streszczenie

Wraz ze wzrostem rozwoju technicznego społeczeństw, wzrasta ilość użytkowanych urządzeń zawierających w sobie elektroniczne obwody drukowane. Ich rosnąca podaż, coraz krótszy czas użytkowania prowadzi do powstawania rosnącej ilości odpadów zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (ZSEE). Odpady te, zgodnie z obowiązującym prawem, są odpadami niebezpiecznymi i muszą zostać selektywnie zebrane i przetwarzane. Odpady zużytego sprzętu elektronicznego i elektrycznego to problem globalny. Głównym jego powodem jest rosnąca z roku na rok ilość sprzedanych nowych urządzeń, które po zakończeniu ich użytkowania muszą zostać przetworzone. W przeciwnym wypadku będą mieć negatywny wpływ na środowisko naturalne, a zawarte w nich cenne surowce, jak metale szlachetne zostaną utracone. W pracy określono ilość powstających odpadów elektronicznych na świecie, Europie i Polsce ze szczególnym uwzględnieniem płyt obwodów drukowanych (ang. Waste Printed Circuit Boards- WPCB). Przybliżono problem budowy i specyfiki produkcji nowych płyt PCB. Zdefiniowano znaczenie miedziowców w złomie elektronicznym w tym w płytach WPCB, przedstawiono ich światowe zużycie do produkcji elektroniki. Wyznaczono wartość Au/Ag/Cu w [PLN] na dzień 03-04-2023 celem określenia ich wartości w odpadowych płytach obwodów drukowanych przygotowanych do badań. Scharakteryzowano procesy mechaniczne, pirometalurgiczne i hydrometalurgiczne jako sposoby zagospodarowania WPCB w technologiach światowych. Do badań w zakresie realizacji pracy doktorskiej przygotowano trzy stanowiska badawcze:

- 1) Stanowisko urządzeń przygotowania próbek ogólnych WPCB – wszystkie urządzenia stanowiska są na wyposażeniu Pracowni Surowców Wtórnych – Zakładu Hutnictwa – Łukasiewicz IMN Gliwice.
- 2) Stanowisko badań termicznych – Instalacje procesu termicznego są na wyposażeniu Pracowni Surowców Wtórnych – Zakładu Hutnictwa Łukasiewicz IMN Gliwice.
- 3) Stanowisko badań mechanicznych – Stół wodny SwP 1-0,5 wykorzystany do prób jest własnością firmy Phoenix Surowce

W pracy przeprowadzono badania własności fizyko-chemicznych płyt obwodów drukowanych w szczególności wartość opałową, udarność ubytek masy w czasie dwoma metodami termograwimetryczną TG-DSC oraz z zastosowaniem prototypowego stanowiska DL2 do pomiaru ubytku masy. Określono w pracy metody analiz chemicznych jakie zostały zastosowane przy badaniach odpadowych płyt obwodów drukowanych.

Schematycznie przedstawiono zasady przygotowania próbek średnich do bezpośrednich prób termicznych i mechanicznych z materiałów WPCB K1 i WPCB T1. Podczas

przygotowywania prób średnich przeprowadzono badania gęstości nasypowej oraz analizę sitową materiałów badawczych. Przedstawiono skład chemiczny próbek średnich metodami WD XRF, wolumetria, FAAS oraz ICP-MS. W próbkach średnich WPCB K1 i WPCB T1 określono wartość w [PLN] Au/Ag/Cu. Przeprowadzono osiem prób pirolizy po cztery dla WPCB K1-T i WPCB T1-T w dwóch temperaturach nastawy komory pirolitycznej 450°C i 600°C. W tabelach po procesowych przedstawiono założone parametry procesu oraz wyniki masowe, zakresy temperaturowe i stężenia gazowe. Po procesie termicznym przeprowadzono analizy chemiczne i wyliczenia wartości [PLN] miedziowców w karbonizatach WPCB K1 i WPCB T1. W pracy przeprowadzono 16 prób procesu wzbogacania materiału z odpadowych płyt obwodów drukowanych na stole wodnym w zakresie klas ziarnowych < 2 mm i < 1 mm. Po osiem prób dla WPCB K1- M i WPCB T1-M przy różnych parametrach ustawienia stołu SwP 1-0,5. Określono wartość miedziowców [PLN] w poszczególnych frakcjach otrzymanych w procesie wzbogacania wodnego. Zestawiono wyniki wzbogacania materiałów WPCB K1 i WPCB T1 metodą pirolizy w urządzeniu DL1 i na stole wodnym SwP 1-0,5. Określono, które wyniki wykazują najwyższy poziom koncentracji miedziowców i generują najwyższy poziom odzysku. Wskazano w pracy możliwe dalsze kroki badawcze i komercyjne w zakresie zagospodarowania WPCB.