

Ewa Szydłowska – Braszak
ORCID 0009-0009-1454-6227
Sieć Badawcza Łukasiewicz-Institut Metali Nieżelaznych
Centrum Recyklingu Metali
59-220 Legnica, ul. Złotoryjska 89

STRESZCZENIE W JĘZYKU POLSKIM

Ewa Szydłowska – Braszak
ORCID 0009-0009-1454-6227
Sieć Badawcza Łukasiewicz-Institut Metali Nieżelaznych
Centrum Recyklingu Metali
59-220 Legnica, ul. Złotoryjska 89

Tytuł pracy

Opracowanie innowacyjnej technologii odzysku molibdenu i innych metali ze zużytych katalizatorów przemysłu petrochemicznego

Streszczenie

Przedmiotem rozprawy doktorskiej było opracowanie innowacyjnej technologii selektywnego odzysku molibdenu oraz metali towarzyszących (niklu i kobaltu) ze zużytych katalizatorów petrochemicznych, z wykorzystaniem procesów pirometalurgicznych i hydrometalurgicznych. Rezultaty badań miały rozstrzygnąć, czy możliwy jest odzysk min. 85% molibdenu i min. 70% niklu i kobaltu do użytecznych związków chemicznych w postaci min. 95% H_2MoO_4 oraz koncentratu niklu i kobaltu. Tematyka badawcza ściśle nawiązuje do aktualnych standardów recyklingu surowców wtórnych i odzysku pierwiastków szczególnie cennych w kluczowych segmentach współczesnego przemysłu.

Molibden jest ceniony w przemyśle przede wszystkim za odporność na wysokie temperatury oraz właściwości mechaniczne, które czynią go istotnym dodatkiem stopowym w produkcji zaawansowanych materiałów konstrukcyjnych, wykorzystywanych w produkcji m.in. narzędzi tnących, wiertel, frezów, pił, noży, form odlewniczych oraz płyt formierskich. Z kolei nikiel, dzięki wyjątkowym właściwościom fizykochemicznym — w tym wysokiej temperaturze topnienia, plastyczności, odporności na korozję oraz zdolności do wielokrotnego przetwarzania — odgrywa kluczową rolę w transformacji energetycznej i gospodarce niskoemisyjnej. Zakres zastosowań niklu obejmuje również implanty medyczne, ceramikę, chemię specjalistyczną, elektronikę i elektromobilność. Głównym zastosowaniem kobaltu są z kolei nadstopy zawierające 45% Co, wykorzystywane do wytwarzania łopatek turbin samolotów odrzutowych, spoiw do produkcji węglików wolframu oraz silnych magnesów stałych.

W ramach pracy przeprowadzono badania nad prażeniem utleniającym zużytych katalizatorów, umożliwiającym konwersję MoS_2 do MoO_3 przy jednoczesnym ograniczeniu strat molibdenu oraz emisji związków siarki. Następnie zbadano procesy ługowania alkalicznego prowadzące do przejścia molibdenu do roztworu w postaci molibdenianu(VI) sodu oraz jego konwersję do kwasu molibdenowego(VI) z wykorzystaniem efektu wysolenia. Równolegle opracowano procedury odzysku niklu i kobaltu poprzez ługowanie kwasowe pozostałości po odzysku molibdenu oraz strącanie koncentratu wodorotlenków $Ni(OH)_2$ i $Co(OH)_2$ z roztworów kwasu siarkowego(VI) przy użyciu NaOH.

Ewa Szydłowska – Braszak
ORCID 0009-0009-1454-6227
Sieć Badawcza Łukasiewicz-Institut Metali Nieżelaznych
Centrum Recyklingu Metali
59-220 Legnica, ul. Złotoryjska 89

Eksperymenty prowadzono zarówno w skali laboratoryjnej, jak i półtechnicznej, co umożliwiło analizę parametrów procesowych, ich optymalizację oraz walidację opracowanych rozwiązań pod kątem wdrożenia przemysłowego.

Uzyskane wyniki potwierdziły zasadność przyjętych hipotez. Opracowany ciąg technologiczny umożliwił odzysk molibdenu z wydajnością przekraczającą 85% w postaci kwasu molibdenowego(VI) o czystości >95%. Równocześnie osiągnięto odzysk niklu i kobaltu na poziomie $\geq 70\%$, uzyskując produkty odpowiadające wymaganiom jakościowym dla dalszego przetwarzania przemysłowego. Innowacją opracowanej technologii jest zastosowanie niskotemperaturowego prażenia, prowadzonego bez dodatków mineralnych, oraz wykorzystanie efektu wysolenia jako skutecznego narzędzia wytrącania molibdenu z roztworów procesowych.

Wyniki badań dowiodły możliwości kompleksowego zagospodarowania zużytych katalizatorów petrochemicznych, traktowanych jako odpady niebezpieczne, przy jednoczesnym ograniczeniu ich oddziaływania środowiskowego i efektywnym odzysku pierwiastków o dużej wartości gospodarczej.

Opracowana technologia została pozytywnie zweryfikowana w warunkach przemysłowych i wykazała znaczący potencjał komercyjny, czego dowodem była sprzedaż uzyskanego kwasu molibdenowego(VI).

Słowa kluczowe

odzysk molibdenu; zużyte katalizatory petrochemiczne; molibden, nikiel, kobalt, hydrometalurgia; prażenie utleniające; ługowanie alkaliczne; efekt wysolenia; gospodarka cyrkularna; odpady niebezpieczne