

Streszczenie

Przedmiotem rozprawy doktorskiej były badania nad wykorzystaniem materiałów biomasowych jako alternatywnego reduktora w procesach pirometalurgicznego przerobu tlenkowych materiałów metalonośnych. Głównym celem pracy było określenie możliwości zastosowania biomasy do redukcji tlenków metali, co wpisuje się w aktualne trendy dekarbonizacji przemysłu ciężkiego oraz Gospodarki o Obiegu Zamkniętym. Cel użytkowy pracy skupiał się na wyznaczeniu optymalnych parametrów procesowych w skali laboratoryjnej, które stanowiły podstawę do przeprowadzenia badań w skali pilotowej, umożliwiając tym samym przyszłe skalowanie technologii do warunków przemysłowych.

W części literaturowej dokonano analizy wybranych właściwości fizykochemicznych tlenkowych materiałów metalonośnych na przykładzie żużli metalurgicznych, stanowiących najważniejszą grupę tego typu surowców pod względem wolumenu. Przedstawiono również podstawy termodynamiczne redukcji zawartych w nich tlenków metali. Równolegle przeprowadzono studia nad biomasą, obejmujące mechanizm jej powstawania klasyfikację oraz wybrane właściwości fizykochemiczne. Omówiono także potencjał rynkowy tego surowca w skali krajowej, europejskiej i globalnej. Przeprowadzono również analizę termodynamiczną możliwości zastosowania biomasy jako reduktora tlenków metali zawartych w żużlach.

Część badawczą pracy podzielono na dwa Etapy: Etap I – zadania o charakterze naukowym oraz Etap II – zadania o charakterze wdrożeniowym. W Etapie I wytypowane zostały materiały do badań w postaci tlenkowego materiału metalonośnego oraz biomasy. Jako tlenkowy materiał metalonośny do badań wybrany został żużel metalurgiczny pochodzący z hutnictwa miedzi zawierający w sobie znaczne ilości Cu i Pb. Jako potencjalne alternatywne reduktory wstępnie wytypowano dwanaście rodzajów biomasy, których wybór oparto na danych literaturowych ich dostępności czy też dotychczasowych wynikach badań nad ich wykorzystywaniem w procesach redukcji. Następnie wyznaczano parametry technologiczne żużla, takie jak skład chemiczny, temperaturę topnienia oraz lepkość. Stanowiły one podstawę do wyznaczenia temperatur przetopów w badaniach redukcji. Określony zostały również skład oraz właściwości fizykochemiczne wybranych materiałów biomasowych w postaci ciepła spalania oraz reaktywności. Kolejno w oparciu o wstępne badania redukcji żużla wyłoniono jeden docelowy materiał biomasowy – makuch rzepakowy, który wykorzystano w laboratoryjnych badaniach redukcji. Badania te przeprowadzono w zakresie temperatur 1300 – 1450°C i przy

dotatku bioreduktora 2 – 20% mas. względem masy żużla. Czas procesu był stały i wyniósł dla każdego eksperymentu 2 godz. W celach referencyjnych przeprowadzono również redukcję żużla z wykorzystaniem tradycyjnego reduktora w postaci koksu. Jako główny wskaźnik determinujący pozytywną ocenę poszczególnych eksperymentów przyjęto zawartość Cu i Pb w żużlu poredukcyjnym $\leq 1\%$ mas. dla każdego z tych pierwiastków. Akceptowalne wyniki uzyskano w temperaturze 1400°C przy dodatkach reduktora $\geq 15\%$ mas. oraz w 1450°C dla dodatków $\geq 12\%$.

W Etapie II na podstawie badań laboratoryjnych wytypowano optymalne parametry przetopów redukcyjnych w skali pilotowej: dodatek reduktora 12% mas. względem masy żużla oraz temperatura 1450°C . Ze względu na wysoką reaktywność biomasy opracowano specjalny sposób jej wprowadzenia do procesu, przygotowano wsad w postaci brykietów zawierających żużel, biomasę oraz dodatki spajające. Pilotowe badania redukcji w demonstracyjnym piecu łukowo oporowym zrealizowano w trzech wariantach. W pierwszym wariantcie reduktorem była wyłącznie biomasa, w drugim biomasa i koks natomiast w trzecim sam koks. Żużel poredukcyjny otrzymany w wyniku pierwszego przetopu nie spełniał założonych oczekiwań ze względu na zbyt wysoką zawartość Cu. Jednakże w drugiej próbie żużel poredukcyjny cechował się już znacznie lepszymi parametrami: zawartość Cu wyniosła 1%, a Pb 0,5%. Bardzo zbliżone wyniki uzyskano w wariantcie referencyjnym co potwierdza wysoką efektywność bioreduktora w postaci makuchu rzepakowego.