

Zastosowanie procesów wodorowania w recyklingu magnezów Nd-Fe-B

W pracy zbadano możliwość wykorzystania metod wodorowych w recyklingu spiekanych magnezów neodymowych. Materiały badawcze stanowiły spiekane magnesy typu Nd-Fe-B wymontowane ze złomowanych urządzeń elektronicznych oraz stop modelowy $\text{Nd}_{32,5}\text{Fe}_{66,5}\text{B}$ (% wag.). Celem pracy była maksymalizacja energii magnetycznej $(BH)_{\max}$ produktów uzyskiwanych po procesach wodorowania. Zakres pracy obejmował: kompleksową charakterystykę materiałów badawczych pod względem składu chemicznego, budowy fazowej i właściwości magnetycznych, zbadanie przebiegu i intensywności procesu kruszenia wodorowego HD (z ang. *Hydrogen Decrepitation*) oraz określenie wpływu ciśnienia i temperatury na stopień rozdrobnienia materiału, eksperymentalne wyznaczenie układów równowagi fazowej temperatura – ciśnienie – przemiana dla reakcji rozpadu wodorowego w procesie HDDR (z ang. *Hydrogenation, Disproportionation, Desorption and Recombination*), zbadanie wpływu wybranych kombinacji parametrów procesu (temperatura, ciśnienie, czas) na właściwości magnetyczne produktu uzyskiwanego po procesie, prześledzenie sekwencji przemian strukturalnych zachodzących po poszczególnych etapach procesu HDDR.

Eksperymenty w zakresie procesów wodorowania (HD, HDDR) realizowano na specjalnie do tego celu skonstruowanym stanowisku, wyposażonym w niezbędną aparaturę kontrolno-pomiarową. Skład chemiczny badanych materiałów analizowano metodami fluorescencji rentgenowskiej (XRF) i mikroanalizy rentgenowskiej (EDS). Budowę fazową badano metodą dyfrakcji rentgenowskiej (XRD). Obserwacji mikrostruktury dokonano za pomocą technik mikroskopii elektronowej (SEM, TEM). Badania właściwości magnetycznych wykonywano na magnetometrze z wibrującą próbką (VSM).

W wyniku przeprowadzonego prac w zakresie procesu kruszenia wodorowego HD stwierdzono, że: proces jest egzotermiczny, ekspozycja materiału na działanie atmosfery utleniającej opóźnia inicjację procesu, wzrost temperatury procesu zwiększa stopień rozdrobnienia magnezów, spiekane magnesy kruszą się intensywniej niż wyżarzany stop. W zakresie procesu wodorowania HDDR: skonstruowano unikalne wykresy równowagi fazowej (temperatura-ciśnienie-przemiana), które określają warunki brzegowe reakcji rozpadu wodorowego dla wszystkich badanych materiałów, zauważono, że reakcja rozpadu inicjuje się w granicach ziaren, prześledzono przebieg przemian mikrostruktury po poszczególnych etapach procesu HDDR dla stopu modelowego, wykryto różnice w mikrostrukturze magnezów w zależności od wartości ciśnienia rozpadu, w mikrostrukturze stopu modelowego po etapie rozpadu wodorowego zidentyfikowano ziarna z domenami antyfazowymi, zwiększono koercję stopu modelowego w wyniku rozdrobnienia ziarna po procesie HDDR, dobrano parametry procesu HDDR umożliwiające uzyskanie wysokiej wartości maksymalnej energii magnetycznej $(BH)_{\max}$ dla stopu modelowego, a następnie zaadaptowano je do złomowanych, spiekanych magnezów NdFeB uzyskując przydatny technicznie proszek o właściwościach $(BH)_{\max} = 74 \text{ kJ/m}^3$, $M_r = 0,8 \text{ T}$ oraz $H_{ci} = 610 \text{ kA/m}$.

Słowa kluczowe: HDDR, HD, metale ziem rzadkich, górnictwo miejskie, surowce krytyczne

Promotor:

Prof. dr hab. inż. Marcin Leonowicz

Promotor pomocniczy:

dr inż. Bartosz Michalski

Doktorant:

mgr inż. Mateusz Szymański