

Streszczenie

„Wpływ dodatków stopowych na właściwości magnetyczne, katalityczne oraz strukturę krystaliczną wysokoindukcyjnych materiałów magnetycznie miękkich na bazie żelaza”

mgr inż. Tymon Warski

Promotor: dr hab. Łukasz Hawełek

Opiekun pomocniczy: dr inż. Marcin Polak

Wysokoindukcyjne amorficzne i nanokrystaliczne materiały magnetycznie miękkie na bazie żelaza znajdują zastosowanie w szeroko pojętej energoelektronice jako materiały na rdzenie transformatorów mocy, statory silników elektrycznych czy elementy magnetyczne w magazynach energii. Ich główne zalety to wysoka indukcja nasycenia, niskie natężenie pola koercji i niewielkie straty energii w zmiennym polu magnetycznym. Właściwości te wynikają z odpowiedniego doboru składu chemicznego stopu oraz warunków obróbki cieplnej, które kontrolują mikrostrukturę materiału. Nawet niewielkie zmiany w składzie stopów mogą istotnie wpływać na wymianę magnetyczną między atomami, zdolność do otrzymania fazy amorficznej w trakcie procesu odlewania taśmy oraz przebieg procesu nukleacji oraz rozrostu krystalitów α -Fe, a także ich rozmiarów oraz rozłożenia w matrycy amorficznej. Dodatkowo skład chemiczny i struktura krystaliczna materiału wpływają na potencjał elektrochemiczny i podatność na utlenianie warstwy zewnętrznej, czy aktywność katalityczną materiału w zaawansowanych procesach utleniania.

Głównym celem niniejszej rozprawy doktorskiej było opracowanie technologii wytwarzania wysokoindukcyjnych ($> 1,5$ T) amorficznych i nanokrystalicznych materiałów magnetycznie miękkich z grupy Fe-M-B w postaci taśm metalicznych oraz wyznaczenie korelacji pomiędzy wpływem wybranych dodatków stopowych (M = Cu, Co, Mo, Nb, Cr) i obróbki cieplnej, a parametrami termodynamicznymi, procesem krystalizacji, strukturą

krystaliczną oraz wybranymi właściwościami magnetycznymi, elektrochemicznymi oraz katalitycznymi.

W ramach niniejszej rozprawy doktorskiej, w formie przewodnika po publikacjach, przedstawiono wpływ dodatków stopowych ($M = \text{Cu}, \text{Co}, \text{Nb}, \text{Mo}, \text{Cr}$) na proces krystalizacji, strukturę krystaliczną oraz właściwości magnetyczne, elektrochemiczne oraz katalityczne stopów Fe-M-B ($\text{Fe}_{86-x}\text{Cu}_x\text{B}_{14}$, $\text{Fe}_{85-x}\text{Cu}_x\text{B}_{15}$, $\text{Fe}_{85,45}\text{Co}_x\text{Cu}_{0,55}\text{B}_{14}$, $\text{Fe}_{84,4}\text{Co}_x\text{Cu}_{0,6}\text{B}_{15}$, $\text{Fe}_{83,8}\text{Co}_x\text{Cu}_{1,2}\text{B}_{15}$, $\text{Fe}_{85,3-(x+y)}\text{Co}_x\text{Mo}_y\text{Cu}_{0,7}\text{B}_{14}$, $\text{Fe}_{86-x}\text{Cr}_x\text{B}_{14}$, $\text{Fe}_{79,4}\text{Co}_5\text{Cu}_{0,6}\text{Mo}_x\text{B}_{15}$, $\text{Fe}_{79,4}\text{Co}_5\text{Cu}_{0,6}\text{Nb}_x\text{B}_{15}$). W ramach prowadzonych prac otrzymano w sumie 31 materiałów amorficznych w postaci taśm metodą „melt-spinning”, które w celu optymalizacji właściwości magnetycznych poprzez kontrolowaną krystalizację, zostały poddane obróbce cieplnej.

Do opisu procesu i kinetyki krystalizacji amorficznych taśm wykorzystano skaningową kalorymetrie różnicowa, dynamiczną analizę mechaniczną oraz modele teoretyczne. Struktura krystaliczna została określona przy wykorzystaniu szerokokątowej dyfrakcji rentgenowskiej, dyfrakcji neutronowej, transmisyjnej mikroskopii elektronowej oraz skaningowej mikroskopii elektronowej. Właściwości magnetyczne materiałów po odlaniu oraz po obróbce cieplnej określono przy wykorzystaniu systemu Remacomp, magnetometru wibracyjnego, analizatora impedancji oraz tensometrów. Lokalne otoczenie magnetyczne wokół Fe określono przy wykorzystaniu spektroskopii Mössbauera. Właściwości elektrochemiczne wybranych materiałów zostały opisane za pomocą badania potencjału obwodu otwartego oraz testów dynamicznych w 3.5% roztworze NaCl. Aktywność katalityczna taśm została określona w procesie foto-Fentona degradacji barwnika – błękitu metylenowego. Pomiary jego rozkładu wykonano na spektrometrze UV-VIS.

Rezultaty badań przedstawiono w formie cyklu ośmiu publikacji naukowych opublikowanych w recenzowanych czasopismach z dziedziny Inżynierii Materiałowej o sumarycznym współczynniku Impact Factor (IF) za rok 2024 wynoszącym 28.5, Cite Score za rok 2024 wynoszącym 53.6 oraz liczbie punktów MNiSW równą 1110. Zebrane prace przedstawiają wyniki badań podstawowych i przemysłowych, które pozwalają zidentyfikować ich potencjalne zastosowanie w energoelektronice oraz w procesach katalitycznych. Obecny efekt tych prac są cztery patenty bazujące na rezultatach otrzymanych w trakcie realizacji doktoratu wdrożeniowego.