

Projekt ten koncentruje się na badaniu i opracowaniu nowej generacji hybrydowych kompozytów magnetycznie miękkich (z ang. SMC) do energooszczędnych zastosowań elektromagnetycznych, takich jak silniki elektryczne, transformatory, cewki indukcyjne i czujniki do pracy w wysokich częstotliwościach. Głównym celem tego projektu jest zbadanie właściwości magnetycznych, struktury krystalicznej, morfologii oraz efektu rozmiaru/kształtu nowo opracowanych hybrydowych materiałów SMC otrzymanych z proszków magnetycznie miękkich o wzorze ogólnym $Fe_{100-x-y-z}Ni_xCu_y(Si,P,B)_z$ (gdzie $x=0,\dots,4$; $y=0,\dots,2$; $z=12,\dots,18$), wypełnienia izolacyjnego ZnO i dodatku ferrytowych nanocząstek typu rdzeń-powłoka (miętko-miękki ($Fe_3O_4@ZnNiFe_2O_4$) lub miętko-twardy/twardo-miękki ($Fe_3O_4@CoFe_2O_4$, $CoFe_2O_4@ZnNiFe_2O_4$, $ZnNiFe_2O_4@CoFe_2O_4$)) o strukturze spinelowej jako magnetycznego aktywatora warstwy izolacyjnej.

Planowane do realizacji badania pozwolą zweryfikować następujące hipotezy badawcze:

- 1. Odpowiednio dobrana ilość dodatku Cu w stopie typu NANOMET pozwala na uzyskanie amorficznych i kruchych taśm podatnych do sproszkowania w młynie kulowym.*
- 2. Proces sferoidyzacji plazmowej na niesferycznych amorficznych proszkach, otrzymanych poprzez mielenie taśm w młynie kulowym, pozwala na uzyskanie amorficznych/częściowo amorficznych i częściowo/całkowicie sferycznych proszków ferromagnetycznych.*
- 3. Modyfikując parametry dwuetapowej metody syntezy można uzyskać różne odmiany, rozmiary, kształty i właściwości magnetyczne nanocząstek ferrytu typu rdzeń-powłoka.*
- 4. Metoda spiekania na zimno pozwala na otrzymanie hybrydowych materiałów SMC bez pogorszenia ich właściwości magnetycznych.*
- 5. Obecność odpowiednich nanocząstek typu rdzeń-powłoka oraz powłoki izolacyjnej ZnO poprawia właściwości magnetyczne hybrydowego materiału SMC m.in. zwiększa przenikalność magnetyczną i zmniejszając straty magnetyczne.*

Aby zrealizować cele i zweryfikować postawione hipotezy badawcze, zaplanowane badania podzielono na 6 głównych zadań obejmujących: przygotowanie stopów przejściowych i taśm odlanych metodą „melt-spinning”; otrzymywanie proszków ferromagnetycznych i ich sferoidyzacja plazmowa; synteza modyfikowanych powłok izolacyjnych; otrzymywanie rdzeni kompozytowych; badania właściwości strukturalnych oraz magnetycznych. Idealne SMC powinny składać się z metalicznych proszków ferromagnetycznych o wysokiej indukcji nasycenia całkowicie oddzielonych cienką warstwą izolacyjną o dużej oporności elektrycznej. Ta unikalna struktura nadaje SMC istotne właściwości magnetyczne, takie jak wysoka przenikalność magnetyczna, duża wartość namagnesowania, wysoka oporność elektryczna i bardzo niskie straty prądów wirowych, nawet przy wysokich częstotliwościach. Obecnie na rynku istnieje ograniczona liczba sferycznych lub częściowo sferycznych metalicznych proszków ferromagnetycznych posiadających dobre właściwości magnetycznie miękkie, które mogą być stosowane do produkcji SMC. Aby przezwyciężyć to ograniczenie, w projekcie tym zastosowana zostanie nowatorskie podejście technologiczne do uzyskiwania częściowo i w pełni sferycznych proszków ferromagnetycznych ze stopu typu NANOMET (NANOMET - $Fe_{83.3}Si_4B_8P_4Cu_{0.7}$). Stopy te wykazują doskonałe właściwości magnetycznie miękkie, wysoka wartość indukcji nasycenia (B_s) i niską wartość pola koercji (H_c). Proponowane nowatorskie podejście rozpoczyna się od otrzymania stopu typu NANOMET w postaci amorficznej i kruchej taśmy za pomocą techniki odlewania ciekłego stopu, przy czym zawartość Cu zostanie dobrana tak, aby odpowiednio zwiększyć kruchość taśmy. W dalszej kolejności taśma zostanie zmielona w młynie kulowym do postaci niesferycznego proszku, a następnie zostanie poddana procesowi sferoidyzacji w procesie sferoidyzacji plazmowej. Równolegle prowadzone będą badania nad uzyskaniem nanocząstek ferrytowych rdzeń-powłoka przy użyciu nowej dwuetapowej metody. Nanocząstki te będą miały zastosowanie jako magnetyczne aktywatory warstwy izolacyjnej. Na samym końcu przeprowadzone zostanie spiekanie na zimno proszków typu NANOMET i nanocząstek typu rdzeń-powłoka w obecności izolującego spoiwa ZnO, co pozwoli uzyskać nowe hybrydowe materiały SMC. Projekt ten ma charakter wysoce interdyscyplinarny i łączy badania z trzech dyscyplin naukowych: inżynierii procesowej, inżynierii materiałowej i fizyki.

W wyniku przeprowadzonych prac planowane jest uzyskanie nowych rozwiązań z zakresu inżynierii materiałowej i procesowej, które przyczynią się do uzyskania materiałów nowej generacji. W pierwszej kolejności zostanie określone skład chemiczny stopów typu NANOMET, tak aby taśmy odlane z tego stopu były amorficzne i kruche. Następnie opracowana zostanie technologia sferoidyzacji plazmowej w celu uzyskania częściowo i całkowicie sferycznych proszków z niesferycznych proszków uzyskanych wcześniej poprzez mielenie taśm typu NANOMET. Opracowana zostanie również nowatorska dwuetapowa metoda syntezy nanocząstek ferrytu typu rdzeń-powłoka. W oparciu o opracowane metody otrzymane zostaną nowoczesne hybrydowe materiały SMC bazujące na proszkach typu NANOMET, izolacji ZnO oraz ferrytowych nanocząstkach rdzeń-powłoka. Nowa wiedza związana z efektem korzystnego wpływu dodatku nanocząstek typu rdzeń-powłoka na składowe zespolonej wartości przenikalności magnetycznej oraz strat energii pomogą zrozumieć funkcjonalność tych materiałów. Co więcej uzyskane informacje na temat korelacji struktury krystalicznej i właściwości magnetycznych wszystkich komponentów, w tym wpływu nanocząstek typu rdzeń-powłoka na powłokę izolacyjną i składowe strat, pozwoli zaproponować nowe materiały dla wysokowydajnej i ekologicznej energoelektroniki.