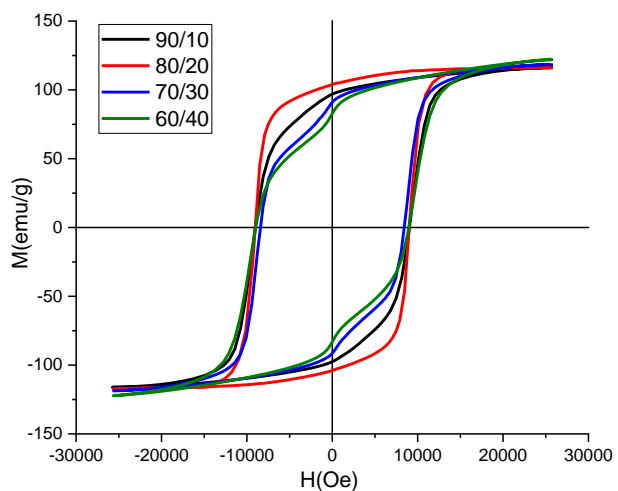


Magneții permanenți sunt unul dintre cele mai importante materiale din tehnologia modernă și sunt utilizați pe scară largă atât în sistemele industriale, cât și în viața de zi cu zi, în aplicații precum “energie verde” (turbine eoliene, mașini electrice-hibride), automatizare și robotică, tehnologia informației, senzorii magnetici și microdispozitivele magnetice, etc. În acest moment, magneții pe bază de pământuri rare domină piața globală datorită performanței lor magnetice remarcabile. Cu toate acestea, unele dintre acestea pământuri rare, cum ar fi neodim (Nd), praseodim (Pr), disprosiu (Dy) și terbiu (Tb), sunt declarate ca materiale critice și viitorul acestora utilizarea pentru producția de magneți permanenți este incertă. Creșterea continuă a cererii pentru magneți permanenți cuplată cu preocupările tot mai mari legate de degradarea mediului din cauza exploatarea și separării pământurilor rare, a costurilor în creștere și a problemelor de disponibilitate a pământurilor rare, a condus la eforturi la nivel mondial de căutare a noi materiale magnetice fără pământuri rare sau la reducerea cantității acestora în unele aplicații specifice.

În acest sens proiectul *”PerMagMich”* se aliniază efortului general, prin utilizarea mischmetalului (MM) ca un substituent total pentru Nd. MM fiind un minereu brut format dintr-un amestec de elemente de pământuri rare La, Ce, Pr și Nd, care nu necesită separare pentru a obține elemente pure, iar utilizarea sa duce la reducerea: (i) costului final al magneților, (ii) utilizării dezechilibrate a pământurilor rare și (iii) poluării mediului. Performanța unui magnet este caracterizată prin curba de histerezis, care reprezintă răspunsul la un câmp magnetic extern, iar valoarea câmpului extern, necesară pentru demagnetizarea magnetului (coercivitate) și puterea magnetului în absența câmpului extern (remanență) trebuie să fie suficient de mare. Deși acești parametri depind de proprietățile intrinseci ale materiei prime, ei pot fi influențați substanțial de prelucrarea pulberilor și de modul în care pulberile sunt consolidate pentru a forma magneți permanenți. În timp ce remanența poate fi controlată de densitatea, alinierea compactelor și interacțiunile fazelor magnetice, modalitatea standard de a asigura o coercivitate ridicată este de a menține dimensiunea grăunților cristalini din particule cât mai mici posibil.

În cadrul proiectului s-a utilizat (1) metoda crio-măcinării pentru măcinarea materialelor magnetic dure MM-FeCo-B cu adaos de elemente cu punct de topire mediu-înalt (materiale care au generat o cerere de brevet nr. A/00607 din 26.10.2023) astfel încât prin optimizarea parametrilor de măcinare (timp, energie, raport masic bile-pulbere, temperatură) s-a reușit reducerea dimensiunii pulberilor în intervalul 120 - 180 nm și (2) măcinarea în benzen a pulberilor magnetic moi $Fe_{65}Co_{35}$ și reducerea dimensiunilor până la aproximativ 60 nm. Pulberile magnetic dure (cu coercitivitate ridicată, $H_c=8,4$ kOe) și pulberile magnetic moi (cu magnetizație de saturație mare, 233 emu/g) au fost amestecat în diferite proporții, respectiv, 60/40, 70/30, 80/20, 90/10, cu scopul de a obține un amestec cu H_c și M_s mai mare decât a componentelor individuale.



Curbe de histerezis pentru amestecuri de pulberi MM₁₄Fe₇₇Co₂Si₁B₆ / Fe₆₅Co₃₅ cu diferite proporții.

Amestecul de pulberi cu raportul 80/20 prezintă un profil neted și corespunde unui nanocompozit cuplat complet prin interacțiuni de schimb. Acest amestec a fost ulterior compactat prin metoda Spark Plasma Sintering, rezultând în final magneți permanenți. Parametrii de sinterizare (presiune, temperatură, timp de compactare, aliniere) au fost optimizați astfel încât s-au obținut magneți permanenți cu produsul energetic de aproximativ 13.4 MGOe. Prin urmare, putem afirma că acest proiect a urmărit și a reușit să dezvolte o nouă generație de magneți permanenți (PM) fără pământuri rare critice cu de performanță energetică medie.