

Anexa- Prezentarea proiectului pentru materiale de promovare

Materiale intermetalice interstițiale de tip α'' -Fe₁₆N₂ pentru o nouă generație de magneți permanenți fără pământuri rare

Într-o lume tot mai preocupată de sustenabilitate și de gestionarea inteligentă a resurselor, proiectul nostru s-a concentrat pe dezvoltarea unei alternative eficiente la magneții convenționali bazați pe pământuri rare. Domeniul magneților permanenți este esențial în tehnologia modernă, de la electronice și vehicule electrice până la turbine eoliene, însă dependența de pământuri rare (Nd, Dy, Tb) reprezintă o provocare din cauza cererii globale în creștere și a problemelor asociate cu exploatarea lor: impactul negativ asupra mediului, creșterea costurilor și problemele de aprovizionare. Aceste aspecte au declanșat inițiative la nivel global pentru identificarea de materiale magnetice alternative, capabile să poată fie folosite mai ales în aplicațiile cu cerințe magnetice moderate, dar care fie să nu conțină pământuri rare, fie să reducă semnificativ cantitatea necesară.

Proiectul este parte a acestui efort internațional, având ca ***obiectiv principal***, dezvoltarea și optimizarea unui tip nou de magnet permanent fără a utiliza pământuri rare. Acești magneți, bazați pe un compus numit α'' -Fe₁₆N₂, oferă o alternativă ecologică și economică la magneții tradiționali. Proiectul a vizat obținerea de performanțe magnetice competitive, precum și investigarea stabilității termice și a comportamentului magnetic al materialelor bazate pe faza α'' -Fe₁₆N₂.

Dezvoltarea acestor magneți a implicat optimizarea parametrilor în trei etape cheie:

Atomizarea în gaz a pulberilor precursorare, această etapă a fost esențială pentru obținerea unor pulberi de α'' -Fe₁₆N₂ cu dimensiuni și caracteristici adecvate pentru compactarea ulterioară. În procesul de atomizare, parametrii precum temperatura, presiunea de eiecție, presiunea gazului de atomizare, joacă un rol esențial în determinarea dimensiunii și morfologiei particulelor de pulbere, factori care afectează atât conținutul de azot al particulelor, cât și proprietățile lor magnetice.

Nitrurarea pulberilor, procesul de nitrurare a presupus introducerea azotului în structura metalică a fierului, proces esențial pentru a obține faza magnetică α'' -Fe₁₆N₂, recunoscută pentru proprietățile magnetice excelente (în special magnetizație de saturație). În etapa de nitrurare, factori precum durata procesului, temperatura de reacție și presiunea parțială a gazului de azot sunt critici pentru formarea fazei α'' -Fe₁₆N₂. Creșterea proporției de fază α'' -Fe₁₆N₂ în material asigură o îmbunătățire semnificativă a proprietăților lor magnetice.

Compactarea prin sinterizare, ultimul pas a fost compactarea pulberii pentru a obține un magnet solid și dens, folosind o tehnologie numită sinterizare prin Spark Plasma Sintering (SPS), care ne a permis să optimizăm performanțele magneților. De asemenea, au fost testate variante de compoziție cu aditivi de Al₂O₃ și un liant epoxidic EpoTek H70E pentru a îmbunătăți în special proprietățile mecanice și a studia impactul acestora asupra proprietăților magnetice și asupra stabilității termice a materialelor. Parametrii de compactizare, precum temperatura, presiunea și

durata sinterizării, influențează în mod direct interacțiunile dintre particulele din structura magneților, fiind influențate de gradul de compactare, de tipul și de cantitatea aditivilor utilizați.

Rezultatele proiectului au demonstrat fezabilitatea unei rute integrate bazate pe atomizarea în gaz, nitrurarea controlată și consolidarea prin Spark Plasma Sintering. Într-un lot optimizat distinct, fracția de pulbere cu dimensiuni sub 32 μm a atins un conținut de 87,64% fază $\alpha''\text{-Fe}_{16}\text{N}_2$ și o magnetizație de saturație de 230,8 emu/g.

Proiectul a stabilit astfel o metodologie reproductibilă pentru prepararea și consolidarea materialelor Fe-N și a identificat principala limitare care trebuie depășită: menținerea fazei metastabile $\alpha''\text{-Fe}_{16}\text{N}_2$ în timpul consolidării și al tratamentelor termice. Rezultatele oferă o bază experimentală pentru cercetări ulterioare privind controlul stabilității prin geometrie, interfețe și arhitectura materialului.

Impactul tehnologic și economic este unul potențial și pe termen mai lung, dependent de îmbunătățirea stabilității, densificării și coercitivității și de validarea ulterioară a materialelor în condiții relevante pentru aplicații. Utilizarea fierului și azotului susține cercetarea unor soluții magnetice bazate pe elemente abundente și fără pământuri rare.

Director de proiect, CS II,

Dr. Marian Grigoraș