

MARILE PROMISIUNI ALE MAGNEȚILOR PERMANENȚI

Fenomenul magnetismului părea așa de miraculos încât Thales din Milet credea că magnetul are suflet în el; alții intuiau că este un secret al zeilor. Lucrețiu, însă, susține că „magnetismul se explică prin aceleași cauze prin care se explică și alte fenomene mai puțin miraculoase”.

DE LIVIU PALII, INCDIE ICPE-CA

Una dintre realizările importante ale fizicii atomice constă în stabilirea faptului că purtătorii elementari ai magnetismului sunt însăși particulele elementare ale materiei; acestea dispun de un moment magnetic propriu de „spin”, precum și de efecte magnetice datorate curenților microscopici produși de mișcarea particulelor purtătoare de sarcină electrică. Din acestea reiese și universalitatea proprietăților magnetice ale materiei. Acceptând modelul planetar al atomului liber, distingem momentul magnetic al nucleului, momentul magnetic orbital al fiecărui electron al atomului, momentul magnetic de spin al electronului; suma vectorială a acestora la nivelul unui atom definește momentul magnetic al atomului.

În absența unui câmp magnetic exterior, pentru atomul liber al diferitelor specii (Z), distingem două grupe de valori: $\mu_a = 0$ cazul materialelor diamagnetice precum Cu, Au, Zn sau $\mu_a \neq 0$ la materialele paramagnetice ca Al, Mg, Ti precum și, cu mențiune specială, la Fe, Ni, Co, metale denumite feromagnetice.

INTERACȚIUNEA CÂMPULUI MAGNETIC CU MATERIA

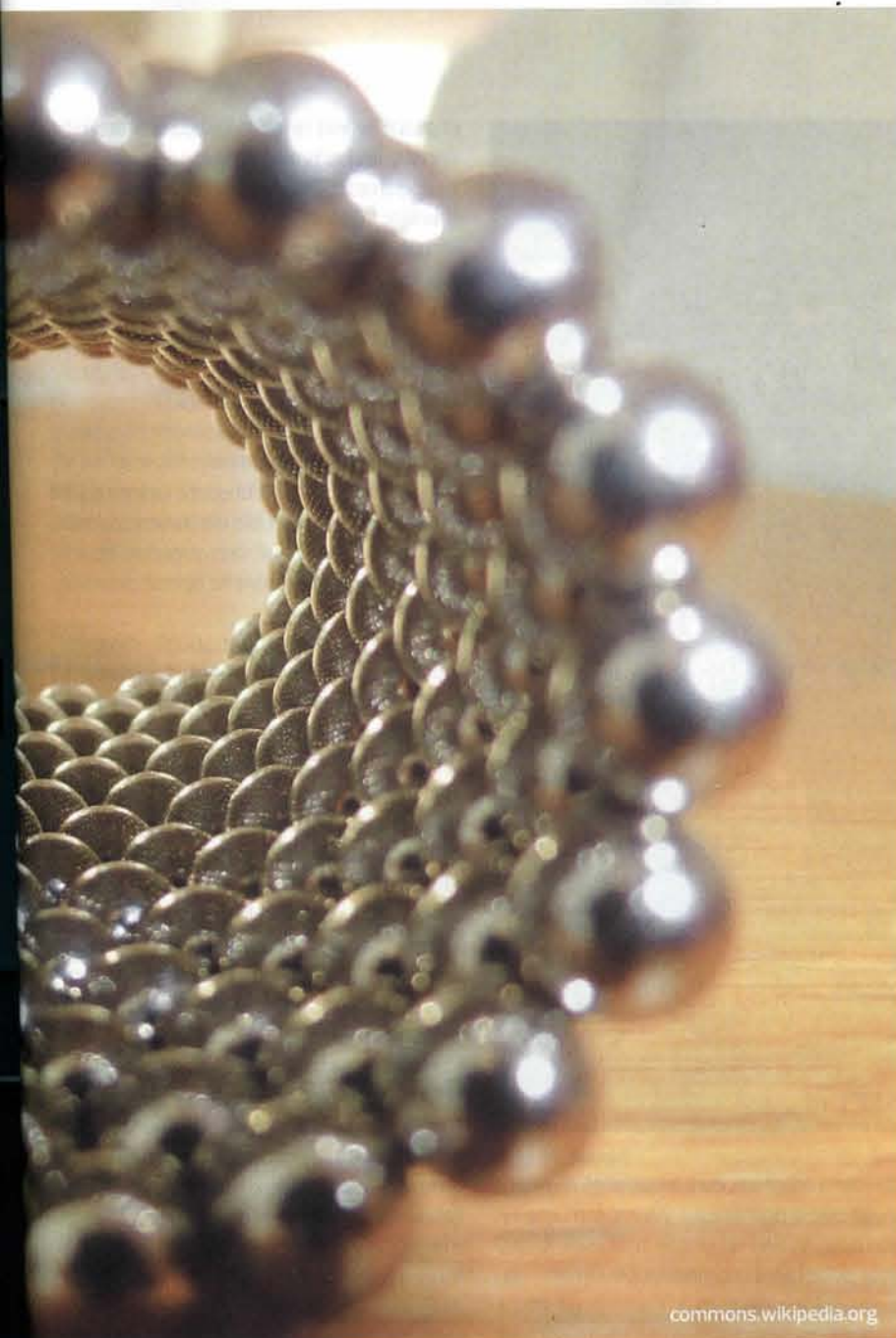
La aplicarea asupra atomului a unui câmp magnetic exterior apar interacțiuni multiple ale acestui câmp magnetic cu momentele magnetice ale constituenților atomului, având ca efect, în principal, următoarele:

- (a) apariția unei mișcări de precesie a planului orbitei pe care evoluează electronul (precesia Larmour), a cărei efect electrodinamic constă în apariția unui moment magnetic de sens contrar câmpului magnetic (exterior) care l-a produs: o plachetă de carbon pirolitic plasată pe polul unui magnet permanent, va pluti deasupra acestuia;
- (b) reorientarea momentelor magnetice de spin ale unor electroni, în același sens cu polaritatea câmpului magnetic aplicat din exterior, ca efect fiind atracția dintre cele două corpuri; (oxigenul are cea mai mare constantă paramagnetică dintre gazele din atmosferă, astfel că, în zona unui câmp magnetic creat de un magnet permanent, concentrația de oxigen va fi ceva mai mare decât în zona mai îndepărtată).

Aceste fenomenologii sunt cuantificate în mărimea referitoare la material denumită permeabilitate magnetică, $\mu = B/H$, unde B

este inducția magnetică a materialului, iar H este intensitatea câmpului magnetic aplicat. Astfel, $\mu < 1$ este caracteristic materialelor diamagnetice, iar $\mu > 1$ este caracteristic materialelor paramagnetice. La un număr de câteva elemente metale paramagnetice, permeabilitatea magnetică are valori mult mai mari decât 1, $\mu \gg 1$, așa cum se constată la Fe, Ni, Co. Mecanismul care stă la baza acestui comportament constă în unele particularități ale structurii solidului și ale atomilor constitutivi.





commons.wikipedia.org

STRUCTURI MAGNETIC ORDONATE

Atomii paramagnetici care se învecinează în structura solidă la o anumită distanță specifică fiecărui tip de atomi grupați, ajung la o stare de interacțiune de schimb, care determină o aranjare paralela a momentelor magnetice atomice, din aproape în aproape. La valorile pozitive ale integralei interacțiunii de schimb, momentele magnetice ale atomilor limitrofii sunt paralele și în ace-

lași sens, ceea ce permite o însumare directă a mărimii câmpului magnetic astfel rezultat. Acesta este cazul materialelor tipic feromagnetice, Fe, Ni, Co, dar se regăsește și la câteva elemente din grupa lantanidelor, precum și la unele aliaje/compuși care conțin și astfel de elemente.

La valori negative ale integralei interacțiunii de schimb, momentele magnetice atomice păstrează poziționarea paralelă, dar se orientează consecutiv în sens opus, astfel că ele fiind egale în valoare absolută, suma

„Cu ce așezământ al firii, piatra
Căreia-n limba părintească, grecii
Îi zic MAGNET, atrage fierul.
De această piatră oamenii se miră
Că poate ține atârnat de dânsa
Un șir întreg, adesea, de inele.”

Titus Lucretius Carus / secl. I.e.n.,
„De rerum naturae”, cartea VI,
„Poemul naturii”



vectorială dă un moment magnetic nul; acesta este cazul corpului solid alcătuit din elemente ca Mn sau Cr, aceste corpuri fiind numite antiferomagnetice sau cu feromagnetism compensat.

Un caz particular este cel al solidelor alcătuite din două specii de atomi, fiecare cu moment magnetic atomic diferit de zero dar de mărimi diferite, într-o rețea cristalină având poziții consecutiv alternative, cu momentele magnetice atomice aranjate paralel, dar în sensuri consecutive opuse. Pentru o



astfel de aranjare, momentul magnetic însumat vectorial pentru doi atomi limitrofi și de specii diferite va fi diferența mărimii momentelor magnetice ale celor doi atomi; este cazul materialelor numite feromagnetice și se întâlnește la materialele tehnice denumite ferite sau magneți ceramici.

Un aranjament ordonat al momentelor magnetice atomice, extins pe un volum mai mare, implică o scădere a valorii entropiei de configurație, care duce la o creștere a energiei libere a sistemului, deci acesta devine mai instabil. „Natura” a soluționat această instabilitate prin divizare în volume mai mici de magnetizare ordonată spontan, denumite domenii de magnetizare spontană Weiss; în limitele lor de volum, acestea au în continuare o ordonare paralelă a momentelor magnetice atomice, și implicit, în-

sumarea acestora, cu o rezultantă moment magnetic a domeniului Weiss. Întrucât un domeniu Weiss își poate modifica relativ ușor orientarea momentului magnetic sau a granițelor sale, corpul macroscopic feromagnetic se subdivide în mai multe domenii Weiss, pentru că își auto-aranjează aleatoriu orientarea momentelor magnetice proprii, astfel încât suma vectorială a acestora, pe întregul solid macroscopic este nulă, adică nu vom constata linii de flux magnetic în afara limitelor sale geometrice. Acesta este comportamentul tipic al unui solid din material feromagnetic, înainte de a aplica asupra sa un câmp magnetic exterior suficient de puternic.

Schimbarea de orientare sau a limitelor unui domeniu de magnetizare spontană Weiss nu implică în niciun fel modificări ale poziți-

ei atomilor din rețeaua spațială a atomilor constitutivi ai rețelei cristaline; de asemenea, structura/ imaginea poziționării domeniilor Weiss nu este identică cu imaginea structurii metalografice a materialului. Curba histerezisului magnetic a unui material feromagnetic se trasează în coordonatele B-H.

MAGNEȚII PERMANENȚI

Magnet permanent este acel corp solid care manifestă în afara limitei sale geometrice un câmp magnetic, permanent și fără vreun aport energetic din exteriorul său, după ce în prealabil a fost supus magnetizării cu un câmp magnetic aplicat din exteriorul său.

Un magnet permanent, după magnetizarea la saturatie, își definește starea sa funcțională ca magnet permanent într-un punct de pe această curbă din cadranul II; un punct P0, de coordonate inducție magnetică B0 și respectiv câmp magnetic H0, constituie punctul optim de funcționare a MP dacă produsul B0 x H0 are valoarea maximă în raport cu alte puncte de pe această curbă. Produsul B0 x H0 definește mărimea „energiei magnetice specifice” a unui material pentru magneți permanenți și constituie principalul criteriu de evaluare a acestui material.

Principala caracteristică a unui material feromagnetic pentru a fi apt să ființeze/ funcționeze ca magnet permanent constă în unele particularități structurale ale materialului, care sunt capabile să frâneze/ blocheze mobilitatea domeniilor Weiss de magnetizare spontană, după ce acest material a fost supus operației tehnologice de magnetizare la saturatie – aceste materiale sunt denumite materiale magnetice dure (MP), spre deosebire de cele materiale feromagnetice care nu au această capacitate de frânare a mobilității domeniilor Weiss, denumite materiale magnetice moi.

Îndepărtarea stării de magnetizare permanentă a unui magnet permanent poate fi realizată prin aplicarea unui câmp magnetic de joasă frecvență cu intensitate descrescătoare până la zero, sau prin încălzirea acestuia la o temperatură superioară, specifică materialului, denumită temperatura Curie. Aceasta temperatura la elementele metale feromagnetice este 771°C/Fe,

1036 °C/Co și 368 °C /Ni. Temperatura la care funcționează un MP afectează mărirea valorilor inducției magnetice produse, în sensul diminuării acestora cu creșterea temperaturii, dar acestea revin la valoarea inițială, dacă temperatura maximă atinsă nu depășește aproximativ 1/3 din aceasta temperatura (în °C). Valoarea variației reversibile, definită prin coeficientul de variație reversibilă a inducției magnetice cu temperatură, este de -0,02...-0,7 %/°C, funcție de natura materialului MP.

Majoritatea materialelor folosite ca MP sunt combinații de elemente, în care cel puțin un element este feromagnetic. Există și materiale MP din elemente neferomag-

lizează câmpuri magnetice foarte mari, MP cu pamanturi rare. Forma, dimensiunile geometrice și materialul din care se realizează un MP pentru o aplicație dată rezultă în urma unor calcule de proiectare magnetică a respectivului MP.

DE CE ȘI LA CE SUNT UTILI MAGNETII PERMANENȚI

Magneții permanenți au azi o largă răspândire în foarte multe produse realizate în serie mare; observăm că aceștia își găsesc rostul în realitatea fenomenologică: „unde există oricare două din cele trei componente: sarcina electrică – mișcare – câmp magnetic, ele produc obligatoriu și pe cel de al treilea”.

tizoare mecanice, recuperarea sub formă de energie electrică a energiei disipate prin vibrații mecanice (chiar și din mediile cu poluare fonica).

MP sunt omniprezenti, iar creșterea performanțelor funcționale ale acestora conduce la eficientizarea producerii și consumului de energie electrică. Aspectul economic major în care sunt implicați MP justifică preocupările intense pentru creșterea performanțelor funcționale. ICPE-CA, recunoscut ca lider național în cercetarea materialelor magnetice și aplicațiilor acestora, cu o activitate în acest domeniu de peste 50 ani, este în avangarda cercetărilor științifice

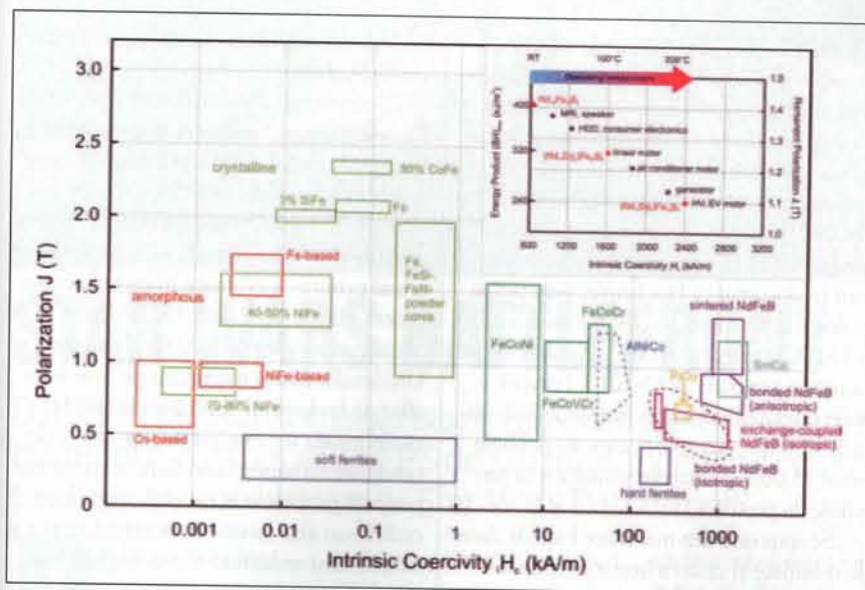


Fig. 1. Polarizarea magnetică versus coercitivitate la materiale magnetic moi și respectiv magnetic dure

netice: aliaje pe bază de Mn-Al, Mn-Al-C, Mn-Bi; aceste aliaje demonstrează cât de importante sunt caracteristicile structurale ale rețelei cristaline, care în aceste combinații asigură ordonare de tip feromagnetic și realizează un MP.

Alte materiale mai „exotice” pentru magneții permanenți: aliaje cu metale nobile Pt-Co, Pt-Fe (cu ~77%Platină), magneți ESD – din pulberi monodomeniale alungite de Fe, compactizate; magneți permanenți „supraconductori” – în esență, este o bobina-solenoid, cu conductor electric în stare de supraconductibilitate în care s-a inițiat un curent electric, dispozitiv cu care se rea-

lea". Exemple ca: „traductori mecano-elec-trici”/ motoare electrice, generatoare elec-trice cu MP sau „traductori electroacustici cu MP”/ difuzoare și capsule microfonice, miniaturizări ale produselor, scăderea „pre-siunii” asupra mediului ecologic sunt câte-va dintre utilizările MP. Altele, mai puțin vi-zibile, sunt: refrigeratoare pe baza efectului magnetocaloric, lagăre fără frecare cu sus-tențatie magnetica, tratarea unor combus-tibili fluizi în dispozitive cu MP, „dedurizarea apei” cu MP, separatoare magnetice pentru îmbogățirea în substanță utilă a unor mine-reuri, sortarea de deșeuri sau alte materiale în vrac, cuplaje mecanice, ambreiaje, amor-

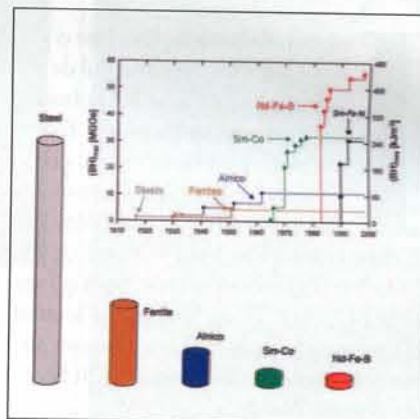


Fig. 2. Evoluția în densitate de energie (BH) max. la temperatura camerei a materialelor magnetice dure ale secolului 20 și prezentarea diferitelor tipuri de materiale cu densitate de energie comparabilă (fiecare magnet este proiectat astfel încât, la un punct de referință 5 mm față de suprafața de pol, este produs un câmp de 100 mT)

din domeniul MP, abordând tematici ca: noi compuși/structuri materiale pe bază de pământuri rare pentru funcționarea magnetică la temperaturi mari; materiale nanocompozite cu texturare; materiale cu inducție magnetică de saturație mare etc. Magneții permanenți și efectele câmpului magnetic au fascinat adesea imaginația și acțiunile unor „căutători” de noi realizări/aplicații de dispozitive cu MP, unele mai „exotice” decât altele: sisteme antigra- vitaționale și de propulsie, efecte asupra viului pentru beneficii medicale și multe altele, posibil să-și găsească rezolvarea într-un viitor apropiat.