

15-modul. Magnitli materiallar.

Reja:

1. Diomagnitlar, paramagnitlar, ferromagnitlar.
2. Magnito–yumshoq va magnito–qattiq materiallar. Ularning nazari asoslari.
3. Metall va nometallarning optik xossalari. Elektro–magnit nurlanish. Nur sinishi, rang. Lyuminassitsiya, lazerlar.

Materiallar magnit xossalariga qarab kuchsizmagnitli (diamagnetiklar, paramagnetiklar) va kuchlimagnitli guruhga bo‘linadi. (Ferromagnetiklar, ferrimagnetiklar.)

Diamagnetiklarda magnit qabul qiluvchanlik (“pronimatsayemost”) $h_2 < 0$ va bu tashqi magnit maydoni kuchlanishiga bog‘liq emas: vodorod, inert gazlar (argon, geliy), ko‘pchilik organik birikmalar, osh tuzi, ba‘zi metallar (Cu, Zn, kumush, oltin, simob), vismut, galiy, surma. $h = 10^{-4} \div 10^{-7}$.

Paramagnetik materiallarda $h_2 > 0$. Bular ham tashqi magnit maydoni kuchlanishiliga bog‘liq emas: O₂ azot oksidi, temir, nikkell, kobol’t va nodir metallar tuzlari. Al, platina $h = 10^{-2} \div 10^{-5}$.

Diomagnitik va paramagnitik materiallar texnikada chegeralangan miqdorda qo‘llaniladi (H₂O ni atrofida bo‘lganidan).

Kuchli magnitli materiallarda $h > 1$ va tashqi magnit maydoni kuchlanishiga bog‘liq. Magnitlanish (magnit induktsiyasi) M bilan tashqi magnit maydoni kuchlanganligi N orasida bog‘liqlik mavjud.

$$M = h \cdot N$$

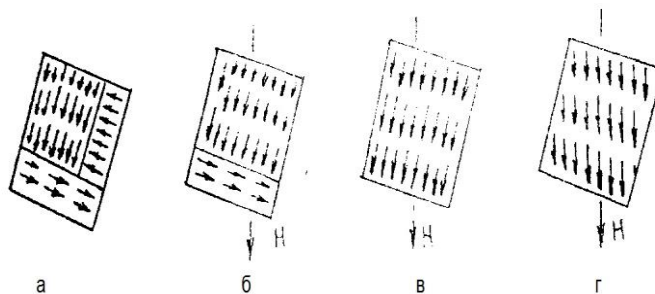
h-magnit qabul qiluvchanlik deyiladi va materialning magnit xususiyatlarini ifodalaydi.

Ferromagnitlarda $h \gg 1$ bo‘ladi. Bu sinfga kiruvchi Fe, Ni, Ca kabi metallarda va ularning qotishmalarida magnit maydon juda zo‘rayib ketadi.

Ferromagnitik kristalining panjarasidagi atomlar o‘zaro bir-biri bilan kuchli ta’sirlashadi. Bu ta’sirlashuv, asosan chetki qobiqdagi elektronlar orqali sodir bo‘ladi. Kristaldagi qo‘shni atomlarning elektron qobiqlari bir-birini ichiga kirib boradi, natijada atomlar bir-biri bilan elektronlar almashish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Bu ta’sirlashuv natijasida vujudga keladigan o‘zaro almashuvchi kuchlar tufayli elektronlarning spinmagnit momentlari o‘zaro paralel joylashadi. Natijada ferromagnitik ichida shunday sohachalar mavjud bo‘ladiki, bu sohachalardagi spinmagnit momentlar o‘z-o‘zidan (spontan) bir tomonga yo‘nalgan bo‘ladi. Bu sohachalarni domenlar deb ataladi. Domenlarni o‘lchamlari $10^{-3} - 10^{-4}$ Om chamasida bo‘ladi. Turli domenlarning magnit momentlari turlicha yo‘nalgan bo‘lib, tashqi magnit maydon bo‘lmagan holda ferromagnit parchasidagi barcha

domenlar magnit momentlarining vektor yig'indisi nolga teng bo'ladi. Shuning uchun har bir domendagi magnitlanish juda katta kuchli bo'lishiga qaramasdan ferromagnetik parchasi magnitlanmagan bo'ladi.

Tashqi magnit maydonning ferromagnetikka ta'sirini ko'raylik, tashqi maydon kuchlanganligi unchalik katta bo'lmaganda, domenlar chegaralarining siljishi sodir bo'ladi. Bunda magnit momentlarining yo'nalishlari tashqi maydon yo'nalishiga yaqinroq bo'lgan domenlar boshqa domenlar hisobiga kattalashadi.



Rasm a) maydon yo'q; b) kuchsiz maydon; v) kuchli maydon; g) to'yinish

Magnitli to'yinish shunday bo'ladiki, qachonki, domenlarning kattalashishi (o'sishi) tugaydi va barcha "spontan" magnitlashgan mikrokrstallik uchastkalar tashqi magnit maydoni tomonga qarab qolganda-yo'nalganda.

Mikrokrstallik ferromagnitlar magnitlashganda ularning chizgiy o'lchamlari o'zgaradi, bunga magnitostriksiya deyiladi.

Ferritlar oksidlarini qizdirib presslash (spekanie) yo'li bilan olinadi. Ularning elektr qarshiligi dielektriklarinikiga teng: $\rho = 10^{12}$ Om m. Shuning uchun bular yuqori radiochastotalarda va o'ta yuqori chastotalarda ishlatiladi: $\text{FeO}, \text{Fe}_2\text{O}_3$.

Markalanishi: 4000NM, 1000NN, 100VCh. Raqamlar nisbiy magnit qabul qiluvchanlikni ko'rsatadi, birinchi harf chastota diapazonini ko'rsatadi. N-past chastotali (nizkiy). VCh-yuqori chastotali (высоко частотный) ikkinchi harf legirlovchi elementni N-nikel'tsink, M-marganets-tsink.

4000NM, 1000NM (Mn-Zn guruhi)lar asosan chastotasi 1MGts gacha bo'lgan diapazonda, 1000 NMZ esa chastotasi 3MGts gachadagi diapazonda ishlatiladi.

Ni-Zn guruhidagi ferritlar, ya'ni 1000NN, 400NN yuqoriroq chastotada (<200MGts) ishlatiladi. 100VCh-yuqori chastotada (<800MGts)da ishlatiladi. Bundan yuqori chastotalarda SVCh ishlatiladi.

Magnit xususiyatlariga qarab, po'latlar va qotishmalar 2 guruhga bo'linadi:

1. Yumshoq –magnitli (ferromagnitlar) qaysilariki, kuchsiz magnit maydonlarida ham qayta magnitlanish va to'yinishi mumkin.

$H \approx 8 \dots 800$ A/m, magnit qabul qiluvchanligi $h = 10^3 - 10^6$ A/m.

2. Qattiq-magnitli: $N = 10^2 - 10^3$ A/m.

Yumshoq magnitli materiallarga texnik toza temir, elektrotexnik po‘latlar kiradi, bu po‘latda $Si \geq 4,5\%$

Dinamli-Si=0,5-2,3%

Transformatorli-Si=3,5-5,0%

Issiq holda prokatlangan elektrotexnik po‘lat. E11-E13, E21-E23, E43A, E45-E46. E-elektrotexnik po‘lat. Birinchi raqam kremniy miqdori-%. Ikkinchi raqam ishlatilish joyi: elektrotexnik va magnit xususiyatlarining garantiyalari. A-yaxshilangan.

Sovuq holda prokatlanganlar E310-E330, E3700, “0”-ko‘p yuqori teksturalangan. “00”- past (kam) teksturalangan degani.

Fe-Ni(permapoy) va Fe-Al-Si(olsifer) sistemalari yumshoq magnitli va h si yuqori. Bulardan transformator drossel detallari ishlab chiqariladi.

Qattiq magnitli materiallar-po‘latlar doimiy magnitlar uchun ishlatiladi. Tarkibida uglerod yetarli : EX3, EX5K5, EX9K15M2. E-magnitli po‘lat degani. ~1%-S, qolgan harflar legirlangan po‘lat kabi uqiladi.

Murakkab formadagi magnitlar va magnit yozuvi uchun lentalar quyidagi sistemadagi qotishmalardan yasaladi. Fe-Co-Mo (komop), Cu-Ni-Co(kushiko), F-V-Co(vakalloy). Markasi :12KMV12(komop). Legirlangan po‘latlar markalanishiga bo‘ysunmaydi: 12%-So, 6%-Mo, 12%W.

Doimiy magnitlar uchun asosan quyidagi qattiq magnitli qotishmalar ishlatiladi: Fe-Ni-Al sistemali So,Cu,Ti bilan legirlanadi: YuNKD24 (magniko) 14%-Ni,8%-Al,24%-Co,3%-Cu.

Kukun metallurgiyasi usulida Fe,Ni,Al va legirlovchi elementlardan kichkina o‘lchamli yuqori aniqlikdagi va toza yuzali magnitlar olinadi.

Istikbolli (perspektiv) yo‘nalish-bu nodir metallarning kobolıt bilan kimyoviy birikmasidir:SmCo₅,Sm(Co,Fe)₁₇. Bularning koeffitsenti “h” ancha samariy katta.

Maxsus magnit xossalari materiallar

Elektron hisoblash texnikasida va avtomatik qurilmalarda magnit xususiyatlaridan biri ya’ni chisterizisi to‘g‘rito‘rtburchak bo‘lgan materiallar keng qo‘llaniladi. Bu materiallarning gisterizisi iloji boricha to‘g‘ri to‘rtburchak(G.T.T.B), “Koertsitiv” kuchi mo‘ljaldagi va qayta magnitlash vaqti eng kichik bo‘lishi kerak.

Gisterizisi to‘g‘rito‘rtburchak(G.T.T.B)bo‘lgan materiallar olinishiga, holatiga va tarkibiga qarab: 1.Ferritlar; 2.Teksturlangan ferromagnit lentalar; 3.Yupqa ferromagnit plyonkalarga bo‘linadi.

G.T.T.B.li ferritlar o‘ta aniq tarkibi va olish texnologiyasi bilan ta’riflanadi. “VT” (выгислителъная texnika) va “P” (pryamougolnaya petlya gisterzisi) bilan markirovkalanadi. Bu harflardan oldingi raqamlar “koertsitiv”kuchi ersted birligida ko‘rsatadi: 1,75Vt ,1,5Vt, 0,9Vt, 100P, 101P. Bular hisoblash qurilmalarining xotira elementlarini yasash uchun ishlatiladi.

G.T.T.B.li teksturalangan ferromagnit lentalar keng temperaturalar diapazonida ishlaydigan apparaturalarda qo‘llaniladi. Bular Fe-Ni va Fe-Ni-Co qotishmalari bo‘lib Cr,Si,Mo,Cu bilan legirlangan. Teksturalash u qalinligi $t=0,1\div 0,005\text{mm}$ bo‘lgan lentalar maxsus termomagnit ishlanadi. Markalanishi:50NP,65NP,79NM. Hozirda qalinligi birnecha mikrometrli o‘ta yupqa lentalar ham olinmoqda. Bular tez ishlaydigan va yuqori puxtalikdagi qurilmalar uchun prokatka qilib olinadi.

G.T.T.B.li ferromagnit plyonkalar ixcham (malogabarit) EHMLlarda va operativ xotirali qurilmalarda ishlatiladi. Bularning qayta magnitlash vaqti juda kam: sekundning o‘ndan bir ulushi bilan bir necha nanosekundgacha. Qalinligi $t=10\div 100\text{nm}$ bo‘lgan plyonkalar Fe-Ni va Fe-Ni-Co larni vakuumda parlatib neorganik taglikda olinadi.

Asosiy magnit-yumshoq materiallar.

Material	Tarkibi	Koertsitiv kuchi Ns_1 A/m
80NM(supermolon)	80%-Ni,5%-Mo qolgani Fe	0,3
79NM(nikelъmolib denli permoloy)	79%-Ni,4%-Mo qolgani Fe	2,4
Armko-temir	100%-Fe	40-100
3413(E330)	3,5%-Si qolgani Fe	50
Ni-Zn(ferrit)	(Ni,Zn)O Fe ₂ O ₃	8-1700
10SYu(sendast)	95%-Si,5,5%-Al qolgani Fe	1-2

Magnit materiallar yordamida magnit oqimi keskin kuchaytiriladi. Magnit oqimidan past kuchlanishli toklar yuqori kuchlanishli toklarga, yoki elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantirishda va elektr energiyasini shunga o'xshash tarzda generatsiyalashda foydalaniladi.

Tashqi magnit maydoni ta'sirida magnitlanish xossasiga ega materiallar magnit materiallari deb ataladi. Asosiy magnit materiallarga nikel, kobalt va toza temir asosidagi turli qotishmalar misol bo'ladi. Texnika ahamiyatga ega magnit materiallarga ferromagnit materiallar va ferromagnit kimyoviy birikmalar (ferritlar) kiradi.

Materiallarning magnit xossalari elektr zaryadlarining ichki harakatida bo'lib, bunda zaryadlar elementar aylanma tok ko'rinishida ifodalanadi. Bunday aylanma toklar elektronlarning o'z o'qi atrofida aylanishi (elektron spinlar) hamda ularning atom ichida orbita bo'ylab aylanishidan hosil bo'ladi. Ferromagnit hodisasi ba'zi materiallarning ichki mikroskopik qismida kristall strukturalar tashkil qilishi bilan bog'liq bo'lib, bunday strukturalar magnit domenlari deyiladi. Bunda elektron spinlar o'zaro parallel ravishda bir tomonga yo'nalgan bo'ladi.

Jismning ferromagnitlik holatda bo'lishini ifodalovchi xususiyati tashqi magnit maydoni ta'sirida uning o'z-o'zidan (spontan) magnitlashishidan iboratdir. Ferromagnit magnit momentlarining ba'zi domenlari ichidagi spinlar turli yo'nalishga ega bo'lishi mumkin. Tashqi muhitda bo'lgan bunday materiallarning umumiy magnit oqimi nolga teng bo'ladi.

Ba'zi materiallar (qatlam chegaralari orasidagi qalinlik bir necha o'n-yuz atom masofasiga teng bo'lganda) da domenlarning o'lchami taxminan 0,001-10 mm³ oralig'ida bo'ladi. O'ta toza materiallarda esa domenlarning o'lchami yuqorida keltirilgan qiymatdan ham kattaroq bo'ladi.

Ferromagnit moddalarning monokristallari magnit anizotropiyasi bilan xarakterlanadi. Magnit anizotropiyasi turli o'qlar yo'nalishida magnitlanishning turli qiymatlari bilan ifodalanadi.

Polikristall magnetiklarda anizotropiya keskin ifodalangan hollarda ferromagnitik magnit teksturaga ega bo'ladi. Kerakli magnit tekstura olish orqali materialda ma'lum yo'nalishda yuqori magnit xarakteristikaga erishishi mumkin.

Tashqi magnit maydoni ta'sirida ferromagnit materialning magnitlanish jarayoni quyidagicha kechadi: 1) magnit momenti maydon yo'nalishi bilan kichik burchak hosil qilgan domenlar kattalashadi va boshqa domenlar o'lchami kichrayadi; 2) magnit momentlari maydon yo'nalishi uzra buriladi va bir xil yo'nalishga ega bo'ladi. Magnit to'yinishi domenning kattalashishi to'xtaganda va o'z-o'zidan magnitlangan barcha monokristall qismlarning magnit momenti maydon uzra yo'nalganida sodir bo'ladi.

Ferromagnit monokristallari magnitlanayotganda ularning chiziqli o'lchamlari o'zgaradi. Bu hodisa magnit-striksiya deyiladi. Temir monokristallining magnit-striksiyasi kristallning har xil yo'nalishlarida turlicha bo'ladi.

Ferromagnit materialining magnitlanish jarayoni gisterezis egri chizig'i $B(H)$ bilan ifodalanadi va u barcha ferromagnitlarda bir-biriga o'xshash bo'ladi.

Materiallarning nisbiy magnit singdiruvchanligi magnit induksiyasi (B) ning magnit maydoni kuchlanganligiga nisbati bilan aniqlanadi:

$$\mu_r = \frac{B}{\mu_0 H}$$

Magnit materiallarning magnit singdiruvchanligi birdan yuqori $\mu_0 \gg 1$ ($\mu_r = \mu_0 \cdot \mu$, $\mu_0 = 1,2566 \cdot 10^{-6}$ Gn/m) bo'ladi.

Ferromagnit materiallarning magnit singdiruvchanligi haroratga bog'liq bo'lib, Kyuri nuqtasiga yaqin qiymatlarda μ_r o'zining yuqori qiymatiga erishadi. Kyuri nuqtasidan yuqori haroratlarda spontan magnitlanish sohasida issiqlik harakati buzilib, materialning magnit xossasi yo'qoladi. Chulg'amda magnit o'zak bo'lmaganda magnit induksiya qiymati undan o'tayotgan tok hisobiga sodir bo'ladi. Agar chulg'amga magnit o'zak kiritsak, elektr toki hisobiga sodir bo'ladigan magnit maydoni o'zakni yanada magnitlab, qo'shimcha kuch chiziqlari hosil bo'lishi natijasida magnit induksiyasining yoki magnit oqimining keskin oshishiga olib keladi. O'zak kesim yuzasidan hosil bo'ladigan qo'shimcha kuch chiziqlari qayta magnitlanish deyiladi va i bilan belgilanadi.

Bu qiymat magnit maydon kuchlanganligi (H) va magnit material sifatini (x) ga yoki jismning magnit qabul qilish koeffitsienti $j=xH$ ga bog'liq. Chulg'amga magnit o'zak kiritilgandan so'ng magnit induksiyasining ko'paygan qiymati quyidagicha bo'ladi:

$$B' = \mu_0(H + j) = \mu_0(H + xH) = \mu_0 H(1 + x) = \mu' H,$$

bunda: $\mu' = \mu_0(1+x)$ – magnit materialining magnit singdiruvchanligi.

Magnit material sifatini aniqlashda nisbiy magnit singdiruvchanlik kattaligidan foydalaniladi:

$$\mu = \mu' / \mu_0 = 1 + x$$

Magnit singdiruvchanlik chulg'amga magnit o'zak kiritilganda magnit oqimining ko'payishini bildiradi. Bu yuksalish bir necha o'n ming martagacha ortadi.

Uzunligi L , kesim yuzasi S bo'lgan o'zakning magnit qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{\mu} = L / \mu' S = L / \mu \cdot \mu_0 S.$$

Shunday qilib, g'altakka o'zak kiritilishi natijasida magnit qarshiligi μ ga bog'liq ravishda kamayadi.

Magnit singdiruvchanligi bo'yicha barcha qattiq jismlar sust (diamagnit $\mu < 1$, paramagnit $\mu < 1$) va kuchli magnit materiallarga (ferromagnit $\mu \gg 1$) bo'linadi. Magnit materiallari sifatida kuchli magnit materiallar qabul qilinib, ular magnit maydon kuchlanganligiga kuchli ravishda bog'liq bo'ladi. Magnit induksiyasi B va magnit maydon kuchlanganligi H o'rtasidagi bog'liqlik $[B=f(H)]$ magnit materialining magnitlanish egri chizig'i deb ataladi. Bunda magnit materiali $H=H_T$ qiymatda to'yinadi.

Magnit singdiruvchanlikning haroratga qarab o'zgarishi magnit singdiruvchanlikning harorat koeffitsienti bilan aniqlanadi:

$$TK\mu_r = \alpha\mu_r = (1/\mu_r t)(d\mu_r / dt).$$

Agar ferromagnit tashqi magnit maydoni ta'sirida asta-sekin magnitlansa va ma'lum qiymatdan so'ng maydon kuchlanganligi pasaytira borilsa, induksiya ham kamaya boradi. Lekin bu kamayishi asosiy chiziq bo'ylab emas, balki ma'lum kechikish bilan (gisterizis hodisasi tufayli) ro'y beradi. Maydon kuchlanganligi teskari yo'nalishda oshirilganda material magnitsizlanishi, o'ta magnitlanishi mumkin va magnit maydon yo'nalishi yana o'zgartirilsa, induksiya yana asl holatiga qaytadi, ya'ni gisterizis halqasi paydo bo'ladi.

Magnit materiali bo'lmaganda o'ramlari soni n ta bo'lgan sim chulg'amidan tok o'tkazish orqali magnit oqimi hosil qilish mumkin. Agar o'ramdagi simning kesim yuzasi S , chulg'am uzunligi L bo'lsa, magnit oqimi F quyidagicha aniqlanadi:

$$F = \mu_0 n j S / L$$

yoki boshqacha ko'rinishda:

$$F = F / R_{\mu} V b,$$

bunda: F – magnit yurituvchi kuch, A; $R_{\mu} = L / \mu_0 S$ – magnit qarshilik, Gn^{-1} .

Magnit oqimining zichligi yoki magnit induksiyasi:

$$B = F / S = \mu_0 H V b / m^2.$$

Magnit materiali uchun chizilgan $B=f(H)$ xarakteristikadan foydalanib, magnit singdiruvchanlik μ_r ning magnit maydon kuchlanganligi (H) ga bo'lgan bog'liqligi aniqlanadi.

Agar magnit maydon kuchlanganligi va magnit induksiyalari nolga teng bo'lsa, ularning nisbati mavhum bo'lib qoladi. Tajribadan aniqlanishicha, kuchsiz magnit maydonida μ_r qiymati ma'lum boshlang'ich singdiruvchanlik μ_{rb} ga intiladi. Magnit maydonining ma'lum qiymatida magnit singdiruvchanlik (μ_{rmax}) o'zining yuqori qiymatiga erishadi. Maydon kuchlanganligi yanada oshirilsa, magnit materialining qiymati pasaya boradi.

Demak, magnit materialida magnit singdiruvchanlik o'zining aniq bir qiymatiga ega bo'lmay, balki magnit maydon kuchlanganligiga juda ham bog'liq ekan. Shu sababli, magnit materialining μ_r qiymati keltirilganda magnit maydon kuchlanganligi (H) ham ko'rsatilishi shart.

Magnit maydon kuchlanganligi o'zining H_m qiymatidan kamaytirilsa, (induksiya B_m gacha), gisterezis hodisasi kuzatiladi, ya'ni magnit induksiyasining kechikishi maydon kuchlanganligining o'zgarishiga bog'liq bo'ladi. Maydon kuchlanganligi nolga teng bo'lganida magnit induksiyasi qandaydir qoldiqqa ega bo'lib, u induksiya qoldig'i (B_r) deyiladi. Induksiya qoldig'iga magnit maydon kuchlanganligining teskari yo'nalishida, unung $H_c=0$ qiymatida erishiladi, bunda H_c koersitiv kuch deb ataladi.

Agar xarakteristikada maydon kuchlanganligi $- H_{max}$ qiymatidan $+ H_{max}$ qiymatigacha qaytarilsa, magnit maydonining gisterezis halqasi kelib chiqadi. Gisterezis hodisasida atomlarining o'z o'qi atrofida aylanishi natijasida materialda ichki ishqalanish sodir bo'ladi. Bu hodisa, gisterizisda sodir bo'luvchi energiya isrofi deb ataladi. Ferromagnitliklarning o'zgaruvchan magnit maydonida qayta magnitlanishi issiqlik energiyasi isrof bo'ladi. Magnit materiali massasida induksiyalangan *quyuq tok* dielektrik isroflarni keltirib chiqaradi. Quyuq tokda sodir bo'ladigan isroflar ferromagnetikning elektr qarshiligiga bog'liq magnit materialidagi umumiy energiya isrofi quyidagicha aniqlanadi:

$$P_m = P_h + P_i.$$

Kuchsiz toklar sohasida quyidagi qiymatdan foydalaniladi:

$$Q = \omega L / r,$$

bunda: ω - burchak chastota, Gs; L – chulg'am induktivligi, Gn; r -o'zakdagi ekvivalent qarshilik, Om.

Magnit materialidagi energiya isrofining qiymati $B=f(H)$ xarakteristikasidagi gisterezis halqa yuzasi bilan aniqlanadi. Magnit materialidagi energiya isrofi chastota ortishi bilan keskin ko'payadi. Bu esa yuqori chastotaga mo'ljallangan magnit materiallari ishlab chiqarishda katta qiyinchiliklar tug'diradi. P_m ni kamaytirish maqsadida qiymati yuqori bo'lgan magnit materiallar qo'llaniladi. Magnit materialining asosiy xarakteristikasini ifodalovchi μ_r qiymati maydon kuchlanganligiga bog'liq bo'lib, material qizishi natijasida bu qiymat keskin kamayadi. Kyuri nuqtasida material o'zining ferromagnitlik xossasini yo'qotadi $\mu_r \rightarrow 0$. Bundan tashqari, chastota ortishi natijasida materialda sodir bo'ladigan qyun toki hisobiga magnitsizlanish ro'y beradi.

Ferromagnit turkumdagi asosiy materiallarning magnit xususiyatlari 18-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Meta ll	μ_{\max}	$\mu_{0j\max}$, Bb/m ²	H_c , A/m	B_r, B_0 / m ²	Kyuri nuqtasi, °C
Temir	10000-15000	2,163	0,0015-0,004	1,1	787
Nikel	1120	0,64	0,012	0,33	358
Kobalt	174	1,77	0,10	0,34	1115

Yumshoq magnit materiallar

Magnit materiallar yumshoq va qattiq turlarga bo'linadi. Yumshoq magnit materiallardan magnitli o'tkazgichlar tayyorlanadi. Bu materiallarning magnit singdiruvchanligining boshlang'ich qiymati katta bo'lishi kerak. Yumshoq magnit materiallarida solishtirma qarshilik nisbatan katta qiymatga, koerisitiv kuch ($H_c < 0,1$ A/m) esa kichik qiymatga ega bo'lishi kerak. Bu materiallarga sof temir, temirning kremniy, nikel va kobalt bilan qotshimalarini misol tariqasida keltirish mumkin.

Texnik sof temir. (qo'shimchalari 0,1%) oddiy pechlarda olinadi. Uning ayrim magnit xossalari jadvalda keltirilgan. Bu temir o'zgaruvchan tok zanjirida ishlatiladigan elektr magniti yoki rele uchun o'zaklar tayyorlashda ishlatiladi. Ular varaq yoki silindr shaklda yupqa (0,2-4mm) qilib tayyorlanadi.\

2-jadval

Turlicha ishlov berilgan temirning tarkibi va magnit xossalari

Material	Qo'shimchalarning miqdori, %		Magnit xossalari		
			Magnit singdiruvchanlik		Koerisitiv kuch, H_c , A/m
	Uglerod	Kislorod	μ_{rb}	μ_{ryu}	
Texnik sof temir	0,020	0,060	250	700	64,0
Elektrolitik temir	0,020	0,010	600	1500	28,0
Karbonil temir	0,005	0,005	3300	2100	9,4
Vakuumda eritilgan elektrolitik temir	0,010	-	-	6100	7,2
Vodorodda ishlov berilgan temir	0,005	0,003	6000	20000	3,2
Vodorodda yaxshilab ishlov berilgan temir	-	-	2000	34000	2,4

Texnik sof temir (qo'shimchalari 0,02%) ning asosiy fizik xossalari quyidagicha:

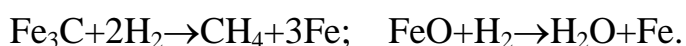
Zichligi.....7880kg/m³
 Erish harorati.....1539°C
 Solishtirma issiqlik sig'imi.....0,46KJ/kg·K
 Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti.....71,5 Vt/m·K
 Chiziqli kengayish koeffitsienti11,6·10⁻⁶K⁻¹
 Solishtirma qarshiligi.....0,1 mkOm·m
 Qayishqoqlik moduli.....210 MPa
 Kyuri nuqtasidagi harorat.....770°C

O'zgarmas tokda ishlaydigan elektr mashinasida qo'llaniladigan temir tarkibida C, Si, Mn kabi qo'shimchalarning miqdori 1,2-1,5% gacha, kam legirlangan po'lat tarkibida esa C, Ni, Cr larning miqdori 2,5-5% gacha bo'ladi. Bu materiallarda mexanik mustahkamlik o'sishi bilan bir qatorda, magnitlanish xususiyati birmuncha yomonlashadi.

Elektrolitik temir texnik sof temirni elektroliz qilish usuli orqali olinadi. Bunday temirning tarkibidagi qo'shimchalarning umumiy miqdori 0,05% dan oshmaydi. Elektrolitik temirga ishlov berib, zarralarining o'lchami 50-100mkm bo'lgan kukun olinadi. Bu kukunni bosim ostida ishlash orqali undan o'zaklar tayyorlanadi. Ular chastotasi 100-1000Gs atrofida bo'lgan asboblarda qo'llaniladi.

Karbonil temir pentakarbonil $[Fe_2(CO)_5]$ suyuqligi ni 200-250°C haroratda kimyoviy parchalash orqali olinadi. Karbonil temir mayda kukun ko'rinishida bo'lib, undan yuqori chastotali magnit o'zaklar tayyorlanadi. Kichik shar shakldagi zarrachalar o'zakda sodir bo'ladigan quyun toki miqdorini keskin kamaytiradi.

Vodoroda 1480°C da 30-40 minut davomida kuydirilgan sof temir birikmasidan uglerod va kislorod ajralib chiqadi:



Mazkur temir o'ta tozaligi bilan ajralib turadi; kuchsiz magnit maydonida bu materialning μ_r qiymati yuqori bo'ladi. Temir monokristali o'ta yuqori magnitlanish xossasiga ega.

Kremniyli elektr texnik po'lat temir va kremniy qotishmasidan iboratdir. Undan tayyorlangan listlar elektr texnik po'lat listlar deyiladi. Bu po'lat asosiy magnit materiallaridan biri bo'lib, sanoat chastotasida ishlaydigan elektr mashina va apparatlarida keng qo'llaniladi. Temir tarkibiga kremniy kiritishdan asosiy maqsad materialning solishtirma qarshiligini oshirish va undagi quyun toki miqdorini cheklashdan iboratdir. Kremniy elementi temirning magnit xossalarini deyarli o'zgartirmagan holda P qiymatini sezilarli darajada oshiradi.

Elektr texnik po'latning fizik xossalari:

Zichligi.....7800kg/m³

Tarkibidagi kremniy miqdori.....0,4-2,8%

Solishtirma qarshiligi(0,14-0,50)·10⁶ Om·m

Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti.....0,46-0,25Vt/(m·K)

Kremniy temir tarkibidagi uglerod va kislorod birikmalarini yemiradi:



3-jadval

Elektr texnik po'latlarning tarkibidagi kremniy miqdoriga nisbatan zichligi va solishtirma qarshiligi

Po'latning kremniy bilan legirlanish darajasi	Markasidagi ikkinchi raqam	Zichligi, $\times 10^3$ kg/m ³	Solishtirma elektrik qarshiligi mkOm·m
Legirlanmagan	0	7,85	0,14
Kam legirlangan	1	7,82	0,17
O'rtachadan kam legirlangan	2	7,80	0,25
O'rtacha legirlangan	3	7,75	0,40
Yuqori darajada legirlangan	4	7,65	0,50
O'ta yuqori darajada legirlangan	5	7,55	0,60

Tarkibidagi kremniy miqdorining ortishiga qarab temir xossalarning o'zgarishi:

Si, %	γ , kg/m ³	μ_b	$(\mu_{bj})_{\max}$, Bb/m ²	H_c , A/m	ρ , mkOm·m
0	7800	150	2,15	0,0160	0,10
2	7750	200	2,06	0,0046	0,40
4	7550	400	1,97	0,0040	0,62

Yupqa listli elektr texnika po'lati quyidagicha tasniflanadi:

Struktura holati va prokatlash turi bo'yicha (markadagi birinchi raqam): 1- qizdirib shakl berilgan, izotropli; 2- sovuqlayin shakl berilgan, izotropli; 3- sovuqlayin shakl berilgan, anizotropli;

Tarkibidagi kremniy miqdori bo'yicha (markadagi ikkinchi raqam): 0- kremniy miqdori 0,4% gacha (legirlanmagan);

1- 0,4% < Si ≤ 0,8%;

2- 0,8% < Si ≤ 1,8%;

3- 1,8% < Si ≤ 2,8%;

4- 2,8% < Si ≤ 3,8%;

5- 3,8% < Si ≤ 4,8%

Asosiy xarakteristikasi bo'yicha (markadagi uchinchi raqam) : O- magnit induksiyasi 1,7 Tl va chastotasi 50 Gs bo'lgandagi solishtirma isroflar $P_{17/50}$; $1=P_{1,5/50}$; 2- $P_{1/400}$; 6- maydon kuchlanganligi 0,4 A/m bo'lgan kuchsiz magnit maydonidagi magnit induksiyasi ($B_{0,4}$); 7- maydon kuchlanganligi 10 A/m bo'lgan o'rtacha magnit maydonidagi magnit induksiyasi (B_{10}).

Po'lat o'ram, varaq va tasma ko'rinishida ishlab chiqariladi. Ular izolyatsiya qoplamli bo'lib ham chiqariladi. Po'latlar apparat, transformator, elektr mashinasi va asboblarning magnit zanjirlarida qo'llaniladi. Teksturlangan po'latlar transformatorlar o'zagi uchun ishlatiladi. Bunday po'latdan foydalanish quvvatli transformatorlar hajmi va tashqi o'lchamini 20-25% kamaytirish imkonini beradi, radio transformatori hajmini esa 40% gacha kichraytiradi. Elektr texnik po'latlarning tarkibidagi kremniy miqdoriga nisbatan zichligi va solishtirma qarshiligi 20-jadvalda keltirilgan.

Permalloy temir-nikel qotishmasi bo'lib, uning boshlang'ich magnit singdiruvchanligi nisbatan yuqoridir. Tarkibida nikel miqdori 70-83% bo'lgan permalloylar yuqori nikelli, 40-50% bo'lgan permalloylar esa past nikelli permalloylar deyiladi.

Tarkibida 2% molibden bo'lgan permalloyning p qiymati katta bo'lib, u yaxshi magnitlanish xususiyatiga egadir. Permalloydan qalinligi 0,1-0,5 mm li varaqlar tayyorlanadi. Kukun ko'rinishidagi permalloygga bosim ostida ishlov berib, o'zaklar tayyorlanadi. Bunday o'zaklar 100 kGs chastota bilan ishlaydigan uskunalarda qo'llaniladi.

Alsifer – temirning kremniy va alyuminiy (9,5% Si, 5,6% Al, 84,9% Fe) bilan birgalikdagi qotishmasidir. Bu qotishma qattiq va mo'rt bo'lib, undan murakkab shaklli quymalar olinadi. Alsiferning asosiy xossalari: $\mu_{r6}=35500$, $\mu_{rt}=120000$, $H_c=1,8$ A/m, $\rho=0,8$ mk·Om. Alsiferdan magnitli ekran, asboblarning ustki qismi va boshqa mahsulotlar quyish usuli bilan tayyorlanadi.

Qo'llanilishi magnit xossalarning u yoki bu xususiyatlariga asoslangan materiallarni alohida turkumga kiritish mumkin. Bunday materiallarga quyidagilar misol bo'ladi: 1) maydon kuchlanganligi o'zgarganda magnit singdiruvchanligi juda kam o'zgaradigan qotishmalar; 2) magnit singdiruvchanligi haroratga kuchli ravishda bog'liq bo'lgan qotishmalar; 3) to'yintirish induksiyasi o'ta yuqori bo'lgan qotishmalar.

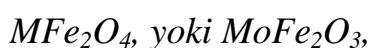
Birinchi turdagi qotishmalarning nomi perminvar bo'lib, uning tarkibida 29,4% Fe, 45% Ni; 25% Co va 0,6% Mn bor. Mazkur qotishma 1000°C da yumshatiladi, keyin 400-500°C da ushlab turiladi va asta-sekin sovutiladi. Perminvarning boshlang'ich magnit singdiruvchanligi 300ga teng. Perminvar harorat ta'siriga va mexanik kuchlanishlarga sezgir materialdir.

Ikkinchi turga Ni-Cu, Fe-Ni yoki Fe-Ni-Cr asosidagi termomagnit qotishmalar kiradi.

Uchinchi turga temir-kobalt qotishmalari kiradi. Tarkibida 50-70% Co bo'lgan mazkur qotishmalar permendyurlar deb ataladi. Permendyurlarning narxi qimmatroq bo'lganligi tufayli ulardan faqat maxsus apparatlarda, xususan, dinamik reproduktorlar, ossillograflar, telefon membranalarida foydalaniladi.

Ferritlar. Tarkibida, temirdan tashqari, ikki va undan ko'p valentli metall (Ni, Co, Mn, Zn, Cu, Cd, Pb, Mg) oksidlari ham bo'lgan birikmalar ferritlar deyiladi. Ular qisman elektronli elektr o'tkazuvchanlik xossasiga ham egadir. Ferritning kristall panjarasi kub shaklida bo'ladi. Odatda, yaxlit ferrit tayyorlash uchun ferrit kukuniga polivinil spirti plastifikatori qo'shiladi va bu massa yuqori bosimda qoliplanadi. Uning solishtirma qarshiligi sof temirning solishtirma qarshiligiga nisbatan 10^5-10^6 barobar yuqoridir. Shu sababli, ferritda quyun toki hisobiga sodir bo'ladigan isroflar keskin kamayadi va materialni yuqori chastotalarda ham ishlatsa bo'ladi. Ferritning magnit singdiruvchanligi sof temirnikiga nisbatan 10^2-10^3 barobar yuqori bo'lganligi uchun undan tayyorlanadigan o'zaklar hajmini keskin kichraytirish mumkin. Ferritdagi (μ_{rjm}) qiymatlar ferromagnit (yoki oddiy metall) dagiga nisbatan juda kichik bo'lgani uchun, u past chastotali asboblarda ham qo'llaniladi.

Ferrit tarkibi oddiygina qilib quyidagicha ifodalanadi:



bunda: M- ikki valentli biror metall.

Ferritlar tarkibidagi qo'shimchalarga mis, ruh, nikel-ruh, marganes-ruh misol bo'ladi. Ular elektr texnikada keng miqyosda qo'llanilmoqda. Ferritlarda Kyuri nuqtasidagi harorat ancha past, ya'ni $100-150^\circ\text{C}$ atrofida bo'ladi. Uning solishtirma og'irligi $3700-4800 \text{ kg/m}^3$ atrofida bo'lib, asosiy xossalari 21-jadvalda keltirilgan.

Ferritning gisterezis halqasi to'g'ri burchakka yaqin bo'lishi uni maxsus apparatlarda qo'llash imkonini yaratadi. Ferrit, asosan, aloqa, radiotexnika, hisoblash texnikasi, avtomatika asbob-uskunalarida keng miqyosda qo'llaniladi.

4-jadval

Navi	μ_{rb}	μ_{max}	$H_r, A/m$	B_r, T	$I_n, MG/s$	$T_k, ^\circ C$	$\rho, Om \cdot m$	$\gamma \times 10^3, \text{ kg/m}^3$
------	------------	-------------	------------	----------	-------------	-----------------	--------------------	--------------------------------------

Ferrit o'zaklarining xossalari 22-jadvalda keltirilgan.

5-jadval

Ferrit o'zaklarining xossalari

Material	H_c A/m	Br, Tl	k_n	S_q , mkKl/m	
Turli navdagi ferritlar	10-1200	0,15-0,25	0,9	25-55	110-630
Permalloyli o'zaklar (tasmaning qalinligi 2-10 mkm)	8-50	0,6-1,5	0,85-0,9	25-100	300-630

Konstruksion cho'yan va po'latlar asbobsozlik, apparatsozlik va elektr mashinasozligida keng qo'llaniladigan materiallardir. Magnit xossalariga ko'ra ular magnitli (kulrang cho'yan, uglerodli va legirlangan po'lat) va magnitsiz turlarga bo'linadi.

Kulrang cho'yan tarkibida 3,2-3,5% uglerod, kremniy, marganes, fosfor va oltingugurt bo'ladi. Bu materialning egilishdagi mustahkamligi 200-450 MPa. Undan elektr mashinalarning korpusi, asosi va shu kabi detallar tayyorlanadi.

Odatda, quymalar olishda tarkibida 0,08-0,2% uglerodi bo'lgan, uglerodli po'latdan foydalaniladi. Bunda quymalar 85-900°C haroratda sekin-asta yumshatiladi. Maxsus elektr mashinalarida, shuningdek, konstruksiyasi yengillashtirilgan mashinalarda nikel, vanadiy, xrom va molibden bilan legirlangan po'latlar ishlatiladi. Bu po'latlarning egilishdagi mexanik mustahkamligi 500-950 MPa oralig'ida bo'ladi.

Qattiq magnit materiallar

Qattiq magnit materiallar tarkibi, holati va olinish ussulariga ko'ra quyidagicha tasniflanadi: 1) legirlangan martensit po'latlari; 2) quyma qattiq magnit qotishmalari; 3) kukunlardan tayyorlangan magnit; 4) qattiq magnitli ferritlar; 5) egiluvchan qotishmalar va magnit tasmalari. Qutblar orasida havo bo'shlig'i mavjud bo'lganida energiyaning bir qismi magnit materiali hajmidan tashqaridagi maydon bilan bog'liq bo'ladi. Mazkur energiyaning qiymati bo'shliqning uzunligiga bog'liq. Magnit qutblarining magnitsizlanishi hisobiga oraliqdagi induksiya B_d qoldiq induksiya B_r ga nisbatan kichikroq bo'ladi.

Havo oralig'idagi solishtirma magnit energiyasi :

$$W_d = B_d H_d / 2,$$

bunda: $H_d - B_d$ induksiyaga mos keladigan maydon kuchlanganligi.

Tutashtirilgan magnitda $B_d = B_r$, $H_d = 0$ bo'lgani sababli, mazkur energiya nolga tenglashadi. Agar qutublar oralig'i juda katta bo'lsa, $B_d = 0$, $H_d = H_c$ bo'lganligi sababli bunda ham energiya nolga intiladi.

Qandaydir B'_d , H'_d qiymatlarda energiya o'zining eng yuqori qiymatiga erishadi:

$$W_{max} = B'_d \cdot H'_d.$$

Bu ifoda bilan magnitdan eng yaxshi foydalanish imkoniyati aniqlanib, u o'zgarmas magnitlar tayyorlashda ishlatiladigan materiallarning sifatini aniqlaydigan muhim xarakteristika hisoblanadi.

Po'lat tarkibiga volfram yoki xrom kabi metallar kiritilsa, martensit tuzilishli material hosil bo'ladi. Bunda po'latning doimiy magnit eskirish jarayoni susayadi. Volframli po'lat tarkibida 0,6% C, 5-6% W, xromli po'lat tarkibida esa 1% C, 1,0-3% Cr bo'lib, ularning xossalari uglerodli po'latnikiga nisbatan ancha yaxshilangan. Mazkur materiallarning magnit xossalari: $H_c = 0,45-0,5$ kA/m, $B_r = 0,9-1,1$ Bb/m², $W_g = 0,9-12$ kJ/m³.

Elektr texnikada magnit materiali sifatida ilk bor qo'llanilgan qotishma *alni* deb atalgan. Uning tarkibi 11-16% Al, 24-30% Ni, 54-65% Fe elementlaridan iborat. Alning H_c qiymati uglerodli po'latnikiga nisbatan 10 barobar yuqori. Juda qattiq material bo'lganligi sababli, alniga mexanik ishlov berib bo'lmaydi. Alnidan magnit quyish usuli bilan olinib, kerakli tuzilish sovitish jarayonida hosil qilinadi. Uning magnit xossalari quyidagicha: $H_c = 4-4,5$ kA/m, $B_r = 0,55-0,65$ Vb/m², $W_g = 5$ kJ/m³.

Alniko qotishmasi alniga o'xshash bo'lib, uning tarkibida 5-10% CO va 6% Cu qo'shimchalar bor. Alnikoning magnit xossalari: $H_c = 4,0-4,5$ kA/m, $B_r = 0,7-0,8$ Bb/m², $W_g = 6,0-7,0$ kJ/m³.

Magniko qotishmasi alnikodan tarkibidagi kobalt miqdorining nisbatan ko'pligi bilan (10%Al, 17% Ni, 24% CO, 6% Cu, 43% Fe) farqlanadi. Magnikoning magnitlik xossalari: $H_c = 4,0-4,5$ kA/m, $B_r = 1,2-1,3$ Bb/m², $W_g = 16-20$ kJ/m³.

Qotishma magnit xossalarining yaxshilanishi, uning tarkibi bilangina emas, balki maxsus ishlov berish – quymani kuchli maydon ta'sirida sovitish jarayoni bilan ham aniqlanadi.

Alni, alnico va magniko qotishmalarining kamchiligi ulardan aniq o'lchamli kichik mahsulotlar tayyorlashning mushkulligidir.

Platinali qotishmalar temir yoki kobalt tarkibiga 77-78% platina qo'shish orqali olinadi. Bu materialda H_c qiymati keskin oshib, induksiya qiymati esa pasayadi. Uning magnit xossalari (temirli qotishmada): $H_c=12,5$ kA/m; $B_r=0,58$ Bb/m²; $W_g=12$ kJ/m³; kobaltlisida esa $H_c=21$ kA/m, $B_r=0,45$ Bb/m², $W_g=15 \cdot 10^3$ kJ/m³ platinali qotishmalarning qoldiq induksiyasi kichik qiymatga ega. Narxi balandligi sababli, bu materiallar maxsus apparatlarda juda kichik hajmli magnitlar tayyorlashda qo'llaniladi.