

ELEKTROTEHNIČNI MATERIALI RAZDELITEV

Razdelitev po funkciji materiala:

- **Aktivni el. mat.** -direktno sodelujejo pri dogajanju elek. in magnetne narave: Vodnik, kontakt, uporovi materiali, katode, železna jedra, tuljave.Vodenje elek.toka, odpiranje in zapiranje tokokrogov, pretvarjanje el. energije v toplotno,emitiranje e^- , razdelitev mest z različnimi potenciali, vodenje magnetnega pretoka.
- **Konstruktivski materiali** -mehanska povezava aktivnih mat. v funkcionalno celoto (ohišja, ročice, gredi itd.)
- **Pomožni materiali** : hladilna sredstva, laki, maziva, olja in dr.

RAZDELITEV PO VRSTI MATERIALA

- **Kovinski materiali:** kovinski elementi + nekovinske primesi (C, N, O).
- **Zlitine:** imajo več kovinskih elementov.
- **Keramični materiali:** so anorganski, nekovinski elementi (porcelan, abrazivi, emajli, stekla) in moderna keramika: (magnetni mat., neoksidna keramika, feroelektriki, monokristali)
- **Umetne mase** so polimeri(organske verige ali mreže) in aditivi (polnila, mehčala, stabilizatorji)
- **Kompoziti** kombinacija več materialov v cilju boljših lastnosti (sinergijski učinek), E
- **Elektronski mat.**- uporabljamo jih v submikroskopski ali molekulski tehniki (molekule, monokristali, primesni atomi)

SUBMIKROSKOPSKA ZGRADBA SNOVI

Sile med atomi so električne narave. Atomi se povezujejo preko valenčnih e^- v molekule.

MEDATOMSKA SILA

Lastnosti trdnin so odvisne od vrste atomov, ki jih sestavljajo in od njihovega gibanja; Submikroskopska zgradba je odvisna od narave vezi (Kovine-kovinska vez, keramika -ionska, polimeri-kovalentan vez)

IONSKA (heteropolarna) VEZ

Med atomi alkalne skupine periodnega sistema elementov(**H, Li, Na**)-v valenčni lupini imajo $1e^-$ in atomi halogenih elementov (F,Cl, Br)- v valenčni lupini imajo $2e^-$. Alkalni element odda odvečni e^- . atomu halogena in postane **kation**⁺, halogeni pa **anion**⁻.

KOVINSKA VEZ

Atomi se povezujejo tako, da oddajo odvečne el. in se spremenijo v pozitivne katione, katerih zunanje lupine so zasedene. Oddani el. pripadajo celotni kovini kot oblak napolnjujejo prostor med kationi v kristalni mreži (odlična toplotna in električna prevodnost, kovinski sijaj, neprozornost).

KOVALENTNA VEZ

Nastopa pri elementih, ki so sosedni v periodnem sistemu (npr. kisik, ogljik, silicij itd). Atomi se ne morejo medsebojno povezati s kovinsko ali ionsko vezjo, saj bi morali oddati oz. prejeti po 3 ali 4 zunanje e^- , da bi napolnili zunanje lupine. Atomi si delijo zunanje e^- . Valenčna e^- sosednjih atomov se združita v par, ki pripada obema atomoma. Primer je C ($Z=6$), ki ima 4 e^- v zunanji lupini sekundarne vezi veze med dipoli (Van der Walsove vezi).

DIPOL

Nastane takrat, kadar se središči pozitivnega in negativnega naboja ne ujemata. Dipoli so **permanentni** (asimetrične molekule) ali **inducirani** (polarizacija molekule v elektr. polju). V el.mat. redko srečujemo »čisto« vez.

SILICIJ

Tako kot C v diamantu kovalentno deli e^- s sosednjimi atomi, vendar nekaj e^- v Si zapusti kovalentna mesta in prevaja (polprevodnik), kombinacija kovalentne in kovinske veze je mešana vez

LASTNOSTI MATERIALOV V ELEKTROTEHNIKI

Splošne fizikalne lastnosti, mehanske lastnosti, tehnološke, električne, magnetne, toplotne, kemične in fizikalno kemične.

SPLOŠNE FIZIKALNE LASTNOSTI: 1. gostota, 2. specifična teža, 3. Tališče, področja taljenja, točka mehčanja, kapljišče, v K-meja med trdnim in tekočim stanjem (ostra ali neizrazita pri amorfnih materialih), 4. Vrelišče: temp. v K, ki predstavlja mejo med tekočim in plinastim stanjem, 5. Vpojnost za vodo.

- **MEHANSKE LASTNOSTI:** **trdnost** na: vlek, tlak, zvijanje(torzijo), upogibanje na enoto preseka pred zlomom (enota je Pa), **trdota** je upor trdnega telesa proti prodiranju drugega trdnega telesa, **modul elastičnosti E** je napetost ($1N\dot{z}m^2=Pa$), ki bi teoretično raztegnilo telo v Hookovem območju za 100%, **trgalna meja** je merjena v km. Je dolžina, pri kateri bi se nit, žica, vrvica, trak.. pretrgala zaradi nategovanja z lastno težo
- **žilavost** (število upogibov neke pločevine ali število zavojev žice dokler se material ne prelomi.
- **TEHNOLOŠKE LASTNOSTI:** Kakšne so sposobnosti materiala za obdelavo?Definicija je atributivna: dobro, slabo, sprejemljivo, nesprejemljivo, sposobnost deformiranja (preoblikovanja) v hladnem in toplen stanju (valjanje, kovanje, zvijanje, izvlačenje, previjanje), sposobnost litja oblikovanje z odrezovanjem, varjenje, lotanje.
- **ELEKTRIČNE LASTNOSTI:** za vodnike je to lastna prevodnost (S/m), električna upornost (Wm) in temperaturni koeficient upornosti (K^{-1}) pri žici dolžine 1m in preseku

- **MAGNETNE LASTNOSTI:** okarakteriziramo obnašanje materiala v magnetnem polju: permeabilnost, magnetna krivulja, koericitivna poljska jakost.
- **TOPLOTNE LASTNOSTI:** Linearni koeficijent raztezanja (prirastek dolžine na 1m pri $DT=1K$), specifična toplota $c(J/kgK)$, specifična toplotna prevodnost $(l,k) W/mK$. toplotna prestopnost $(a, h, K) W/m^2K$, temperaturni količnik nam pove za koliko se spremeni svojska elek. upornost, če se temperatura spremeni za 1 K.
- **KEMIČNE IN FIZIKALNO-KEMIČNE LASTNOSTI:** topnost, sposobnost spajanja z drugimi materiali, obstojnost materiala proti atmosferskim in drugim vplivom (korozijska odpornost), sprememba strukture.

PREIZKUŠANJE IN NORMIRANJE MATERIALOV

Preskus po normah - standardih, standardizacija je tehnična urejenost v državi in podjetju (sinonim za doseženo stopnjo gospodarskega razvoja), nacionalni (SIST, DIN, VDE, BS, GOST, UL); mednarodni (IEC, ISO, CENELEC, EN), posebni preskusi, preskus materiala v izdelku (daje najboljšo sliko o materialu v konkretnem primeru), vpliv tržišča (cene in nabavne možnosti).

SIST (Slovenski standardi)

MZT-Urad za standardizacijo in meroslovje, prevzemanje evropskih standardov (EN) in mednarodnih standardov (ISO), prevzemanje se izvaja po: metodi razglasitve, metodi platnice in metodi prevoda standarda.

KOVINSKI MATERIALI

Osnovni pojmi (neprozornost, kovinski sijaj, dobra elek. in toplotna prevodnost, tehnološke sposobnosti litja, termomehanske obdelave, spajanje, kovanje), čiste kovine v kislinah zamenjajo vodik in tvorijo soli, sproščajo e^- in tvorijo katione $+$, kovine se pridobivajo iz rud (**metalurgija**).

KOVINSKI MATERIALI

Delitev: delitev: 1. po periodičnem sistemu in Barvne kovine - dobra el. in toplotna prevodnost - korozijsko so obstojne - imajo veliko ali malo spec. teže - dobre drsne lastnosti. Zaradi visoke cene nasproti Fe jih malo uporabljamo. Visoka cena izhaja iz kompliciranih in dragih metalurških postopkov in ker se nekater (npr. Cu) redko nahajajo.

KRISTALNA STRUKTURA

Zgradba kristala: V kristalu so atomi, ioni ali molekule geometrijsko urejeni po povsem določeni zakonitosti, nastanek kristalov, ohlajevalna krivulja čiste kovine, opisovanje kristalnih ravnin in smeri.

ZGRADBA KRISTALA

Večina trdnih snovi je zgrajena v obliki kristalov - kristal se sestoji iz osnovnih delcev (atomi, ioni, molekule) razporejenih v določenem redu. Ti

gradijo homogeno (enorodno) snov s ponavljajočimi se lastnostmi - KRISTALNO SNOV, AMORFNE SNOVI v nasprotju z kristali ni urejenosti (steklo, vosek, saje) v kristalih opazimo elemente GEOMETRIJSKE SOMERNOSTI (somernost osi, somernostne ali zrcalne ravnine in obratno središče somernosti).

Obstaja 32 kristalnih razredov, združimo jih v 7 kristalnih sistemov: 1.kubičen (regularen), 2.heksagonski, 3.tetragonski, 4.trigonski (romboedarski), 5.rombski, 6.monoklinski in 7.triklinski - že zvežemo središča delcev dobimo **kristalno mrežo**.

Skoraj vse kovine kristalizirajo po KUBIČNEM sistemu veza je kovinska (elektronski oblak med pozitivnimi ioni), nekatere kovine (elementi) lahko kristalizirajo v različnih vrstah kristalnih mrež. To so POLIMORFNE kovine, kristalne oblike imenujemo MODIFIKACIJE (označimo jih z grškimi črkami a, b, g). Prehajanje iz ene v drugo obliko je PREKRISTALIZACIJA- vzrok je lahko temperatura.

NASTANEK KRISTALOV

V talini imajo delci precejšno gibalno energijo pri ohlajanju je energija gibanja manjša in manjše so medatomske razdalje pri približanju drug drugemu začnejo vladati medsebojne sile, nastane **kristalizacijski kal**. Iz kala nastanejo posamezna kristalna zrna, ki so prostorsko različno orientirana in so med sabo ločena s **kristalnimi mejami** če nastane samo ena kal in se razvije enako orientirani kristal govorimo o **monokristalu**.

Monokristale (kristali iz samo ene kali) uporabljamo v polvodniški tehniki (Ge, Si), pri počasnem ohlajanju je malo bolj ohlajenih mest in nastane malo število kali (**grobozrnat predmet**), pri velikih hitrostih ohlajanja nastane istočasno več kali, mali kristali in **finozrnat predmet**, kadar imajo kristali enotno orientacijo kovina ima **teksturo** (usmerjene lastnosti, ki jih koristimo v magnetnih materialih), mehanske lastnosti so funkcija vrste kristalov- pri kovinah je zaželjena finozrnatost.

OHLAJEVALNA KRIVULJA ČISTE KOVINE

Zniževanjem temperature kovinske taline, začne pri temp. strjevanja prehod v kristalno stanje, več čas strjevanja ostaja temperatura nespremenjena (zaradi sprostitve energije pri tvorbi kristalov), amorfne snovi nimajo te stopnice, proces taljenja poteka po isti krivulji.

OPISOVANJE KRISTALNIH RAVNIN IN SMERI

Za opisovanje uporabimo Millerjeve indekse, v koordinatnem sistemu ravnina seka osi x, y in z v razdaljah x_1 , y_1 in z_1 . Izvedemo tri prirejena števila h, k in l:

s_1 je izbrano tako, da so h , k in l najmanjša cela števila (najmanjši skupni mnogokratnik odsekov x_1 , y_1 , z_1). Millerjevi indeksi: $(h\ k\ l)$ Npr., $x_1=2$, $y_1=4$, $z_1=3$ in $s_1=12$, dobimo Millerjeve indekse $(6\ 3\ 4)$. Ravnina lahko seka koordinatni sistem v negativni smeri; tisti odsek, ki je v negativni smeri označimo z vodoravno črto. Npr. če je x v negativni smeri pišemo $(h\ k\ l)$.

OBLIKOVANOST

Anizotropija, hladno preoblikovanje (deformiranje), popuščanje preiskave na monokristalih so pokazale, da so njihove fizikalne in kemične lastnosti v različnih smereh kristalne mreže različni.

Npr.: pri magnetenju monokristala opazimo, da je magnetenje najlažje v smeri robov kristala, težje v smereh ploskovnih diagonal in najtežje v smeri prostorske diagonale

ODVISNOST LASTNOSTI OD SMERI

Anizotropija, hladno preoblikovanje (deformiranje), popuščanje - lastnosti amorfni snovi so od smeri neodvisne ali **IZOTROPNE**. V neki polikristalni zgradbi rastejo kristali v različnih smereh in z različnimi hitrostmi. Zaradi tega so smeri prostorskih mrež in s tem usmerjene lastnosti kristalov različne. Anizotropne lastnosti posameznih kristalov v spojini se tako približno izravnajo-spojina je **kvazi-izotropna**. Anizotropija, hladno preoblikovanje (deformiranje), popuščanje - pri hladnem preoblikovanju kovin (valjanje pločevine in vlečenje žice) nastopi usmerjena plastična deformacija in se pojavi anizotropija.

DOSEŽEMO USMERJENO PORAVNAVANJE KRISTALOV

Usmerjeno poravnane kristale imenujemo **tekstura - kristalna tekstura** - po pravilu bo kovina po hladnem preoblikovanju trša in trdnejša

HLADNO PREOBLIKOVANJE POVZROČA SPREMEMBO LASTNOSTI IN ANIZOTROPIJO

Stopnja plastične deformacije - A_0 je začetni presek (pred preoblikovanjem) in A presek po oblikovanju - hladno preoblikovanje kovine: **poveča električno upornost, kemično reaktivnost in energijo kristalne mreže** - pri plastični deformaciji v hladnem stanju kovine absorbirajo neko določeno energijo in so zaradi tega v metastabilnem stanju - spremembe lahko odpravimo z žarjenjem - tekom žarjenja nastaneta dva procesa **poprava kristala ter rekristalizacija**.

POPRAVA KRISTALA

Poprava kristala menja fizikalne lastnosti - električna prevodnost dobi isto vrednost, mehanske lastnosti se ne menjajo

REKRISTALIZACIJA

Pri močno hladno preoblikovalnih materialih razen močnih deformacij se tudi porušijo kristali, s segrevanjem se kristali vrnejo v prvotne oblike in drobci

razdrobljenih kristalov dobijo vlogo kristalizacijske kali, ki omogoča **rast** novih kristalov - čim večje so bile deformacije pri hladnem preoblikovanju, toliko bolj zrnato strukturo dobimo. **Rekristalizacija je proces nastajanja novih kristalov pri isti vrsti mreže.** Rekristalizacija se začne pri zadostnem dovodu toplote. Materiali z višjo temperaturo rekristalizacije so toplotno bolj obstojni. Cink, kamdij, svinec in kositer se s hladnim preoblikovanjem nemore mehansko ojačati. Spremeniti lastnosti kovine s hladnim preoblikovanjem je možno le takrat, kadar ima material tekom hladnega preoblikovanja nižjo temperaturo kot je temperatura rekristalizacije. Z obnovo kristala ali rekristalizacijo dobimo material močno podoben prvotnemu. Ker so odpravljene notranje napetosti govorimo o popuščanju. Pr.: mehke (popuščeni ali žarjeni) Cu, Al itd.

SESTAVLJENI MATERIALI, ZLITINE (LEGURE)

Čiste kovine zelo težko pridobivamo.

Zlitine so zmesi dveh kovin ali kovin in nekovin v trdem stanju - sestavine zlitine so **komponente** - skupnost vseh komponent v zlitini je **sistem** - svinec in kositer sta komponenti, ki sestavljata **binarni sistem**. Razmerje mešanja komponent A:B imenujemo koncentracija. npr.: koncentracija neke zlitine svinec-kositer 60:40 pomeni: V 100g te zlitine je 60 g svinca in 40 g kositra. Trdota, raztezki, trdnost, el. in toplotna prevodnost zlitin so drugačne kot pri čistih kovinah. Lastnosti zlitin so funkcija vrste in količin komponent lahko izdelamo spec. kovinske materiale: narjavna ali nemagnetna jekla

POSEBNE LASTNOSTI BINARNIH SISTEMOV

Zlitine, ki tvorijo zmesne kristale imajo lastnosti, ki jih ne moremo pričakovati kot kombinacijo lastnosti obeh komponent - zlitina Ag-Au se uporablja v kontaktni tehniki. Za vodnike, ki morajo prehajati skozi stekla raztezni koeficient mora biti prilagojen steklu. To so zlitine Fe-Ni (invar), Fe-Ni-Cr, Fe-Ni-Co

ŽELEZO IN ZLITINE ŽELEZA

Železo ima izredno tehnično in gospodarsko pomembnost: železne rude se na lahek način predalojo v tehnične mater., lahko litje in obdelovanje, z legiranjem in toplotno obdelavo se spreminjajo in razvijajo, feromagnetizem je bistvenega pomena v elektro tehniki. V metalurgiji železo delimo v odvisnosti od količine C: na jekla (do 2%) in surovo železo-grodlje (nad 2%).

JEKLA DELIMO

- po načinu izdelave na: Siemens-Martinovo (SM) jeklo, Thomasovo konvertorsko jeklo, elektro-jeklo in jeklo iz kisikovega konvertorja, kvaliteti: navadna, kvalitetna in plemenita,
- kemični sestavi na: nelegirana, malo legirana (do 5%) in močno legirana (nad 5%). Legirana jekla imenujemo po elementu, s

katerim ga legiramo: krom-nikljevo jeklo, silicijevo jeklo, wolframovo jeklo

- po uporabi: konstrukcijska jekla, orodna jekla in jekla s posebnimi lastnostmi.

TOPNOST KOMPONENT

Pogoj za tvorbo zlitine je homogena talina, ki je raztopina vseh komponent.

- POPOLNA TOPNOST: komponente gradijo pri strjevanju iz taline skupno kristalno mrežo; torej se v osnovni celici nahajajo atomi ene in druge komponente. Komponente se ne da razdvojiti.
- POPOLNA NETOPNOST: vsaka komponenta gradi svoje kristale, ki se jih da razdvojiti. Komponente so v trdem stanju popolnoma netopne.
- DELNO TOPNE taline: komponente so v trdem stanju med seboj delno in omejeno topne.
- METALIDI: (med kovinske spojine); so zelo trdi in krhki, omajo malo kovinskih lastnosti, zaradi tega se slabo oblikujejo in so zato največkrat nezaželeni, materiali: karbidi, nitridi, oksidi..

POPOLNA TOPNOST KOMPONENT V TRDEM STANJU

Zlitine, ki so popolnoma topne v trdem stanju tvorijo zmesne kristale. Homogene zmesne kristale pa dobimo le takrat, če ohlajamo zlitino dovolj počasi, da se lahko atomi obeh komponent pravilno razmestijo po kristalni mreži.

ORODNA JEKLA

Delimo na *ločitvena orodja*, orodja za mehansko obdelavo z *odvzemanjem delcev*, orodja za *plastično oblikovnje*.

LEGIRANA JEKLA

Uporabljamo v različne namene kot kvalitetna orodna jekla, vzmetna jekla, za kroglice z malo obrabo, korozijsko, kislinsko in v ognju vzdrževana jekla, za elekt. upore in trakove, feromagnetna jekla.

JEKLA S POSEBNIMI FIZIKALNIMI LASTNOSTMI ZA ELEKTROTEHNIKO

- Jekla s posebnimi magnetnimi lastnostmi: - *trajni magneti* (legirani s Cr, Cr-Co, Al-Ni...), - *mehko mag. materiali* (dinamo in transf. pločevina za prenos moči ali signalov, za elektr. stroje, za kovanje...), - *nemagnetni materiali* dobimo jih tako da napravimo avstenitna jekla stabilna. Tu nam pomagajo Mn, Ni, C in Mo ali visoko legirana jekla.
- Jekla s posebnimi lastnostmi raztezanja: to so jekla katerim se razteznostni koeficient bistveno razlikuje od tistega, ki ga ima jeklo. To so: jekla z izrednim malim in velikim razteznostnim koeficientom, termobimetali.

LITO ŽELEZO

Se uporablja najpogosteje in je končni izdelek livarne. Vsebina ogljika je med 2,5 in 4,5 %. Razlikujemo:

- **sivo litino**: je dobro tekoča in dobro zapolni prostore, ima velike prednosti pri dinamičnih obremenitvah, je korozijsko obstojna. Uporaba: pri grelnih ploščah, za lite dele elektr. in ostalih strojih, za ohišja elektr. strojev.
- **trda litina**: ima veliko trdoto, odpornost na obrabo in krhkost. Uporaba: hidravlični bati, valjiv gumarski, papirni, mlinski ind.
- **temprana litina**: dobimo jo iz bele litine s tempranjem. Dobimo žilav, obdelovalen in tudi koven material. Uporaba: izdelava tankostenskih izdelkov v avtomobilski, elektro ind. pri proizvodnji el. strojev in mehanizmov visokonapetostnih stikal.

JEKLENA LITINA

Če vlivamo staljeno jeklo v forme, govorimo o jekleni litini. Uporablja se legirano in nelegirani jeklo. Težave povzročajo visoke temp. talin in veliki skrčki, ki povzročajo lunckerje in notranje napetosti, zaradi tega moramo ulitek zmerja še žariti. Uporaba v elektrotehniki je neznatna.

BAKER

Odlike bakra, ki so omogočile veliko območje uporabe bakra na področju vodnikov, so sledeče: mala specifična upornost, zadostna mehanska trdnost, za splošne namene zadovoljiva korozijska obstojnost, dobre tehnološke lastnosti, dobre sposobnosti spajkanja in varenja, dobro zliva v različne zlitine. Pridobivamo ga iz bakrovih rud in iz odpadnega bakra. Za električne vodnike rabimo elektrolitski baker, ki ga v obliki plišč dobivamo s pomočjo elektrolize. Ta baker se dalje čisti z rafiniranjem.

BAKROVE ZLITINE

Delimo jih v 4 skupine:

- zlitine, ki ohranijo *visoko prevodnost*. Tu želimo baker v smislu poboljšanih trdnosti ali boljše toplotne obstojnosti, električna prevodnost pa naj bi se čim manj zmanjšala,
- zlitine kot *konstrukcijski materiali*, ti imajo visoko korozijsko obstojnost in poboljšane mehanske lastnosti, pri čemer nam seveda električna prevodnost močno pade.
- zlitine bakra za *uporovne materiale*. Ti naj bi imeli predvsem od temp. in vpliva okolice čim manj odvisno in čim višjo specifično upornost in vzdržale naj bi čim višje temperature.,
- zlitine bakra za *kontaktne materiale*.

ALUMINIJ

Veliko uporabo Al v elektr. so omogočile lastnosti: -precej majhna el. upornost, mala specifična teža, dobra kemična obstojnost in tehnološke lastnosti, možnost anodne oksidacije...Elektr. prevodnost 99,5% Al je $36 \cdot 10^6$

Sžm. Al je slabo odporen proti alkalijam, kislinam in solem. Kadar se dotikata Al in Cu prične korozijski proces, ki Al uničuje. Uporaba: daljnovodi, za gradnjo kablov, za razne vrste zaslonov in ohišij, za kondenz., kratkostične kletke.

Al ZLITINE

Posamezni elementi imajo na spremembo lastnosti Al sledeči vpliv: -naboljšanje mehanske trdnosti pri dobri el. prevodnosti: Si, Mg (<1%) - naboljšanje mehanske trdnosti brez obzira na el. prevodnost: Cu, Si, Mg, Mn, Ni. - na povišanje toplotne obstojnosti: Mn, Ni. - na poboljšanje korozijske obstojnosti: Mg, Mn.

UPOROVNI MATERIALI

Delimo jih v kovinske in nekovinske. V bistvu so materiali s precej visoko specifično upornostjo ($0,2-1,5 \cdot 10^{-6} \Omega m$). Električne upore delimo na linearne in nelinearne, diskretne in integrirane, žične, plastne in masivne upore.

KOVINSKI UPOROVNI MATERIALI ZA ŽIČNE UPORE

Največkrat se uporablja platina, ki je najbistojnejša potem pa še wolfram in molibden. važne pa so predvsem uporovne zlitine, ki jih delimo v:

- **uporovne zlitine za izdelavo preciznih uporov:** od teh materialov zahtevamo: da imajo mali temp. koeficient, malo termoelektrično napetost proti bakru in izredno časovno konst. električnega upora (manganin, izabelin, novokonstantan).
- **uporovne zlitine za delovne upore splošne in regulacijske:** od teh zahtevamo: časovno stalnost upornosti. Prenesti še morajo določene termične obremenitve (zlitine Cu in Ni ter Cu, Ni, Zn, konstantan- izredna sposobnost vlečenja, prenaša temp. do 400 °C).
- **uporovne zlitine za grela:** od njih zahtevamo da morajo: vzdržati trajno obratovnje do 1000 °C, biti čim cenejši, biti odporni proti kisiku pri povišani temp. in biti odporni proti vplivu podlage, na katero so naviti.

UPOROVNI MATERIALI ZA PLASTNE UPORE

Ti se uporabljajo v elektroniki za izdelavo diskretnih ali integriranih uporov. Materiali so lahko kovinski ali nekovinski. Plasti so lahko debele (10-30 μm) ali tanke (50-100 nm). Tako govorimo o debelo - in tankoplastnih uporih.

MATERIALI ZA KONTAKTE

Kontaktne materiale uporabljamo tam, kjer vklapljamo ali prekinjamo el. tokokroge. Kontaktna upornost naj bo čim manjša - temu najbolje odgovarjajo plemenite kovine ali oglje. Imeti mora čim manjšo el. upornost, odporen mora biti proti mehanski obrabi pri pritiskanju, drsanju, valjanju. Trošenje materiala zaradi iskrenja ali potovanja materiala iz kontakta na kontakt naj bo čim manjše. Kontakte delimo na: stalne, prekinjevalne in drsne.

STALNI KONTAKTI

Tipičen primer so ločilke, vijak, ploščata in vijačna sponka... Če so kontakti atmosfersko zaščiteni smemo uporabljati kateri koli material. Če te zaščite ni vzamemo materiale, ki so korozijsko odporni in ceneni. To so Cu, Hg, Ag, bron, medenina, ali pa tudi nerjava jekla. Tu ne dovoljujemo stika Al s Cu.

PREKINJEVALNI KONTAKTI

Za močne kontakte uporabljamo Ag, W, Mo, Ni in Cu. Večkrat prekinjamo tudi v olju, SF₆ ali vakuumu. Za majhne kontakte pri nizkih tokih uporabljamo kovine, ki ne oksidirajo mnogo: Au, Ag, Pt, Ni.

DRSNI IN KOTALNI KONTAKTI

Dobri materiali so tisti, ki sami sebe mažejo. En kontakt je vedno srebrov, kromov ali kadmijev baker, drugi pa so ogljikove ščetke ali mehanske zlitine.

RAZDELITEV MAGNETNIH MATERIALOV

- **po mag. lastnostih:** MAG. MEHKI - so tisti ki jih lahko mag. ali premagnetimo z malo energije. Običajno imajo visoke permeabilnosti v šibkih in srednjih poljih. MAG. TRDI - se dajo magnetiti ali premagnetiti le z veliko energije. Ko namagnetimo trde magnetne materiale ostanejo namagneteni. Histerezne zanke so široke, izgube velike zato jih le redko uporabljamo v izmeničnih poljih. V novejšem času se vse bolj uveljavlja skupina mag. materialov, ki jim pravimo pol trdi mag. materiali in ležijo med mehkiimi in trdimi.
- **po vrsti materiala:** ločimo med kovinskimi in nekovinskimi materiali. Med kovinske spadajo kovine ali zlitine, med nekovinske oksidi in neoksidi.

METALURŠKA TEHNOLOGIJA

- **Taljenje in zlivanje:** potrebne so zelo čiste kovine ali zlitine in potrebni so postopki, da se ta čistost ohrani. Mnogi magneti dobijo pri livanju končno obliko.
- **Gnetenje:** Pri magnetni pločevini poznamo hladno in vroče valjanje, pri palicah in profilih pa vlečenje.
- **Termična obdelava:** v večini primerov je to žarjenje, s katerim želimo izboljšati tehnološke lastnosti, ali pa s katerim dosežemo končno kvaliteto materiala. S termično obdelavo dosežemo tudi inducirano anizotropijo.

IZDELAVA PRAHASTIH MAG. MATERIALOV

Uporablja se kovina ali kovinski oksid v prahu.

Vezni prahasti mag. material izdelamo:

1. Izdelava prahu (po mehanski ali kemični poti)
2. Izoliranje (delci prahu morajo biti med seboj izolirani, uporabljamo posebne lake s katerimi prevlečemo posamezna zrnca, uporabljamo lahko tudi plast oksida)

3. Priprava za stiskanje (prahu dodamo vezivo - organske smole)
4. Stiskanje (stiskamo pod velikim pritiskom in dobimo končne oblike)
5. strjevanje (odtiske damo v peč kjer otrdijo).

IZDELAVA SINTRANIH PRAHASTIH MAGNETOV

1. izdelava prahu
2. mešanje
3. stiskanje
4. termična obdelava

Sintranje je postopek pri katerem zgoščujemo in mehansko utrjujemo čisti kovinski prah ali kovinski oksidni prah pri povišani temp. Sintranje uporabljamo povsod tam kjer kaže določene tehnične ekonomske prednosti. Na proces sintranje vplivajo temp., čas in atmosfera sintranja, velikost delca in gostota vzorca. SINTRANI MAGNETI imajo pred litimi sledeče prednosti: boljše mehanske lastnosti, ožje tolerance, serije morajo biti velike.

KERAMIŠKA TEHNOLOGIJA

Izdelava feritov: osnovni materiali so železo ferit, manganov oksid in karbonat, cinkov in magnezijev oksid v prahu. Koraki: mešanje, peletiranje in granuliranje, termična predobdelava, drobljenje in mletje, oblikovanje in stiskanje, sintranje.

MEHKOMAGNETNI MATERIALI

Zahteve ki jim morajo ti materiali ustrezati so: v močnostni elektroniki izkoristimo mag. material vse do nasičenja, zato je zelo pomembna čima višja gostota pretoka nasičenja in pa čim ožja in strma histerezna zanka. Zanimajo nas predvsem začetne permeabilnosti. Temp. Koeficient permeabilnosti in faktor sraranja morata biti čim manjša.

MEHKOMAGNETNIH MATERIALI ZA UPORABO V MOČNOSTNI ELEKTRONIKI

So materiali ki jih uporabljamo v električnih strojih, transformatorjih, osnovno frek. Področje je med 0 - 100Hz. Osnovni materiali: železo ki ga po potrebi legiramo s Si, Al, Ni, Co.

MOČNOSTNI TRANSFORMATORJI

Sposobnost magnetenja mora biti čim večja, želimo čim manj bakrenega navitja za isto gostoto mag. pretoka. Koleno histerezne krivulje naj doseže svojo najvišjo vrednost pri čim nižji poljski jakosti. Izgube predmagnetanja morajo biti ekstremno majhne. Uporablja se zlitina Fe-Si.

MOTORJI IN GENERATORJI

Gostota mag. pretoka nasičenja čim večja, izgube predmagnetanja čim manjše, material mora imeti izotopne lastnosti, uporabljajo se nelegirana jekla ali zlitine Fe-Si.

MERILNI PRETVORNIKI

Čim višje permeabilnosti ki morajo biti konstantne od začetka magnetenja do kolena histerezne zanke. Materiali: čisto Fe ali zlitine FeSi, FeAl, FeCo.

GOTOVI MATERIALI

So dokončno termično obdelani v jeklarni in imajo najbolj optimalne lastnosti.

POLGOTOVI MATERIALI

V jeklarni niso bili dokončno formirani, so cenejši, so hladno pred obdelani, proizvajalec materiala ne jamči za končno kvaliteto izdelka.

ŽELEZA IN NELEGIRANA JEKLA

Nelegirano železo se zaradi dobre prevodnosti uporablja v enosmernih mag. poljih in pri DC mag.

SILICIJEVA JEKLA

Iz teh izdelujemo večino današnjih mag. pločevin pri transformatorjih in merilnih pretvornikih. Z dodajanjem Si in izdelavo primerne teksture lahko pridobimo izredne lastnosti. Vpliv Si na lastnosti železa: vsak % od Si v Fe poveča specifično upornost (2x). Mehanske lastnosti Fe z dodajanjem Si se spreminjajo v smeri povečane krhkosti. Najboljše lastnosti mag. in najmanjše izgube dosežemo vedno v smeri valjanja. S teksturo ne vplivamo le na magnetno anizotropijo ampak tudi na obliko histerezne zanke, ki je lahko tudi pravokotna.