

1.Melyek az anyagtudomány főbb feladatai?

Az anyagtudomány a **miért**ekre keresi a választ.

Az anyag tulajdonságait a **szerkezete** határozza meg. Nem létezik legjobb anyag, csak célnak megfelelő **optimális**. Adott tulajdonság javítása ronthat egy másikon (szilárdság-vezetőképesség).

1. Anyagszerkezet-tan :

- kötéstípusokkal
- kristályrácsokkal
- rácshibákkal
- ötvözéssel
- szennyezéssel
- fázisátalakulásokkal
- állapotábrák

2. Anyagtulajdonságok

• Igénybevétel vol 1:

- termikus
- villamos
- mechanikai
- mágneses
- vegyi/korrózió
- sugárzási

• Igénybevétel vol 2:

- statikus
- dinamikus
- fárasztó

3. Anyagtechnológiák: Az anyagtechnológia a **hogyanokra** keresi a választ. Az anyagszerkezetek, így anyagtulajdonságok megváltoztatásán dolgozik.

• Kötés

- Hegesztés
- Forrasztás
 - Lágy
 - Kemény
- Ragasztás

• Képlékeny

• Hőkezelés

4. Anyagvizsgálatok.

2.Csoportosítsa az anyagokat, ezen belül is a szilárd anyagokat, ismertesse a szilárd anyagok szerkezetét, főbb jellemzőiket és adjon alkalmazási példákat!

Az univerzum:

- 73%-át a sötét energia,
- 23%-át a sötét anyag
- 4%-át az atomos anyag teszi ki
 - $3/4$ H
 - $1/4$ He

- 1 % nehezebb atommag

Az atomos anyag

- 99%-a plazma,
- 1%-a szilárd anyag.

Nagy része csillag és bolygóközi por, kis része bolygó. A kéreg nagy része meddő, és csupán egy kis része az ember által **hasznosítható anyag**, ám ez is **végtelen** lehetőséget biztosít számukra.

Halmazállapot szerint csoportosítva van

- szilárd
- folyékony
- gáz
- plazma

Szilárdtestek:

- A szilárdtestek egy részét a **fullerének** teszik ki, amik sokszögben elhelyezkedő C atomok. Alakjuk sokféle lehet: tojás, cső, csavart, egyatomos vastagságú sík. A fullerének közül a **grafén jó villamos** tulajdonságokkal rendelkezik.
- **kristályos anyagok**, amikre a geometriai rend a jellemző
- **amorf anyagok** (üveg, lopásgátlóban), ami ennek az ellentétje.
- Biológiai **szilárdtestek** (fa, csont stb.)

Az anyagok zöme **sokkristályos** anyag. A kristályos anyagoknál **rácspontokat** definiálhatunk, amelyekre atomok illeszkednek. A rács mérete függ: hőmérséklettől alakja sokféle lehet.

- A dendrites kristályosodási forma hópehely alakú.
- A kvarckristály poligonális.

A kristályos anyagok nem ideálisak, tartalmazhatnak **hibákat**. Léteznek folyékony kristályok, amiket rövid távú rend, és polarizálhatóság jellemez. Az egykristályoknál a kristályos rend makroszkopikus.

Szilárd anyagoknál léteznek:

- **Fémek:** Fémek más anyagokkal való egyesülése, ha szándékos, akkor **ötvözet**, ha nem szándékos, akkor **szennyezett fém**. Négy 9-es tisztaságú fémeket tiszta fémeknek nevezünk. A fémek jó hő és áramvezetők.
- **Kerámiák:** jó szigetelők.
- **Polimerek:** monomerek összekapcsolódásai,
- **Kompozitok:** a társított anyagok (mint a vasbeton, vagy a szálerősített anyagok).

3. Ismertesse a kristálytani fogalmakat, rendszereket és a jelöléseket!

A térbeli rendet a **térrács** fogalmának bevezetésével adja meg a kristálytan. A térrács kiterjedés nélküli rácspontok szabályos rendje, melyekre megadható az alábbi összefüggés:

$$r = r_0 + n_1 a_1 + n_2 a_2 + n_3 a_3 = r_0 + T$$

Ha r_0 rácspontra mutat, akkor r is rácspontra mutat. A hozzáadott bázisvektorokat **transzlációs vektoroknak** nevezzük. Az egy pontból kiinduló transzlációs egységvektorok a térben egy hatoldalú hasábot határoznak meg. Ezek a rács **elemi cellái**. Azokat az elemi cellákat, amik csak a **sarkaikon** tartalmaznak rácspontokat, **primitív** cellának, az ehhez tartozó transzlációs vektorokat pedig **primitív vektoroknak** nevezzük. Transzlációs vektorokkal lényegében **7** különböző fajtát adhatunk meg.

- **Köbös:** kocka alakú. Pl. Cu, Ni, Fe. Lehet:
 - Primitív: Po
 - FKK: Cu, Au, Ag
 - TTK: Na, K, Cr

- **Tetragonális:** négyzet alapú egyenes hasáb. Pl. Sn 13..161°C. Lehet primitív vagy TKK.
- **Orthorombos:** téglatest alakú. Pl. Ga, α -U. Lehet bázisalapon középpontos, FKK vagy TKK.
- **Romboédes:** oldalai egybevágó rombuszok. Pl. Hg, As. Jele: R
- **Egyhajlású/monoklin** rendszer: rombusz alapú egyenes hasáb. Pl. S. Primitív vagy bázis alapon középpontos.
- **Hexagonális:** 60°-os rombusz alapú egyenes hasáb. Pl. C (grafit), Cd, Mg, Zn. Csak primitív lehet.
- **Triklin:** általános paralelepipedon. Ilyen a Se. Csak primitív lehet.

Bravais megfigyelte, hogy lehetnek FKK vagy TKK cellák is, Ezek alapján összesen **14** különböző elemi cella létezik, és a hozzájuk tartozó térrácsot **Bravais-rácsoknak** hívjuk. A kristálysíkok és irányok leírására vezették be a **Miller-indexeket**. Egyéb jellemzők:

- **Koordinációs szám:** a legközelebbi szomszédok száma
- **Atomátmérő:** legnagyobb hézag nagysága két atom között
- **Térkitöltés:** az elemi cellába foglalt atomok száma
- Legszorosabb illeszkedésű kristálysík és irány.

Irányok Miller-indexei: bármely két atom koordinátáinak egymásból való kivonásával nyert HELYVEKTOR.

4. Ismertesse a kémiai kötések típusait és tulajdonságait!

Léteznek elsődleges és másodlagos kötések. Minden „állandó” kötéstípus kialakulásának az oka az energiaminimum elve.

Elsődleges kötések: atomok közt jönnek létre.

- **Kovalens:** két vagy több atom között megosztott elektronpárok hozzák létre.
 - Áramot nem vezetnek, mert nincs szabad töltéshordozó.
 - Ez a legerősebb kötés.
- **Ionos kötés:** elektropozitív atom leadja néhány elektronját a legkülső héjáról egy elektronegatív atomnak, így mindkettő ionos, töltéssel rendelkező formába kerül.
 - A pozitív és negatív ionok vonzzák egymást, ám nem kerülnek túl közel az elektronfelhők taszítása miatt.
 - Nagyon stabil. Pl.: NaCl
- **Fémes kötés:** olyan kovalens kötés, mikor az elektronok egyenletesen oszlanak el, és ez a közel homogén tér biztosítja a pozitív atomok összetartását.
 - **Delokalizált** elektronrendszer jön létre
 - Jól vezeti az áramot.
 - Jól alakítható

Másodlagos kötések: molekulák közt jönnek létre

- **Van der Waals-kötés:** másodlagos (diszperziós kötés):
 - Gyenge kötés
 - Időleges vagy állandó elektromos dipólusok vonzása miatt jön létre.
 - Szigetelők, alacsony olvadáspont, CH₄
- **Hidrogénkötés:** hidrogénkötés kialakulásához egy nagy elektronegativitású, kisméretű és nem kötő elektronpárral rendelkező elem atomja szükséges, amelyhez közvetlenül kapcsolódik egy hidrogénatom. Elsősorban három elem képes ilyen kötés kialakítására, a fluor, az oxigén és a nitrogén. E hidrogénatom és egy másik (a korábban említett tulajdonságokkal rendelkező) molekulában lévő nem kötő elektronpár alakítja ki a kötést.
 - A hidrogénkötés energiája kb. tizede az elsőrendű kötések energiájának. A másodrendű kötések közül a legerősebb.

- Víz különleges viselkedése
- **Dipóluskötés (dipól-dipól kölcsönhatás)**
 - Többé-kevésbé polarizált, azaz (állandó) dipólus-momentummal rendelkező részecskék között fellépő irányított kölcsönhatás.
 - *Orientációs hatásnak* is nevezzük, mert a dipólus molekulák a kedvező állapot irányába forgatják egymást.
 - Gyengébb a hidrogénkötésnél, de erősebb a diszperziós kölcsönhatásnál.
 - Oka a részleges töltésmegoszlással bíró részecskék, illetve azok ellentétesen töltött pólusai között fellépő elektrosztatikus erőhatás.

5.Milyen rácshibák vannak?

Rácshibákat kiterjedésük **dimenziója** alapján osztályozzuk.

Ponthibák: nullméretűek.

- **Vakancia:** atom hiánya
- **Saját intersztíció:** rácshelyek közt található saját atom
- **Idegen intersztíció:** idegen atom rácshelyek közt
- **Szubsztitúció:** idegen atom az atomrácsban

A vakancia és saját intersztíciós atom **termikus** hiba, a kettő együtt alkotja a *Frenkel-hibapárt*. A vakancia és intersztíciós atomok koncentrációja a hőmérséklet függvényében exponenciálisan **nő**. Vakancia könnyebben létrejön, mint intersztíció, mert **kisebb** energiájú.

Wagner-Schottky mechanizmus: felületi üres hely vándorlása a szilárdtest belsejébe

Ponthibák létrejöhetnek:

- képlékeny alakváltozáskor
- gyors hűléskor
- gyors neutronoktól.

Termikus ponthibák eltűnése: diffúziós mozgás

- szemcsehatár
- éldiszlokáció extrasík (kúszás)

Diszlokációk: egyméretűek, **vonalszerűek**. Elcsúszott és nem elcsúszott részek határa. Felületen kezdődik és végződik, kristályban záródó görbe. Az elmozdulás mértéke a diszlokáció egésze mentén állandó.

- kristálysíkon elcsúszás határa
- csavardiszlokáció, éldiszlokáció

Felületszerű

- szemcsehatár
- krisztallithatár
- fázishatár
- Ikersík
- Rétegződési hiba

Térfogati

- üreg
- zárvány (idegen anyagcsomósodás)

6. Ismertesse a mérethatásokat az anyagstruktúrákban, nano-, mikro-, makroszerkezetek jellemzése!

Válasz

7. Melyek a többkomponensű rendszerek szerkezeti formái? Jellemezze a polikristályos anyagokat!

ötvezetek, vegyületek, oldatok, polikristályok.

Mindig polikristályos szerkezete, benne legalább 2 fajta egymástól eltérő szerkezetű és összetételű kristallit (szemcse) fordul elő

polikristály: sokféle egymáshoz képest véletlen irányítottságú szemcsék halmaza, felületszerű rácshibák választják el egymástól, több egykristályból álló anyag.

8. Ismertesse a termikus viselkedés jellemzőit!

Az anyagok termikus viselkedése, az anyagok **hőmérsékletváltozásra** való reakciója. Melegítés során nő:

- az alkotó részecskék amplitudója
- diszlokációsűrűség

A fémek **nem egyenletesen** melegednek, ugyanis egyes hőmérsékleteken **fázisátalakuláson** mennek keresztül. Ilyenkor a közölt hő a fázisátalakulás végbemenetelére fordul. A rendszer állapotát nem határozhatja meg a belső energiája, ha **nincs egyensúlyban**.

Egy túlűtött **anyag** megszilárdulásánál csökken a belső energia, egy test megolvadásánál pedig nő, és mindkét folyamat **egyensúlyi** állapotra vezet.

Válaszreakciók:

- halmazállapot változás
- fázisátalakulás
- diffúzió sebességének változása
- mechanikai tulajdonságok változása.

9. Ismertesse a termikusan aktivált folyamatokat!

- **Újrakristályosodás**, vagy **rekrisztalizáció**: Alakítás során az anyagban diszlokációk halmozódnak fel. Hőkezelés hatására az atomok mozgékonyasága megnő, a **rácshibák energiája csökken**, és új **kristálycsírák** jönnek létre, amik további hőkezelés hatására növekednek, míg össze nem érnek.
- **Lágyítás**: célja a hidegalakításból következő hatásoktól való mentesítés. Hőntartás után lassú lehűtés.
- **Edzés**: célja a *martenzites* szövetszerkezet biztosítása. Az acélt homogén ausztenites állapotból a kritikus lehűlési sebességnél **gyorsabban hűtjük**, így nem megy végbe a ferrit- vagy perlit-alakulás.
- **Nemesítés**: edzés utáni megeresztés magas hőmérsékleten.
- **Kiválós nemesítés**: korlátozott szilárd oldatot képző ötvözetek esetén alkalmazható keményítő folyamat.

10. Ötvözetek, ötvöztetés célja, ötvözetek előállítása

Ötvözetek olyan összetett anyagok, melyek legalább egyik alkotója fém. Az ötvöztetés célja bizonyos tulajdonságok biztosítása, melyek egykomponensű anyagnál nem érhetők el. Az alkotó anyagokat komponenseknek nevezzük.

Ötvöztetés létrehozása:

- Ötvözeteket általában **olvadék-állapotban** hozunk létre, ebben az állapotban ugyanis a legtöbb fém **korlátlanul oldja egymást**. Ez jelentős olvadáspont különbségnél problémás módszer.
- Ötvözet előállítható még **szinterezéssel** (későbbi kérdés).
- **Felületi ötvözésnél** reaktív gázközegben izzítjuk a fémet, így növelve például a szén vagy nitrogéntartalmát.

Pl.:

- **sárgaréz:** réz és cink ötvöze
- **bronz:** réz és ón ötvöze
 - jobb a szilárdság
 - van alumíniumbronz és ólombronz is, rugókat is csinálnak belőle.

Alumínium:

- *kohóalumínium* 4kilences: 99,99% alumínium van benne
- ötvözik a kis szilárdsága miatt
- vas és szilícium a leggyakoribb szennyezők
- alumínium kémiai tulajdonságai jók
- könnyűszerkezetek építésére alkalmas

11.Részletesen mutassa be az alkotóelemek kapcsolatát az ötvözetekben!

A komponensek oldják egymást, így *szilárd oldatokat* alkotnak. Ha az alkotók **reakcióba lépnek** egymással **intermetallikus** vegyületekről beszélünk. Hűtés során a homogén *ömlédekből*, illetve szilárd oldatból két új fázis elegye keletkezik.

Eutektikum, eutektoid:

- **Eutektikum:** Hűtés során homogén folyadékállapotból egy időben keletkező két szilárd fázis keveréke.
- **Eutektoid:** Hűtés során homogén szilárd oldatból egy időben keletkező két (vagy több) szilárd fázis keveréke.
- **(Peritektikum:** Két fázisból (egyik mindig szilárd oldat, a másik folyadék) keletkező egyetlen új fázis, ami vagy egy újabb szilárd oldat, vagy egy vegyület lehet.)
 - Apró fázisok (kristályok) elegye.
 - Heterogén, kétfázisú szerkezet.
 - Periodikus szerkezet (lemezes, szemcsés, ritkán rudas)
 - Fázisok fajlagos felülete óriási.
 - Az adott ötvözetrendszer legalacsonyabb hőmérsékleten kristályosodó ötvöze. „Jól olvadó.”
 - Olvadékból -> eutektikum
 - Szilárd fázisból -> eutektoid

Az oldat lehet:

- **Szubsztitúciós:** ebben az esetben rendezett vagy rendezetlen rácsú. A **korlátlan oldódás** feltételei:
 - azonos rács típus
 - hasonló atomátmérő
 - kis elektronegativitás különbség
 - Pl.: réz és ón kis mennyiségű ötvözés során
- **Interszticiós:** (beékelődés) csak jelentős méretkülönbség esetén jöhet létre.
 - Hidrogén, szén, nitrogén, oxigén
 - TTK vas és szén ötvöze

12.Részletesen mutassa be az állapothatározókat!

Anyagi halmazok **tulajdonságait, állapotát** befolyásoló, meghatározó tényezők (nyomás, hőmérséklet, koncentráció).

A **hőmérséklet** a részecskék rendezetlen mozgásából adódó átlagos mozgási energiához kapcsolható mennyiség.

- A **diszlokációk** számát jelentősen befolyásolja, így nagymértékben kihat az anyag tulajdonságaira.
- Hőmérséklet növelésével nő a részecskék rezgésének amplitúdója (vezetési jelenségek megváltozása).
- **Mértékegységi:**
 - Kelvin: $0\text{ K} \rightarrow$ megszűnik az anyag létezni.
 - Celsius: C
 - Fahrenheit: F
- Jele: T

A **nyomás** a testre ható nyomóerő és az érintett felület hányadosa.

- Jele: P
- Mértékegysége: $\text{N/m}^2 = \text{Pa}$ (Pascal)

A **koncentráció** oldatokra jellemző mennyiség, és több fajtája is lehet.

- A tömegkoncentráció százalékosan megadja az egyik komponens és a teljes anyag arányát.
- Tapasztaljuk, hogy a különböző koncentrációjú ötvözetek jelentősen eltérő tulajdonságokkal bírnak, és a tulajdonság változása a két anyag között nem feltétlen lineáris.

13.Részletesen mutassa be a Gibbs-féle fázisszabályt!

A **Gibbs-féle fázisszabály** az **egyensúlyi diagramok** kezelését könnyíti meg. Kimondja, hogy ha a rendszerben **gőzfázis nem** fordul elő:

akkor a fázisok (F) és a szabadságfokok (SZ) összege eggyel nagyobb a komponensek (K) számánál.

$$F + SZ = K + 1$$

Például egy kétalkotós ötvözet eutektikus átalakulása során három fázis van jelen:

- két szilárd alkotó
- olvadék

tehát a **szabadságfokok száma nulla**. Ez azt jelenti, hogy az átalakulás alatt a hőmérséklet, és a koncentráció sem változhat addig, ameddig az egyik fázis (természetesen a folyadék) el nem fogy.

14.Ismertesse az állapotábrák típusait és jellemezze is azokat!

Egyfázisú rendszer egyensúlyának feltétele:

- Minden fázisnak van szabadenergia görbéje.
- Szabadenergia görbék száma = fázisok száma

Kétkomponensű rendszer egyensúlyának feltétele:

- A rendszer együttes szabadenergiájának kell minimálisnak lennie.
- Minden fázisnak van szabadenergia görbéje.
- Szabadenergia görbék száma = fázisok száma.

1. **Egyensúlyi diagram:** Olyan síkbeli diagram, amely az ötvözet sor tetszőleges összetevőjű ötvözetére, bármely kiválasztott hőmérsékleten megadja az egyensúlyban lévő fázisok **minőségét** és **mennyiségét**. Az ebben mutatott viszonyok elvben végtelenül lassú hőmérsékletváltozás esetén valósulnak meg.

8 alaptípus (ideális egyensúlyi diagramok)

- **Korlátlan oldódás a folyékony, és a szilárd fázisban is**

- Minőségi szabály
- Mennyiségi szabály (mérlegszabály)
- **Korlátlan oldódás folyékony fázisban, szilárd fázisban nincs oldódás**
 - eutektikus rendszer
 - eutektikum kristályosodása
 - mindkét alkotóra nézve telített oldat.
 - $SZ = 0$
- **Korlátlan oldódás folyékony fázisban, szilárd fázisban korlátozott oldódás**
 - eutektikus rendszer
 - Olvadék: $a \leftrightarrow b$
 - Pb - Sn, Pb - Zn, Al - Si
 - Olvadáspontok közötti különbség kicsi
- **Korlátlan oldódás folyékony fázisban, szilárd fázisban korlátozott oldódás**
 - peritektikus rendszer
 - Olvadáspontok közötti különbség nagy.

2. Nem-egyensúlyi diagram: meghatározott nem-egyensúlyi feltételek mellett vehető fel.

- Kétkomponensű
- többkomponensű állapotábráink.

Az állapotábráról leolvashatók:

- egyensúlyt tartó fázisok:
 - száma
 - összetétele
 - koncentrációja
 - aránya.
- a fázisátalakulások kezdő és befejező hőmérséklete

Az állapotábrákból **NEM** kapunk információt:

- Szövetszerkezetre.
- Nem egyensúlyi állapotokra.

Az állapotábrán megtalálható a **likviduszgörbe**, aminél nagyobb hőmérsékleten az ötvözet homogén folyadék illetve a **szoliduszgörbe**, ami alatt a rendszer csak szilárd állapotban lehet egyensúlyban.

15. Mit értünk lehűlési görbék alatt?

A lehűlési görbe megmutatja, hogy **adott koncentráció** mellett, az **idő függvényében** hogyan csökken a hőmérséklet. A grafikonban található töréseket a **fázisátalakulások** okozzák. Összefüggésben van az állapotábrával.

16. Mit nevezünk szövetelemnek?

Szövetelem a **mikroszkópos képen** megkülönböztethető olyan mikroszerkezeti elemek, melyek kristályosodás során keletkeztek és **önálló határfelülettel** rendelkeznek. Ilyenek a fázisok, amik homogén fizikai és kémiai tulajdonsággal rendelkező térfogatelemek:

- eutektikum
- eutektoid

17. Ismertesse a diffúzió jelenségét, alapeseteit és mechanizmusait!

Transzportfolyamat, áramlás. Transzportfolyamat pl.:

- elektromos vezetés

- hővezetés
- kémiai reakció

A diffúziónál az anyag áramlik, hajtóereje a **kémiai potenciál különbség**. Sebességét befolyásolja a **kötőerő**, így gázhalmazállapotban gyorsabban megy végbe, mint szilárd halmazállapot esetén.

Szilárdtestek esetén általában csökken a koncentráció különbség, ám előfordulhat *szegregáció* vagy *getterezés*, mikor pedig nő. A diffúzió sebessége **extrémén függ a hőmérséklettől**.

Alapeset:

- öndiffúzió
- szubsztitúciós
- interstíciós

A diffúzió mechanizmusa: minden atom állandóan mozgást végez, melynek során az energiájuk is folyamatosan változik, akkora energiára is szert tehet, hogy helyet is változtathat

- **diffúziós tényező** – ugrási gyakoriság
- Saját atom < Szubsztitúciós ötvöző < Interstíciós ötvöző
- az üres rácshelyek teszik lehetővé, hogy a szubsztitúciós atomok helyet változtassanak, az üres rácshelyek száma **exponenciálisan** függ a hőmérséklettől
- az aktivitási energia a mozgás és az üres rácshelyek képződésének, energiáinak az összege
- az interstíciós atomok az üres rácshelyektől függetlenül is mozoghatnak az anyagban
- az **öndiffúziónál gyorsabb** az idegen szubsztitúciós atomok diffúziója (ionokkal vizsgálják)
- üres rácshely és oldott atom kísérlete: Kirkendall-Smigelskas-kísérlet
 - sárgaréz tömböt *Mo* (molibdén) huzalokkal áttekeresltek
 - a tekercselt tömböt *Cu*-réteggel vonták be elektrolitikusan
 - a próbatest izzítása, a *Mo* huzalok elmozdulását vizsgálják
 - a koncentrációváltozás miatt a Vegard-szabály miatt megváltozik az anyag rácsmérete
 - a *Zn* atomok gyorsabban diffundálnak kifelé, mint ahogy a *Cu* atomok befelé
 - a szubsztitúciós atomok diffúziója az üres rácshelyek mentén valósul meg

A diffúziót a **Fick-egyenletek** írják le.

18. Mutassa be a fázisátalakulásokat (diffúziós és martenzites átalakulást!)

Fázisátalakulás: folyamat, amelynek során a régi fázis(ok)ból új, más szerkezetű (rács, szövet) vagy halmazállapotú fázis(ok) keletkeznek. Ez alapvetően **diffúziós** vagy **martenzites** átalakulási mechanizmusokkal valósulhat meg.

Speciális formája, az **allotróp** átalakulás akkor jöhet létre, ha valamelyik komponens (természetesen szilárd állapotban) **többféle** szerkezeti módosulattal is előfordulhat.

- *T, P, C* változása -> új (egyensúlyi) állapot
- **Új fázis(ok):**
 - stabil
 - metastabil (lehet akár több tízezer évig is metastabil -> gyakorlatilag stabil)

Fázisátalakulások

- Kristályosodás, megolvadás (halmazállapot változás)
- Szilárd állapotban végbemenő fázisátalakulások
- allotróp átalakulás, újrakristályosodás, szegregáció
- diffúziós (egyedi atomi mozgás)
- martenzites (kollektív atomi mozgás, diffúzió nélkül)

Fázisai:

1. Az új fázis kisméretű magnak vagy **csírának** nevezett tartománya alakul ki a régi fázisban, majd ez növekszik a régi rovására.
2. **Magképződés**, növekedés

Diffúziós átalakulás: Az anyagban történő tömegáramlás, mely koncentrációkülönbséghez vezet.

1. Fick egyenlet:

$$J = -D \cdot dC/dx ,$$

- D a diffúziós tényező
- J anyagáramlás sebessége - "anyagfluxus"
- A diffundáló anyag tömegáramlását leíró diff. egyenlet.

2. Fick egyenlet:

- A diffundáló anyag koncentrációváltozásának időfüggését megadó diff. egyenlet.
- diffúzió gyorsasága: szilárd < folyékony < gáz

Martenzites vagy diffúzió nélküli átalakulás: A **túlhűtött** ausztenit átalakulása, melyre az jellemző, hogy inkubációs periódus nélkül, rendszerint nagyon gyorsan indul és a folyamat vége felé lelassul. Acél esetében megfigyelhető jelenség.

Kritikus hőmérséklet M_s illetve M_f

- > azonnali átalakulás
- > folyamat azonnali leállása

19. Mit értünk hőkezelés alatt?

A hőkezelés célja a fémek, ötvözetek **mechanikai tulajdonságainak módosítása**.

- A fémeket adott hőmérsékletre melegítjük, ott **hőn tartjuk**, majd meghatározott sebességgel lehűtjük.
- Hőkezelés során a fém nem olvad meg, összetétele nem változik.
- **Hőkezelés fajtái:**
 - izzítás (lágyító vagy normalizáló)
 - edzés
 - megeresztés.

20. Ismertesse részletesen a kiválás jelenségét!

Kiválásos keményedés:

1. *Homogenizálás* utána gyors hűtés = edzés
2. Kisebb hőmérsékleten végre hajtott hosszabb idejű hevítésből áll, az ún. *megeresztésből*.

Kiválásosan keményíthetők azok az ötvözetek, amelyekben az oldhatóságnak a hőmérséklettel való csökkenése miatt **fázisátalakulás** megy végbe. Ezt a fázisátalakulást a hőmérsékletváltozás szabályozásával befolyásolni lehet és a tulajdonságok széles skálája érhető el ezzel a módszerrel.

21. Ismertesse részletesen az amorfizáció jelenségét!

Bizonyos hőmérséklet felett az anyagok **elvesztik** a kristályos szerkezetüket. A kristályok rendeződéséhez idő kell, és ha extrém nagy sebességgel hűtjük le az anyagot, erre nem képesek a részecskék, rendezetlen állapotban dermedni meg, **amorfak** lesznek. Ez a technológia lehetőséget ad a **fémüvegek** előállítására.

22. Mutassa be az újrakristályosodás folyamatát!

Definíció: A szilárd anyagokban végbemenő olyan átkristályosodás, melynek során az eredeti és az új kristályszerkezet azonos. Hajtóereje a szabadenergiacsökkenés. Létezik szekunder újrakristályosodás: az elsődleges újrakristályosodást követő szemcsedurvulás.

Gyakorlat:

- Képlékeny hideg alakítás + hőkezelés ($T_{homológ} > 0,5$)
- „Lépesei”:
 1. Megújulás, poligonizáció
 2. Újrakristályosodás
 3. Szemcsedurulás
 4. Másodlagos újrakristályosodás
- Jellmezők:
 - termikusan aktivált
 - létezik újrakristályosodási diagram
 - Ötvözők lassítják (Cottrell)
 - Diszlokációk gyorsítják.
 - Van lappangási idő
 - De: túlhűtés nem értelmezhető.

Elmélet:

- A kristályszerkezetben az alakítás hatására **diszlokációk** jönnek létre, pontszerű rácshibák képződnek, a kristályokban energia halmozódik fel.
- **Hajtóerő:** ponthibák + diszlokációk energiája
- Az újrakristályosodás során hő hatására az atomok mozgékonyasága, rezgésük frekvenciája megnő, a **rácshibák okozta energia csökken**, új **kristálycsírák** jönnek létre, növekednek és a további hőkezelés hatására bekövetkezik a **szemcsedurulás**.

23. Ismertesse részletesen a lágyulás jelenségét!

A **lágyítás** – általános megfogalmazás szerint – a képlékenyen hidegen alakított fémnek az alakítás következményeitől való mentesítését jelenti. Ezt többféle módon valósíthatják meg:

Természetes öregbítés: A régi időkben használt feszültségcsökkentési gyakorlat volt. A kovácsok az acélt kirakták az időre 1–2 évig. Ott a téli-nyári, reggeli-esti hőmérséklet-változás hatására a feszültség körülbelül 40%-a leépült.

Egyszerű lágyítás vagy feszültségtelenítés: Az eljárás során az acélt az A1 hőmérséklet (a vas-szén diagramon 727 °C), azaz az újrakristályosodási küszöb alá melegítik, hőntartják, majd lassan, általában levegőn lehűtik. Eredményként a termékben, a hidegalakítás miatt kialakult belső feszültség részben vagy teljes egészében megszűnik.

Újrakristályosító lágyítás: A hidegen alakított acélt A1...A3 hőmérséklet fölé hevítik és ott hőntartják. Ezalatt a ferrit és perlit ausztenitté alakul, aminek szemnagyságát az izzítás hőmérséklete és a hőntartás időtartama határozza meg, miközben a szerkezet megszabadul a hidegalakítás következményeitől.

Szferoidizálás: Olyan lágyítási módszer, amely az acél perlitjét szemcséssé alakítja. Szferoidizáláskor az acélt az A1 hőmérséklet körül izzítják.

24. Ismertesse részletesen a szinterelés folyamatát!

A **porkohászatban** alkalmazott eljárás.

- A tömörített, finom fémporkeveréket hőkezelik így.
- A főkomponens olvadáspontjánál **alacsonyabb** hőmérsékleten történik a hőkezelés a megfelelő szilárdság érdekében. Egy termék előállításának ez az utolsó szakasza.

A szinterelt anyag nagyon **nehezen munkálható** meg. A körülmények nagyban meghatározzák a termék mikroszerkezetét, így a tulajdonságait. A porszemek közötti pórusok diffúzió hatására csökkennek, a felületi energia csökken.

25.Melyek a mechanikai tulajdonságok és jellemzőik?

A mechanikai tulajdonságokra jellemző paraméterek legtöbbje egy adott alakváltozás és annak eléréséhez szükséges terhelés közötti kapcsolatra utal.

- szerkezeti anyagok: terhelés elviselésére hasznosítanak
- főleg a fémek tulajdonságait ismerjük a szerkezeti anyagok közül
- a túl nagy terhelés a fémeken is meglátszik
- képlékeny alakíthatóság: gépgyártás, villamosberendezés-gyártás

A mechanikai tulajdonságokra jellemző paraméterek

- **külső terhelés:** olyan terhelés, amit külső erő okoz
- **alakváltozás:** terhelés nagysága és az anyag geometriai méretei
- geometriai méretektől független paraméterekkel jellemzik az anyagokat
- **névleges vagy valódi nyúlás**
 - **névleges:** az eredeti hosszra vonatkozó nyúlásérték
 - **valódi:** nem az eredeti, hanem a mindenkori hosszra vonatkoztatott nyúlásérték; ez jellemzőbb az alakított anyag **tényleges viszonyaira**
- **keresztmetszet-csökkenés:** fajlagos és valódi
 - feltételezett, hogy az anyag eredeti térfogata állandó
 - a nyúlás és a keresztmetszet-csökkenés között mindenkor kapcsolat van
- **felületi feszültség**
 - névleges és valódi
 - ha az alakváltozás kicsi, akkor gyakorlatilag egyenlőek
 - felületre vonatkozik
 - $\gamma = A / h$ fajlagos alakváltozás
- **Young-modulus (rugalmassági modulus)**
 - Poisson-hányados: ν : a rugalmassági állandók között tesz kapcsolatot
 - az elmondottak a statisztikusan rendezetlen polikristályos anyagokra vonatkoznak
 - az olvadáspont és a rugalmassági állandó között van valami összefüggés: egyenes arányosság (nagyobbhoz nagyobb tartozik)

Röviden:

- Keménység
- képlékenységi
- rugalmasság
- szívósság

Jellemzőik:

- néveleges/valódi nyúlás
- keresztmetszet csökkenés
- feszültség
- rugalmassági modulus

26.Hogyan történik a mechanikai tulajdonságok vizsgálata?

Szakítóvizsgálat: a fémes szerkezeti anyagok legfontosabb vizsgáló eljárása

- a próbatestet mindkét végén azonos erővel terheljük, hogy a próbatest két végét állandó sebességgel távolítsuk el egymástól
- mindig akkora feszültség ébred a próbatesten, amekkora feszültség az alakítást biztosítani képes
- **Szakítódiagram**

- arányossági határ: a Hooke-törvény teljesül, a legkisebb érték
- rugalmassági határ: ennél kisebb feszültségnél a próbatest még visszanyeri a kiindulási alakját az alakváltozás után is
- szakítószilárdság
- a nem kristályos testek szakítóvizsgálata nagyon eltér a fémekétől
- rugalmas alakváltozás – képlékeny alakváltozás – szakítás

Nyomóvizsgálat: ha az anyagok nagyon kis szakításnál elszakadnak, akkor a szakítóvizsgálat nem alkalmazható, erre találták ki a nyomóvizsgálatot

- főleg keramikusan anyagoknál és üvegeknél
- a valódi feszültség nagysága mindig kisebb a névlegesnél
- a terhelés során a próbatest keresztmetszete állandóan nő
- a terhelés a próbatestet kihajlíthatja méretétől függetlenül (kritikus érték)
- a felületek közötti **súrlódási erőt** csökkenteni kell, módszerek:
 - olajozás
 - finom felületek (teflonfólia): a súrlódási tényező kicsi
 - az összenyomott próbatest méretéből következtethetünk a súrlódás nagyságára

Hajlítóvizsgálat:

- ritkábban használt vizsgálat
- azonos nagyságú nyomóerő és feszültség
- rideg anyagok és hegesztett varratok vizsgálatánál előnyös
- rideg anyagoknál a törési feszültséget szokták megadni

Nyíróvizsgálat: a próbatest keresztmetszetét a terhelőerővel párhuzamos feszültségű erővel terhelik

- a próbatestet elnyíró feszültséget határozzák meg
- az ilyen mérésnél fellépő hajlítás nem kiküszöbölhető

Keménységvizsgálat: ha a szakítóvizsgálatra valamilyen ok miatt nincs lehetőség

- pl. egy anyag mechanikai terhelhetőségének vizsgálatánál nem alkalmazható a szakítóvizsgálat
- Módszerek: Mindkét eljárás alapelve, hogy valamilyen szerszámot belenyomnak a mérendő felületbe a legvégső alakváltozásig
 - **Brinell- és Vickers-módszer:** keménységi mérőszám, Brinell- vagy Vickers-keménység
 - **Brinellnél golyó, Vickersnél gyémántgúla**
 - **Rockwell-keménységmérés:** a vizsgálandó felületeket előkészíteni költséges, emiatt találták ki ezt a módszert

Röviden:

- szakítóvizsgálat
- keménységvizsgálat
- hajlítóvizsgálat
- nyomóvizsgálat
- nyíróvizsgálat
- ütőmunka vizsgálat
- fárasztóvizsgálat

27. Ismertesse a rugalmas és a képlékeny alakváltozást!

Rugalmas: visszanyeri saját alakját az anyag, addig lehet terhelni az anyagot, amíg nem éri el a folyáshatárt.

Képlékeny: ha elértük a folyáshatárt az alakítással képlékeny alakításról beszélünk, nem fogja eredeti alakját viszszaadni az anyag -> maradandó változás.

- **Képlékeny melegalakítás:**
 - Egy karakterisztikus hőmérséklet (anyagjellemző) felett valósítható meg.
 - Nem változtatja meg a tulajdonságokat.
 - A terhelés hatására keletkező diszlokációtöbbséget egy magasabb hőmérsékleten beinduló más folyamat (újrakristályosodás) szinte azonnal el is tünteti.
- **Képlékeny hidegalakítás:**
 - Tulajdonságváltoztató (ami mindig csak a szerkezetváltozás következménye lehet) technológia.
 - A lényegi mechanizmus a rácshiba-szerkezet megváltoztatása, konkrétan a diszlokációsűrűség nagyságrendekkel való megemlése.
 - Mértékének előrehaladtát kísérő legjellemzőbb, és legkönnyebben mérhető tulajdonságváltozás a mechanikai keménység monoton, de egyre csökkenő mértékű növekedése.

Folyáshatár: Egy adott, de rendszerint a képlékeny alakítás eléréséhez szükséges feszültség.

28.Melyek az alakadó technológiák?

- Öntés
- Kovácsolás
- Forgácsolás
- Hegesztés
- Porkohászat

29.Melyek a károsodási folyamatok?

Kenőanyagok/felületvédő alkalmazásával védekezhünk ellenük:

- **Kopás:** egymással érintkező, relatív mozgást végző szerkezeti elemek felületein bekövetkező elváltozás, ami általában anyagleválással jár együtt.
- **Súrlódás:** mechanikai ellenállás az érintkező felületek között.
- **Korrózió:** a környezettel való reakció miatti károsodás.
 - Feltétele a korrózióra hajlamos anyag, és a korróziót okozó közeg megléte.
 - Lehet egyenletes, vagy helyi.
 - Gáz, folyékony, és szilárd közegben is lejátszódhat.

30.Ismertesse részletesen a kúszás fogalmát!

Olyan alakváltozás, ami a **folyási határnál kisebb** feszültség hatására **tartós** terhelés során következik be.

- A kúszást **tartósfolysnak** is nevezzük.
- A folyáshatár az a mechanikai **feszültség**, ami még **nem** okozza az anyag tartós alakváltozását. Magasabb feszültség az anyag kontrakciójához, ami töréshez vezet.
- Töréshez a diszlokációk felhalmozódása, üregek képződése, az anyag elvékonyodása vezet.

Kúszásvizsgálat: Adott hőmérsékleten meghatározott feszültség hatására bekövetkező nyúlás mértéke az idő függvényében.

31. Jellemezze az elektromos a termikus és a mechanikai fáradást, törést, relaxációt és a sugárkárosodást!

Az anyag hosszú távú váltakozó **igénybevétele** során létrejövő károsodás. A **Wöhler-diagramról** olvasható le a maximális terhelés.

Kifáradási határ: az a feszültség, amelyet az anyag végtelen számú ismétlődés után is 50% valószínűséggel törés nélkül elvisel (Wöhler-görbe vízszintes szakasza).

- **Termikus fáradás:** kúszás hőmérséklet, folyáshatárnál kisebb feszültség hatására nyúlás. hőmérséklet csökkenés miatt ridegebbek lesznek az anyagok, eltörhetnek pl.: acél.
- **Mechanikai fáradás:** ismételt igénybevétel hatására alakváltozás:
 - törés
 - lüktető
 - lengő
- **Töréshez** a diszlokációk felhalmozódása, üregek képződése, az anyag elvékonyodása vezet.
- **Sugárkárosodás:** a reaktorfalában a neutronsugárzás hatására vakanciák és szubsztitúciós atomok keletkeznek-> Frenkel hibapár.

32. Mit értünk korrózió alatt? Melyek a páratartalom hatásai?

Az anyagoknak azt a károsodását mely a környezettel való kölcsönhatás következtében **kémiai reakcióval** megy végbe, **korrózió**nak nevezzük.

- Az **oxidáció** egy fajtája a korrózióknak.
- A környezet és a korrodáló anyag **érintkezési határán** megy végbe a korrózió, vagyis felületi jelenség.
- A korrózió **sebességét** befolyásolja:
 - anyagi minőség
 - környezet kémiai összetétele
 - hőmérséklet
 - mechanikai feszültség
 - kopás
 - sugárzás
- **Szabadenergia csökkenésével** jár.
- Járhat súlyvesztéssel és –gyarapodással is.

A páratartalom a **vízben oldott oxigén** miatt korrodál:

- A **rés-korrózió** lassú és csökken.
- **Lyukkorrózió**, ami alkáli fémionokat tartalmazó vízzel való érintkezés esetén jön létre, önmagát erősítő folyamat.

A leggyakoribb pára okozta korrózió a **vas rozsdásodása**. A rozsdá hidratált vasoxidok keveréke.

33. Mit jelent a migráció?

Anyagvándorlás.

34. Jellemezze a szerkezeti anyagokat!

Szerkezeti anyagoknak jellemzői alapvetően a **mechanikai** tulajdonságok:

- szakítószilárdság
- kopásállóság
- sugárzásállóság.

Acél: minden olyan ötvözet melyben a vastartalom meghaladja az 50 súlyszázalékot és kovácsolható.

Szerkezeti acél: általában mozgó és álló szerkezetek többsége. 0,6%-nál kevesebb szén tartalmaz.

Réz: elektrotechnikában fontos:

- jól alakítható

- rossz a terhelhetősége
- drága ezért ötvözik valamint a tulajdonságok módosítása miatt
- huzalokat csinálnak belőle.
- **Ötvözetei:**
 - **sárgaréz:** réz és cink ötvözete
 - **bronz:** réz és ón ötvözete
 - jobb a szilárdság
 - van alumíniumbronz és ólombronz is, rugókat is csinálnak belőle.

Alumínium:

- kohóaluminium 4kilences: 99,99%alumínium van benne
- ötvözik a kis szilárdsága miatt
- vas és szilícium a leggyakoribb szennyezők
- alumínium kémiai tulajdonságai jók
- könnyűszerkezetek építésére alkalmas

35. Ismertesse a szerkezet- és összetétel-vizsgálat módszereit!

Röntgendiffrakció: ha a röntgensugarak útjába kristályos testet helyezünk, a sugarak a hullámhossztól és a szilárd test szerkezetétől függően egy ernyőn diffrakciós nyomokként foghatóak fel.

Laue-féle módszer

- Átvilágító - hátsóreflexió
- fehér röntgensugárzás
- egykristály minta
- kristálytípus, orientáció
- rácsparaméter nem (λ és d ismeretlenek)

Elektrondiffrakció: a felvételek kiválóan alkalmasak rácsparaméter meghatározására, vékony rétegek mérésére, habár az elektronok behatoló képessége kisebb, mint a röntgensugaraké. (*de Broglie* – egyenlet)

Neutrontdiffrakció: a neutronnalábokhoz ugyanúgy hozzárendelhetjük a *de Broglie* hullámhosszúságot, mint az elektronokhoz, de a hullámhosszúságuk attól függ milyen magreakció révén keletkeztek.

36. Mit értünk mikroszkópia alatt, milyen technikákat ismer?

Az emberi szem felbontóképessége **korlátozott**, egészséges szem esetén 0,1 mm. Ennél kisebb nem-homogén anyagok vizsgálatánál ezért szükséges a mikroszkóp használata.

Többfajta mikroszkóp létezik:

- **Sztereomikroszkóp** ($N=x300...500$), kisebb nagyítás mellett térhatású képet ad.
- **Fémmikroszkóp** ($N=x1000...2000$):
 - előkészítést igényel a próbatest
 - rossz mélységérzékelés
- **Elektronmikroszkóp** ($N=x10000...100000$), két fajtája van:
 - transzmissziós (TEM): a leképezés a geometriai optika törvényein alapul: az elektronok hullámter-mészetét használjuk ki
 - pásztázó (SEM): képet különféle detektorok segítségével állítjuk elő a minta felületéről, az anyag és az elektronok kölcsönhatása során kapott jelekből.
- **Atomi erő mikroszkóp** (AFM).

A **fénymikroszkópokban** látható fénnel világítják meg a vizsgált objektumot, amely ezután egy vagy több optikai lencsén halad át. A fémmikroszkóp a szokványos fénymikroszkóppal ellentétben nem az anyagon átszűrődő fényt, hanem az anyagról **visszaverődő** fényt vizsgálja. A fénymikroszkópoknak számos korlátja van.

- A maximális felbontás $0,2\ \mu\text{m}$
- sötét vagy tükröző felületek vizsgálata nem hatékony
- a fókuszsíkon kívüli pontok rontják a képet.

37. Elektronmikroszkópia, elektronsugaras mikroanalízis, röntgendiffrakció részletes jellemzése!

Az elektronmikroszkópoknak két típusa van:

- **Transzmissziós (TEM):** ahol a leképezés a geometriai optikán alapul.
- **Pásztázó (SEM):** ami a képet detektorok segítségével állítja elő a minta felületéről az anyag és az elektronok kölcsönhatása során kapott jelekből

Elektronmikroszkóp:

- Vezetőanyagokat lehet vele vizsgálni vagy be kell vonni a nem vezetőket valamilyen fémes bevonattal pl.: aranyozás
- Vákuumban történik
- Elektronsugárzás hullámhossza kisebb a fény hullámhosszánál így jobb nagyítást tud adni.
- Végigpásztázza a tárgy felületét és a visszaverődött elektronok alkotják a képet.
- Mélységélessége nagyon jó.

A mintát elhagyó **kisenergiájú** elektronok a minta külső héjairól származnak. Ezekből alkothatók a legjobb képek. A **nagyobb** energiájú elektronokból a kémiai összetételt lehet megállapítani. Az elektronok további, belső héjakat ionizálnak, amikre kívülről ugranak be elektronok, és ez anyagra jellemző

Ha röntgensugarak útjába kristályos testet helyezünk, a sugarak hullámhosszától és a szilárd test szerkezetétől függően egy ernyőn **diffrakciós** nyomok foghatóak fel. A kristály szerkezete a nyomokból meghatározható. Az eredeti iránytól való eltérést az okozza, hogy a röntgensugarak az egyes atomokon szóródnak. Diffraktált röntgensugarakra Bragg-egyenlet :

$$n\lambda = 2d\sin\Omega$$

38. Mutassa be a vezetési tulajdonságokat!

Klasszikus: (Sommerfeld-féle, szabad-elektron modell)

- Feltételezés: elektronok között nincs kölcsönhatás (ideális gáz)
- Elektron mozgása: Rendezetlen termikus mozgás + sodródás (drift)

Kvantummechanikai leírás:

- Elektronhoz rendelt síkhullám mozgása a rácsperiodikuspotenciáltérben.
- Vezető test: potenciálgödör.

Tulajdonságok szerint csoportosítva: vezetők, félvezetők, szigetelők.

Hőmérséklet:

- **Magas hőmérsékleten:**
 - **vezetőknek romlik a vezetőképességük**
 - **félvezetőké javul**
- **Alacsony hőmérsékleten:**
 - **szigetelők szupravezetőké válnak.**

Vezetők:

- fémek, ötvözeik -> szabad elektronok a töltéshordozók,
- elektrolitok, plazmaállapotú gázok -> ionok a töltéshordozók

Félvezetők: elektrontöbblet (n) és elektronhiány (p)

- elemi, vegyület-> szabad elektronok
- lyukak/szennyezők a töltéshordozók
- pl.: Si, Germánium

Szigetelők:

- csak szerkezeti hiba okoz vezetést: diszlokációk és ponthibák
- kovalens kristályok, alacsony hőmérsékletű gázok és ezek folyadékai

Fajlagos vezetőképesség alapján csoportosítjuk az anyagokat:

- $<10^{-8}$ S/m vezető
- 10^{-8} - 10^6 S/m félvezető
- 10^6 S/m < szigetelő

Fajlagos ellenállás

- az elektronok mozgásának periodicitását zavarja
 - a hőmérséklet okozta rezgések amplitúdójának növekedése
 - geometriai hibák: üres rácshelyek, diszlokációk stb.
 - felületi hatások
- platinahuzal: hőmérséklet mérése: a hőmérsékletkülönbséggel könnyen számolható a fajlagos ellenállás
- Curie-pont

Ötvözők:

- rontják a vezetőképességét a **fémeknek**
- **félvezetők** vezetőképességét javítják. (n/p vezetés)

Vezetékek:

- **réz:**
 - kisebb ellenállás
 - nem jó mechanikai tulajdonság a tiszta réz esetén -> ötvözik
 - drága
 - könnyen korrodál
- **alumínium:**
 - nagyobb ellenállás
 - könnyebb, mint a réz
 - normál légköri atmoszférában nem korrodál
 - mechanikai tulajdonságai nem annyira kedvezőek, mint a rézé
 - alacsonyabb ára van, mint a rézé

39. Ismertesse a vezető-, szupravezető-, ellenállás-, szigetelő anyagokat!

Vezetők:

- Legegyszerűbben a **szabadelektron** modell segítségével jellemezhető az áramvezetés. Az elektronok szabadon mozognak a fémrácsban.
- A **Pauli-elv** alapján nem minden energiasávban lehetséges a vezetés.
 - Telített sáv nem alkalmas a vezetésre.
 - A jó vezetőkben részben betöltött vezetési sávok találhatók.

Ellenállás:

- Vannak precíziós és normál ellenállások.

- Csak **ötvezeteket** használnak ellenállásnak, mert színfémek nem tesznek eleget a követelményeknek.
- Létezik maradó ellenállás is, de a hétköznapi értelemben mi az ellenállást a részecskék hő mozgásából adódó ellenállásra használjuk

Szigetelő:

- Csak üres és telített sávokat tartalmaz, így vezetésre **nem** alkalmas. Az üres és a telített sáv közti tartomány a tiltott sáv.
- Ennek nagysága alapján soroljuk be a nemfémes anyagot, hogy:
 - szigetelők (széles)
 - félvezetők (keskeny tiltott sáv).

Szupravezetők: 20K alatti hőmérsékleten figyelhető meg a jelenség.

- Az ellenállás a rácsatomok rezgésének, a maradék ellenállás pedig a deformációk, szennyezések következménye.
- Szupravezetőkben nincs maradék ellenállás, és az alacsony hőmérséklet miatt a **rezgés** elhanyagolható, az ellenállás **nullára esik**.
- A mágneses tér és a hőmérséklet növekedése megszünteti a szupravezetést.
 - Első fajú szupravezetők a **fémek**, amiknél viszont nehéz fenntartani a jelenséget.
 - Másodfajú szupravezetőket használnak a gyakorlatban, amik **ötvezetek**.

40. Ismertesse az elemi és vegyület félvezető anyagokat!

A **félvezetők** sávszerkezetében a vegyértéksávot és a vezetési sávot egy szűk **tiltott sáv** választja el. **Ideálisan** tiszta félvezetőben **0 K**-en a vegyértéksáv telített, a vezetősáv pedig üres. Termikus energiák révén elektronok kerülhetnek a vezetési sávba, ami miatt a vegyértéksávban lyukak keletkeznek. A lyukak és a vezetési sáv is képes vezetési jelenséget mutatni.

Szerkezeti félvezetőnek nevezzük az anyagot, ha csak **vegyérték** és vezető állapot van benne. Szubsztitúciós oldott jelentősen eltérő vegyértékkel rendelkező atomok esetén a vezetősávban szabadelektronok, a vegyértéksávban pedig elektronlyukak jönnek létre. Ezek alapján megkülönböztetünk *n* illetve *p* típusú félvezetőt.

Elemi: Si, Ge.

Vegyület félvezető:

- ötvözőkkel lehet javítani a vezetőképességet:
 - p-típusú legyen,
 - n-típusú,
- elektronvezetés
- lyukvezetés
- alkalmazás: *tranzisztor, npn, pnp, dióda np*.

41. Ismertesse a vékonyréteg szerkezeteket, technológiákat!

A **vékonyréteg** az anyag olyan megjelenési formája, melynél valamilyen lényeges fizikai sajátosság tekintetében az egyik térbeli irány **kitüntetett** szerepet játszik.

- A vékony $5\mu\text{m}$ -t takar.
- A réteg felvitele történhet gőzöléssel, nanotechnológia.

Vákuumgőzöléskor a bevonat anyagát magas hőmérsékletre hevítve elpárologtatják és a bevonandó munkadarab (szubsztrát) felületére csapattják.

- A gőzölés nagy **vákuumban** megy végbe, ezért a réteg aránylag tömör.
- A legtöbb esetben **polikristályos** bevonat keletkezik.
- A vákuumgőzölést főleg fém vékonyrétegek előállítására használják, de oxid, nitrid és egyéb vegyület vékonyrétegeket is készítenek ipari méretekben.
- A vákuumgőzölés több iparágban – különösen az optikai és félvezető eszközök gyártásában – kulcsszerepet játszik.

A **porlasztáson** alapuló eljárásoknál a bevonat anyagát tömb alakjában (target) nemesgázok ionjaival bombázzák és a target felületéről kiváltott részecskéket, atomokat vagy atomcsoportokat választják le a szubsztrát felületéről.

Alkalmazás:

- Mikroelektronika (vezető-, szigetelőrétegek, diffúziós gátak)
- Gázérzékelők
- Antireflexiós rétegek
- Korrozó-, és kopásgátló rétegek

42. Ismertesse az anyagtulajdonságok (szerkezet, összetétel) hatásait félvezetőkben és a mikroelektronikai és az integrált optoelektronikai anyagokban!

Vegyületfélvezetők előnyei, prespekívái, eszközök

- Nagy tilos sáv, lehet ún. sávtervezés, „bandgap engineering”
- gyorsabbak,
- magasabb hőmérsékletig alkalmazhatók,
- sok közülük fényemisszióra is alkalmas (létrejöhet bennük sugárzásos rekombináció is) azaz
- **GaN –a világítás forradalma**
 - SiGe a Si-vel
 - SiC –magas hőmérsékletekre
- De árban nem tudnak versenyezni a Si-mal

Alapvetően a **kristálynövesztés** sikeressége határozza meg a jó alapanyagot - nyert a **szilícium**, de nem csak emiatt

- **Előnyei** a kiváló kristálytulajdonságok mellett:
 - szinte hibátlan kristály növeszthető
 - saját oxidja kiváló dielektrikum,
 - maszkoló anyag
- **Hátrányai**
 - elektron-lyuk rekombináció „meglöki” a kristályrácsot („Indirekt” félvezető) –lézernek nem alkalmas
 - nem optimális (kicsiny) a tiltott sáv szélessége –sebesség-kérdések

43. Mutassa be az ötvöztartalom és hőmérséklet hatását a fajlagos ellenállásra!

Hő hatására rohamosan nő az **entrópia** (rendezetlenség) miatt. A töltéshordozók rezegni kezdenek, így megnő az **ellenállás**. Ha két alkotó:

- **korlátlanul** **oldódik** az ellenállás **többszörösére** nő
- ha simán kétalkotós, akkor **lineárisan** változik.

Részletesebben:

Az ötvözés hatása az ellenállás változására

- az idegen atomok befolyásolják a vezetést, mert az elektronok mozgásának periodicitásra hatnak, növeli minden egyes ilyen atom az elektromos ellenállást
- az ötvöző atomok az alapfémekkel fázist képeznek, és az ellenállás változása a koncentrációeloszlás függvénye lesz
- intermetallikus vegyületek

Hőmérséklet:

- **Magas hőmérsékleten:**
 - **vezetőknek romlik a vezetőképességük**
 - **félvezetőké** javul
- **Alacsony hőmérsékleten:**
 - **szigetelők szupravezetőkkel válnak.**

44. Ismertesse részletesen a szigetelő -, dielektromos és ferroelektromos anyagokat és az átütési jelenségeket!

Elektromosan **szigetelő** az az anyag, melyben elektromos feszültség hatására nem vagy csak **elhanyagolható** mértékben folyik áram.

A **dielektrikum** majdnem hasonló tulajdonságú, mint a szigetelő. A különbség az, hogy az ideális dielektrikum egyáltalán **nem** vezet áramot két vezető között. Ezt a feltételt azonban csak a **vákuum** teljesíti, ha:

- a két vezető között a feszültség kicsi
- vezetők felülete tiszta.

A **szigetelőanyagok** ellenállás tartománya: $10^{20} \Omega \text{cm}$ és $10^6 \Omega \text{cm}$ közé esik. A kis ellenállású szigetelők és a nagy ellenállú félvezetők között nem lehet éles határvonalat húzni.

- Szobahőmérsékleten sok **kerámia** és **műanyag** is szigetelőként viselkedik.
- Tipikus szervesetlen szigetelők a csillám, az üveg, a porcelán, az alumíniumtrioxid.
- Nagymolekulájú (polimer) szigetelőanyagok a papír, a textil, a fa, stb.

A szigetelőanyagok nagy elektromos ellenállásának egyik oka az, hogy a térfogategységre jutó szabad elektronok száma sok nagyságrenddel kisebb, mint a fémekben és néhány nagyságrenddel kisebb, mint a félvezetőkben.

- A jó szigetelőanyag tulajdonságait a **szennyezők** rontják, mint a félvezetőkben.

Néhány anyagban állandó dipólusok vannak, melyek között olyan kölcsönhatás alakul ki, mint a ferromágneses anyagokban a mágneses momentumok között. Az ilyen anyagokat **ferroelektromos** anyagoknak nevezzük.

- Hasonló hiszterézis görbét mutatnak, mint a mágneses anyagok csak itt E (elektromos térerősség) és P polarizáció tekintetében

A térerősség növelésével a szigetelőkben kis áram folyik. Ez az áramerősség az Ohm törvény szerint változik a feszültséggel. Nagy térerősnél az Ohm-törvény érvényessége megszűnik, az áramerősség gyorsan nő, a szigetelő ellenállása csökken. Ezt a jelenséget nevezik **átütésnek**. Azt az elektromos teret ahol ez bekövetkezik **átütési szilárdságnak** nevezzük.

45. Ismertesse a félvezető egykristályok előállítását, az adalékolást, a rétegépítést és eltávolító technológiákat és a vizsgálati technikákat (Hall, CV)!

Két módszert alkalmaznak:

Czochralski módszernél nagy tisztaságú olvadt félvezetőbe belelógatnak egy megfelelően orientált kristálycsírárt, majd folyamatos forgatás mellett lassan emelik.

Bridgeman módszer olcsóbb, és egyszerűbb de:

- limitált az átmérő
- kristály orientációja nem szabályozható.

46. Melyek az elektronikai kötéstechológiák (forrasztás, mikrohegesztés, termokompresszió) főbb jellemzői? Melyek a korszerű kötések anyagai (pl. ólommentes forrasztás)?

Forrasztás: A klasszikus 60% Sn + 40% Pb ötvözet helyett ma már 96,5% Sn + 3% Ag + 0,5% Cu ötvözetet használnak.

- környezetkímélő
- magasabb hőfokon olvad
- drágább
- viszont a szilárdsága nagyobb.

A legnagyobb problémát a **rosszabb nedvesítés** okozza. A korszerű páka rövid, vastag csúccsal rendelkezik.

A **mikrohegesztés** olyan, mint a rendes hegesztés, ám sokkal precízebb beállításokat igényel, és sokkal kisebb területen alkalmazzuk.

47. Ismertesse az elektrotechnika nemfémes alapanyagait (kerámiák, üvegek, polimerrek, kompozitok)!

Az **üvegből** szigetelőtesteket készítenek. Egyszerű előállíthatóság és olcsó árak miatt széles körben használják őket. ridegek.

A **kerámiák** különböző fénoxidból és SiO_2 -ből álló, rendszerint olvadáspontjuknál alacsonyabb hőmérsékletű izzítással létrehozott anyagok.

1. Az apróra őrölt fénoxidokat és a kvarcot könnyen párologó kötőanyaggal keverik össze, majd a kész munkadarab alakjának megfelelő számba sajtolják.
2. Az ezt követő izzítás-zsugorításnak nevezett művelet-során a kötőanyag elpárolog, a kvarc és a fénoxidok pedig az érintkező felületeken kémiai kötésbe lépnek.
3. Ridegek, ezért sajtolással állítják elő.

Elektrotechnikában használatos az Al_2O_3 .

A **kompozitok** bármilyen két anyag (fém, kerámia, műanyag, üveg) **kombinációjaként** előállíthatók. A gyakorlatban a kompozitoknak több előnye is van:

- Elsősorban lehetővé teszik, hogy a tulajdonságoknak egy különleges kombinációját hozzuk létre.
- Olyan fizikai tulajdonsággal is rendelkezhetnek, melyek **nem** érhetők el külön-külön egyik alkotójával sem.
- Cél a végtermék tulajdonságainak **optimalizálása** különböző alapanyagok együttes használatával.
- Kitűnő és az igényeknek megfelelően **szabályozható** a szilárdságuk, képlékenyséjük és korrózióállóságuk.
- Kompozitok a társított anyagok (mint a vasbeton, vagy a szálerezített anyagok).

Polimernek nevezzük az ismétlődő egységekből, monomerekből felépülő nagyméretű molekulákat.

- Pl. papír, műanyagfólia.

- Tekercselt kondenzátorokban használják őket szigetelőként.
- Az informatikai forradalom eszközei - különösen a mikrominiatúr, nagyteljesítményű integrált áramkört elemek - létre sem jöhettek volna a polimer vékonyrétegek molekuláris szintű mérnöki megalkotása nélkül.

48.Mit értünk mágneses tulajdonságok, ferro - és ferrimágneses anyagok, mágneses vékonyrétegek, információhordozók alatt?

A **ferro-** és **ferrimágnesek** olyan **jó mágneses** tulajdonságokkal rendelkező anyagok, melyeknek a relatív permeabilitása jóval nagyobb, mint **1**. Az egy közeli, de annál nagyobb permeabilitással rendelkező gyenge mágneses tulajdonságú anyagok a **paramágnesek**. Minden mágnesesen rendezett anyag egy **bizonyos hőmérsékleten** paramágnessé válik.

A mágneses **vékonyréteg**, egy 5µm körüli vastagságú, mágneses tulajdonságokkal bíró bevonat. Hőre kevésbé érzékeny, **adattárolásra** jól alkalmazható. Ilyen segítségével tárolunk információt a merevlemezekeken is.

49.Jellemezze a nanokristályos mágneses anyagokat!

Olyan **polikristályos** anyag melyben a szemcsék mérete nanométeres nagyságrendű, így a szemcseméret könnyen összemérhető a **domén** fallal, vagy az elektronok úthosszával, és ez érdekes tulajdonságokhoz vezet.

50.Mutassa be az intelligens anyagokat az alakemlékező ötvözeteket, a folyadékkristályokat és a fényvezető szálakat!

Az **alakemlékező** ötvözetek azoknak a fémek anyagoknak a megnevezésére szolgál, amelyek a hőmérséklet változásának hatására képesek valamely előzetesen meghatározott alakot vagy méretet felvenni, ha megfelelő **hőkezelésnek** vetik alá őket.

- Au-Cd (Arany-kadmium)
- In-Ti (indium-titán)
- Ni-Ti (nitinol), sárgaréz

A **folyadékkristályok** olyan anyagok, amelyek ugyan folyékonyak, de sok fizikai tulajdonságuk a kristályokéhoz hasonló.

- Az ilyen anyagok molekulái általában hosszú láncúak, hossz tengelyük irányában kettőskötés rendszerük miatt merevek, nagy permanens dipólmomentumuk van és a láncvégeken könnyen polarizálható csoportok helyezkednek el.
- Ezek a hosszúak molekulák hosszú távú rend kialakítására képesek úgy, hogy azért az anyag folyékonysága megmarad.
- **Alkalmazásuk** két fontos tulajdonságuk alapján vált lehetővé.
 - Egyrészt **dipólus szerkezetük** miatt, ami azt eredményezi, hogy elektromos térbe helyezve őket, polaritásuknak megfelelően a tér irányába fordulnak.
 - Másrészt a hosszú szerves molekulákból álló folyadékkristályok a rajtuk áthaladó polarizált fény síkját képesek elforgatni.

Optikai szálak: Optikai kábel négy optikai szállal.

- Az optikai szál egy igen tiszta, néhány tíz (a technológia megjelenése idején még néhány száz) mikrométer átmérőjű szálból és az ezt körülvevő, kisebb optikai törésmutatójú héjból álló vezeték.
- Működési elve a fénysugár **teljes visszaverődésén** alapul: A fénykábel egyik végén belépő fényimpulzus a vezeték teljes hosszán teljes visszaverődést szenved, így a vezeték hajlítása esetén is – minimális energia-vesztéssel – a szál másik végén fog kilépni.
- Ezt a tulajdonságot kihasználva az optikai szálak rendkívül alkalmasak digitális **információ-továbbításra**