

Az Anyagszerkezet és anyagvizsgálat tantárgy

tematikája

2025

Bevezetés

Az anyagtudomány és az anyagtechnológia fogalmának definíciója. Az anyagszerkezet, a technológia és az anyagtulajdonságok kapcsolata. Az anyagok csoportosítása. Az anyagtulajdonságok rendszerezett áttekintése.

Kémiai kötések: fémes, ionos, kovalens. Másodlagos kémiai kötések. Kötési energia, atomtávolság. Atomi kötés és a makroszkopikus tulajdonságok kapcsolata: olvadáspont, rugalmassági modulus, hőtágulási együttható.

Kristálytan, rács hibák

Rövid távú rend (amorf anyagok), hosszú távú rend (kristályok). Transzláció. A 7 primitív rács-típus. A 14 Bravais-rács. Kapcsolat a primitív és az összetett rács között. Síkok és irányok Miller-indexei. Köbös rácsok néhány egyszerű tulajdonsága. Kristálytani adatok koordinációs szám, atomátmérő és rácsállandó kapcsolata, legnagyobb rács-hézag, vonalmenti és síkbeli kitöltési tényező, legsűrűbb síkok és irányok. Számpéldák a kristálytan köréből.

Ponthibák: vakancia, interstíciós és szubsztitúciós atomok. Ponthibák létrejötte, egyensúlyi koncentrációja, energiája. Diszlokációk: létrejöttük, fajtáik. Burgers-vektor, Burgers-kör. Diszlokációk energiája. A diszlokációk szerepe a képlékeny alakváltozásban. Diszlokációsűrűség definíciója. Diszlokációk mozgása, csúszási rendszerek. Diszlokációk kölcsönhatása. Diszlokációforrások. Felületszerű rács-hibák: makrofelület, szemcsehatár (kisszögű, nagyszögű), fázishatár, ikerhatár, rétegződési hiba. Térfogati hibák. Számpéldák a kristályhibák témaköréből. *Példák, szemléltetések: példatár 1. rész példái.*

Mechanikai tulajdonságok

Az anyagok rugalmas és képlékeny viselkedése. Feszültség és alakváltozás fogalma. Rugalmassági anyagjellemzők (rugalmassági modulusok, Poisson-tényező). Szakítóvizsgálat és jellemző mennyiségei. Szabványos paraméterek (folyáshatár, szakítószilárdság, kontrakció, szakadási nyúlás stb.) Mechanikai anyagjellemzők (feszültség-alakváltozás görbék, mérnöki és valódi rendszer, fajlagos alakváltozási munka). Szívós és rideg viselkedés. Az anyagminőség és a mechanikai tulajdonságok kapcsolata.

Nyomó-, csavaró- és hajlítóvizsgálat. A vizsgálattal meghatározható anyagtulajdonságok (folyáshatár, alakváltozás). A statikus és dinamikus keménység fogalma, meghatározási módszerei.

(Brinell-keménység, Vickers-keménység, Knopp-keménység, Rockwell-keménység) Dinamikus keménységmérési eljárások, műszerezett keménységmérés. A keménység és más mechanikai tulajdonságok közötti kapcsolat.

Teljes (perfekt) és parciális diszlokáció. A diszlokációreakciók energiamérlege. Csúszási rendszer. Schmid-tényező. Az egykristály feszültség-alakváltozás görbéjének I. II. és III. szakasza. Frank–Read-forrás. Keresztcsúszás. Polikristályos test képlékeny alakváltozási mechanizmusai.

Egykristály és polikristály kapcsolata. Keményedési görbék. A textúráképződés folyamata. Jellegzetes textúrák.

Példák, szemléltetések: számpéldák a példatárból, Cottrell–Lomer-gát, Schokley-féle parciális diszlokáció bemutatása, mérnöki és valódi rendszer számszerű összehasonlítása.

Ötvözetek szerkezete és termikus viselkedése

Koncentráció irányította diffúzió, öndiffúzió. Szubsztitúciós és interszticiós diffúzió. Fick I. és Fick II. egyenlet. A diffúziós tényező hőmérsékletfüggése. Az anyag szerkezete és a diffúzió kapcsolata. A Fick-II. egyenlet megoldásai: végtelen féltér, kimerülő forrás, kiválások. A Fick_II. egyenlet megoldásainak alkalmazása.

Termodinamikai alapfogalmak, definíciók. Állapotváltozók. Termodinamikai függvények. Gibbs-féle fázisszabály. Egykomponensű anyag termodinamikai elemzése. Kétfázisú anyag termodinamikai elemzése. Newton-féle lehűlési görbe. A kristályosodás elméleti folyamatai, kritikus csíraméret. Homogén és heterogén magképződés. Csíranövekedési folyamatok (poliédres, dendrites, szferolitos). Egykristálynövesztés (Chochralsky), zónás tisztítás.

Ötvözetek előállítása olvadékból. Az alkotóelemek kapcsolata az ötvözetekben (tisztá fém, ömledék, szilárd oldat, intermetallikus fázis, eutektikum, eutektoid, peritektikum, peritektoid). *Példák, szemléltetések: diffúziós számpélda, diffúzió hőmérséklet- és időfüggését összehasonlító példa.*

Egyensúlyi fázisdiagramok *(elmondtam, hogy ez a hivatalos megnevezés, de az „állapotábra” kifejezést használtam általában)*

Kétalkotós egyensúlyi fázisdiagramok definíciója. Állapotábrák használata: egyensúlyt tartó fázisok azonosítása. Állapotábrák használata: egyensúlyt tartó fázisok összetétele. Állapotábrák használata: egyensúlyt tartó fázisok mennyisége (mérlegsabály). Állapotábrák használata: lehűlési folyamatok szövetszerkezeti elemzése. Állapotábrák alaptípusai: korlátlan oldódás, egyszerű eutektikus, korlátozott oldódás, intermetallikus vegyület, peritektikus.

A vas-szén állapotábra szerkezete, stabil és metastabil állapotábra. Az állapotábrában előforduló fázisok, szövetelemek. Az acél lehűlése különböző széntartalmú ötvözetek esetén.

Példák, szemléltetések: állapotábrák használatának általános bemutatása az ön-ólom állapotábrán, számpéldák a példatárból. A vas-szén állapotábra használatát bemutató számpéldák.

Fázisátalakulások, hőkezelések

A vas (acél) allotrop átalakulása. Egyensúlyi és nemegyensúlyi átalakulás. A nemegyensúlyi átalakulás befolyásoló tényezői. A fázisátalakulás Avrami-egyenlete. Izotermikus átalakulási diagram (TTT). Folyamatos átalakulási diagram (CCT). Perlites átalakulás, finom- és durvalemezes perlit. Bénites átalakulás alsó és felső bénit. Martenzites átalakulás, Bain-modell, tűs és lemezes martenzit.

Vas- és nemvasalapú fémek hőkezelése. Edzés, megeresztés, nemesítés, lágyítás, normalizálás *(ezeknek csak a definíciója hangzott el egy-egy mondatban)*. A kiválások keményedés

feltételrendszere. A kiválósos keményedés mechanizmusa. A kiválások szerkezete. A keménységváltozás folyamata. Természetes és mesterséges öregítés. Konkrét példa kiválósos keményedésre: Al-Cu.

A hidegalakítás hatása az anyag energiaállapotára. A mechanikai és fizikai tulajdonságok változása az alakítást követő hőn tartás során. Anyagszerkezeti folyamatok: megújulás, poligonizáció, újrakristályosodás. Az újrakristályosodást befolyásoló tényezők: technológiai és mikroszerkezeti tényezők. Hideg- és melegalakítás fogalma, technológiai jelentősége.

Példák, szemléltetések: tipikus izotermikus és folyamatos átalakulások bemutatása konkrét C-görbéken.

Szilárdságnövelés

A képlékenyalakítás mechanikai tulajdonságokra gyakorolt hatása. A szemcsehatár és a szemcse méret szerepe az anyag szilárdságnövelésében. A Hall–Petch-egyenlet. Az ötvözők szilárdságra gyakorolt hatása. Cottrell–atmoszféra. Kiválósos keményítés. Diszperziós keményítés. Termomechanikus alakítási eljárások.

Károsodás, tönkremenetel

Töretfelület mikroszkópi elemzése. Ridegtörés (transzkrisztallin és interkrisztallin), szívós törés. A külső és belső állapot tényezők fogalma. Feszültségállapot hatása, bemetszésérzékenység. Az igénybevételi sebesség hatása, statikus és dinamikus vizsgálatok. A hőmérséklet hatása. A hőmérséklet-növekedés és -csökkenés hatása a mechanikai tulajdonságokra. Az állapot tényezők együttes hatása. Repedések keletkezése a gyártás és az üzemeltetés során. Törési típusok változása a hőmérséklet függvényében.

Ciklikus terhelés. A kifáradás jelensége. Wöhler-görbe. Kifáradási határ. Tartamszilárdság. Wöhler-görbe meghatározása. A kifáradás anyagszerkezeti mechanizmusa. A kifáradást befolyásoló tényezők (a feszültségállapot jellege, feszültséggyűjtő helyek, a feszültség időbeli lefolyása, az igénybevétel frekvenciája, a próbatest geometriájának szerepe a makroskálán és a mikroskálán, a közeg hatása).

Az időtől függő és független alakváltozás. A kúszás jelensége a folyáshatárnál kisebb terhelés esetén. Kúszáshatár és tartamszilárdság fogalma. Kúszási görbe és szakaszai, különböző alakváltozási mikromechanismusok. A kúszás anyagszerkezeti magyarázata. A kúszásnak ellenálló anyagok tervezése. A kúszási vizsgálatok. A szuperképlékenység feltételei, mechanikai jellemzői, a szuperképlékeny folyás mechanizmusa. Üreges alakítás.

Anyagvizsgálat

Roncsolásmentes anyagvizsgálat: szemrevételezés, endoszkópos vizsgálatok, folyadékbehatolásos, mágnesezhető poros, örvényáramos, ultrahangos és radiográfiai vizsgálatok.

A szerkezetvizsgálat szintjei (atomi szerkezet, mikroszerkezet, makroszerkezet). Röntgendiffrakciós vizsgálatok. Pásztázó elektronmikroszkópia. Elektronsugaras mikroanalízis. Optikai mikroszkópia.