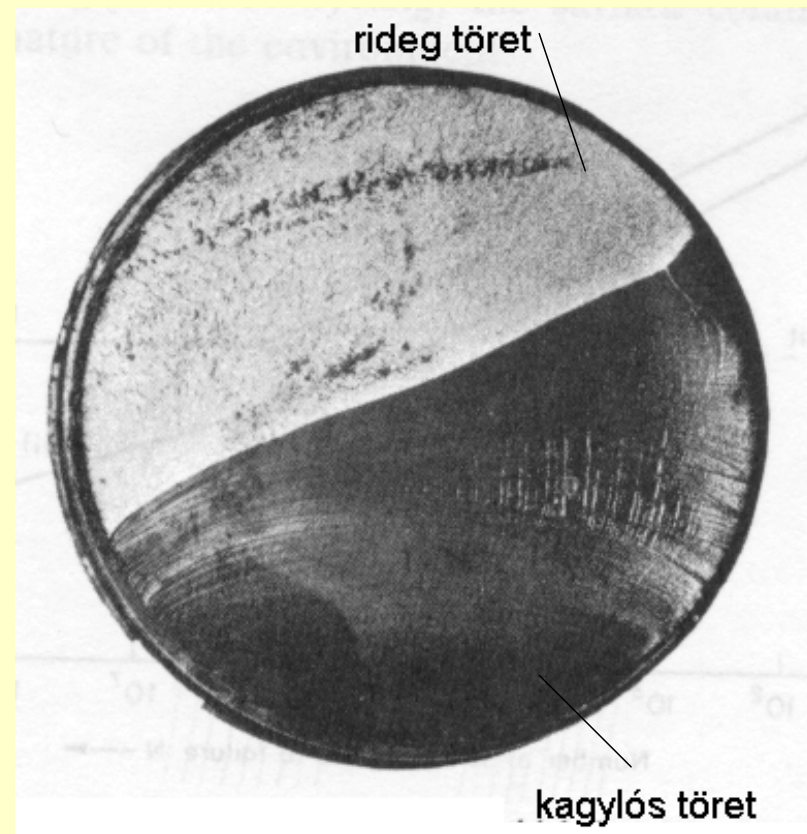


Ismételt igénybevétellel szembeni ellenállás

- Azt a jelenséget, amikor egy anyag az ismételt igénybevételek során bevitt, halmozódó károsodások hatására a folyáshatárnál kisebb terhelés esetén eltörik **kifáradásnak** nevezzük.
- Az anyag kifáradása **törésként jelentkezik**, de a kifáradás **folyamata** legszorosabban a **képlékeny alakváltozással kapcsolatos**.
- **Nagyon lényeges, mert a törési káresetek kb. 70-80 %-a a kifáradással kapcsolatos. A járműveknél ez az arány több is lehet!**

A fáradt töret jellege

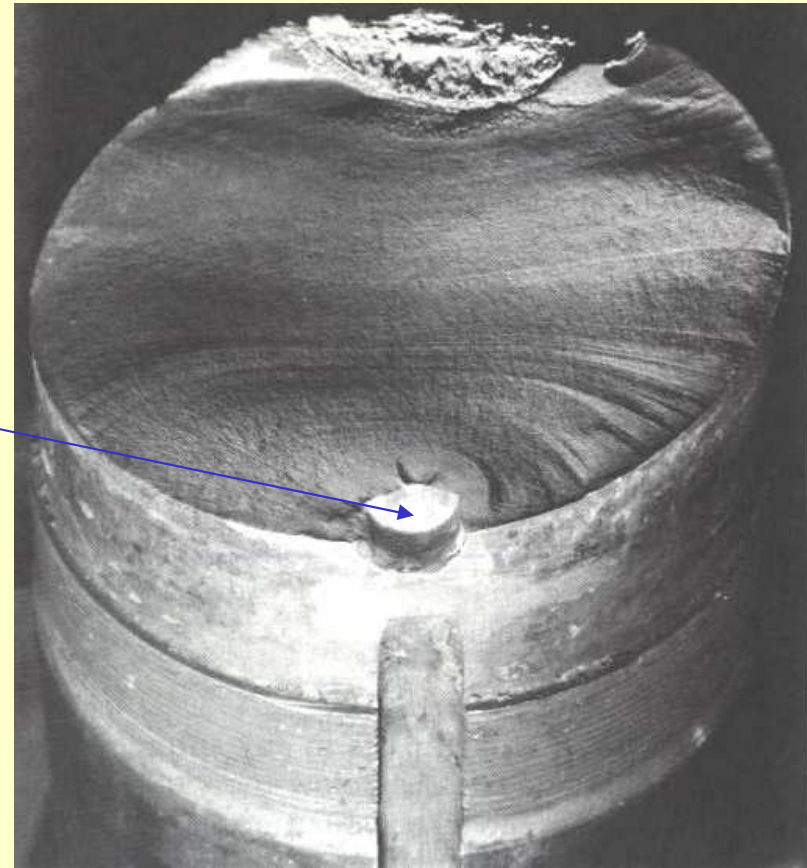
két részből, egy kagylós,
barázdált és egy
szemcsés ridegen tört
részből áll



Fáradt töret

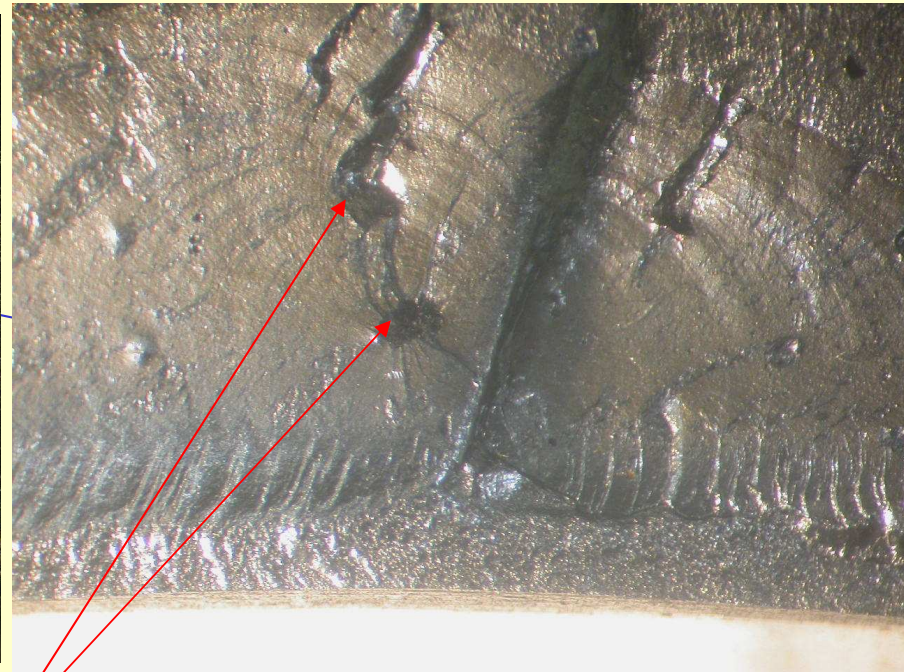
Jellegzetes fáradt töret forgattyús tengelyen

- A repedés a feszültséggyűjtő helytől indult. A ridegen tört rész relatíve kicsi.



Fáradt töret

Belső anyaghibából kiinduló fáradt töret
(tányérkerék fog)



A károsodás kiindulása

A kifáradásnál három részfolyamatot különböztethetünk meg

⇒repedés keletkezés

⇒repedés terjedés (lassú)

⇒instabil repedés terjedés, törés

Az ismételt igénybevételnél a feszültség
általában kisebb, mint a folyáshatár

$$\sigma < R_{p0,2}$$

A kifáradás folyamata

$$\sigma < R_{p0,2}$$

- tehát a darab makroszkóposan tekintve képlékeny alakváltozást nem szenvedhet.
- De mikroszkópos szinten! Fémes anyagaink általában nem homogének és izotrópok. Változik az egyes kristallitok orientációja, kiválások, nem fémes zárványok, anyaghibák találhatóak. Az anyagban igen sok kristallit van és ezek egyéni módon reagálnak a terhelésre.

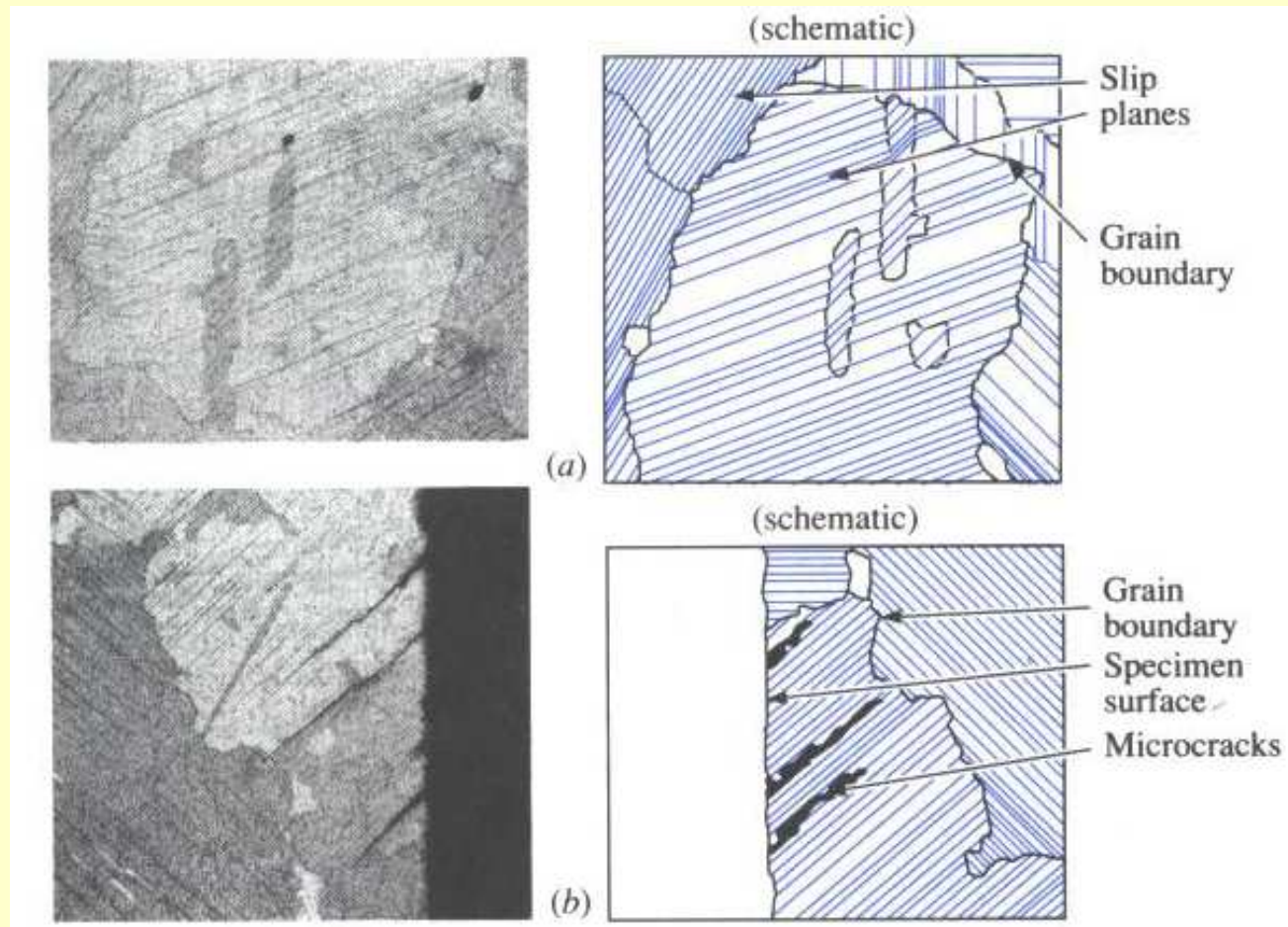
A kifáradás folyamata

I. szakasz

A **kedvező helyzetű kristallitokban** a folyáshatárnál lényegesen kisebb feszültség is megindíthatja a maradó alakváltozást. Ez a rugalmas alakváltozással összemérhető nagyságú, 0,1 - 0,01 %. Így a kedvező helyzetű kristallitokban **csúszósávok** alakulnak ki.

Ez a jelenség legkönnyebben a felületen jöhet létre. Ezért a kifáradás szempontjából leglényegesebb a felület!

Csúszósávok



a. csúszósávok nikkal ötvözetben N 200x

A kifáradás folyamata

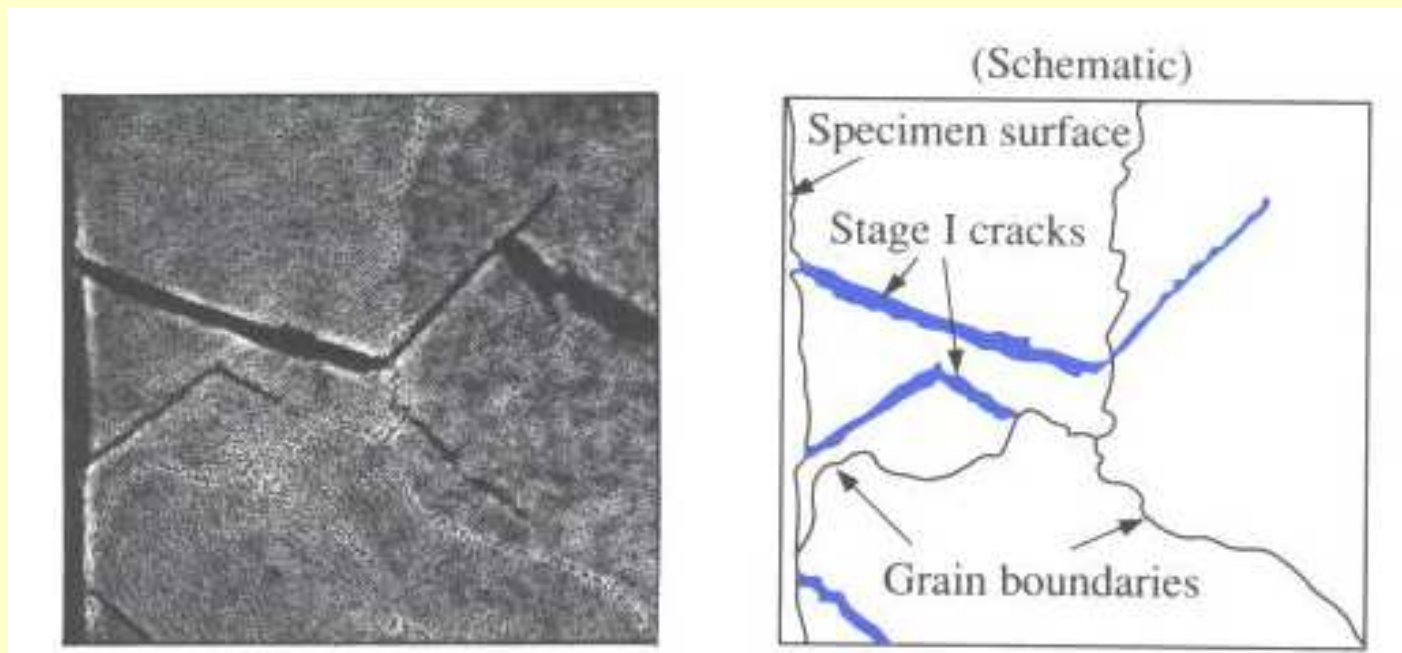
I. szakasz

A csúszósávok vastagsága, távolsága, száma az igénybevételtől függ. Statikus igénybevételnél a csúszósávok a terhelés növekedésével szélesednek, ismételt igénybevétel esetén azonban szélességük nem változik és az alakváltozás ezeken belül zajlik.

A kifáradás folyamata

II. szakasz, a repedés terjedése

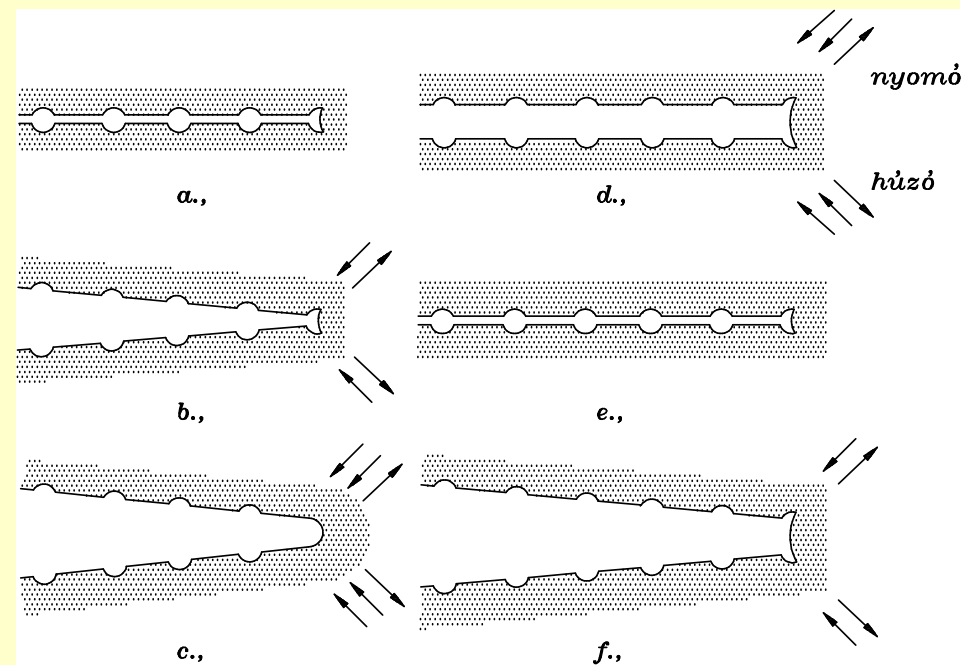
Ha a szomszédos krisztallit is kedvező helyzetű, a szubmikroszkópos repedés terjed.



A kifáradás folyamata II. szakasz, a repedés terjedése

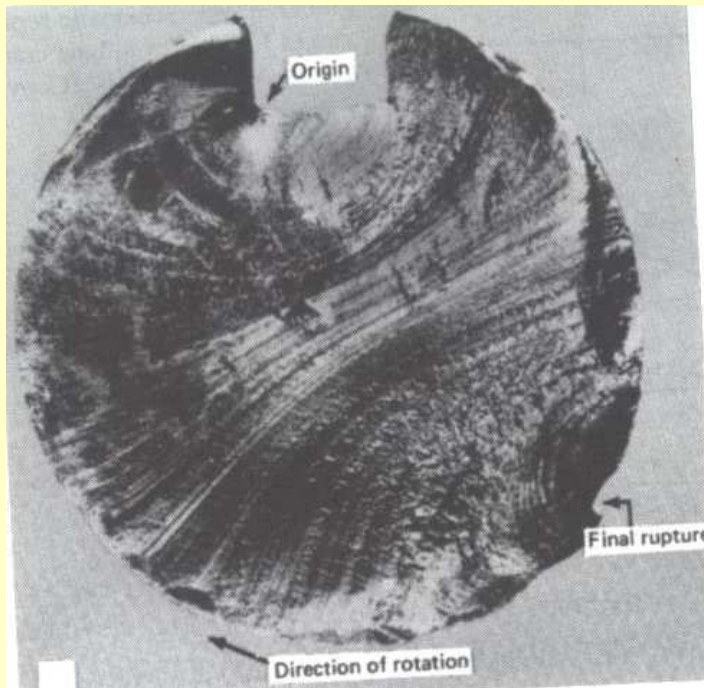
Ha a mikroszkópos repedés bizonyos nagyságot elér, makroszkópos repedéssé válik, és növekszik.

A növekedés a húzó igénybevétel szakaszában jön létre!

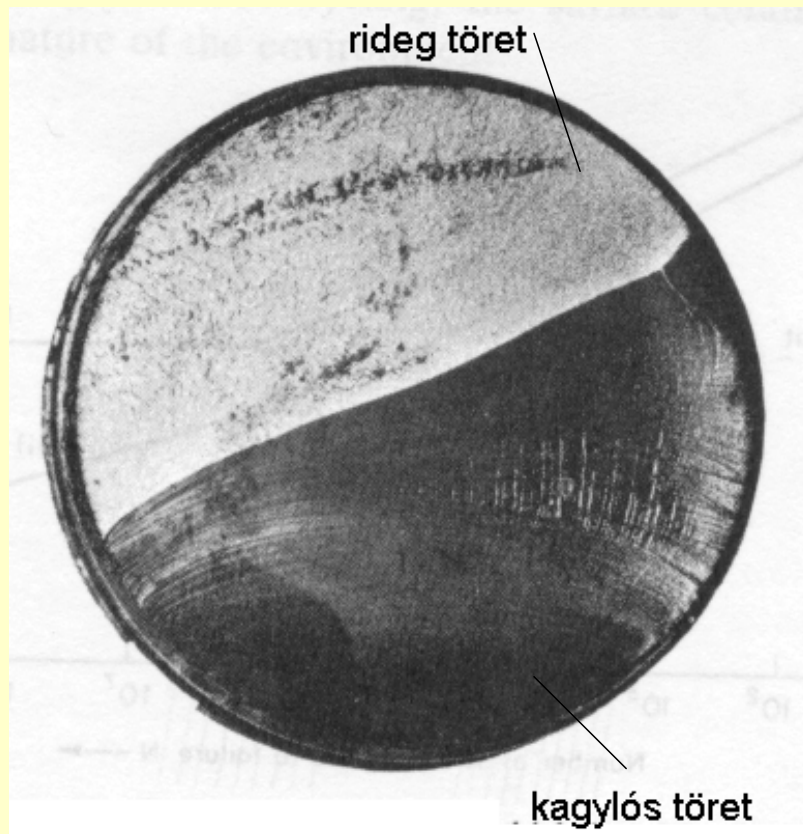


A kifáradás folyamata II. szakasz, a repedés terjedése

A repedés ciklusonként növekszik, ami **barázdák kialakulásához vezet.**



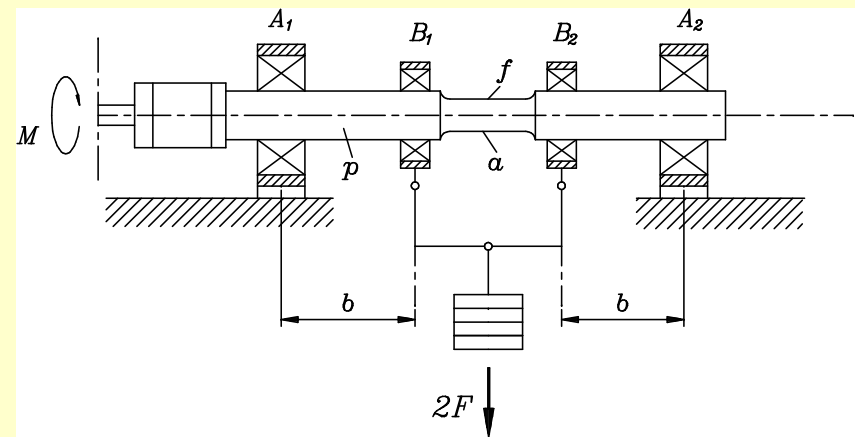
A kifáradás harmadik szakasza



Ha a terjedő repedés nagysága egy anyagra jellemző kritikus méretet elér az anyag ridegtöréssel szétválik

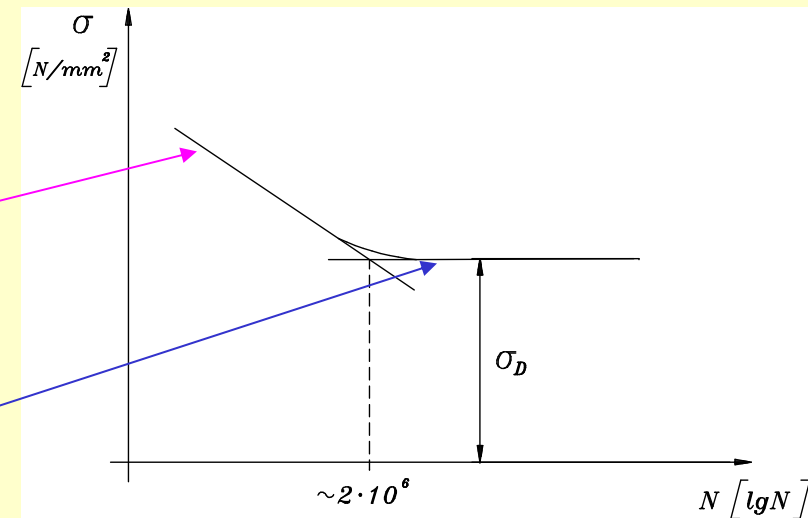
Kifáradás vizsgálata

A jelenségre a múlt század második felében vasúti tengelyek hosszabb idejű üzemelése után bekövetkező jellegzetes törése hívta fel a figyelmet. A jelenséget Wöhler a vasúti tengelyek igénybevételének modellezésével vizsgálata.



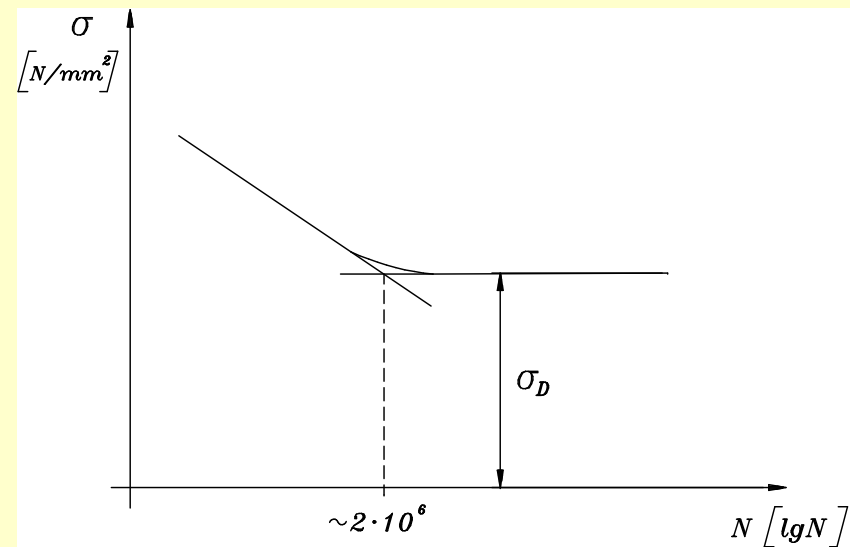
Acélok Wöhler görbéje

A Wöhler görbe két jól elkülöníthető szakaszból áll. Az első ferde, meredeken eső szakaszt **élettartam szakasznak**, a vízszintes részt, pedig **kifáradási szakasznak** nevezzük. A két egyenes acéloknál $2 - 5 \cdot 10^6$ igénybevételnél metszi egymást.



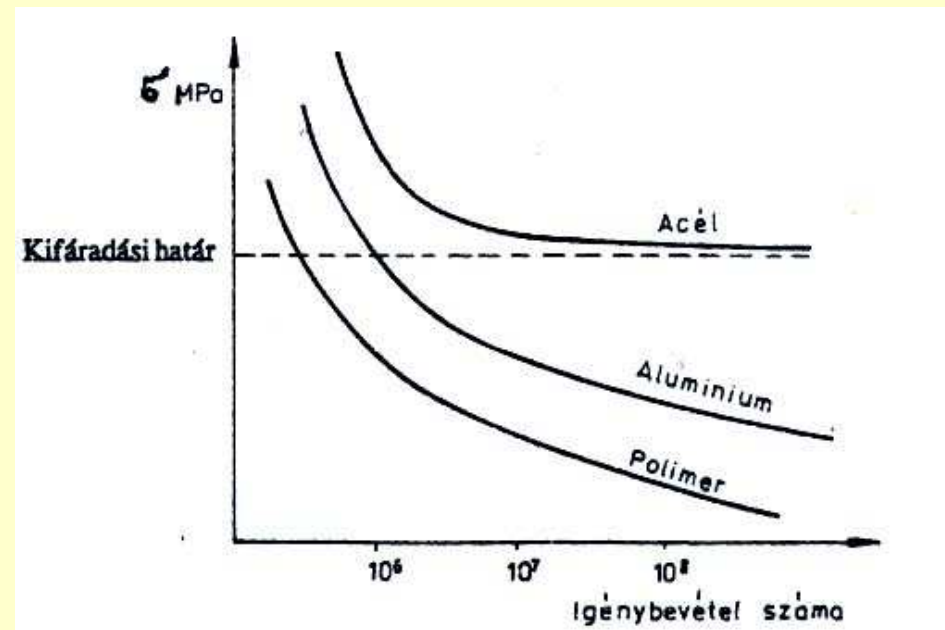
Wöhler görbe

A görbe aszimptotikusan közelít egy értékhez, így a terhelő feszültség csökkentésével, az acélokra meghatározható egy olyan jellemző feszültség, amellyel az akár végtelen sokszor terhelhető anélkül, hogy eltörne. Ezt a feszültséget az acél **kifáradási határának** nevezzük. Jele: σ_D .



Meghatározható-e minden anyagnál kifáradási határ?

nem minden anyagnak van kifáradási határa.
Alumínium ötvözetek, saválló acélok, nagyszilárdságú acélok esetében a Wöhler görbe második szakasza nem vízszintes, így kifáradási határ nem értelmezhető.



A fárasztó vizsgálatokkal meghatározott eredmények értékelése, használata

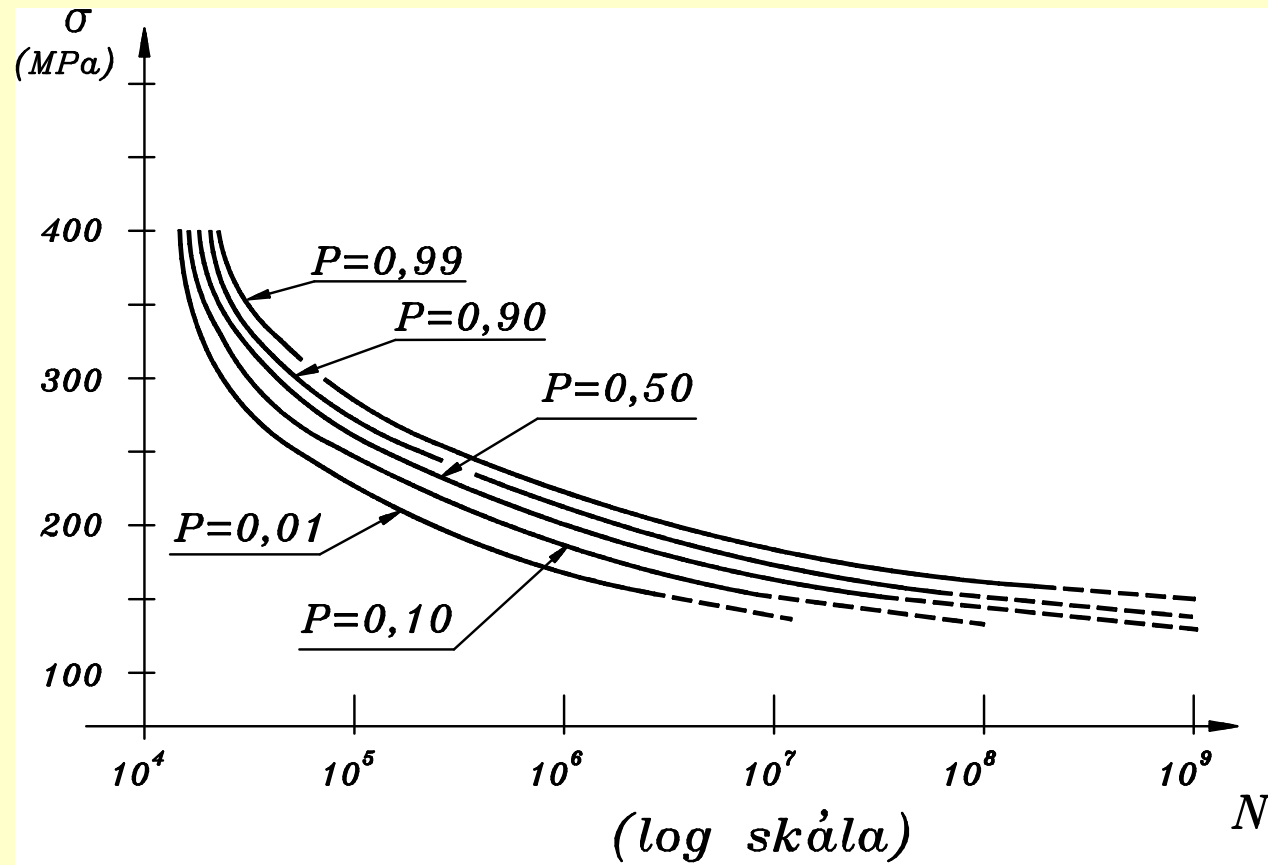
- A kifáradás sztohasztikus folyamat, nem lehet átlagolni! Az egy feszültség szinten végzett mérés nem a törést okozó igénybevételi számot, csak annak egy lehetséges értékét adja meg.
- Sok a véletlen tényező

Mi a megoldás?

A mérési eredményeket matematikai statisztikai módszerekkel kiértékelve **adott törési illetve túlélési valószínűséggel adhatjuk meg az adott terheléshez tartozó ismétlési számot.** A matematikai statisztikai kiértékeléshez sok, feszültség szintenként legalább 10 próbatest szükséges.

Az eredmények megadása

Feszültség



Ismétlések száma

A kifáradást befolyásoló tényezők

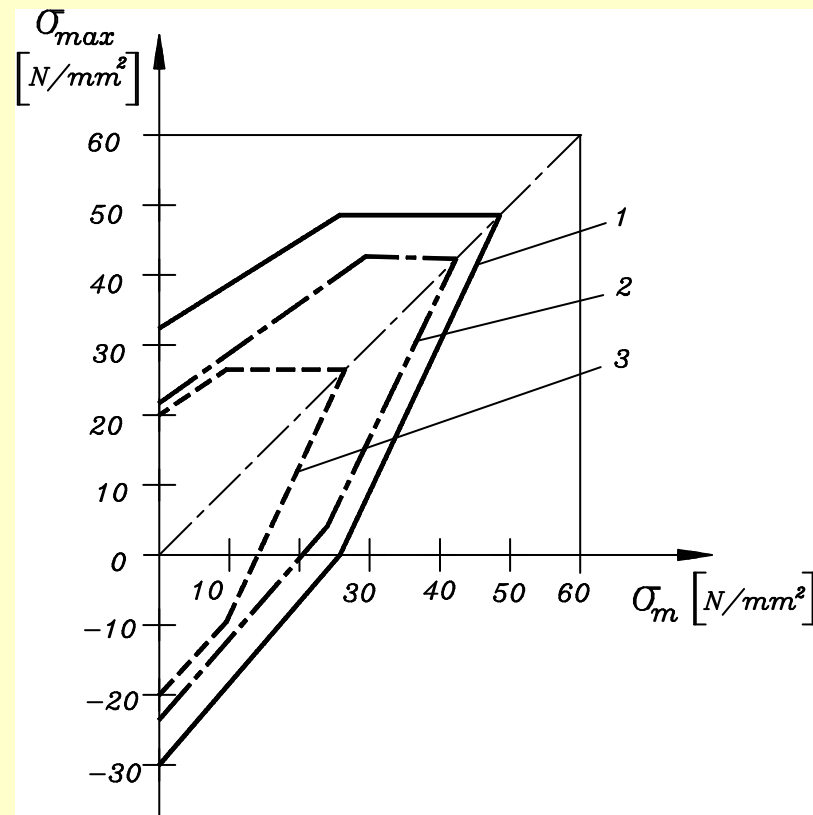
⇒ a terheléstől, külső körülményektől függő
tényezők

⇒ a darabtól függő tényezők

A z igénybevétel típusának hatása

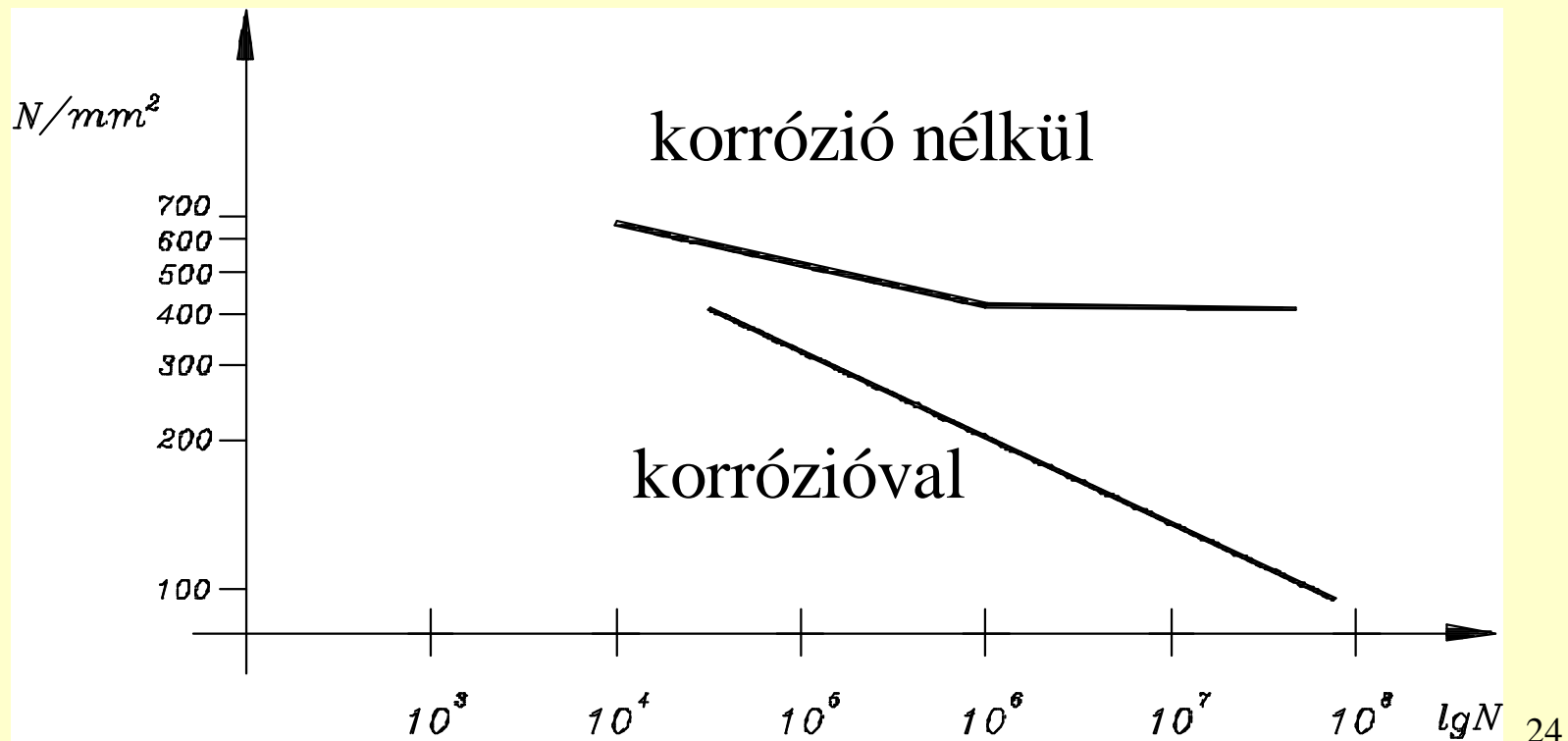
Az **igénybevétel típusának** a hatása fontos, mert jelentős eltérést eredményez.

az anyag kifáradási határa a legkedvezőbb váltakozó hajlító (1), kisebb húzónyomó (2) és még kisebb váltakozó csavarás (3) esetén..



Korróziós környezet

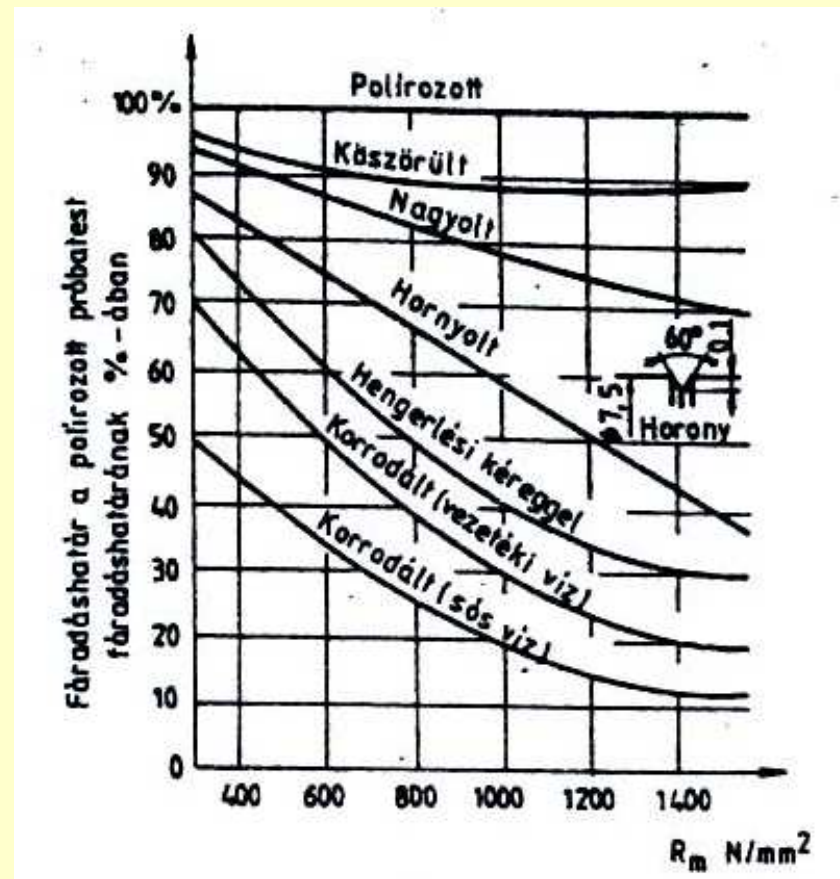
A korrozív közeg a felületet károsítja, ezért jelentősen befolyásolja a kifáradást is



A darabtól függő befolyásoló tényezők

A darab felülete

- A fáradt törés csírája a **felület**. A darab felületén lévő hibák, feszültség koncentrátorok elősegítik a darab kifáradását.
- **Fontos!** A felület rontó hatása a nagyobb szilárdságú anyagoknál erőteljesebb!



A felület hatása

- A különböző **mechanikus felületi kezelések**, amelyek a darab felületének közelében nyomófeszültséget eredményeznek pl. a felület görgőzése, szemcseszórás, sörétezés stb. a kifáradási határt növelik. Szintén jelentősen javítják a fáradási tulajdonságokat a **felületi hőkezelések** pl. a betétedzés , de különösen a nagyon vékony, kemény felületi kérget biztosító nitridálás ill. nikotrálás.

Az anyag viselkedése dinamikus terhelés hatására

A szívósság vizsgálata

Az anyagok lehetnek:

- szívósak,**
- képlékenyek és**
- ridegek.**

Az anyag viselkedése dinamikus terhelés hatására

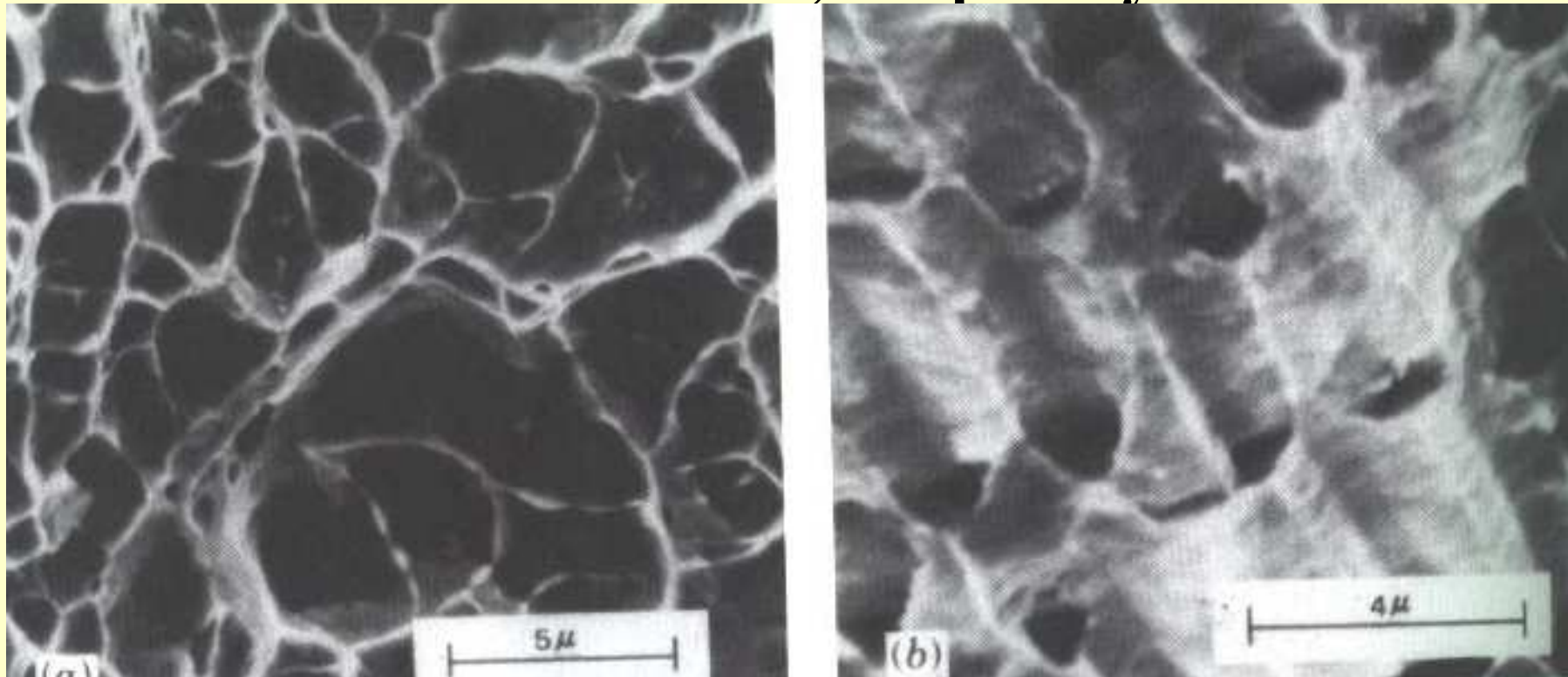
A szívósság vizsgálata

Az anyagok lehetnek:

- szívósak,**
- képlékenyek és**
- ridegek.**

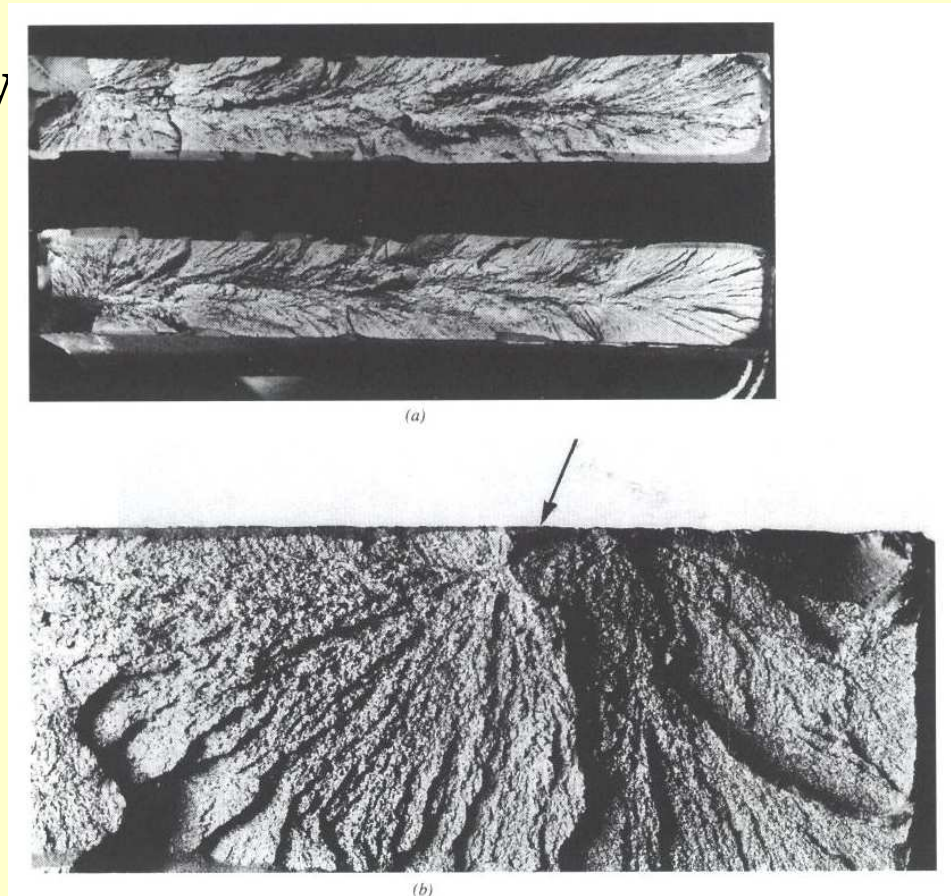
Szívós vagy képlékeny anyag

a törést **jelentős nagyságú maradó alakváltozás előzi** meg, ami sok energiát emészt fel. A töretfelület szakadozott, tompa fényű



Rideg, nem képlékeny törés

A rideg, nem képlékeny törés esetében a törést nagyon kicsi vagy semmi maradó alakváltozás sem előzi meg, és viszonylag kevés energiát kell befektetni az anyag eltöréséhez.



A törés folyamata

Az anyag törésének folyamata

- repedés keletkezéséből
- a repedés terjedéséből, majd
- az anyag végső szétválásából áll.

A repedésterjedés lehet

lassú, ilyen a kúszás és kifáradás, vagy a terhelés növelése mellett bekövetkező szívós törés illetve

gyors, instabil, ami alakváltozás nélküli rideg töréshez vezet

Mitől függ egy anyag töréssel szembeni viselkedése?

függ magától az **anyagtól**,

- annak **állapotától** (összetétel, mikroszerkezet),

de jelentős mértékben függ az un.

állapottényezőktől,

- a hőmérséklettől,
- a feszültségállapot jellegétől és
- az igénybevétel sebességétől

Az anyag és annak állapota 1

Rideg törésre rendkívül hajlamosak a

- **Kovalens vagy ionos kötéssel rendelkező anyagok, (alacsony kristály szimmetria)**

pl. kerámiák, rideg kompozitok,

nagyszilárdságú acélok, pl. edzett

szerszámacélok, hexagonális rácsszerkezetű

fémek, mint pl. a magnézium. Bennük a

legkisebb hiba is beindíthatja a rideg törést

Az anyag és annak állapota 2

Szívós anyagok

- fémek lapközepes köbös szerkezettel

pl. az alumínium vagy a réz,

a **polimerek jelentős része alakváltozásra hajlamos, még nagy méretű hibák mellett is szívósan viselkednek.**

Az anyag és annak állapota 3

- **Vannak olyan anyagok, mint pl. az acélok, amelyek általában szívósak, de bizonyos körülmények között ridegen törhetnek.**

Az állapottényezők hatása az anyagok terheléssel szembeni viselkedésére

- a **hőmérséklet** csökkenése a rideg törést segíti elő, mert akadályozza a képlékeny alakváltozást.

Az állapot tényezők hatása az anyagok terheléssel szembeni viselkedésére

- **A feszültség állapot**
 - **három tengelyű nyomás** elősegíti a képlékeny alakváltozást.
 - a **három tengelyű húzás**, minden anyag esetében rideg törést eredményez. Ugyancsak a rideg törést segíti elő a többtengelyű feszültségi állapot, a bemetszések, a belső anyaghibák.

Az állapot tényezők hatása az anyagok terheléssel szembeni viselkedésére

- Az **igénybevétel sebességének** növelése bizonyos tartományon belül a ridegséget segíti elő, hiszen az alakváltozás a diszlokációk mozgása, és ahhoz idő kell.
- Nagyon nagy alakítási sebességek esetén a fémek képlékenyen viselkednek.

Szívós vagy rideg?

**A szívósság vagy ridegtöréssel szembeni
ellenállás vizsgálata**

Ridegtörési problémák

- **Az olyan anyagok, mint az acélok bizonyos körülmények között ridegen törhetnek. A jelenségre, hogy az acéloknál bizonyos körülmények között nem ad elegendő biztonságot a hagyományos méretezés, katasztrófák hívták fel a figyelmet.**

Ridegtörési esetek

Hidak

- pl. 1923 Kína vasúti híd
- 1938 Németország új autópálya híd
- 1930-40 Belgium hegesztett híd 50 db 25 mm széles 2 m hosszú repedés
- 1951 Kanada 4 db 50 m-es nyílás a folyóba szakadt
- Lánchíd a saját súlyuk alatt leszakadtak az elemek

Ridegtörési esetek

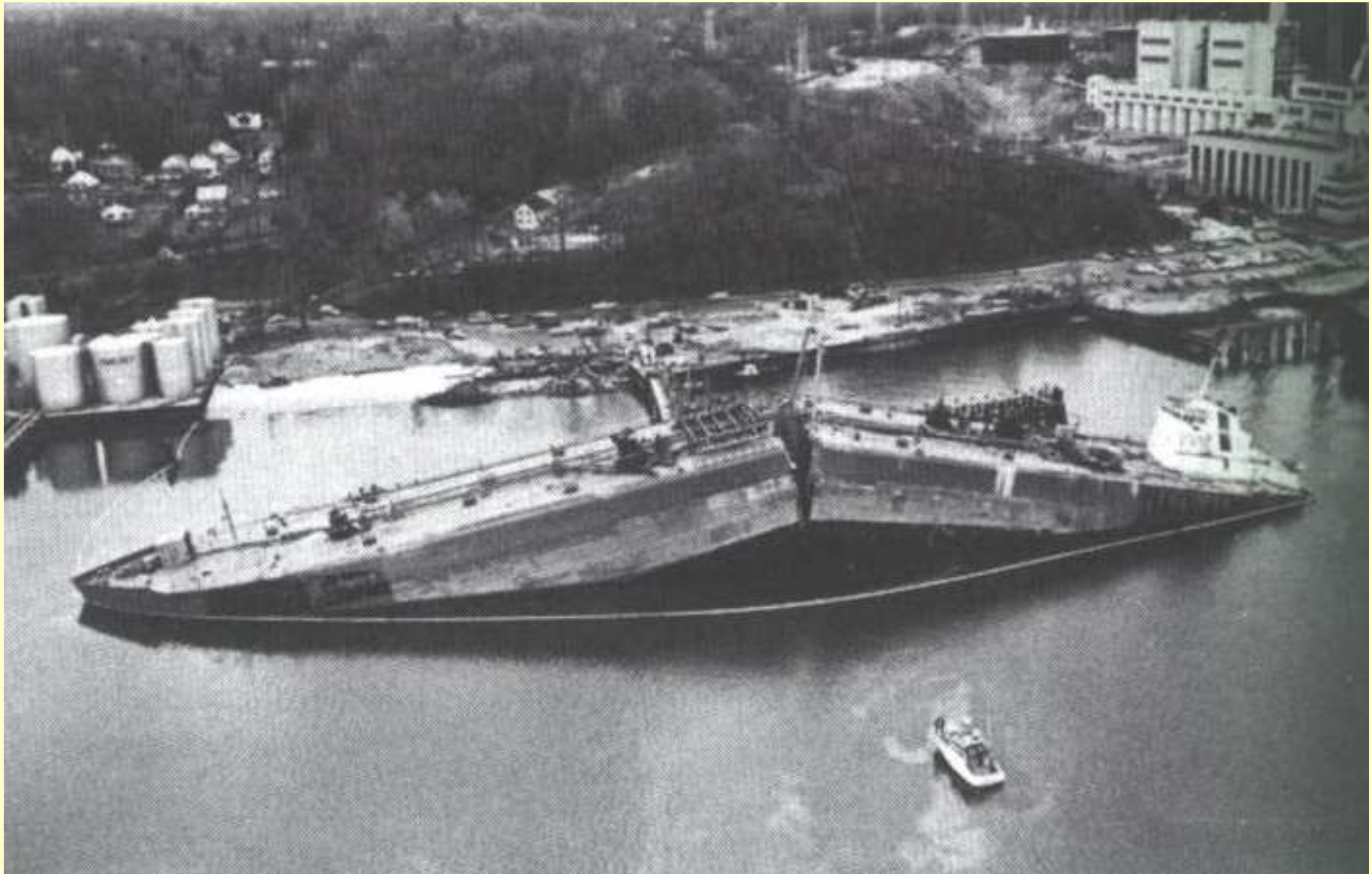
Tartályok

- **1919 Boston melaszos tartály**
- **1944 USA -162 C°-os földgáz tartály**
- **1944 New York 20 m átmérőjű H₂ tartály
20 darabra**
- **1950 Répcelak**

Ridegtörési esetek

Hajók

- **1946-ig 4694 hajóból minden 5.**
- **Liberty 1100 darabból 400 sérült, 16 db kettétört**



A katasztrófákban közös volt

- ⇒ a nagyméretű szerkezetek előzetes alakváltozás nélkül törtek,**
- ⇒ a terhelés jóval a megengedett terhelés alatt volt,**
- ⇒ a repedés nagysebességgel terjedt,**
- ⇒ a katasztrófák minden esetben hidegben következtek be,**
- ⇒ az anyagok a hagyományos vizsgálatoknak (R_{eH} , R_m , A, Z, HB) megfeleltek.**

A megfigyelésekből leszűrhető volt

**hogy a nagy méretű, hidegben üzemelő,
dinamikusan igénybevett szerkezetek
esetében a hagyományos méretezés nem
nyújt elegendő biztonságot.**

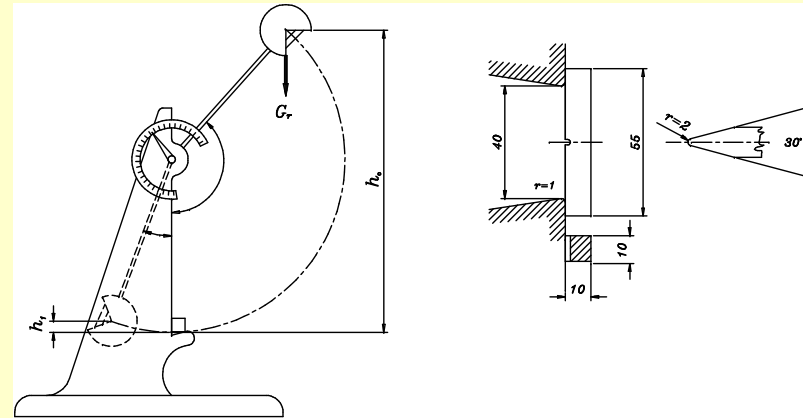
A ridegtöréssel szembeni ellenállás vizsgálata

- A rideg töréssel szembeni biztonság vizsgálata, tehát azt jelenti, hogy meghatározzuk, hogy **adott anyag és szerkezet, milyen feltételek esetén fog szívósan illetve ridegen viselkedni.**
- A probléma több oldalról is megközelíthető.
 - ⇒ a szívósság ellenőrzése az átmeneti hőmérséklet alapján,
 - ⇒ törésmechanika.

A szívósság ellenőrzése az átmeneti hőmérséklet alapján

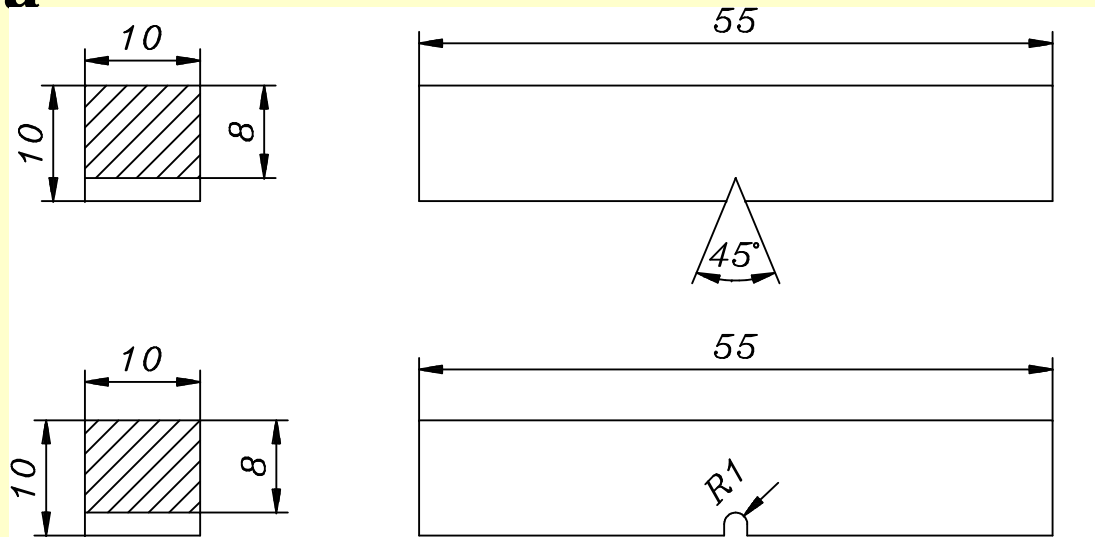
Charpy féle ütővizsgálat

Az ütve hajlító vizsgálat (MSZ EN 10045-1) célja az anyag **dinamikus igénybevétellel szembeni ellenállásának meghatározása.** A **dinamikus igénybevétellel szembeni ellenállás a szívósság.**

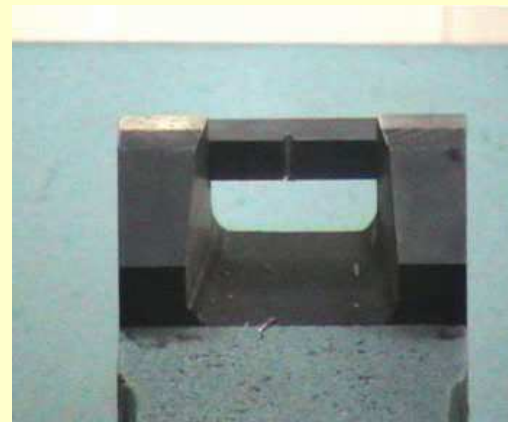
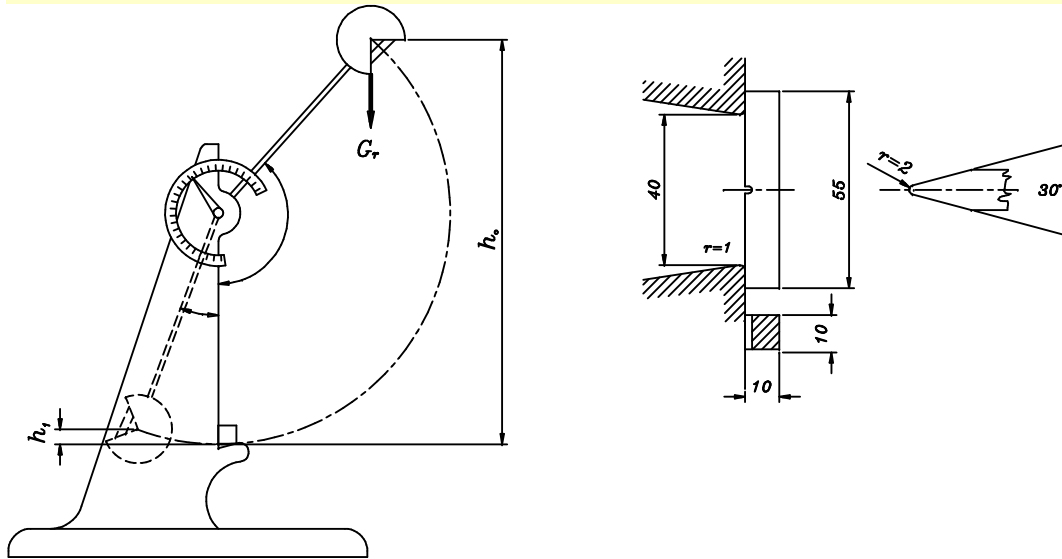


Charpy vizsgálat

- A próbatest $10 \times 10 \times 55$ mm méretű és 2 mm mély V (vagy U alakú) bemetszéssel van ellátva



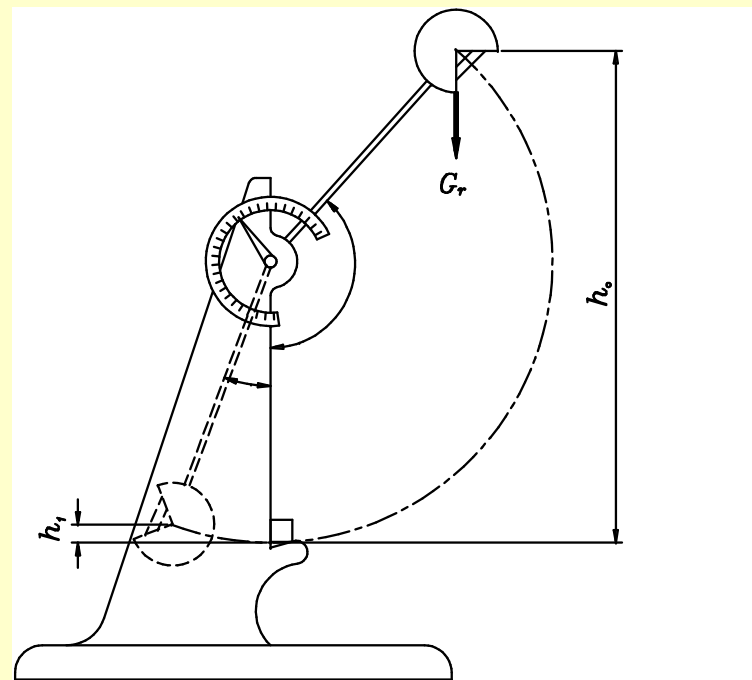
Charpy vizsgálat



Charpy vizsgálat

A kísérlet során a próbatestben elnyelt munka az **ütőmun**ka

$$K = G_r(h_0 - h_1) \text{ [J]}$$



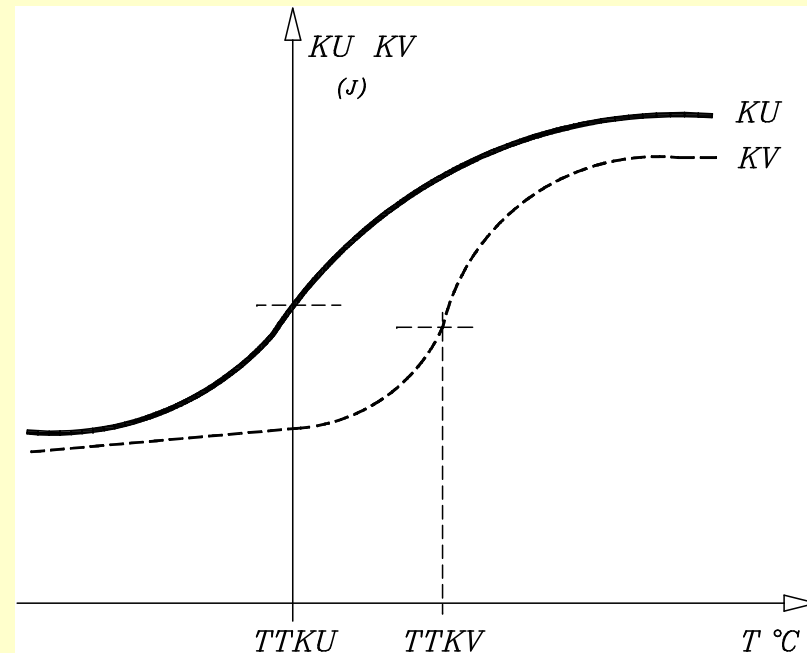
Mitől függ az ütőmunka?

- Az ütőmunkát V alakú bemetszéssel ellátott próbatesten **KV**-vel illetve U alakú bemetszéssel ellátott próbatesten **KU**-val jelöljük.

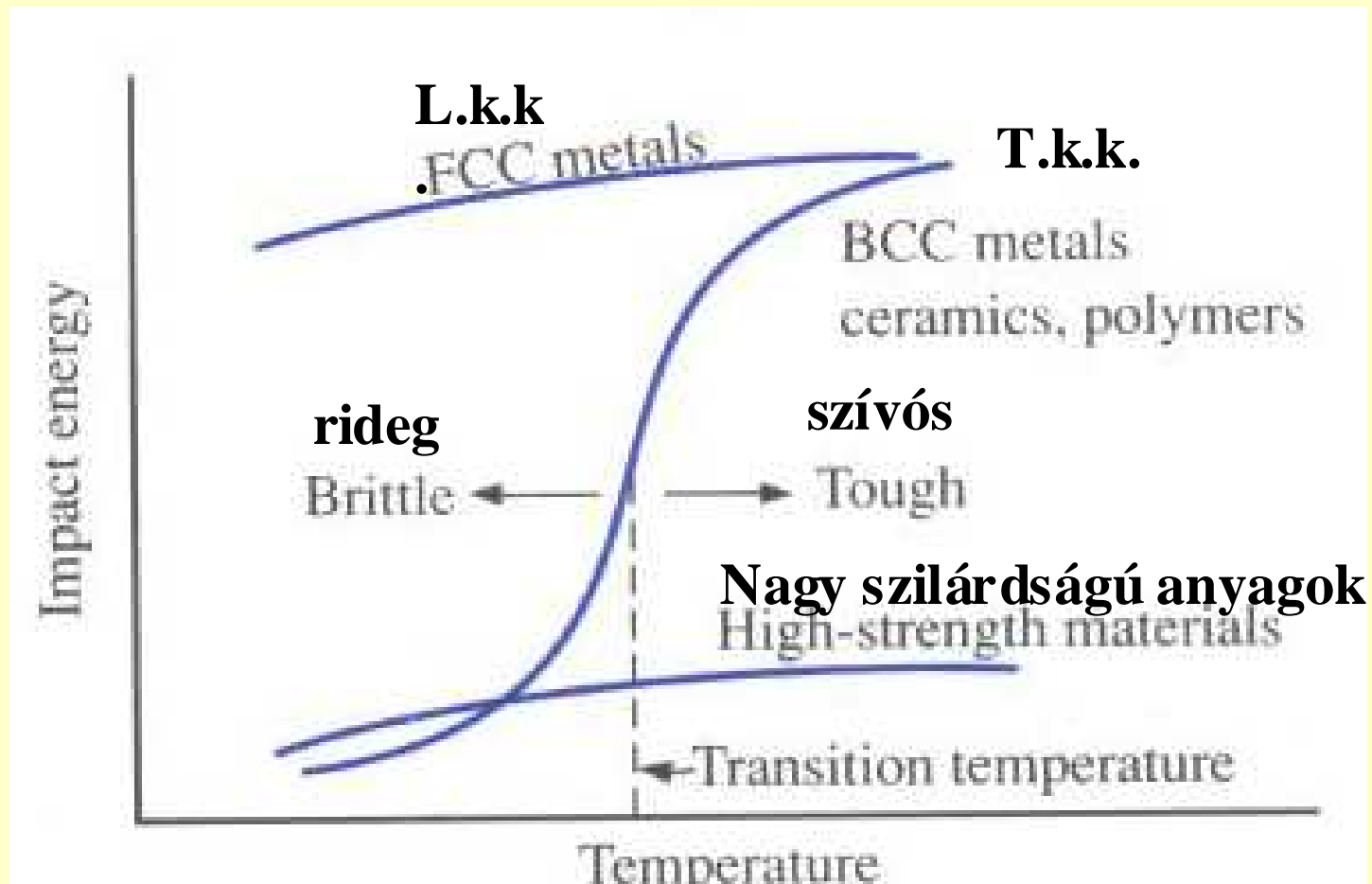
KV < KU illetve **KCV < KCU**

Mitől függ az ütőmunka?

A **hőmérséklet** függvényében felvett ütőmunka görbék lehetővé teszik a szívós és a rideg állapot közötti **átmenet hőmérsékletének** kijelölését.



KV ütőmunka különböző anyagoknál



Törésmechanika

- A törésmechanika feltételezi, hogy a gyakorlatban előforduló anyagok **minden esetben tartalmaznak hibákat** és azt vizsgálja, **hogy milyen feltételek esetén kezdenek el ezek a hibák instabil vagy katasztrofális módon terjedni.**

A megválaszolandó kérdés tehát az, hogy :

⇒ adott feszültségi állapotban mekkora lehet a hiba,

⇒ adott hiba, milyen feszültségi állapotban kezd el instabilan terjedni.

Az anyagok szívósságának vizsgálata

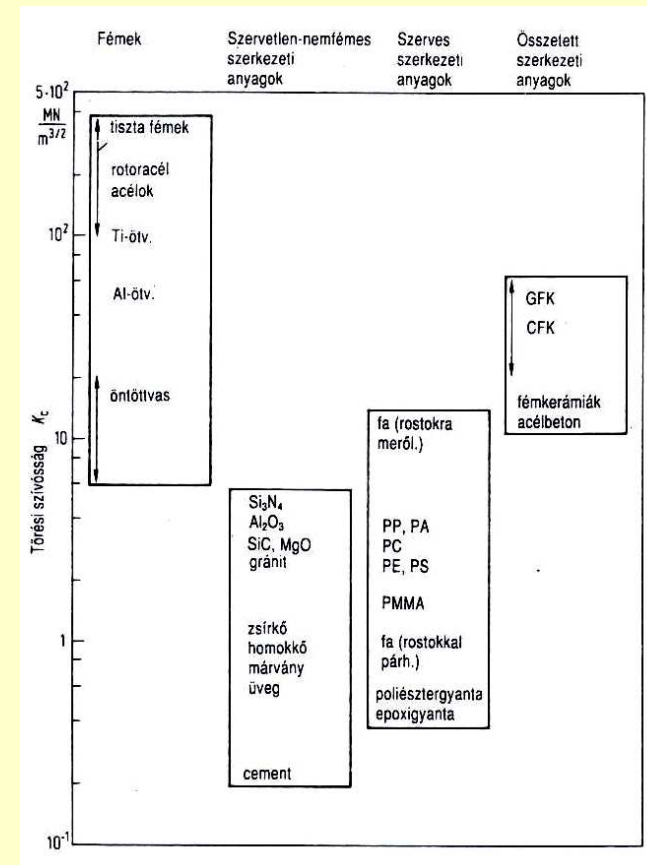
Törésmechanika

- A vizsgálatokkal olyan, méretezésre is alkalmas anyagjellemzőket (K_{IC} és COD, G_{IC}) határozhatunk meg, amelyek a külső terhelés és a szerkezetben megengedhető hibaméret között állítanak fel összefüggést, és alkalmasak annak eldöntésére, hogy adott anyagból, adott hibamérettel rendelkező szerkezet adott terhelés mellett ridegen törik-e.

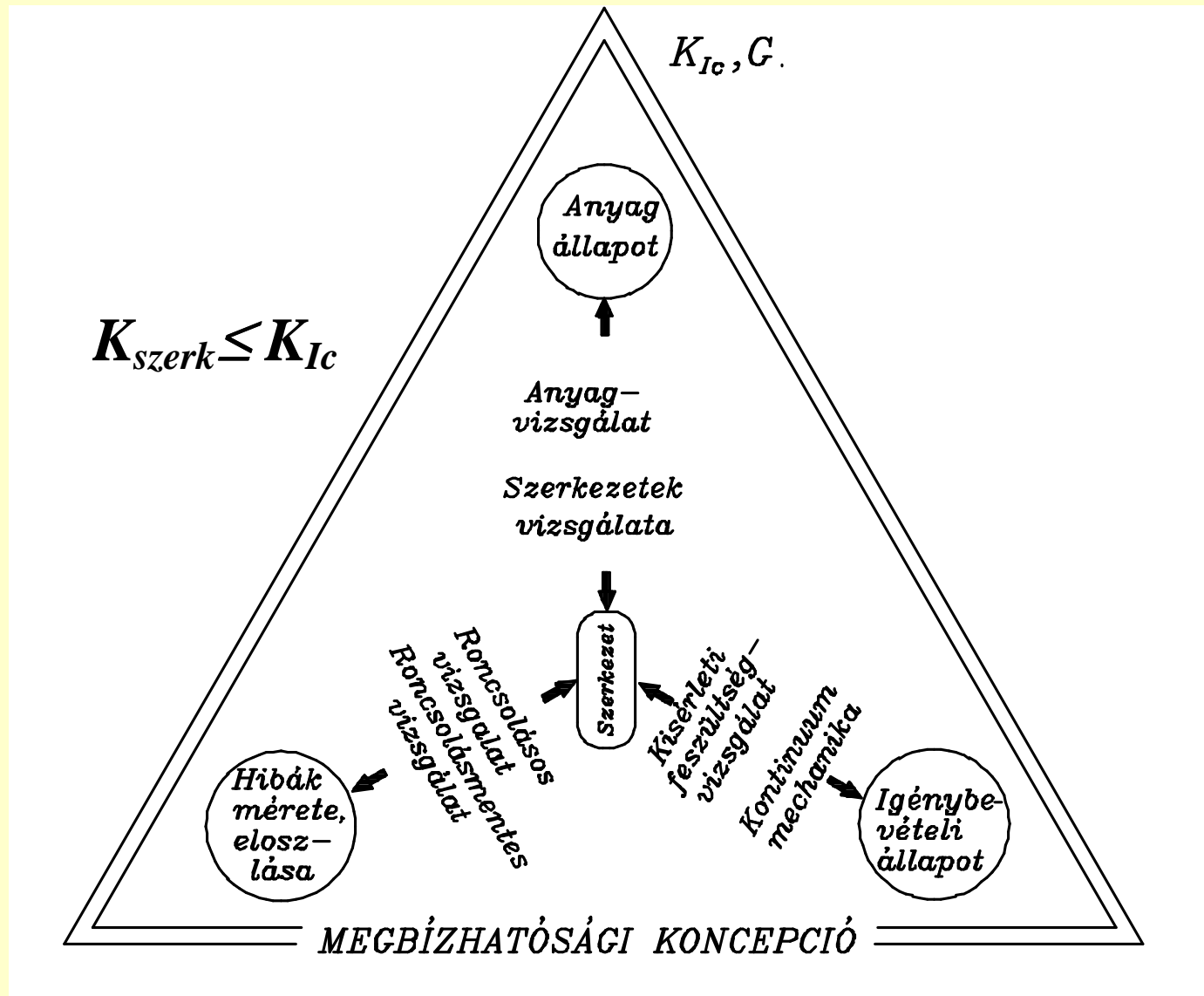
Fajlagos törési szívósság K_{Ic}

K_{Ic}

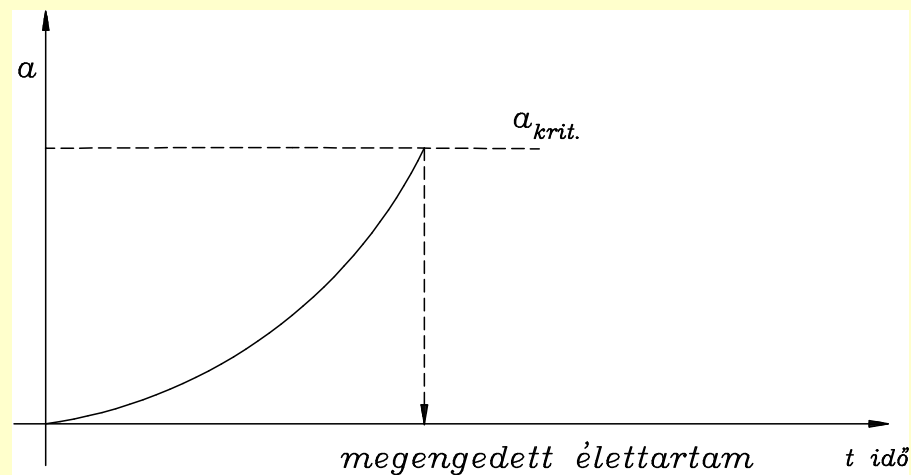
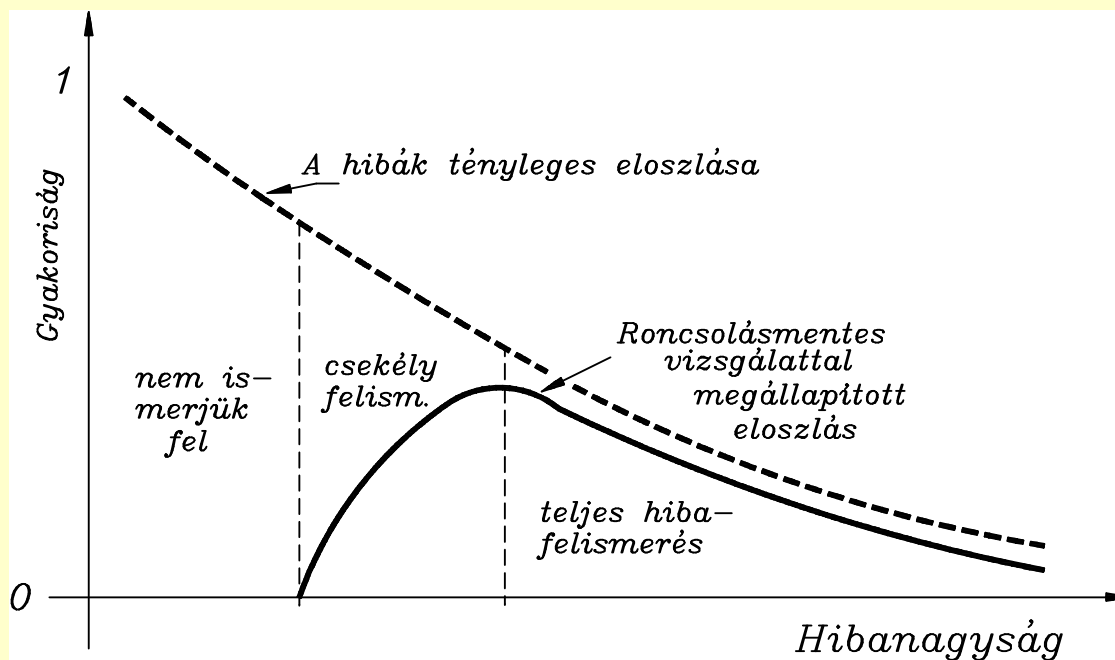
$$K_{Ic} = \sigma \sqrt{\pi a_c} = \sqrt{G_c E}$$



A törésmechanika alkalmazása

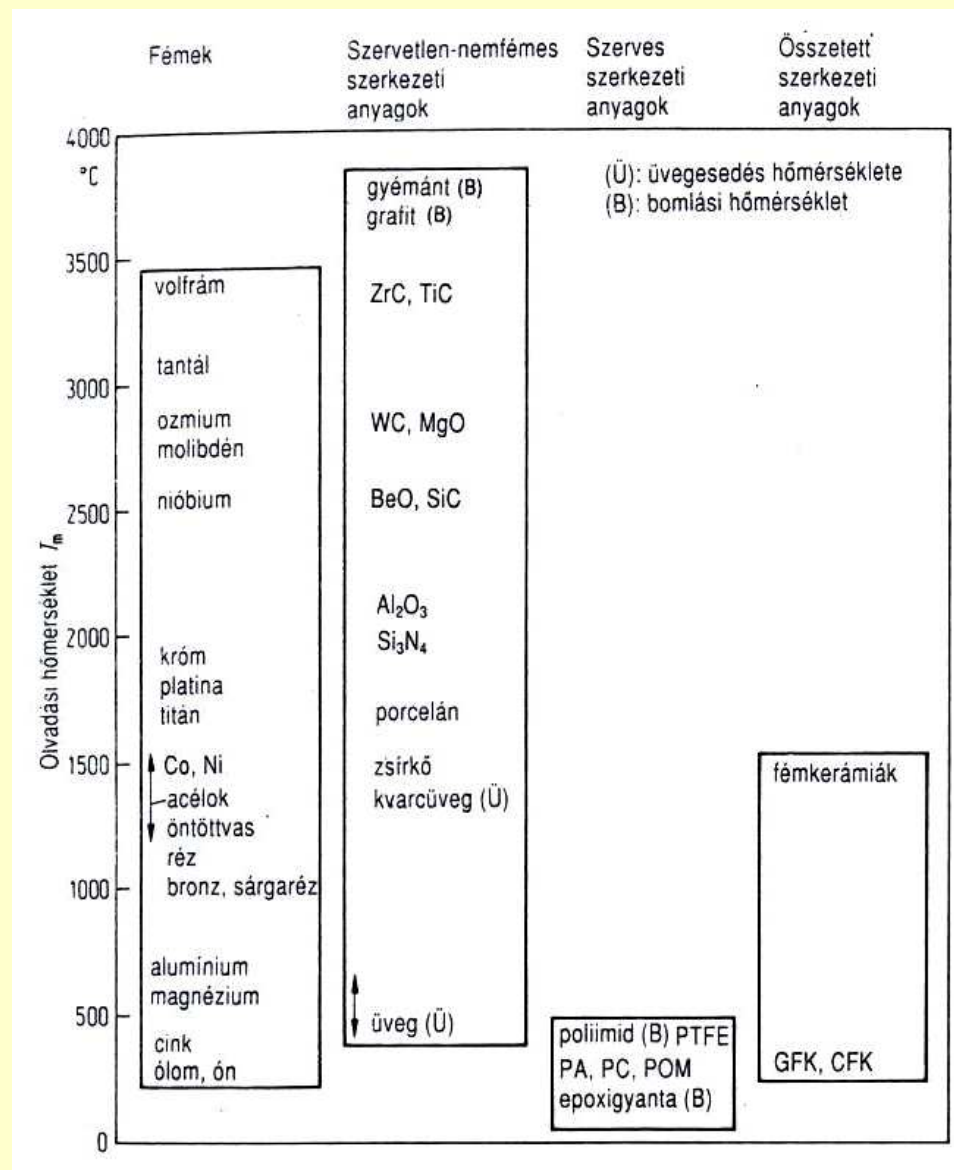


A hibaméret és az előfordulás, a kimutathatóság gyakoriságának kapcsolata



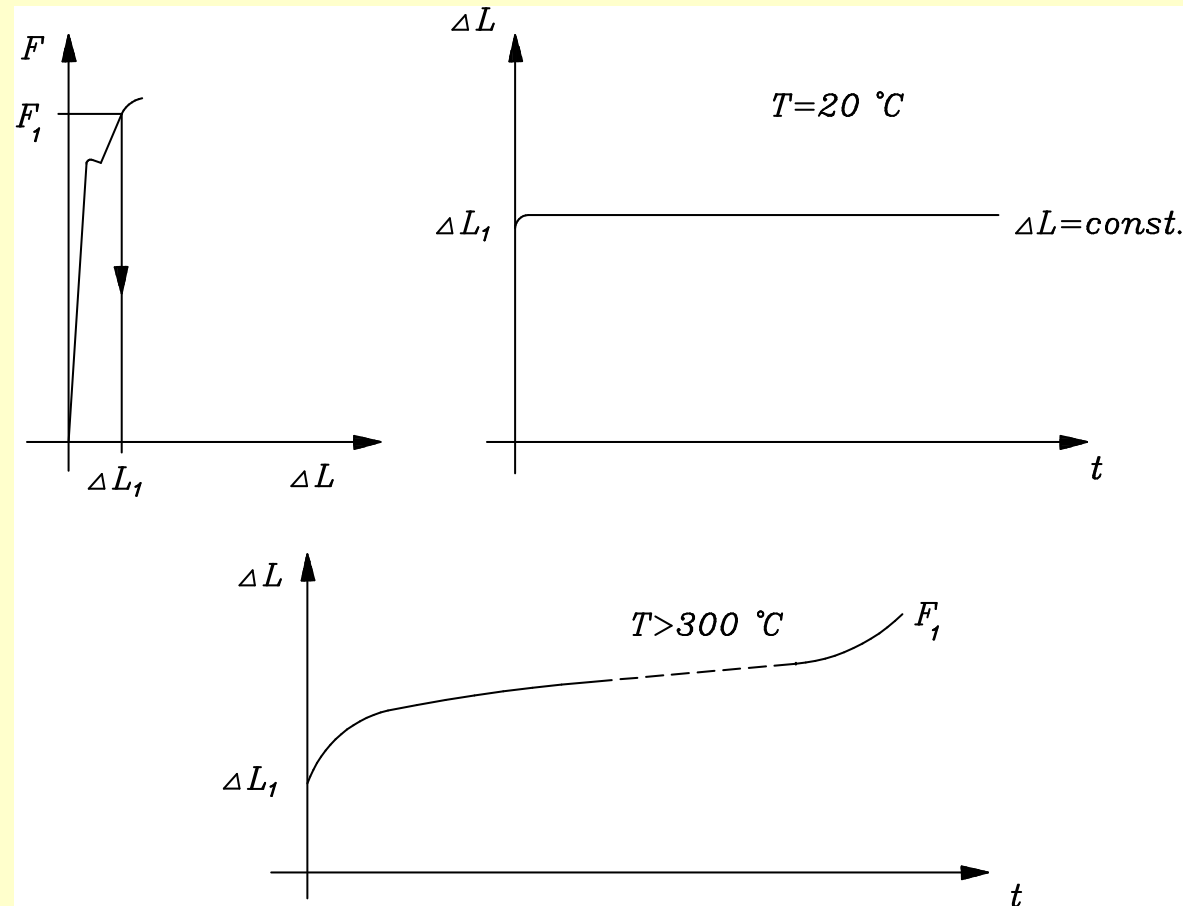
Termikus tulajdonságok

- A szilárd anyagok az **olvadás** illetve amorf anyagok esetében a **lágyuláspont** felett nem használhatók, mivel megolvadnak.
- Az olvadáspont, a megolvasztáshoz szükséges hőenergia a **kötési energia** függvénye.



Termikus tulajdonságok

- A szilárd anyagok alkalmazásánál nem elhanyagolható az idő tényező sem!



Az alakváltozás, az idő és a hőmérséklet kapcsolata

- Megállapíthatjuk tehát, hogy a legtöbb szerkezeti anyag esetében az alakváltozás kis hőmérsékleten csak a terheléstől függ $\varepsilon = f(\sigma)$,
- míg a kúszást előidéző hőmérséklet fölött az alakváltozás függvénye a feszültségnek, az időnek és természetesen a hőmérsékletnek

$$\varepsilon = f(\sigma, t, T)$$

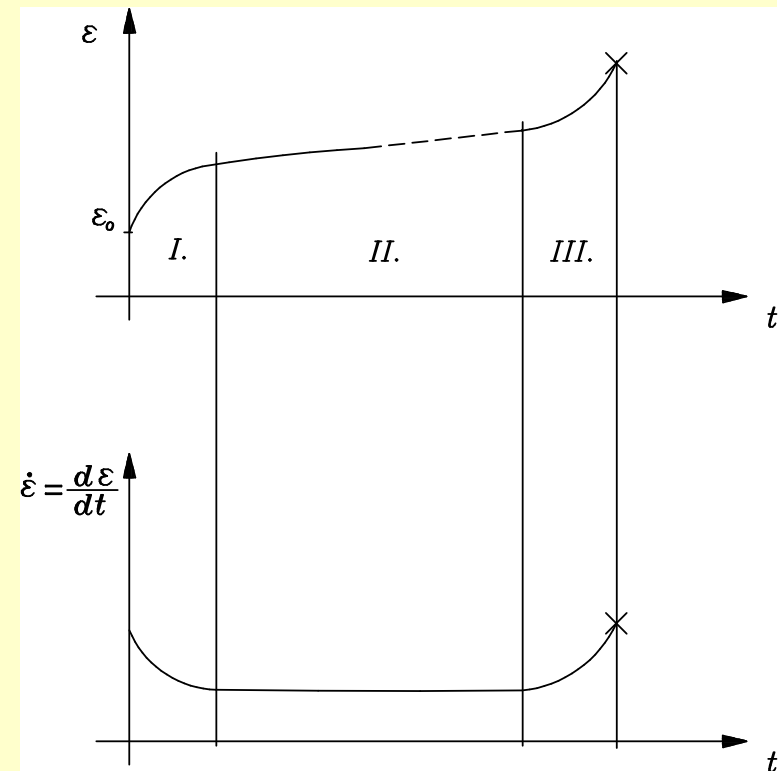
fémeknél $T > 0,3 - 0,4 T_{\text{homológ}}$

kerámiáknál $T > 0,4 - 0,5 T_{\text{homológ}}$

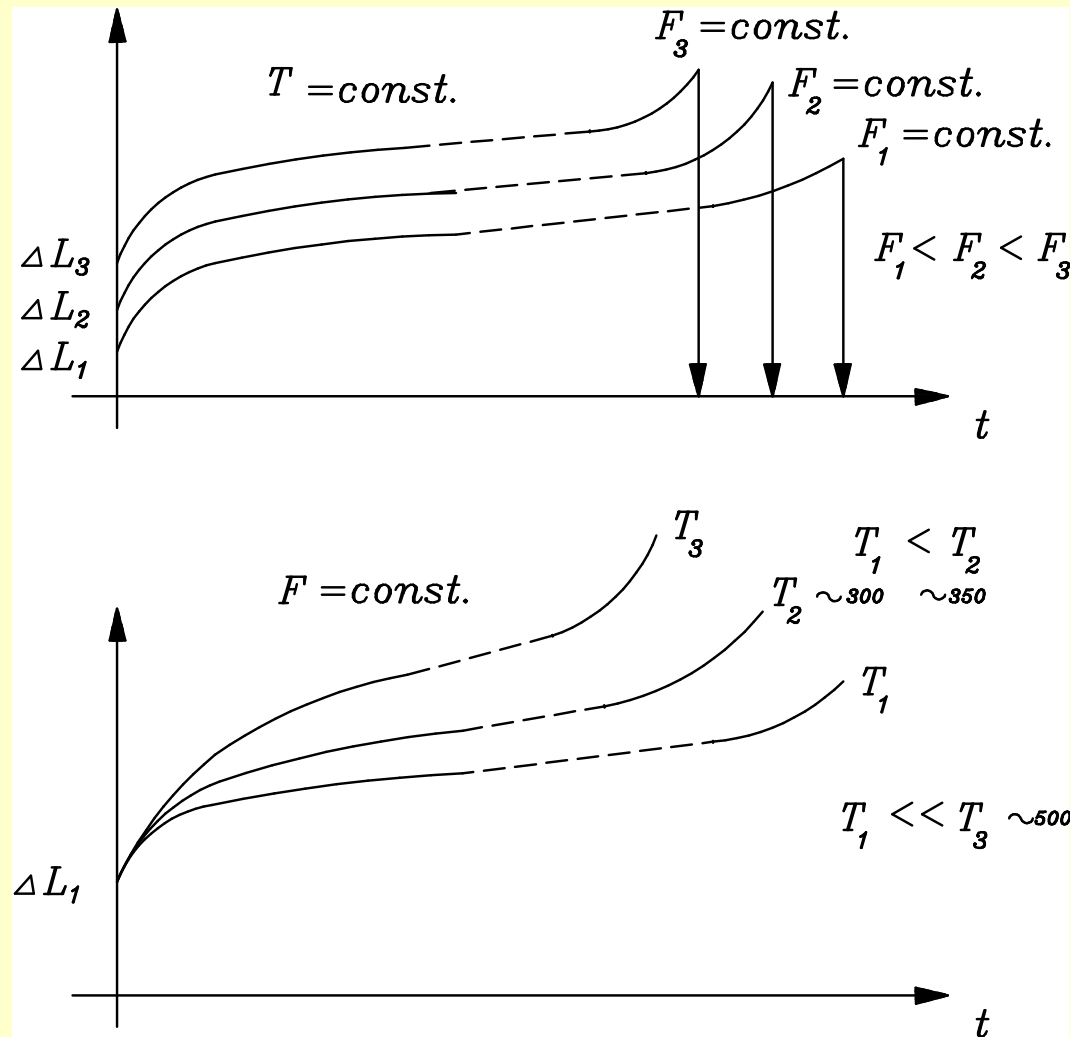
- ahol T a hőmérséklet $^{\circ}\text{C}$ -ban, $T_{\text{homológ}}$ pedig az anyag K -ben kifejezett olvadás pontja.

A kúszás jelensége

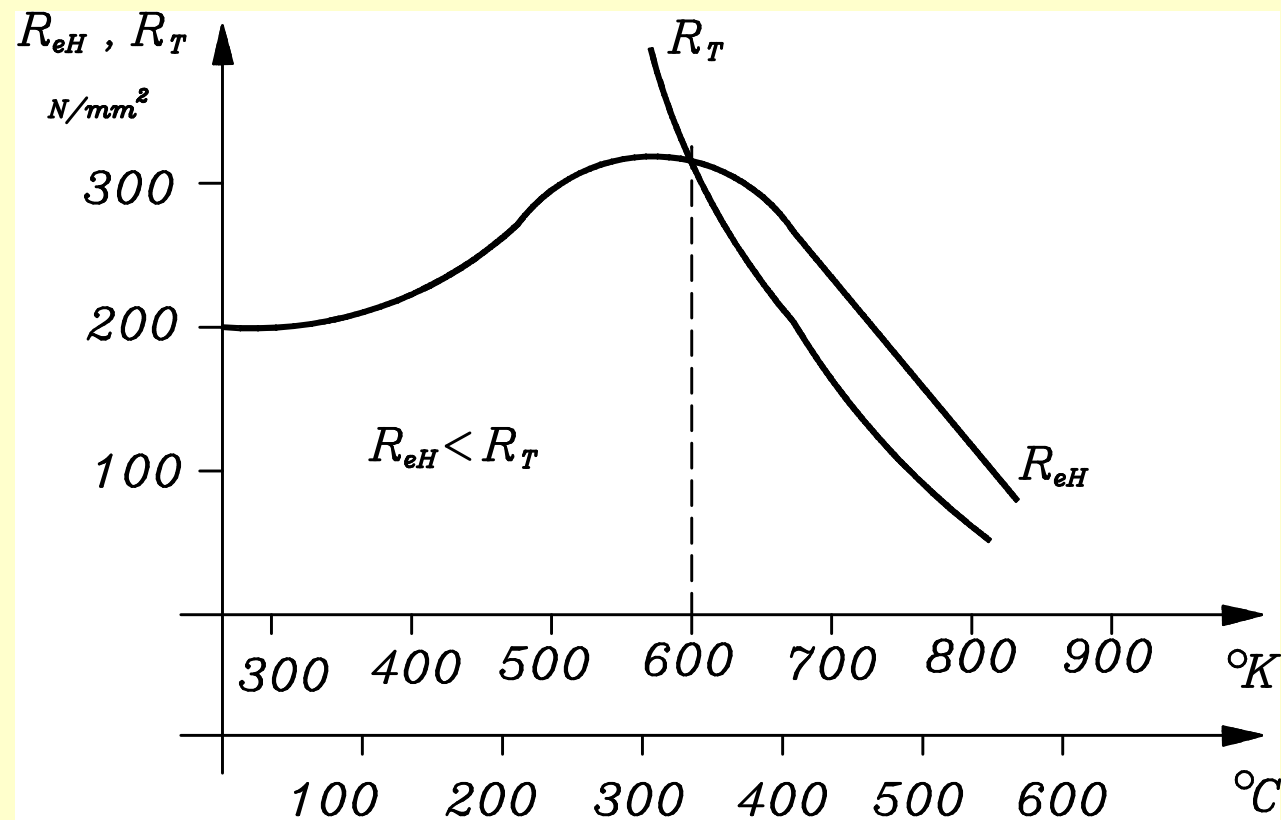
- **Magasabb hőmérsékleten állandó terhelés hatására kialakuló folyamatos alakváltozás, mely hosszú idő múlva a darab károsodását, törését is eredményezheti.**
- **A jelenség a folyáshatárnál kisebb feszültség esetén is végbemegy.**



A terhelés és a hőmérséklet hatása



Mikor kell a méretezésnél a kúszással számolni?



Szerkezeti acél

A kúszás vizsgálata 1

- **Kúszáshatár:** a próbatest eredeti keresztmetszetére számított feszültség , amely adott hőmérsékleten adott idő alatt előírt értékű (legtöbbször 1 %) alakváltozást okoz. Jele: R és indexben a maradó nyúlás %-a az idő órában és a hőmérséklet C°-ban. pl. $R_{1/10\ 000/550}$
- A kúszáshatárt abban az esetben használják méretezésre, ha az alkatrész megengedhető alakváltozása korlátozott. pl. turbina lapát

A kúszás vizsgálata 2

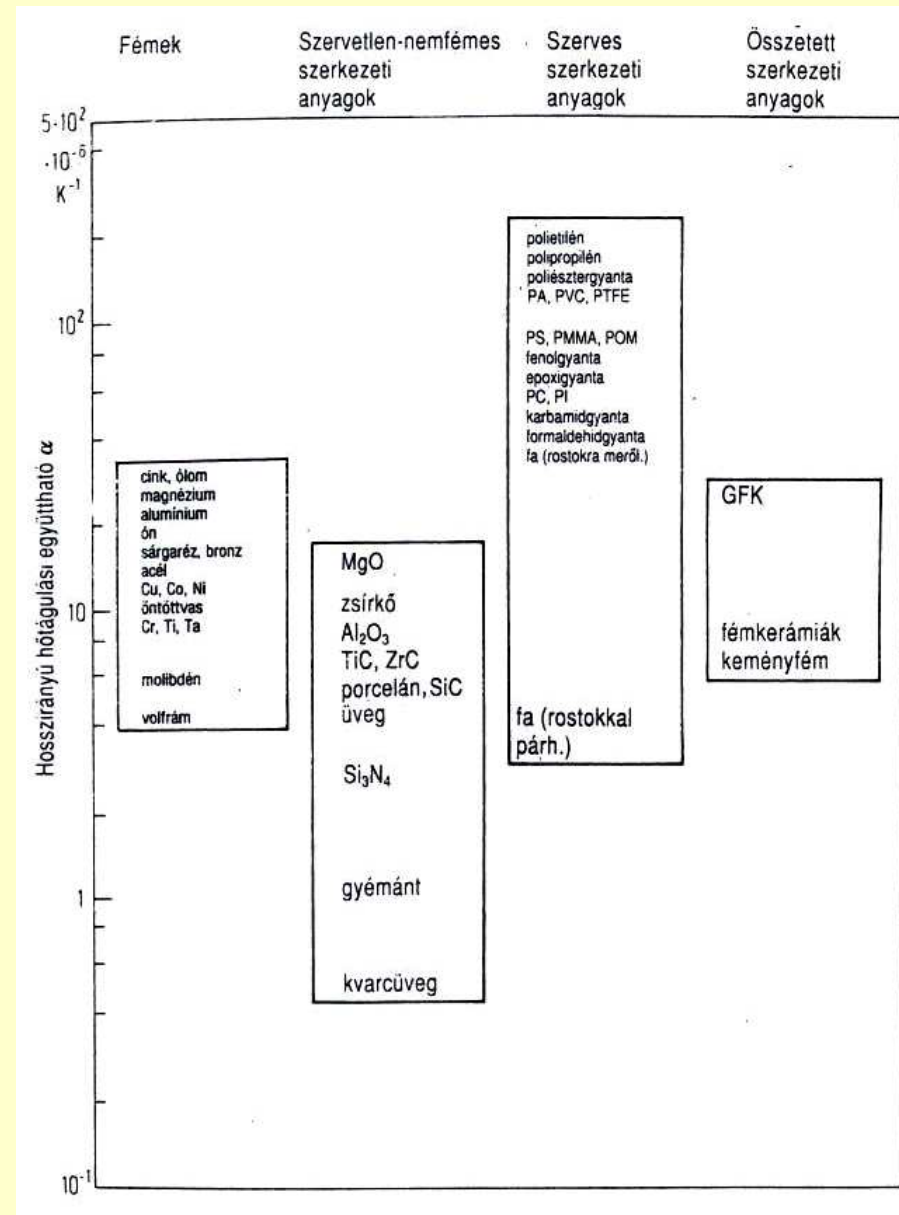
- **Időszilárdság:** a próbatest eredeti keresztmetszetére számított feszültség, amely adott idő múlva, adott hőmérsékleten törést okoz. Jele: R_m és indexben a hőmérséklet és az idő pl. $R_{m/10\ 000/550}$
- Az időszilárdság megfelelő biztonsági tényezővel alkalmazandó pl. kazáncsövek anyagainak méretezésére. De tipikus eset az izzók wolfram szála is, amikor a törés nincs megengedve adott időn belül .

Hőtágulás

- lineáris (ΔL vagy Δd egyirányú)
- térfogati (ΔV háromirányú) hőtágulást.
- A hőtágulást mértéke

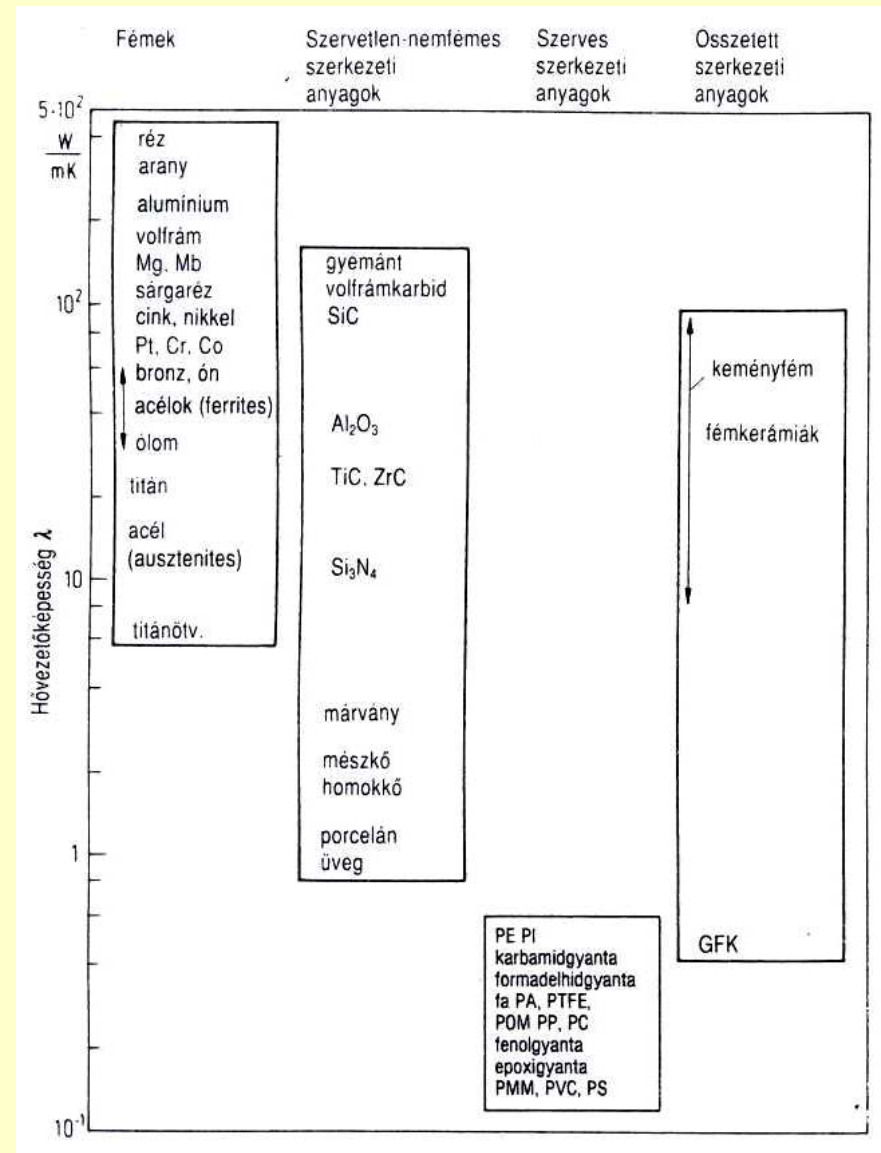
$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$$



Hővezetőképesség

- A hő terjedése a szilárd anyagokban hővezetéssel történik.
- Az ötvöző és szennyező elemek a hővezető képességet csökkentik.



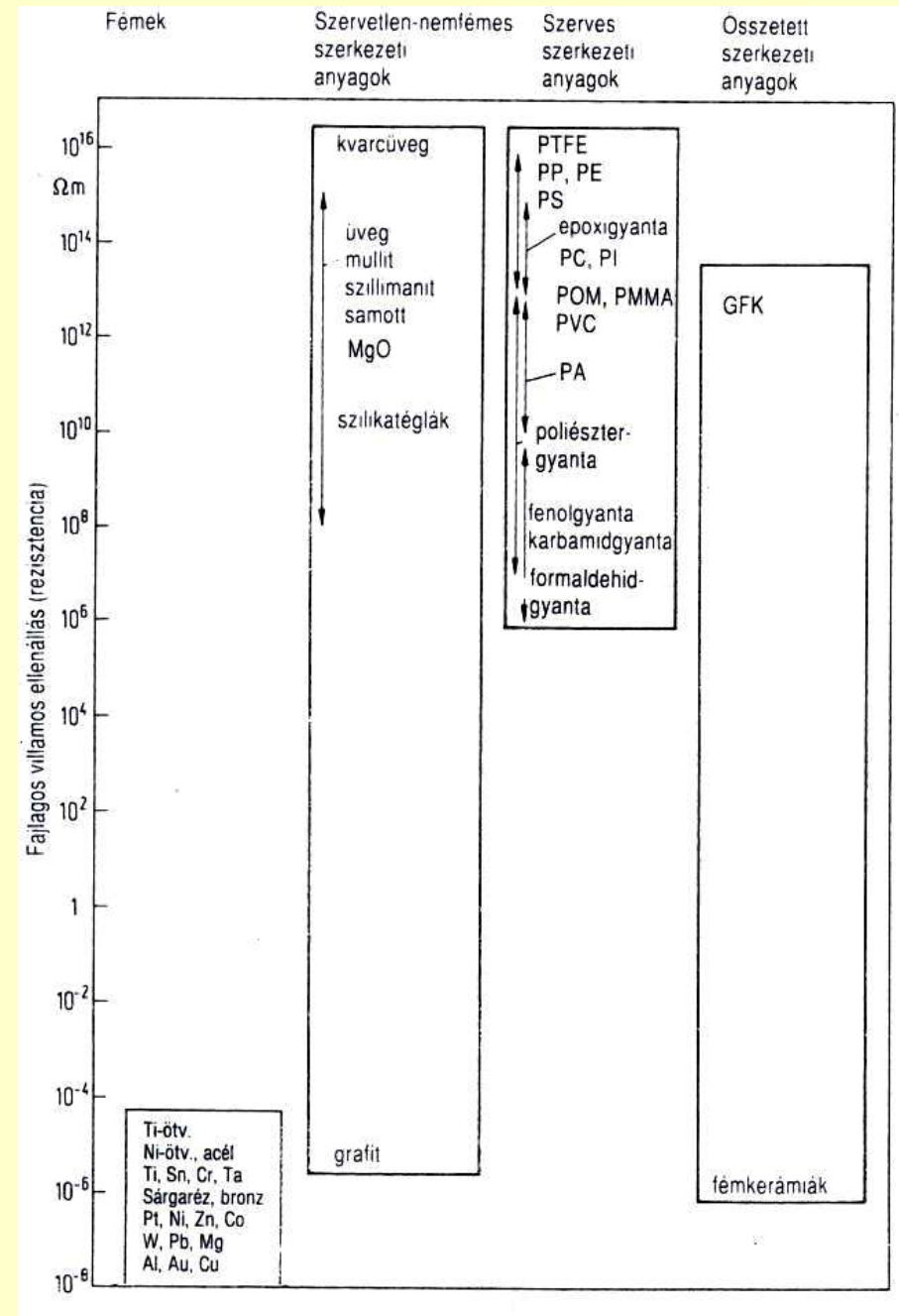
Elektromos és mágneses tulajdonságok

- A **fajlagos ellenállás** ($\rho, \Omega \cdot m$) illetve a reciproka a **fajlagos elektromos vezető képesség** (σ) az anyagok elektromos töltésátvivő képességét jellemzi.
- Az anyagok a fajlagos ellenállás alapján csoportosíthatók, mint
 - **vezetők**
 - **félvezetők**
 - **szigetelők**

- A **vezetők** szabad töltéshordozókat tartalmaznak (pl. a fémek, a karbidkerámiák, grafit) A villamos ellenállásuk $\rho \approx 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$. Az ellenállás az ötvözés, a szennyezés illetve a hőmérséklet hatására nő.
- A **félvezetők** elmozdulni képes elektron-lyuk párokat tartalmaznak (pl. Si, Ge, As, Se, Te, P, S). A villamos ellenállásuk $\rho \approx 10^{-1} - 10^6 \Omega \cdot \text{m}$. A tiszta szerkezeti félvezetők (intrinsic) ellenállása a hőmérséklet növekedésével csökken, míg a szennyezett, adalékolt (extrinsic) félvezetők a hőmérséklettől gyakorlatilag független.

- A **szigetelők** szabad töltéshordozókat nem, de elektromosan polarizált dipólusokat tartalmaznak pl műanyagok, oxid és nitridkerámiák, gyémánt. A $\rho \approx 10^6 - 10^{16} \Omega \cdot m$. Az oxidkerámiák fajlagos ellenállása a hőmérséklet növelésével csökken.

A szerkezeti anyagok villamos ellenállása



Mágneses tulajdonságok

- Mágneses erőterben valamilyen kölcsönhatást minden anyag mutat. Az anyagban kialakuló mágneses indukció B az azt létrehozó H mágneses térerősségtől és az anyagi jellemzőktől függ. Az anyag fontos jellemzője a *mágneses szuszceptitás* (χ a mágnesezhetőségre való érzékenység) és a *μ mágneses permeabilitás*, amely azt fejezi ki, hogy hányszor nagyobb B -t tud létrehozni H az anyagban a vákuumhoz képest, vagyis, hogy az anyag milyen mértékben képes erősíteni a mágneses mezőt

A mágneses térben való viselkedés alapján az anyagok lehetnek

• diamágnesesek

- A *diamágneses anyagok* (pl. Au, Ag, Si, P, S, Cu, Zn, Ge, Hg, gyémánt, szerves vegyületek) $\chi = -10^{-7} \dots -10^{-5}$ ill. $|\chi| < 1$; $\mu_r < 1$, azaz a mágnesezettség a külső térrel ellentétes, a mágneses tér hatását gyengítik.

A mágneses térben való viselkedés alapján az anyagok lehetnek

• paramágneses

- *A paramágneses anyagok* (pl. Al, Pt, Mg, Ti, Cr, Mn, Mo, W) esetében $\chi=10^{-5}-10^{-1}$ ill. $|\chi| < 1$; $\mu_r < 1$. Ezek a külső térrel megegyező irányú, a mágnesező tér hatását csekély mértékben erősítő hatást fejtenek ki. Az ilyen anyagokban nagyobb az indukcióvonalak sűrűsége, mint rajtuk kívül.

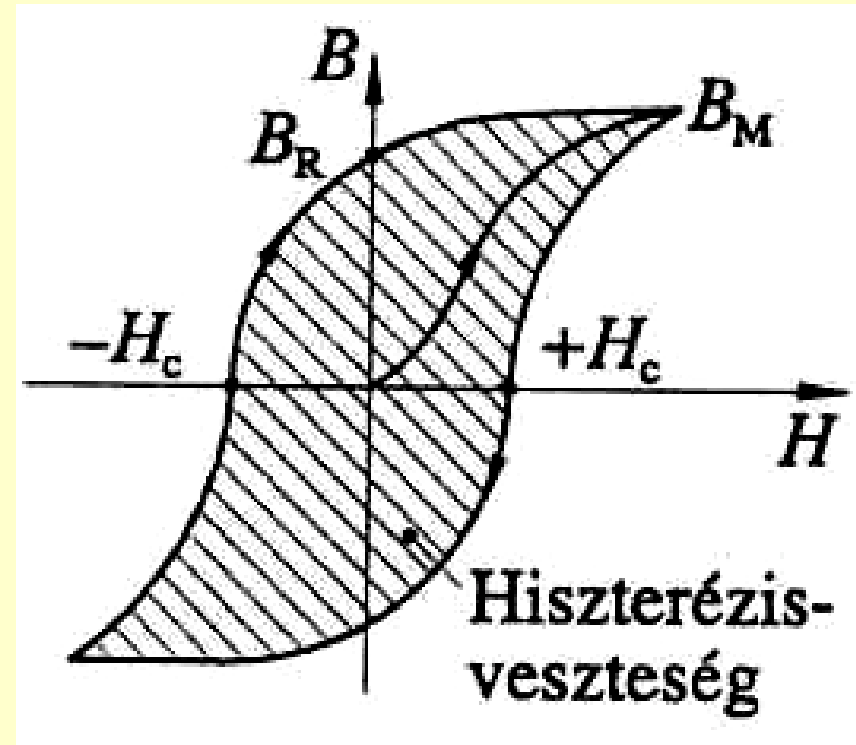
A mágneses térben való viselkedés alapján az anyagok lehetnek

•ferromágneses

- pl. Fe, Co, Ni , amely $\chi = 10 \dots 10^6 = f(H) \gg 0$ és $\mu_r \geq 10^3$. A mágnesezettség a külső térrel megegyező és azt jelentősen erősíti.

Ferromágneses anyagok

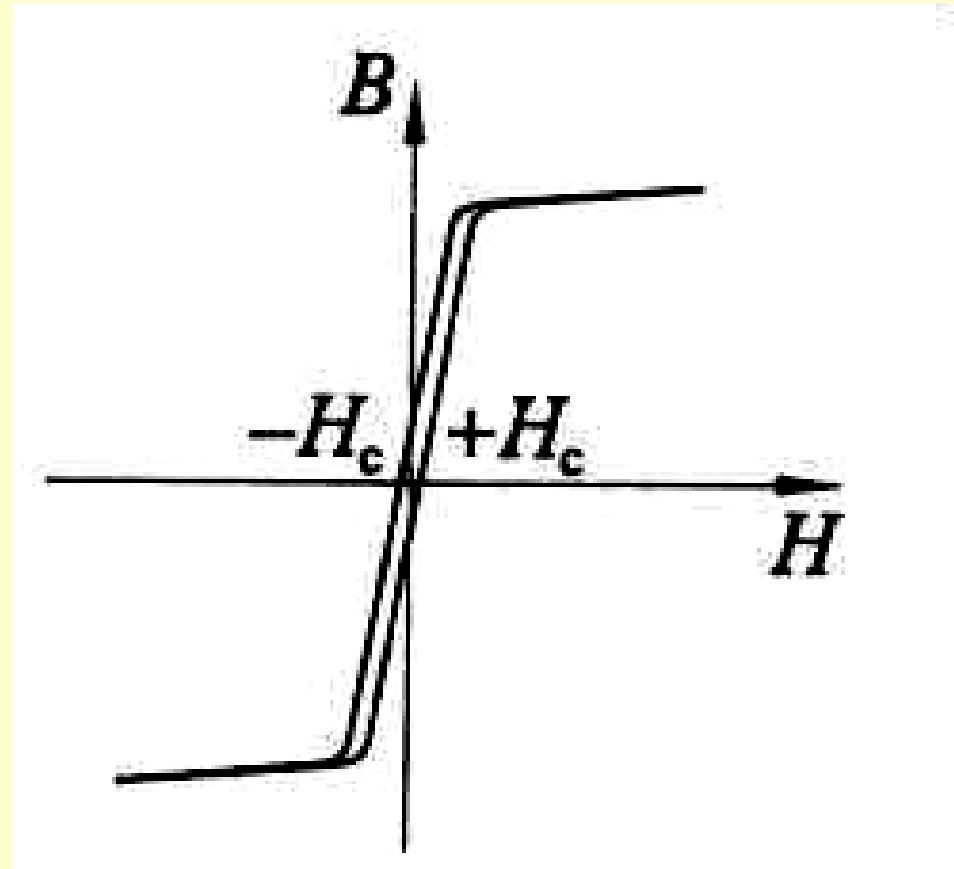
- Fontos tulajdonság a *mágneses hiszterézis*, az, hogy a B a külső H -t az anyagban csak késéssel követi, és egy teljes átmágnesezési ciklust leíró *hiszterézis hurkot* eredményez, aminek területe arányos a hővé alakuló befektetett energiával, az átmágnesezési veszteséggel.



Ferromágneses anyagok

Mágnesesen lágú

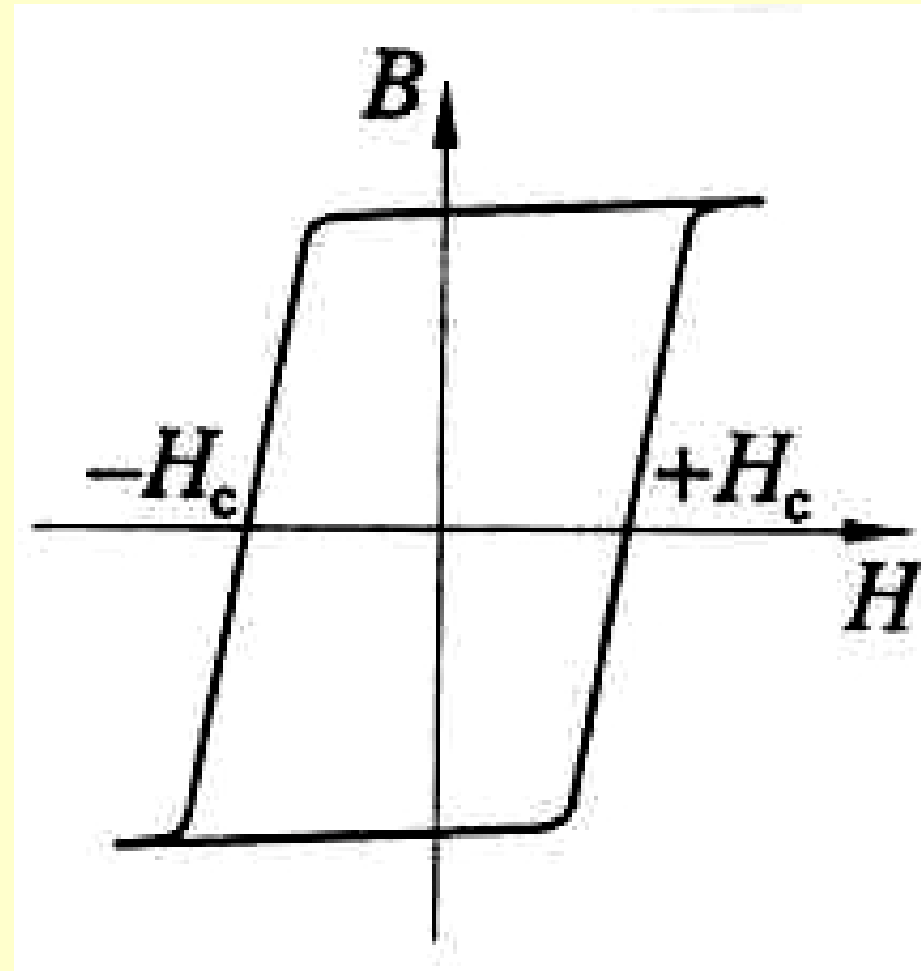
- A lágymágneses anyagokat elektromágnesek és transzformátorok vasmagjaként, mágneses árnyékolóként alkalmazzák



Ferromágneses anyagok

Mágnesesen kemény

- a kemény mágneses anyagokat állandó mágnesként (pl. villanymotorokhoz, hangszórókhoz stb.) alkalmazzák



Optikai tulajdonságok

- Az anyagok optikai tulajdonságai alatt a fénnel (fotonnyalábbal) való kölcsönhatást értjük.
- Valamely anyag *átlátszó*, ha a belsejében gyakorlatilag nem jön létre fotonelnyelődés, a fényelnyelés (abszorpció) és a visszaverődés (reflexió) gyakorlatilag elhanyagolható. Ilyen pl. az amorf üveg. Ha az anyag a keverék fehér fény meghatározott hullámhosszú részét elnyeli (szelektív abszorpció) az anyag színesnek látszik.

Optikai tulajdonságok


- Az *optikailag áttetsző* anyagokon a fény diffúz módon hatol át, vagy a belsejében erősen szóródik, ezeken átnézve a kép nem éles. pl. részben kristályos műanyagok.
- Az *optikailag átlátszatlan* anyagon a fénysugár csak abszorbeálódik vagy reflektálódik. pl. fémek

Optikai tulajdonságok

Az anyagok fontos mutatói

 **a fényáteresztési,**

 **az elnyelési és**

 **a visszaverődési tényező,**

amelyek egymás rovására változnak és összegük 1

Akusztikai tulajdonságok

- a szerkezeti anyagoknak **a mechanikai rezgésekkel való kölcsönhatását** értjük. A hang a szilárd anyagokban egyenes vonalban állandó sebességgel terjed, és sebessége az anyag rugalmas jellemzőin kívül a hőmérséklettől és a nedvességtartalomtól függ, a frekvenciától nem.

A hang terjedési sebessége

$$v_L = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1-\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}}$$

$$v_T = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1}{2(1+\nu)}}$$

Anyag	Longitudinális hullám Tranzverzális hullám terjedési sebessége m/sec	
Ötvözetlen alumínium	6320	3120
Ötvözetlen kis karbontartalmú acél	5930	3230
Ausztenites acél	kb. 5800	
Lemezgrafitos öntöttvas	3500- 5300	
Gömbgrafitos öntöttvas	5300 - 5800	
Jég	4260	2560
Víz (20C°-os)	1483	
Levegő	333	

Akusztikai tulajdonságok

- Az olyan közeget, amelyben a hanghullámok terjedése nagyobb akusztikailag ritkább, amelyben kisebb akusztikailag sűrűbb anyagnak nevezzük.