

Anyagismeret

Leromlási folyamatok törés, kúszás, fáradás

Dr. Mészáros István Attila

1

Roncsolásos anyagvizsgálatok

Szakítóvizsgálat

Keménységmérés

Nyomó-, hajlító, csavaróvizsgálat

Kúszásvizsgálat

Ütve hajlító vizsgálat (Charpy)

Fárasztóvizsgálat

Hőfárasztóvizsgálat

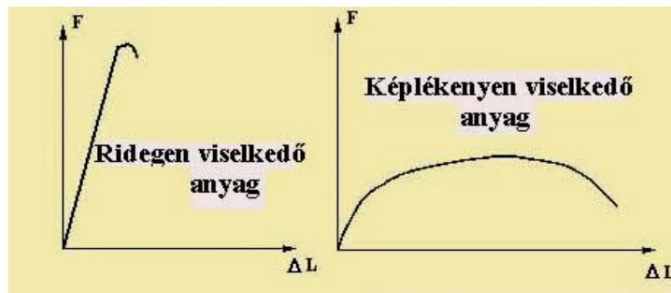
Korróziós vizsgálatok

Technológiai próbák

2

Repedés, törés

A szerkezeti anyagaink tönkremenetelének két szélsőséges típusa a ridegtörés illetve a szívós (képlékeny) törés. A rideg illetve képlékeny viselkedést az adott anyagon végzett szakítóvizsgálat is jól szemlélteti

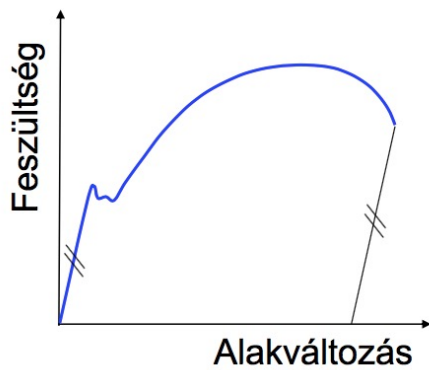


3

3

Szívós törés I.

Jelentős mértékű képlékeny alakváltozás a törés előtt.

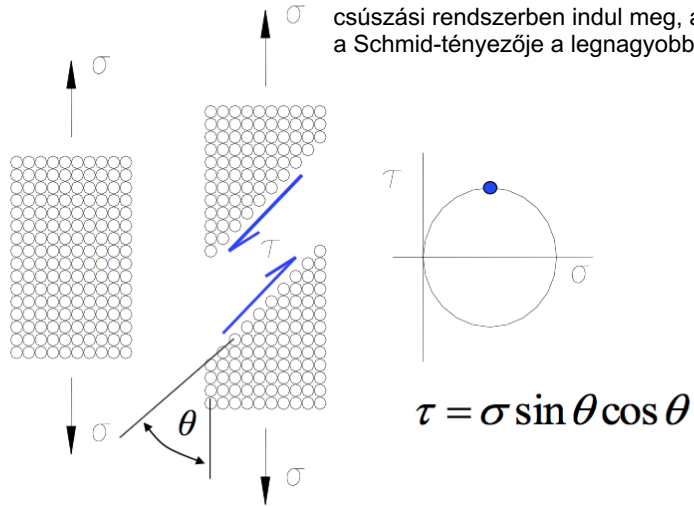


4

4

Szívós törés mechanikai sémája szakításnál

A képlékeny alakváltozás abban a csúszási rendszerben indul meg, aminek a Schmid-tényezője a legnagyobb.



5

Szívós törés II.

Károsodás:

kontrakció

üreg keletkezés

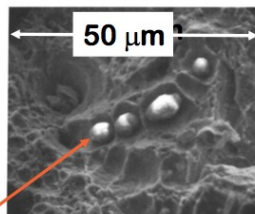
üreg növekedés és összenövés

felület elnyírása

törés



Acél
törtet-
felülete

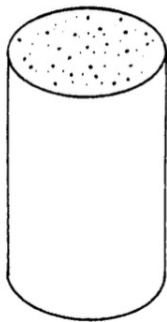
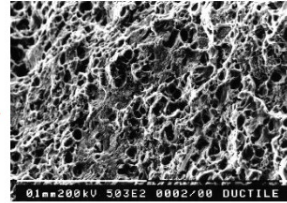
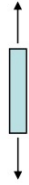


Másvadalmi fázisú részecskék, elősegítik üregek keletkezését.



6

Ridegtörés

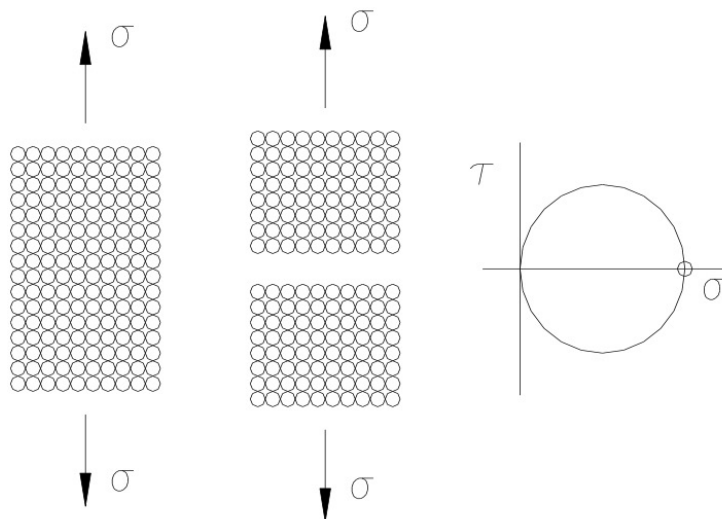


- A töretfelület merőleges a húzás tengelyére.
- Kontrakció nem lép fel az alakítás során .
- Nincs makroszkopikus képlékeny alakváltozás.
- A töretfelület átmetszi a szemcséket.

7

7

A ridegtörés mechanikai sémája szakításnál



8

8

Kúszás



9

9

Kúszás

Tartósfolyás vagy kúszás: állandó (statikus) terhelés hatására növekszik az anyag alakváltozása.

Tartósfolyási határ: az a feszültség, amely végtelenül hosszú idő alatt sem okoz az előírtnál nagyobb alakváltozást. ($\sigma_{T0.2}$)

Időtartam szilárdság: az a feszültség, amely t idő alatt előírt ε_t alakváltozást hoz létre. (pl. $\sigma_{0.2/10^3}$)

Tartósfolyás tipikusan magas hőmérsékleten lejátszódó jelenség. $T > 0.4 T_{olv}$.

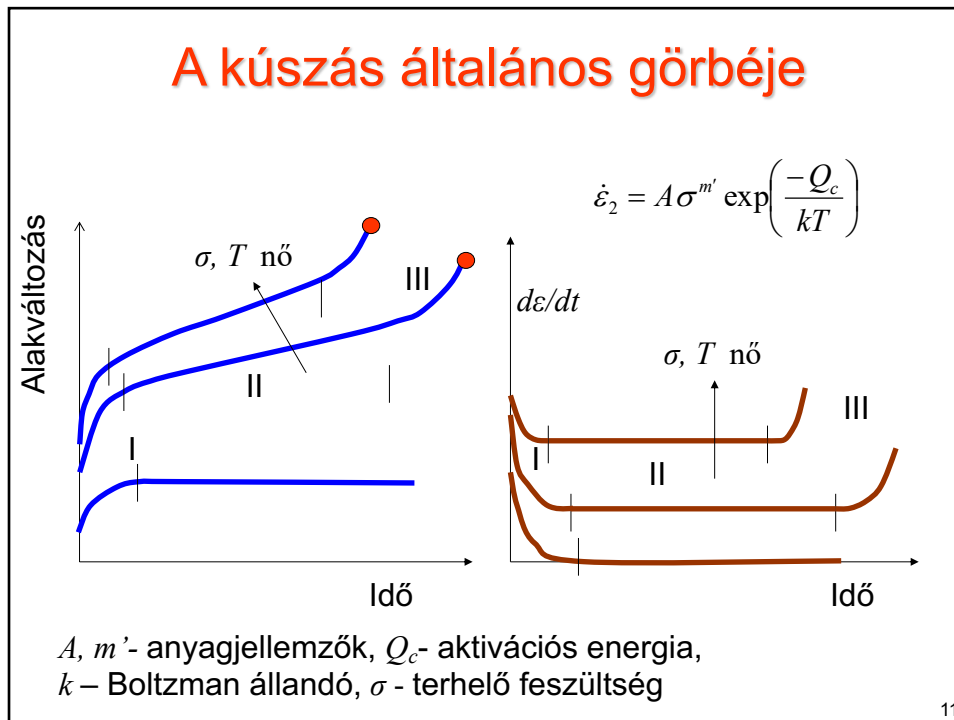
Mérnöki alkalmazás:

- Gázturbina üzemi hőmérséklete 1300 °C, hosszú üzemidő.
- Erőművi gőzvezeték csövek.
- Forrasztott kötések ...

10

10

A kúszás általános görbéje



11

A kúszási görbe három szakasza

I. Elsődleges (primer) kúszás

Az alakváltozási sebesség az idővel és az alakváltozással csökken. A diszlokáció sűrűség nő, a diszlokációs cellaméret csökken az idővel és az alakváltozással.

II. Másodlagos (szekunder) kúszás (állandósult állapot)

A keményedési és a megújulási folyamatok egyensúlyban vannak.

III. Harmadlagos (tercier) kúszás

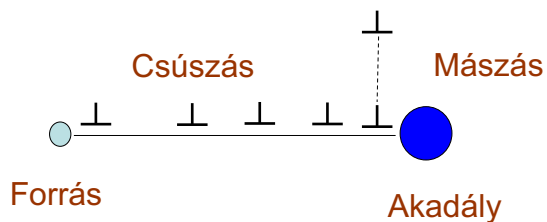
Rekristallizáció, a második fázisú részecskék durvulása kezdődik a az üregek és repedések kialakulása indul be.

12

12

Diszlokáció csúszás és mászás együttes hatása

A képlékeny alakváltozás keményedést okoz.
Diszlokációs hálózat létrejötte.
A keményedés és a megújulás (mászás) együttesen megy
végbe.



13

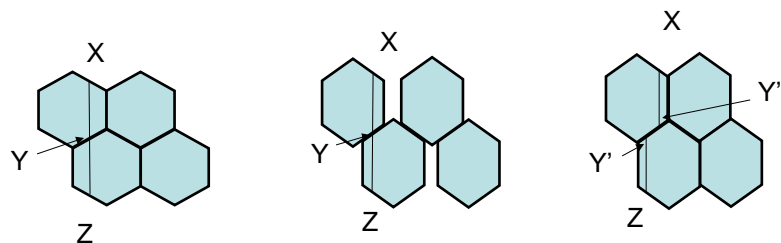
13

Ponthibák diffúziója, krisztallithatók csúszása

Ponthibák kristallithatóron végbemenő rendezett áramlása
a szemcsehatárok mentén fejt ki a hatását.

A szemcsén alakváltozást, a határokon üregeket
eredményez.

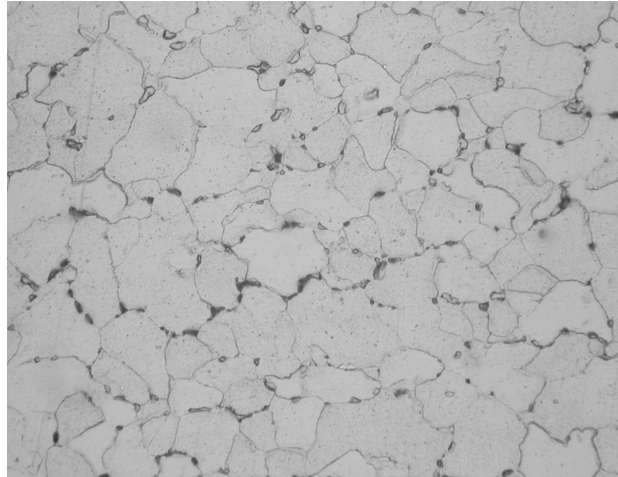
A szemcsehatármenti elcsúszás csökkenti az üregeket



14

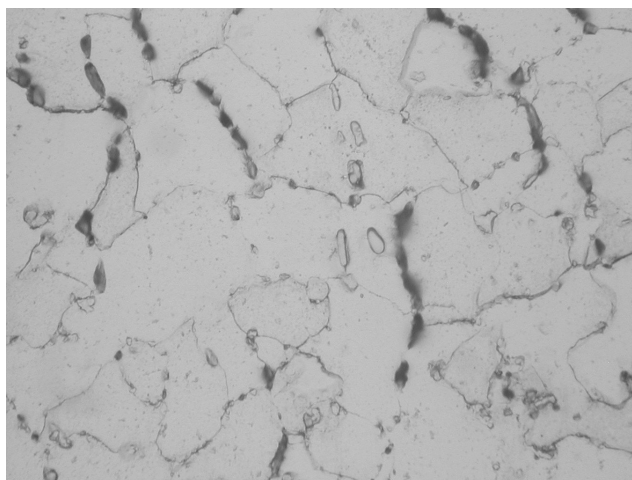
14

Mikroüregek - mikrorepedések



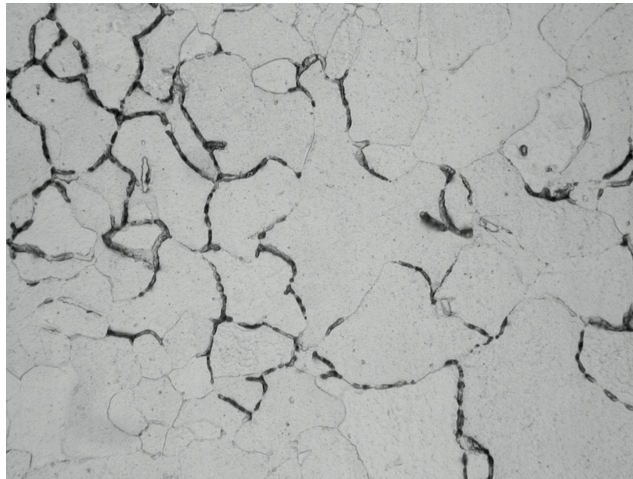
15

Mikroüregek - mikrorepedések



16

Repedéshálózat a krisztallithatárokon



17

Kúszásnak ellenálló anyagok tervezése

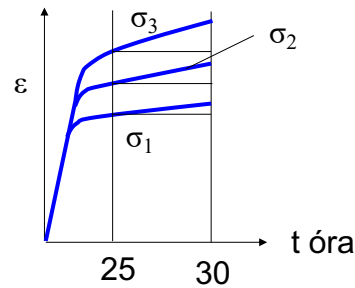
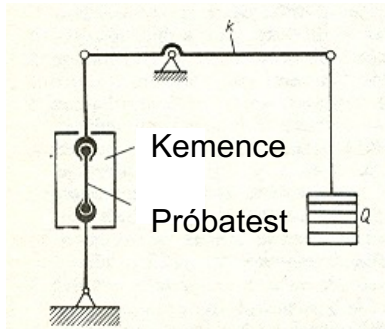
Kúszási ellenállás növelhető:

- Diffúziós tényező csökkentésével → magas olvadáspontú anyagok alkalmazása
- Rekrisztallizációs hőmérséklet növelésével
- Csúsztató rugalmassági modulus növelésével
- Szemcseméret növelésével → egykristály alkalmazása
- Diszlokációs mozgást gátló második fázisú kiválások alkalmazásával

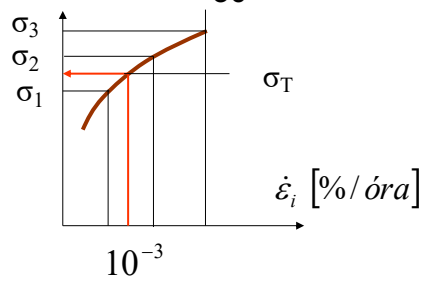
18

18

Kúszási vizsgálatok



$$\dot{\epsilon}_i = \frac{\epsilon|_{30} - \epsilon|_{25}}{5} \Big|_{\sigma_i}$$

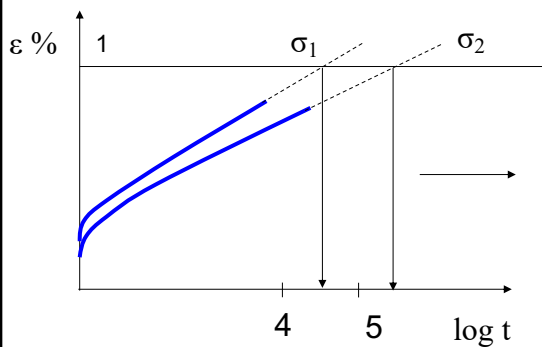


Rövidített kúszási vizsgálat

19

19

Extrapoláció az állandósult szakaszból

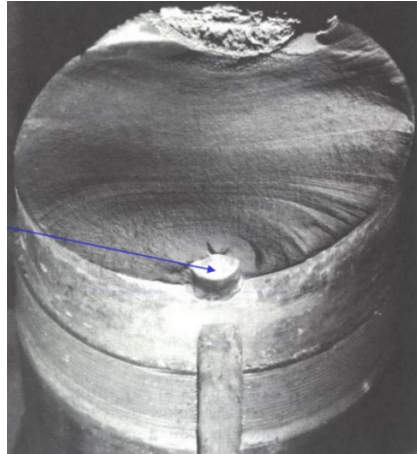


Több mérés után meghatározható az a feszültség, amely előírt idő alatt (10^5 óra) okoz 1%-os alakváltozást.
 $\sigma_{1/10^5}$

20

20

Fáradás

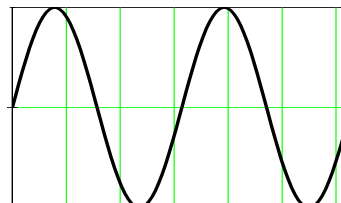
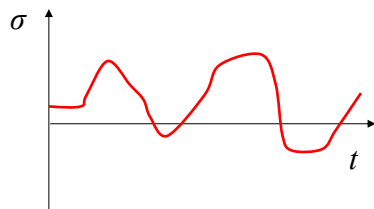


21

21

Ismétlődő igénybevételek

A kifáradás jelenségét A. Wöhler ismerte fel az 1800-as évek végén. Biztonságra méretezett vasúti tengelyek hosszabb üzemidő után az ismétlődő igénybevételek hatására eltörtek, annak ellenére hogy a terhelő feszültség **jóval a folyáshatár alatt** volt. Ez a jelenség hívta fel a figyelmet a kifáradásra.

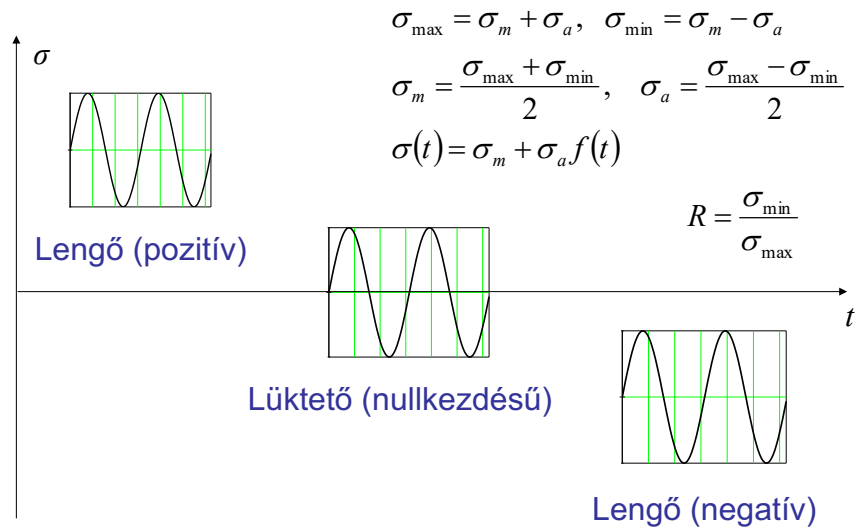


Színuszos feszültségváltozás

22

22

Ciklikus terhelés jellemzői

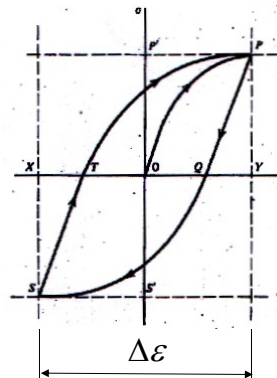
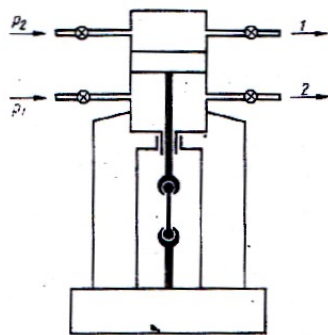


23

23

Kis és nagyciklusú fáradás

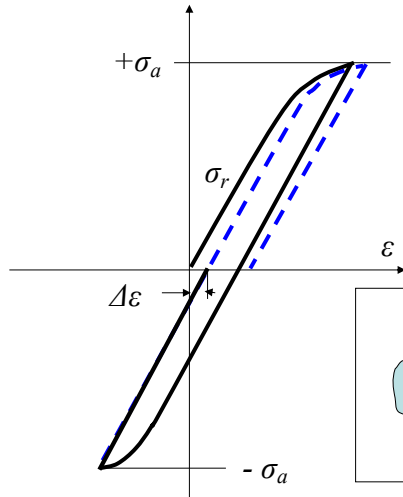
A ciklikus terhelés szintje kisebb mint a folyáshatár : **nagyciklusú fáradás** ($N \sim 10^6 - 10^8$)
 A ciklikus terhelés szintje nagyobb mint a folyáshatár : **kisciklusú fáradás** ($N \sim 10^3 - 10^4$)



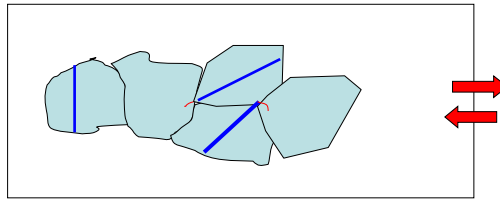
24

24

A kisciklusú fáradás mechanizmusa



Minden fáradási ciklus egy bizonyos mértékű képlékeny alakváltozási munkát fogyaszt. Minden ciklusban a próbatest keményedése (lágulása) történik.

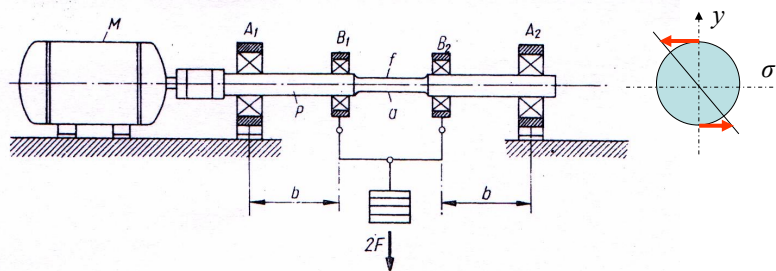


1. Repedések keletkezése; 2. Nem terjedő repedések szakasza;
3. Repedés terjedés szakasza;

25

25

Forgó-hajlító fárasztógép (nagy ciklusú vizsgálathoz)



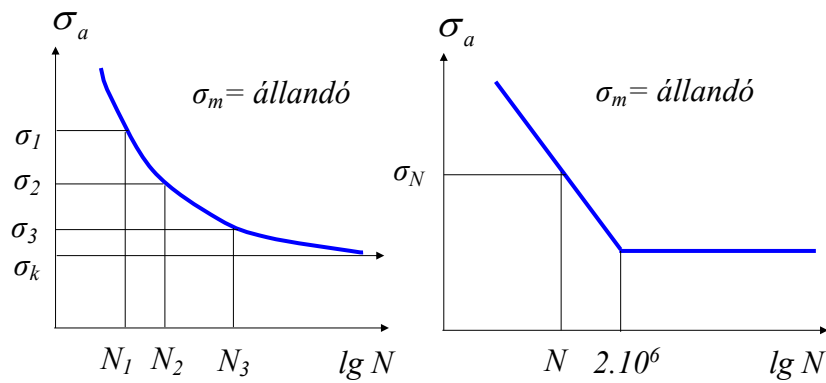
$$M = bF$$

$$\sigma = \frac{M}{I} y, \quad I = \frac{d^4 \pi}{64}, \quad \sigma_{\max} = \frac{M d}{I 2}, \quad \sigma(t) = \sigma_{\max} \sin 2\pi N$$

26

26

Wöhler-görbe

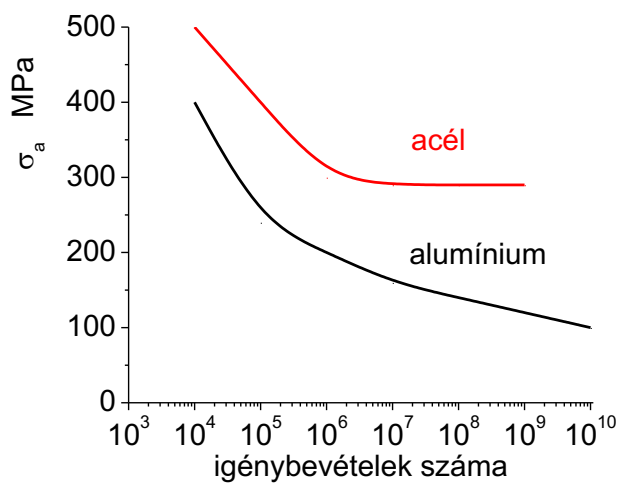


Kifáradási határ: az a feszültségamplitudó (adott közép feszültségnél), amely végtelen sok igénybevétel esetén sem okoz törést.
Tartamszilárdság: az a feszültségamplitudó (adott közép feszültségnél), amely megadott igénybevételi számig nem okoz törést.

27

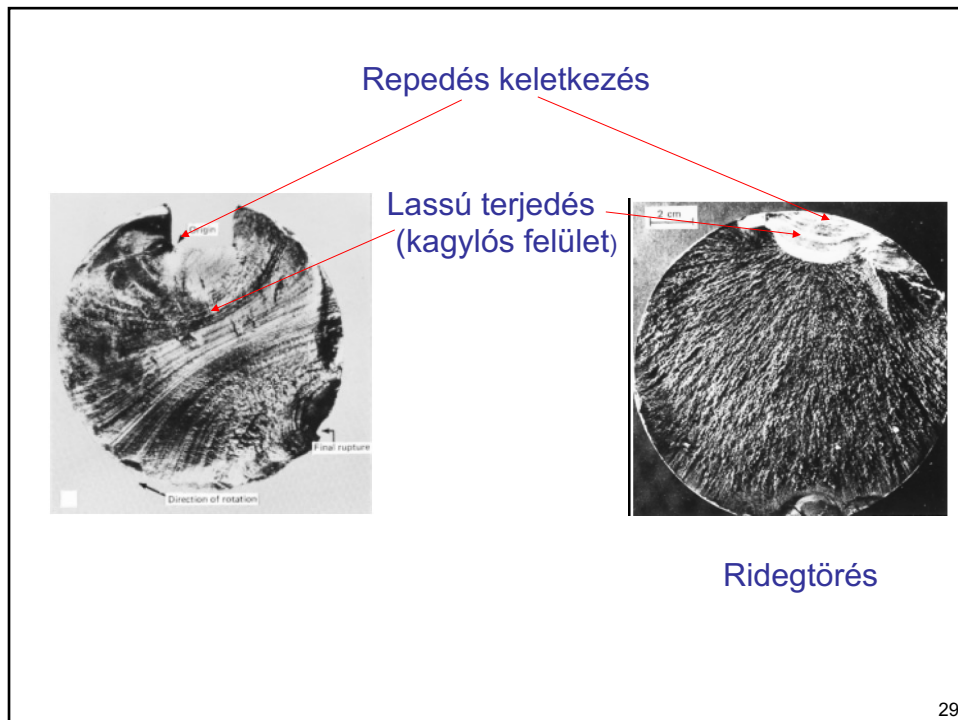
27

Kifáradási határ és tartamszilárdság különböző anyagoknál



28

28



29

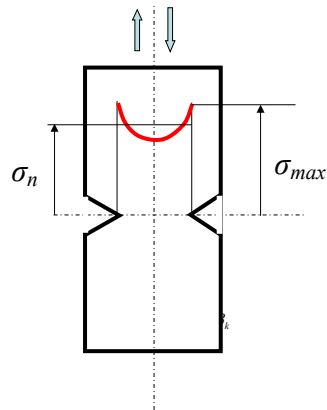
A kifáradási határt befolyásoló tényezők

- A feszültségi állapot jellege, feszültséggyűjtő helyek.
- A feszültség időbeli lefolyása.
- Az igénybevétel frekvenciája.
- A próbatest mérete.
- Az a közeg, amelyben a fáradás lefolyik.

30

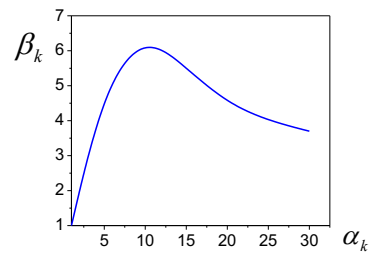
30

Bemetszések, feszültséggyűjtő helyek hatása



$$\sigma_n = \frac{F}{A}, \quad \sigma_{\max} = \alpha_k \sigma_n$$

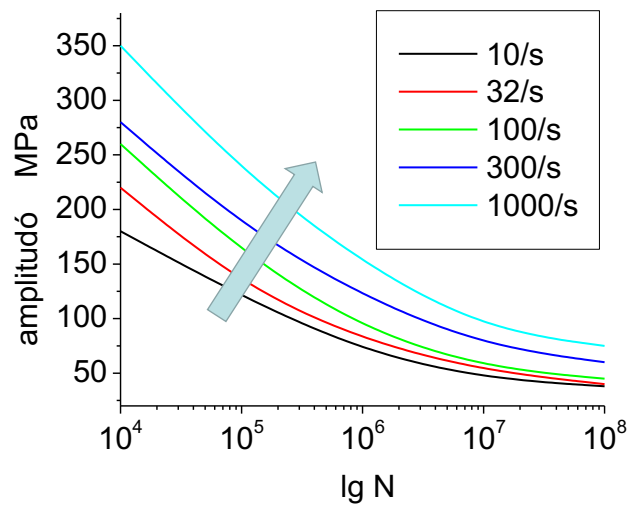
$$\sigma_k = \beta_k \sigma_{k\alpha}$$



31

31

Az igénybevételi frekvencia hatása

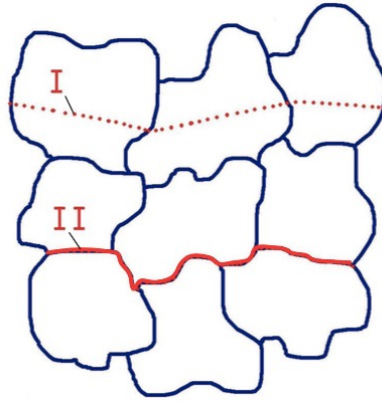


32

32

Repedés / törés jellegzetes módja:

- I. Transzkrisztallin → fáradás
- II. Interkrisztallin → kúszás



33

33