

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

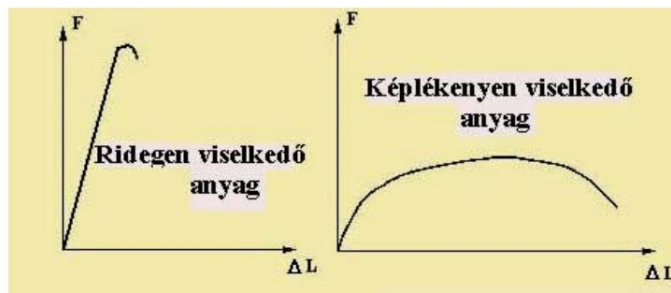
Korróziós vizsgálatok

Technológiai próbák

2

## Repedések kialakulás, 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

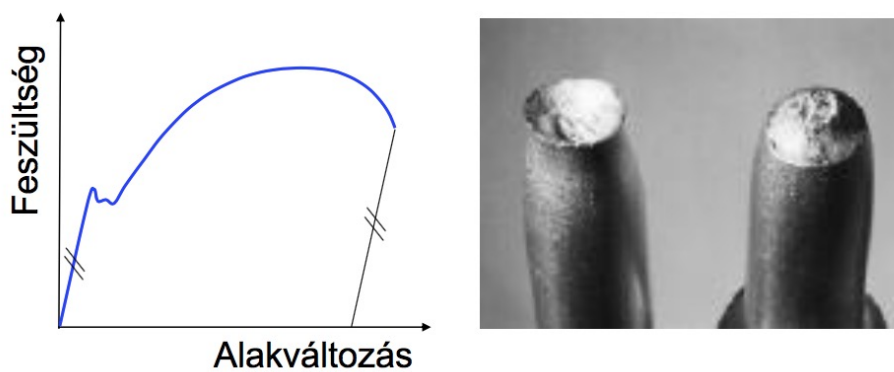


3

3

## Szívós törés I.

Jelentős mértékű képlékeny alakváltozás a törés előtt.

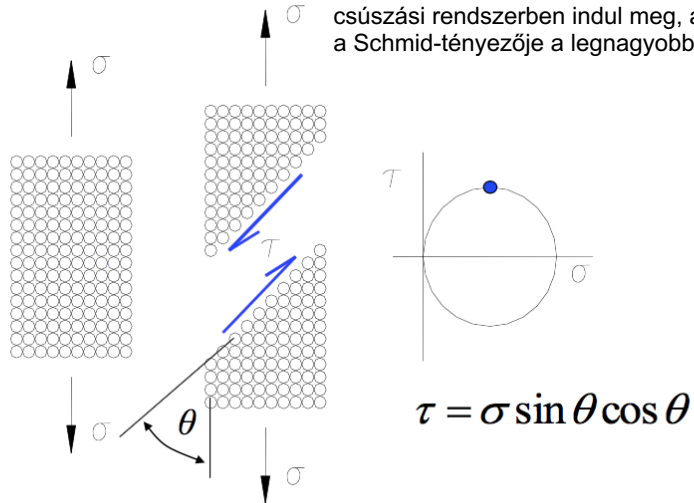


4

4

## Szívós törés mechanikai sémája szakításnál

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

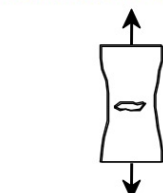


5

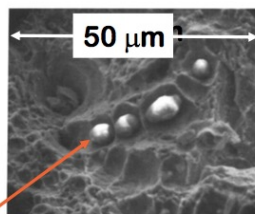
## Szívós törés II.

**Károsodás:**

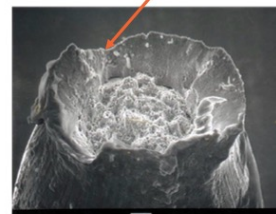
kontrakció    üreg keletkezés    üreg növekedés és összenövés    felület elnyírása    törés



Acél  
törtet-  
felülete

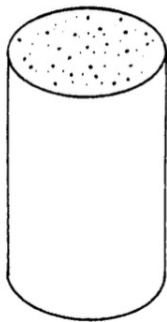
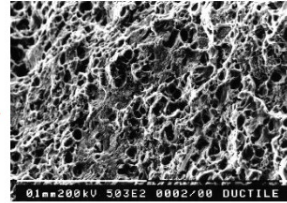
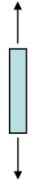


Második fázisú részecskék, elősegítik üregek keletkezését.



6

## Ridegtörés

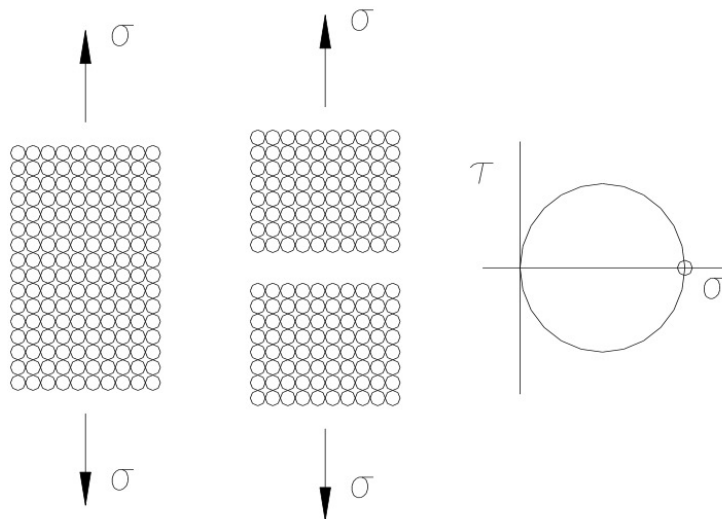


- A töretfelület merőleges a húzás tengelyére.
- Kontrakció nem lép fel az alakítás során .
- Nincs makroszkopikus képlékeny alakváltozás.
- A töretfelület átmetszi a szemcséket.

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  $\epsilon_t$  alakváltozást hoz létre. ( $\text{pl. } \sigma_{0.2/10^3}$ )

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

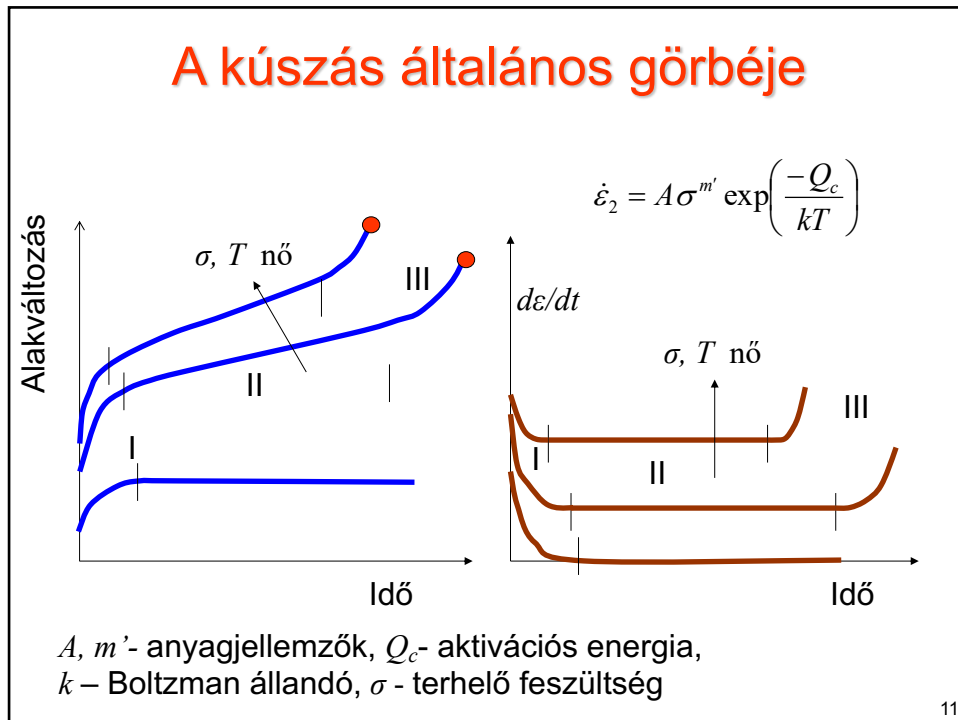
Mérnöki alkalmazás:

- 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

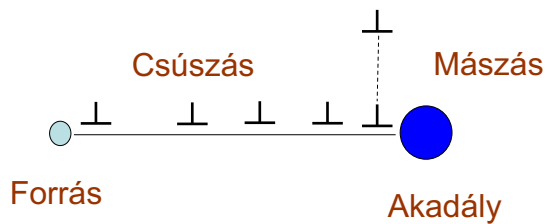
Rekristallizáció, a második fázisú részecskék durvulása kezdődik a az üregek és repedések kialakulása indul be.

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

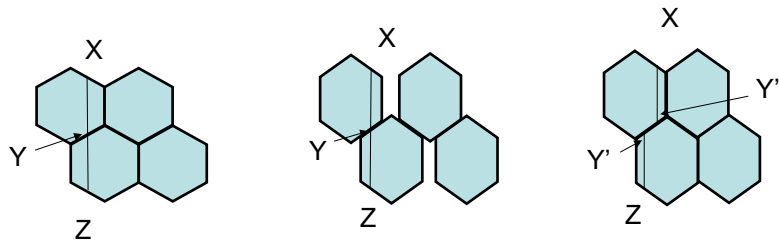
13

## Ponthibák diffúziója, krisztallithatók csúszása

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

A szemcsén alakváltozást, a határokon üregeket  
eredményez.

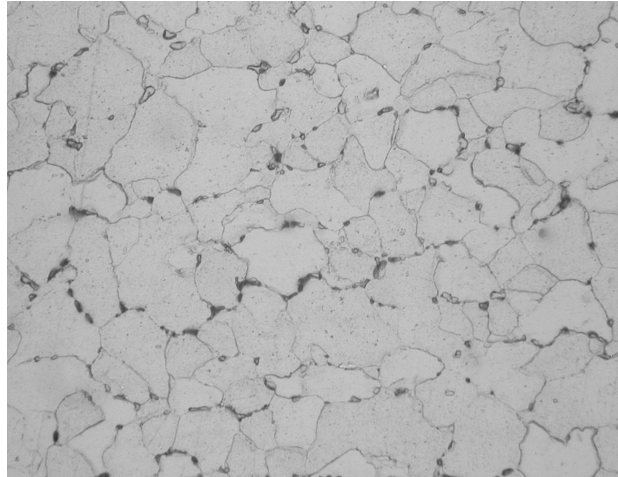
A szemcsehatármenti elcsúszás csökkenti az üregeket



14

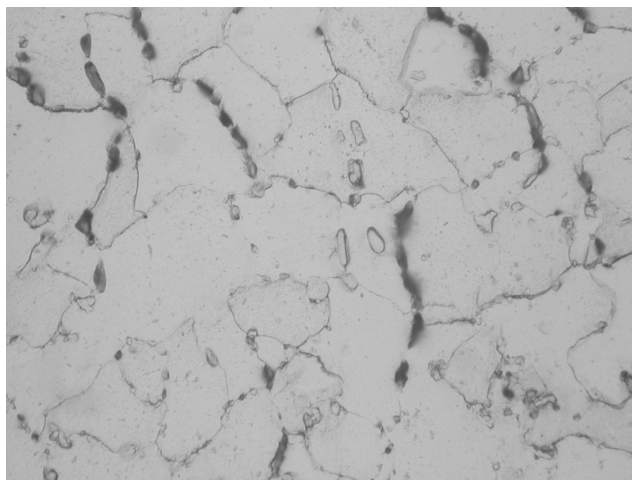
14

## Mikroüregek - mikrorepedések



15

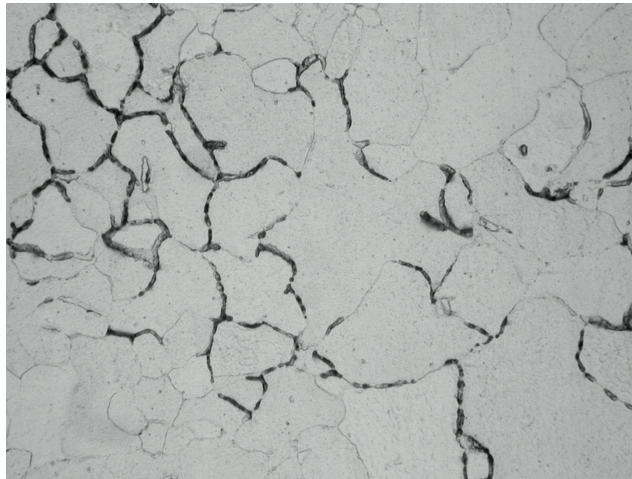
## Mikroüregek - mikrorepedések



16



## Repedéshálózat a krisztallithatárokon



17

## Kúszásnak ellenálló anyagok tervezése

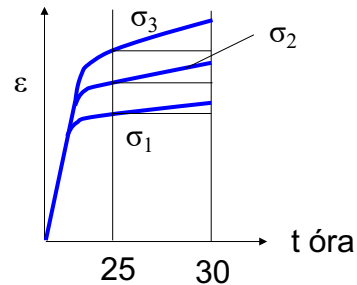
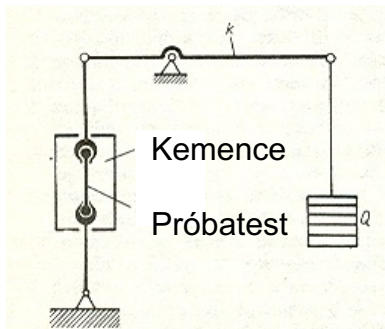
Kúszási ellenállás növelhető:

- 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

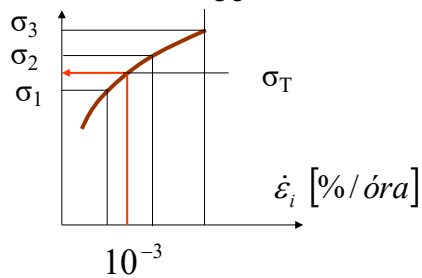
18

18

## Kúszási vizsgálatok



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

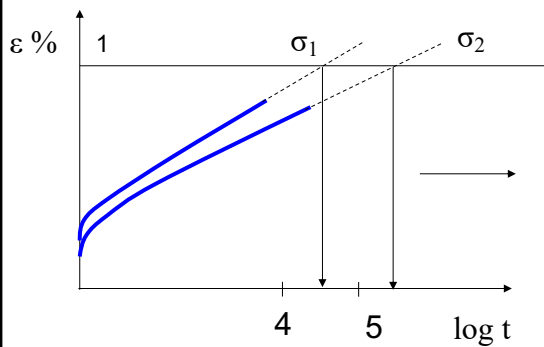


Rövidített kúszási vizsgálat

19

19

## Extrapoláció az állandósult szakaszból

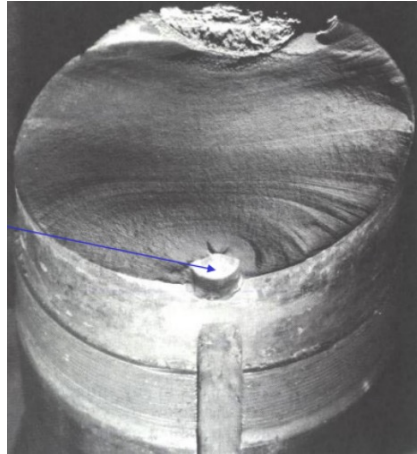


Több mérés után meghatározható az a feszültség, amely előírt idő alatt ( $10^5$  óra) okoz 1%-os alakváltozást.  $\sigma_{1/10^5}$

20

20

## Fáradás

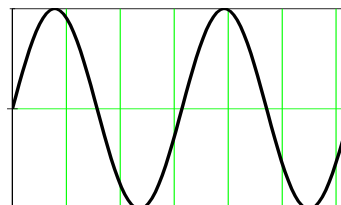
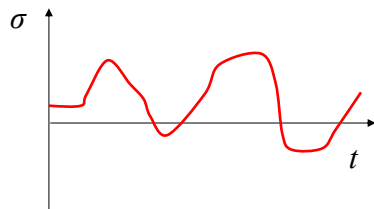


21

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 eltörték, annak ellenére hogy a terhelő feszültség **jóval a folyáshatár alatt** volt. Ez a jelenség hívta fel a figyelmet a kifáradásra.

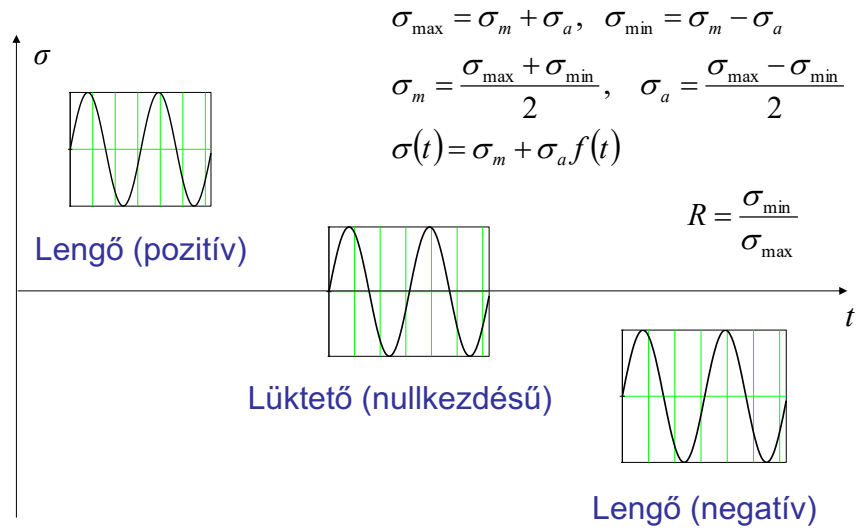


Szinuszos feszültségváltozás

22

22

## Ciklikus terhelés jellemzői

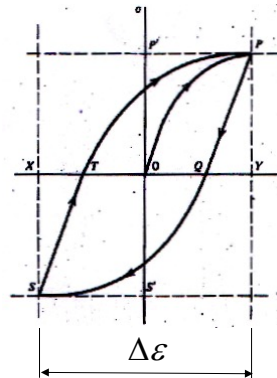
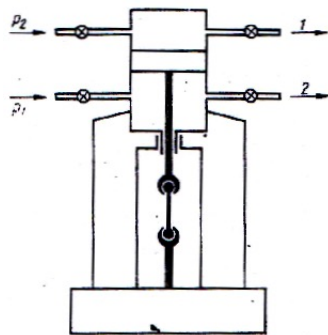


23

23

## Kis és nagyciklusú fáradás

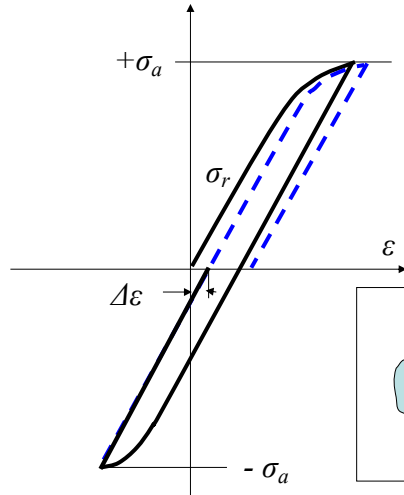
A ciklikus terhelés szintje kisebb mint a folyáshatár : **nagyciklusú fáradás** ( $N \sim 10^6 - 10^8$ )  
 A ciklikus terhelés szintje nagyobb mint a folyáshatár : **kisciklusú fáradás** ( $N \sim 10^3 - 10^4$ )



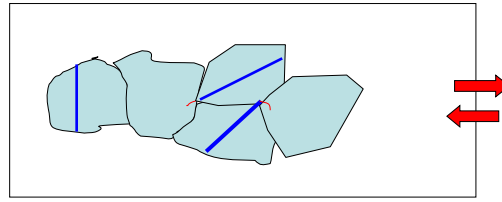
24

24

## A kisciklusú fáradás mechanizmusa



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

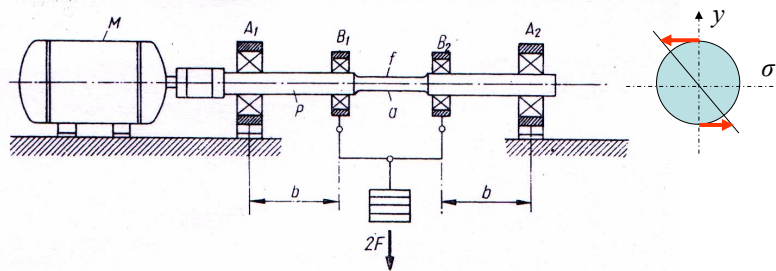


1. Repedések keletkezése; 2. Nem terjedő repedések szakasza;
3. Repedés terjedés szakasza;

25

25

## Forgó-hajlító fárasztógép (nagy ciklusú vizsgálathoz)



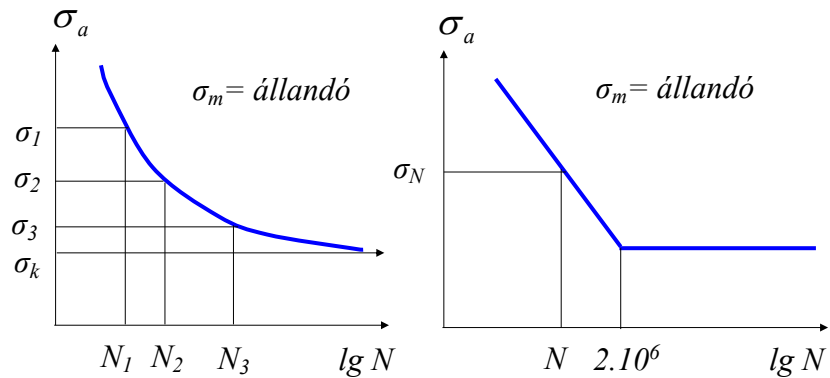
$$M = bF$$

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

26

26

## Wöhler-görbe

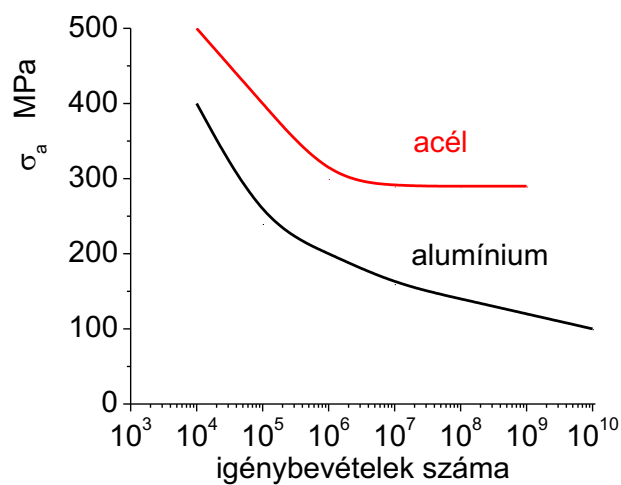


**Kifáradási határ:** az a feszültségamplitudó (adott közép feszültségnél), amely végtelen sok igénybevétel esetén sem okoz törést.  
**Tartamszilárdság:** az a feszültségamplitudó (adott közép feszültségnél), amely megadott igénybevételi számig nem okoz törést.

27

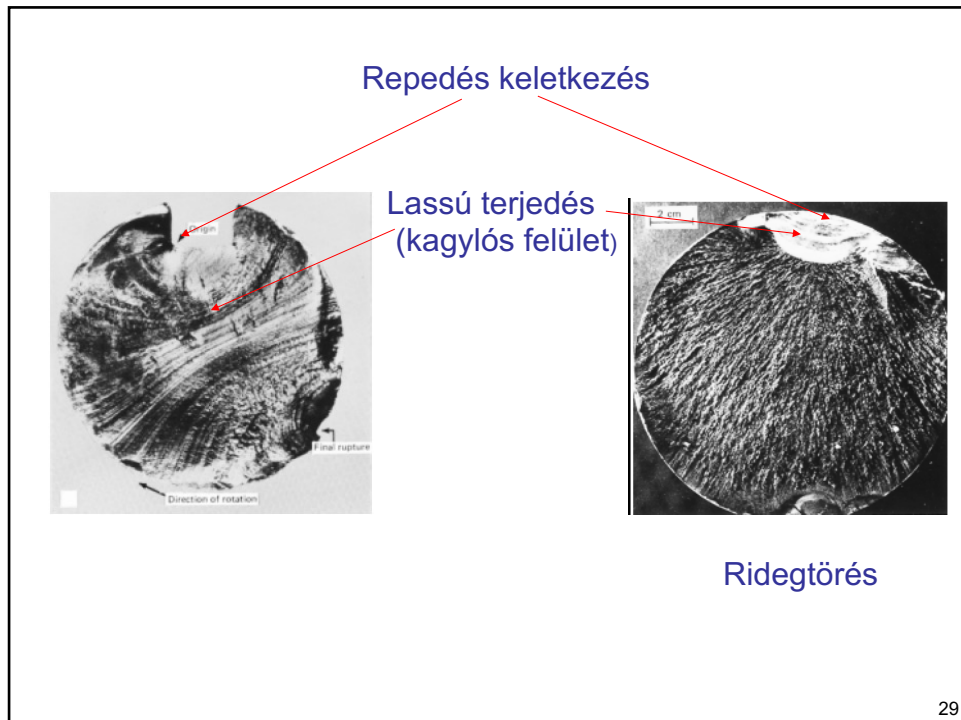
27

## Kifáradási határ és tartamszilárdság különböző anyagoknál



28

28



29

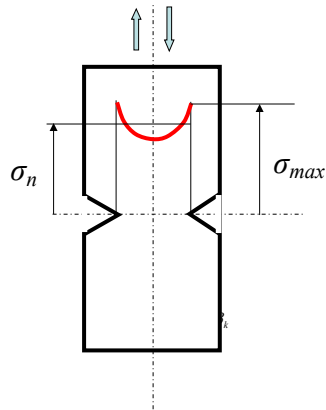
## A kifáradási határt befolyásoló tényezők

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

30

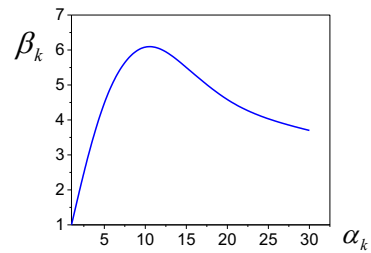
30

## Bemetszések, feszültséggyűjtő helyek hatása



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

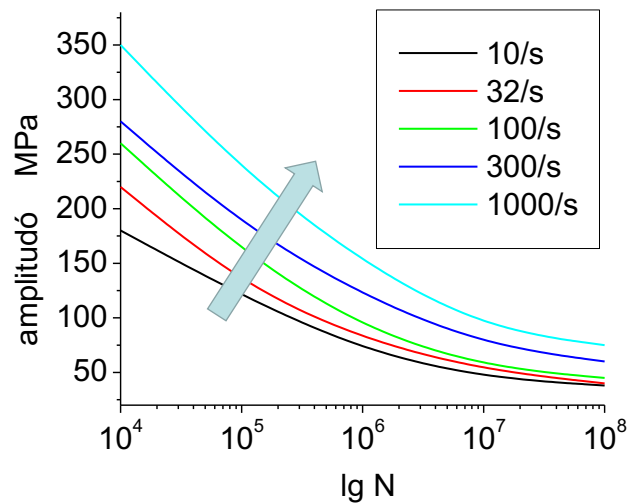
$$\sigma_k = \beta_k \sigma_{k\alpha}$$



31

31

## Az igénybevételi frekvencia hatása



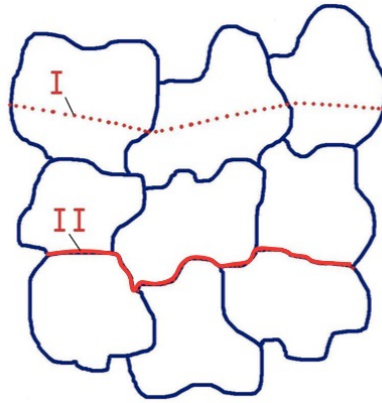
32

32



## Repedés / törés jellegzetes módja:

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



33

33