

# Ötvözetek leromlási folyamatai 1.

## Törés

## Fáradás

Anyagszerkezetten és anyagvizsgálat  
BMEGEMTBGA1

## Ötvözetekben bekövetkező törési jelenség

- az állapottényezők hatását;
- a törések alapvető fajtáit, mechanikai és fraktográfiai jellemzőit;
- a lineárisan rugalmas, illetve a képlékeny törésmechanika elméletét;
- a törésmechanikai tervezés koncepcióját.

**Törés:** az anyagban folytonossági hiány jön létre, amitől az darabokra eshet szét.

**Törés folyamata:**

- Repedés keletkezése;
- Repedés terjedése és a törés létrejötte.

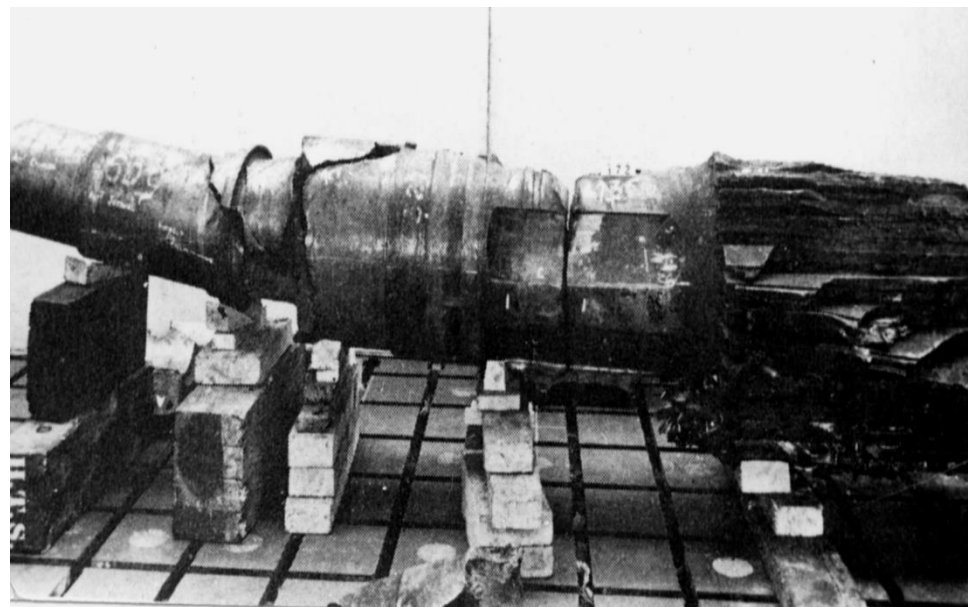
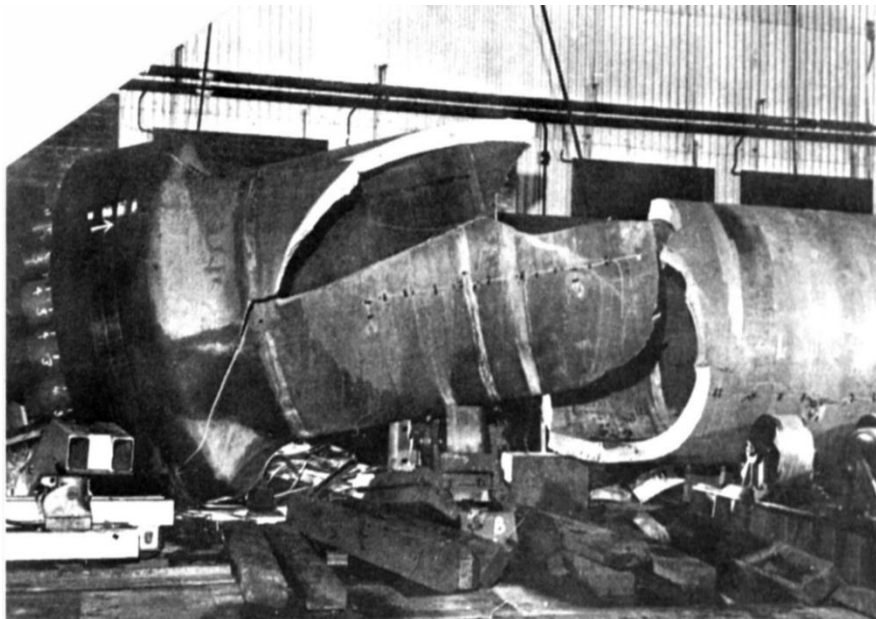


**Képlékeny (szívós) törés:** a törést megelőzően jelentős mértékű képlékeny alakváltozás lép fel.

**Ridegtörés:** hirtelen bekövetkező jelenség, minimális képlékeny alakváltozás előzi meg. A kis hőmérséklet, bonyolult, húzó feszültségi állapot és a nagy terhelési sebesség elősegíti a ridegtörés fellépését.

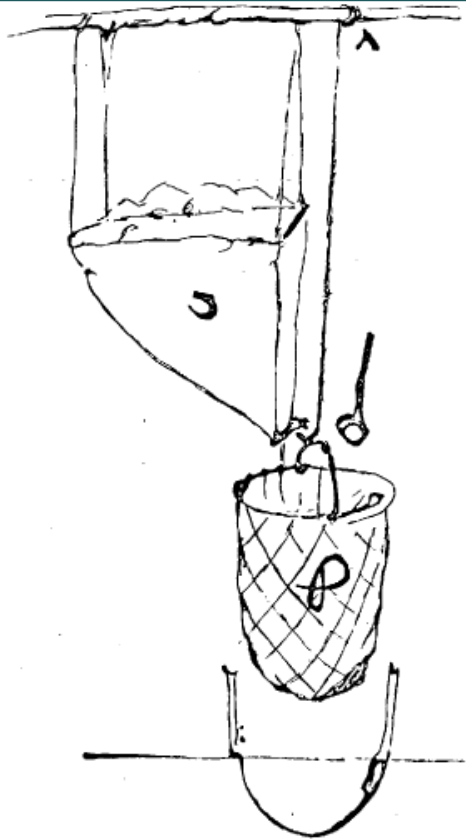
**Repedés mindig van az anyagban, legfeljebb nem tudjuk kimutatni.**

- 2700 db Liberty típusú hegesztett hajó gyártása a második világháború során. 400 db-on törés jelentkezett, amelyből 90 komolynak számított. 10 hajó kettétörött.
- A hegesztett kötések rosszminőségű (félig csillapított) acélból készültek, repedésszerű hibákat tartalmaztak (anyaghiba).
- A törések feszültséggyűjtő helyekből indultak ki (konstrukciós hiba).
- Az acélok szívóssága kicsi volt, az utólagos Charpy-vizsgálat ezt mutatta.



**Az előző ábrán látható tartály egy 2 tonna tömegű, 46 m-re repült darabja**





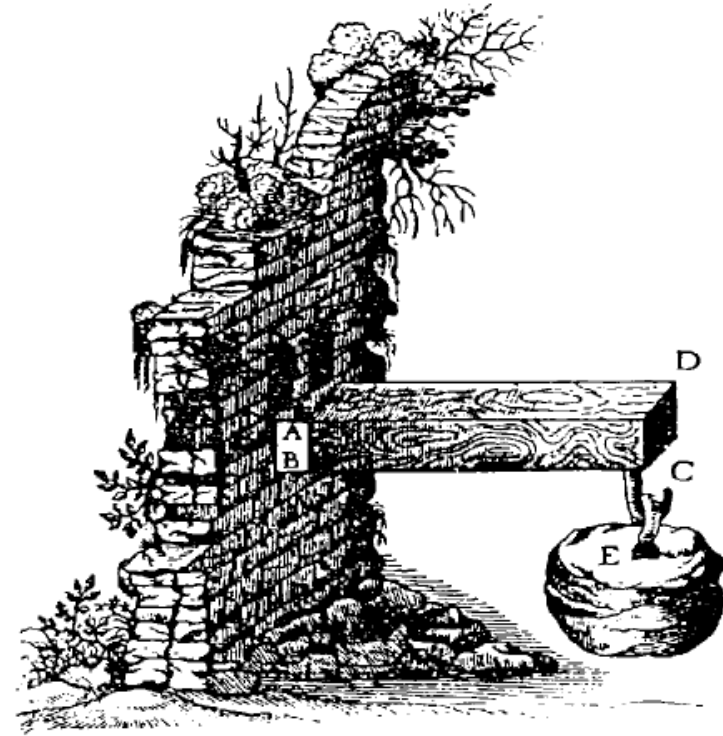
2. ábra

*LEONARDO DA VINCI* szakítókísérlete

1 - vizsgált huzal

2 - kosár, amelybe a homokot engedik

3 - a homokot tartalmazó tartály



3. ábra

*GALILEO GALILEI* vizsgálata a befogott tartók szilárdságának meghatározására

- Időleges túlterhelés, illetve környezeti tényezők hatása
- Korróziós fáradás
- Feszültségkorrózió
- Hidrogén okozta elridegedés
- Hőmérséklet és mechanikai terhelés együttes hatása, kúszási repedés
- Hőszokk okozta repedés.

**Repedések kimutatása:  
roncsolásmentes anyagvizsgálati módszerekkel.**

**Öntészet:** pórusok, lunkerek, zárványok, melegrepedések keletkezhetnek a technológiai paramétereiktől függően.

**Melegalakítás:** az alakváltozási képesség csökken, pl. szemcsehatármenti kiválásoknál.

Auszenit szemcsehatár károsodása anizotróp szerkezet következtében.

**Hidegalakítás:** az alakváltozó képesség kimerülése miatt.

**Hidrogén** hatására bekövetkező repedés, pelyhesedés.

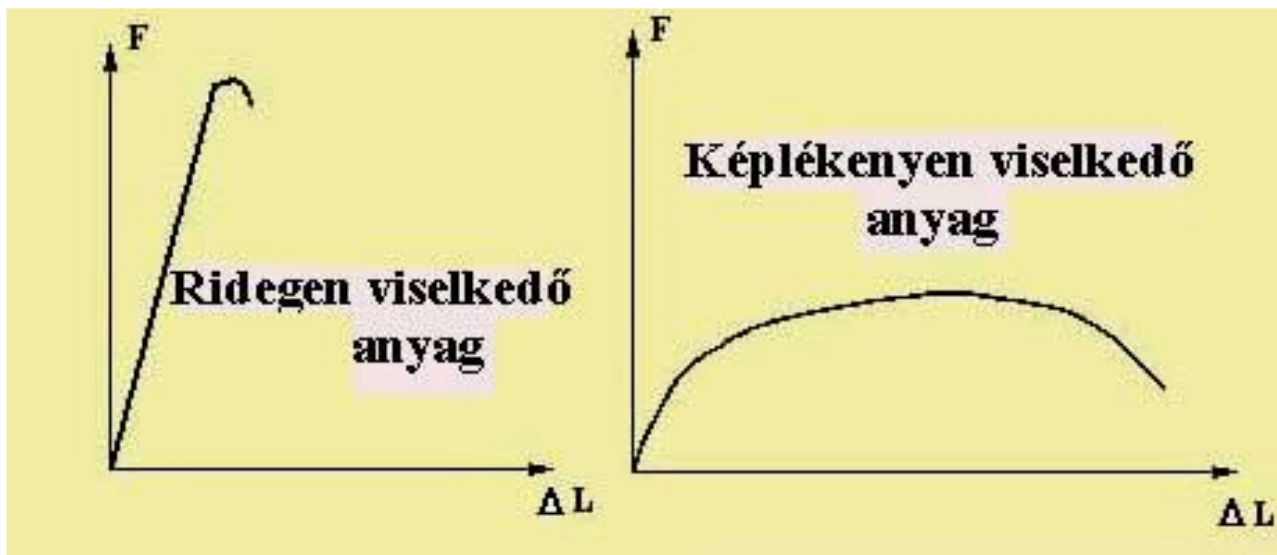
**Hőkezelés:** edzési repedés.

**Hegesztés:** meleg- és hidegrepedés, relaxációs repedés.

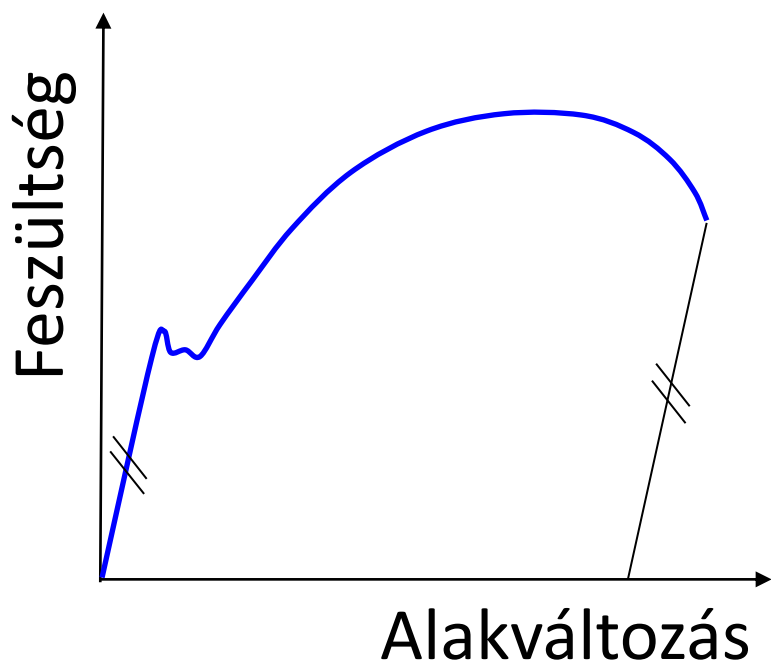
**Forgácsolás:** életlen szerszám vagy túl nagy terhelés esetén.



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.

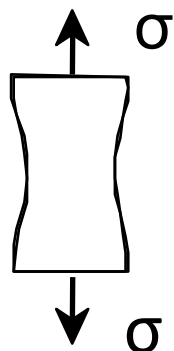


Jelentős mértékű képlékeny alakváltozás a törés előtt.



## Károsodás:

kontrakció



üreg  
keletkezés



üreg növekedés  
és összenövés



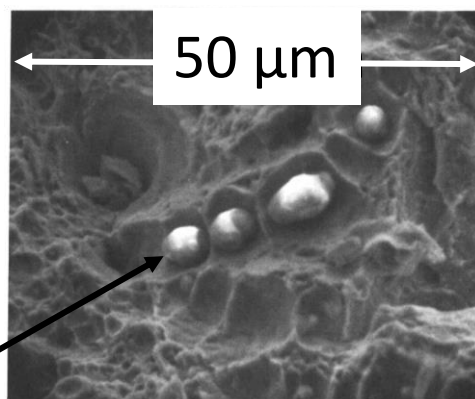
felület  
elnyírása



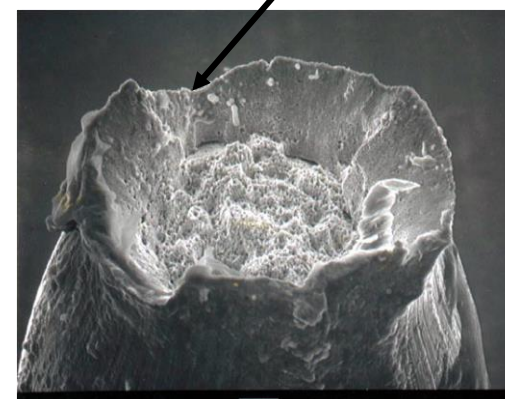
törés

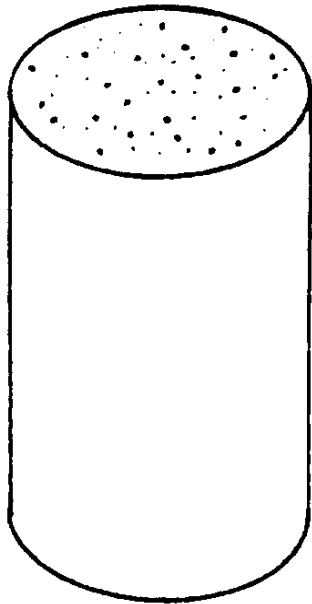
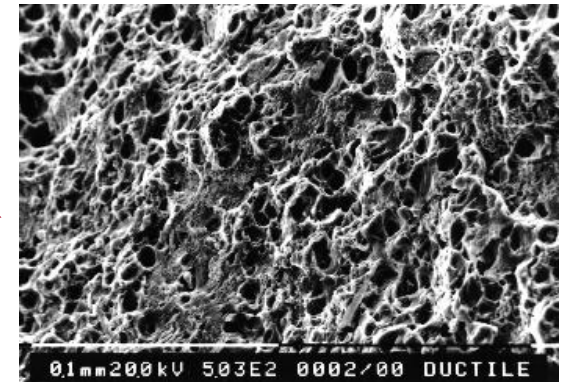
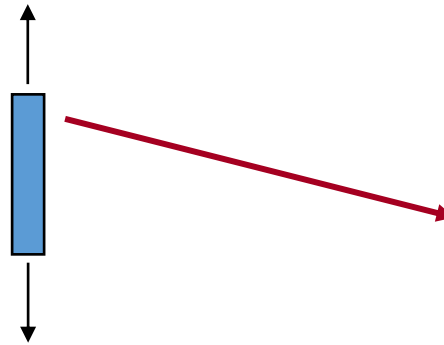


Acél töret-  
felülete



Második fázisú részecskék,  
elősegítik üregek keletkezését.





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

Az anyag szívós (képlékeny) vagy rideg viselkedése az anyagnak nem tulajdonsága, hanem állapota, és annak szerkezetén kívül az állapottényezők befolyásolják.

## **Feszültségi állapot**

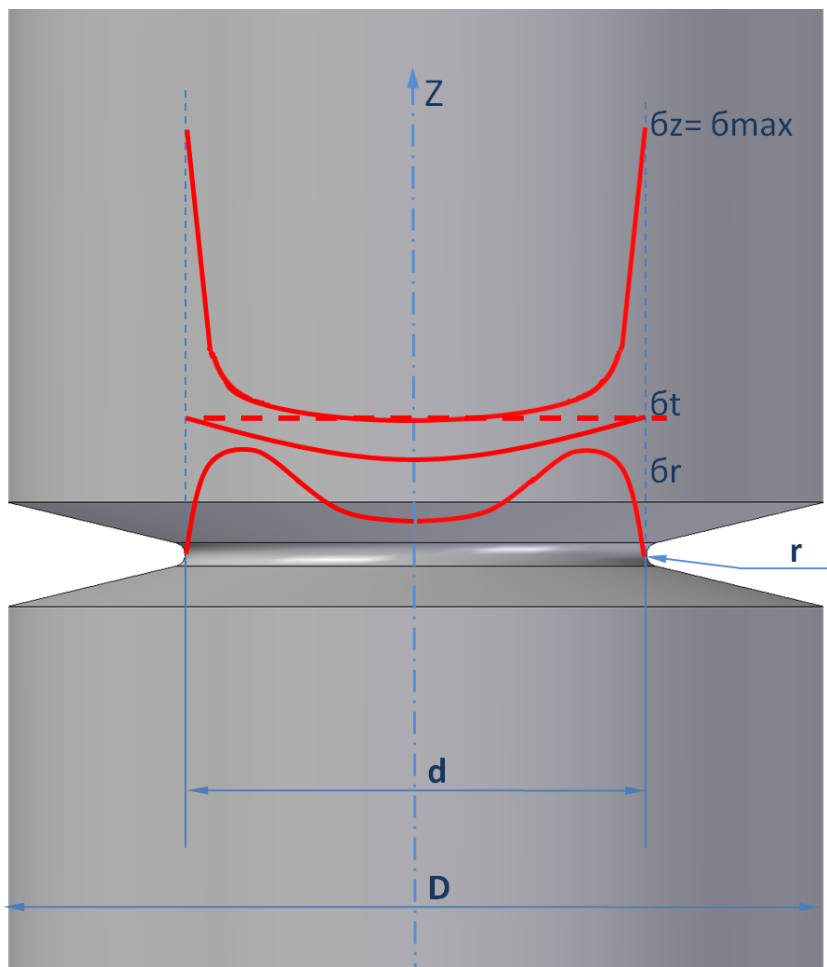
A többtengelyű húzófeszültségek a rideg állapot felé, a többtengelyű nyomófeszültségek a képlékeny állapot felé viszik el az anyag viselkedését.

## **Hőmérséklet**

Növekvő hőmérséklet hatására az anyag képlékenyebben, csökkenő hőmérséklet esetén ridegebben viselkedik.

## **Igénybevétel sebessége**

Növekvő sebesség hatására az anyag ridegebben, csökkenő sebesség esetén képlékenyebben viselkedik.



Rugalmas megoldás

Névleges feszültség

$$\sigma_n = \frac{F}{A}$$

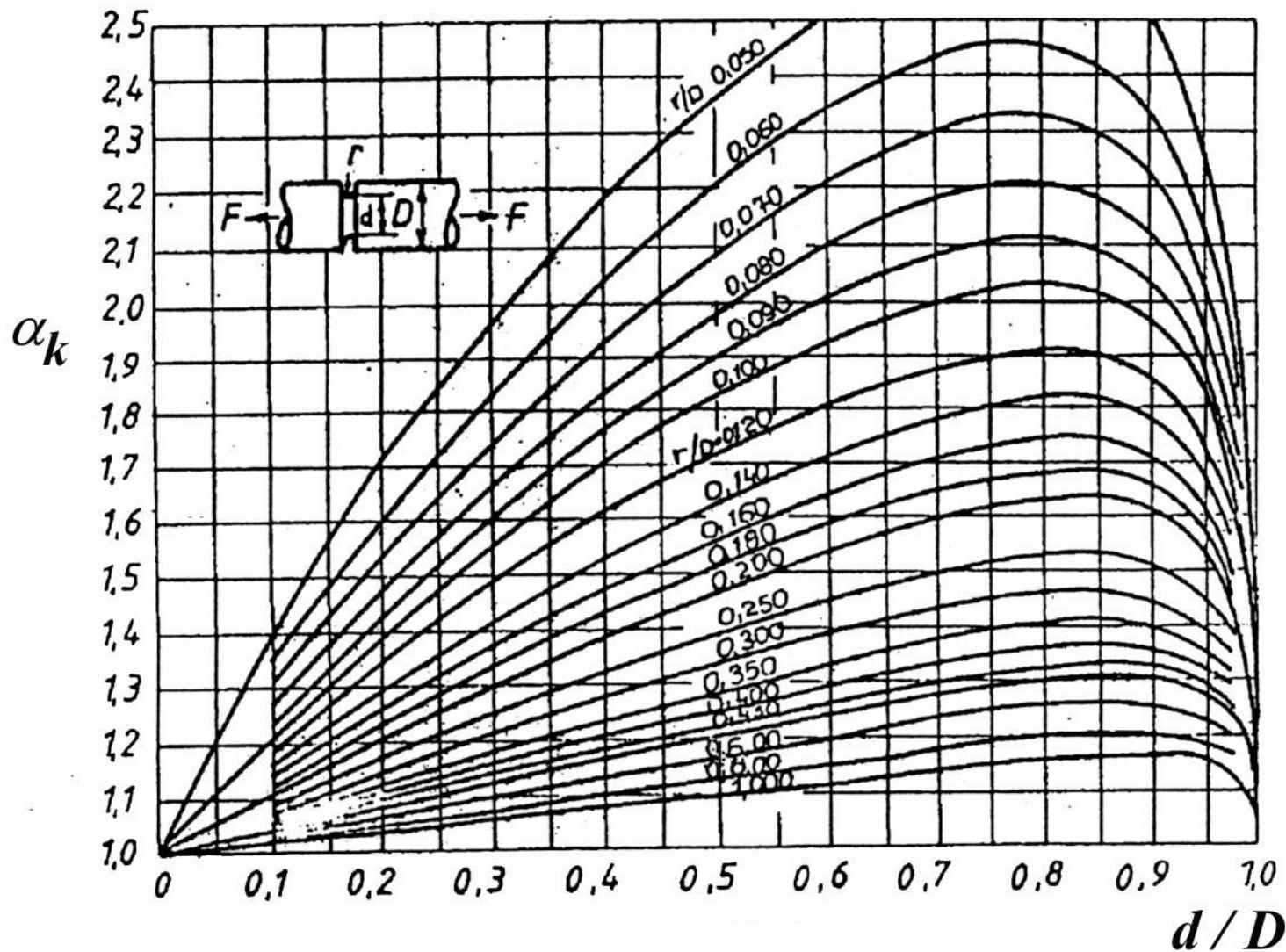
Maximális feszültség

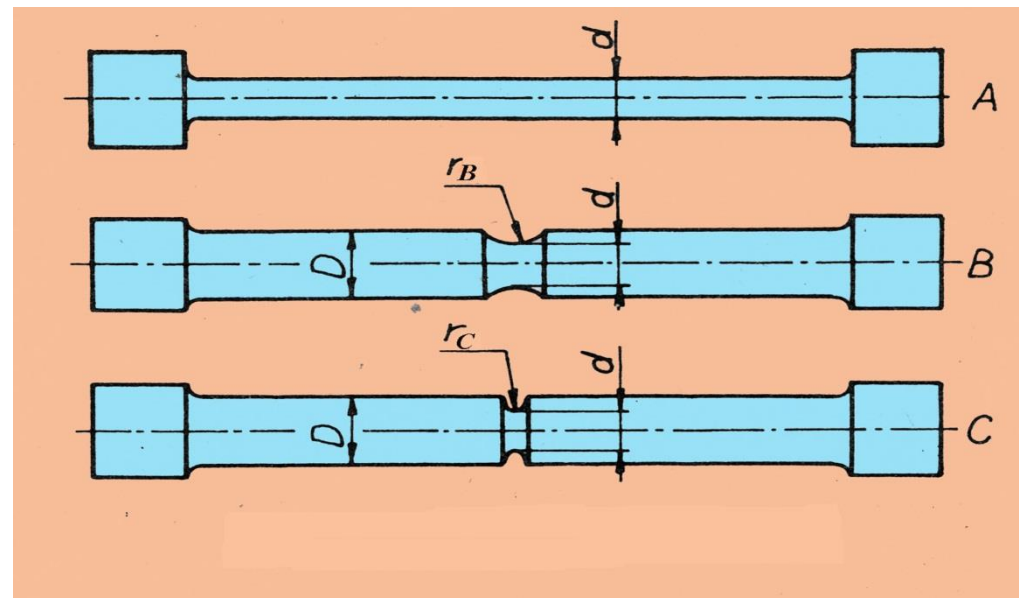
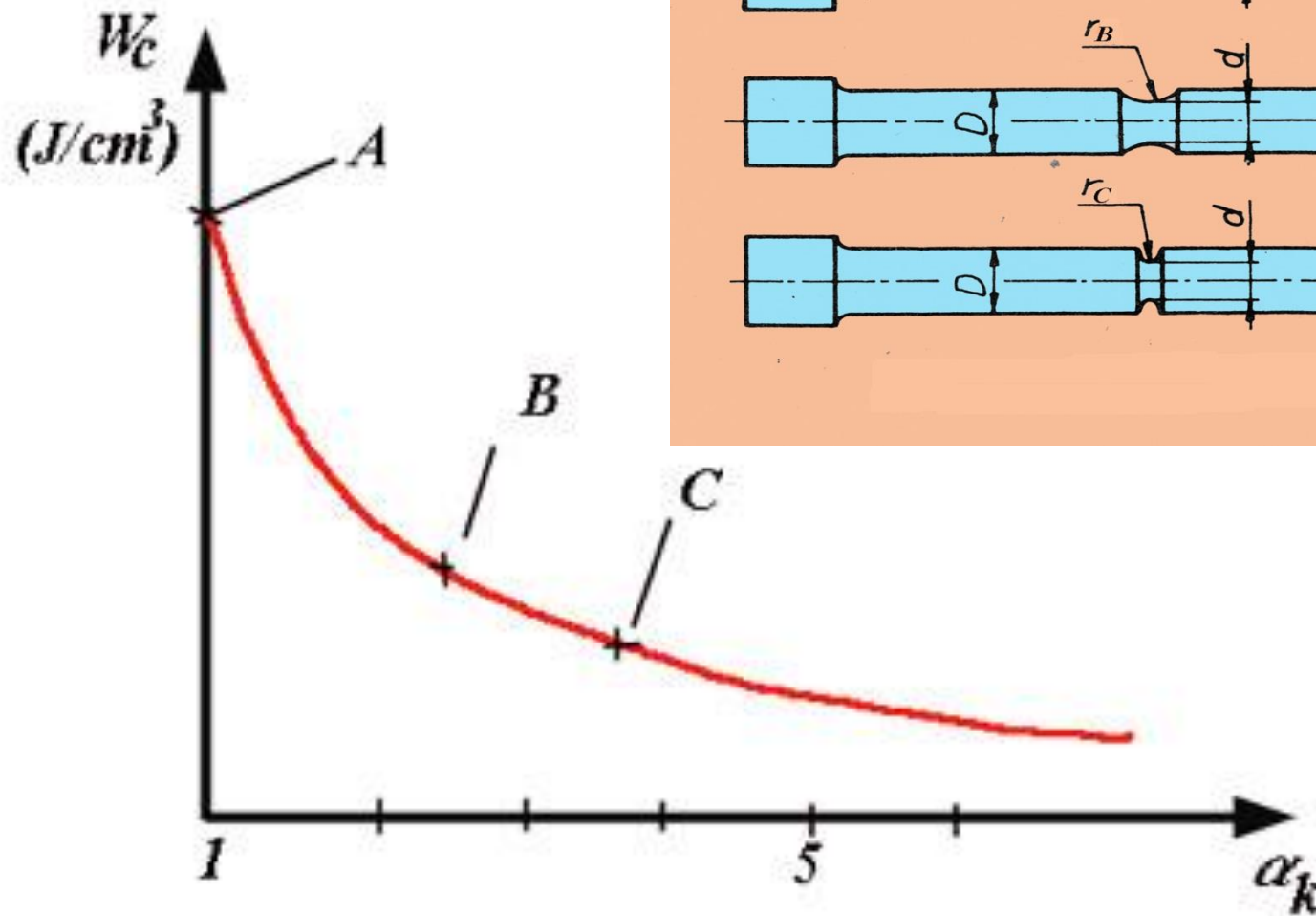
$$\sigma_{max} = \sigma_n \cdot \alpha_k$$

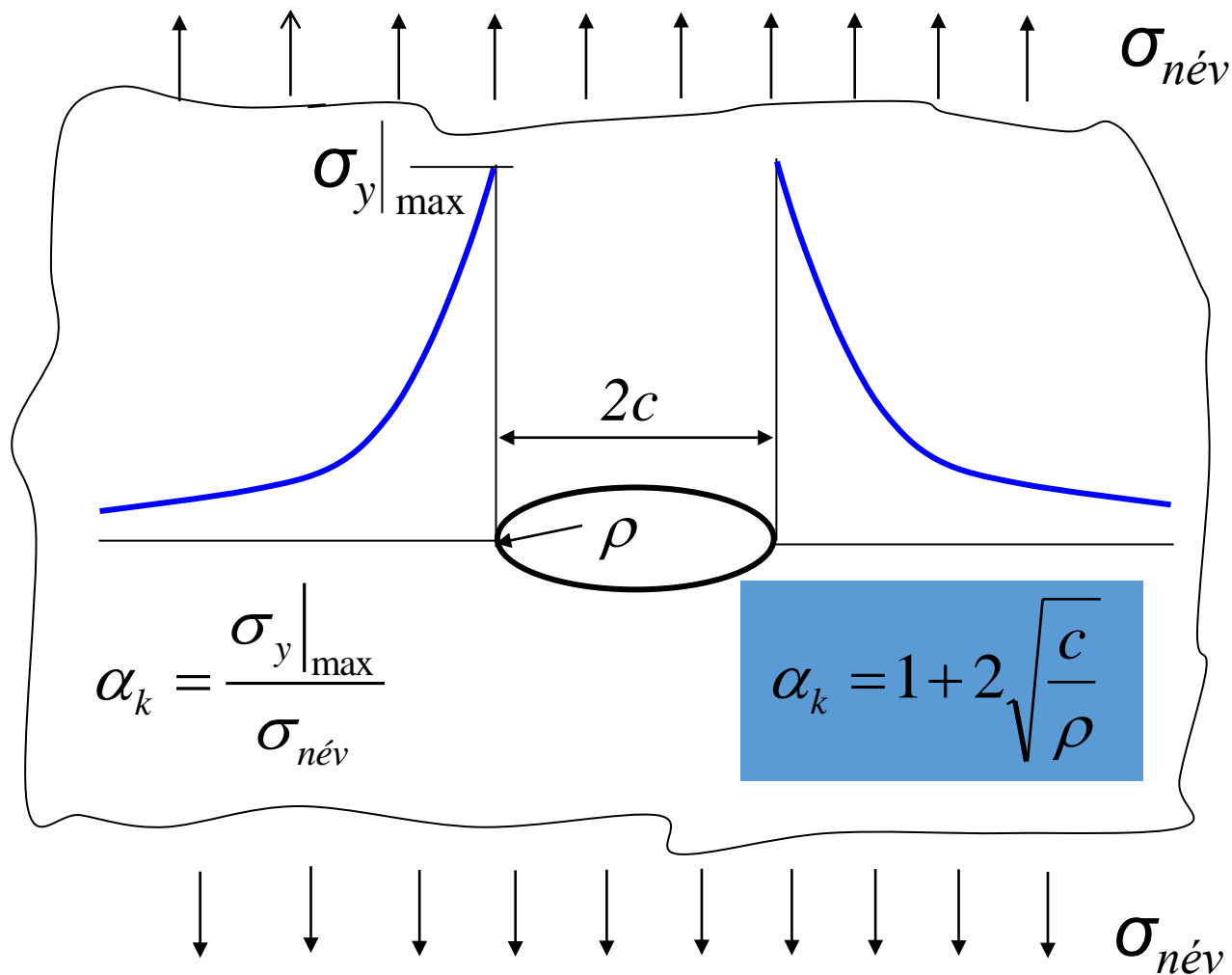
$\alpha_k (K_t)$  – feszültségkoncentrációs tényező

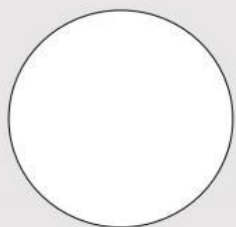
$$\alpha_k = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_n}$$





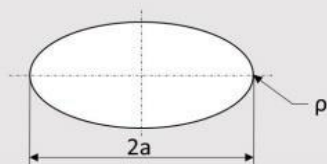






$$a/\rho=1$$

$$\alpha_K=3$$



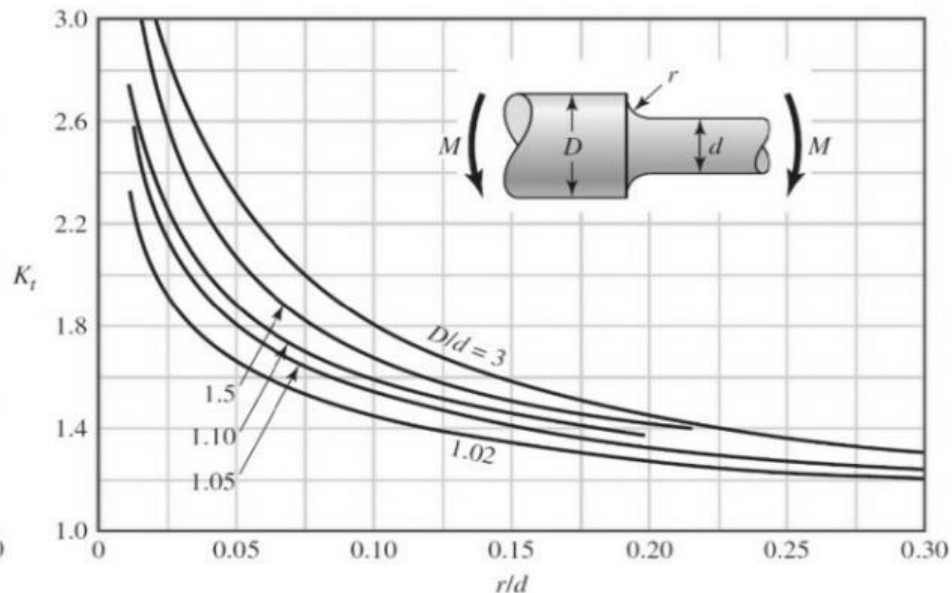
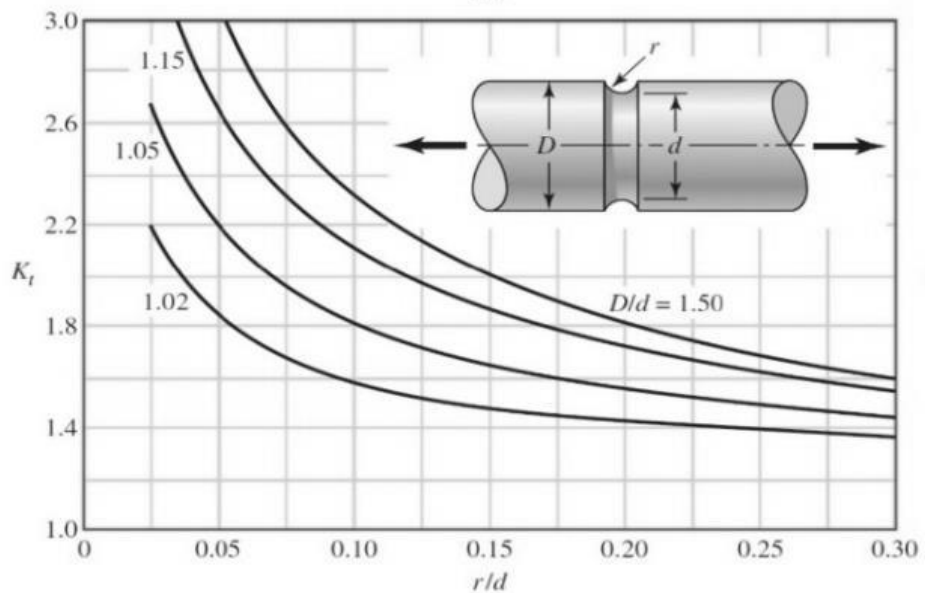
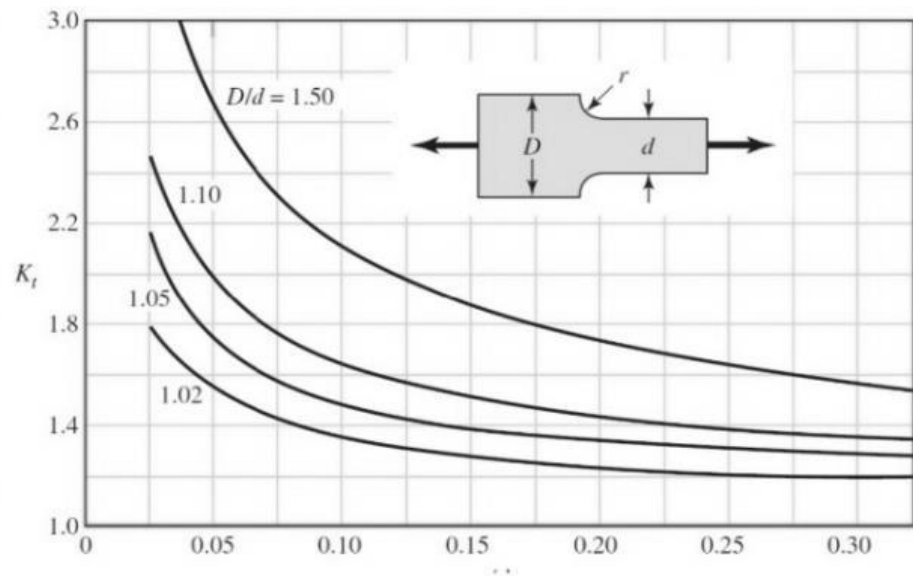
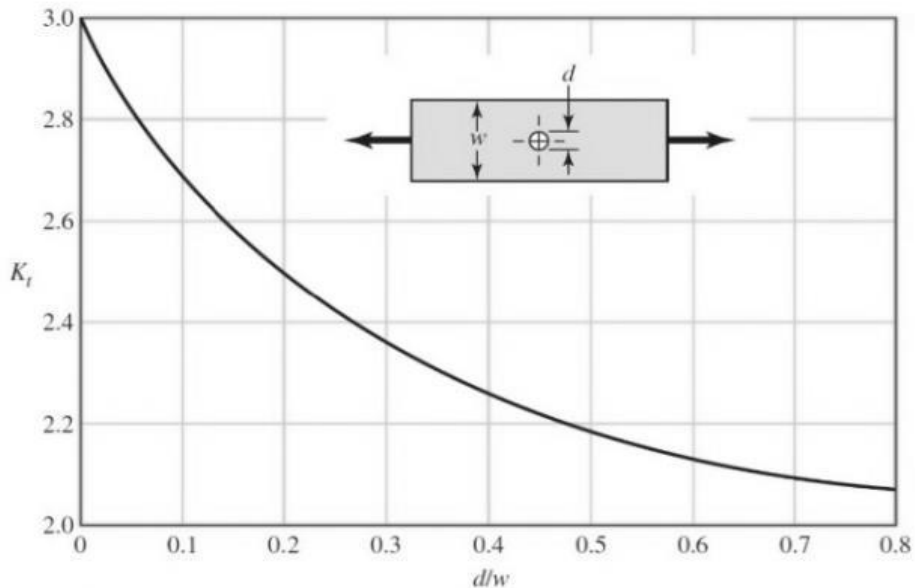
$$a/\rho=4$$

$$\alpha_K=5$$

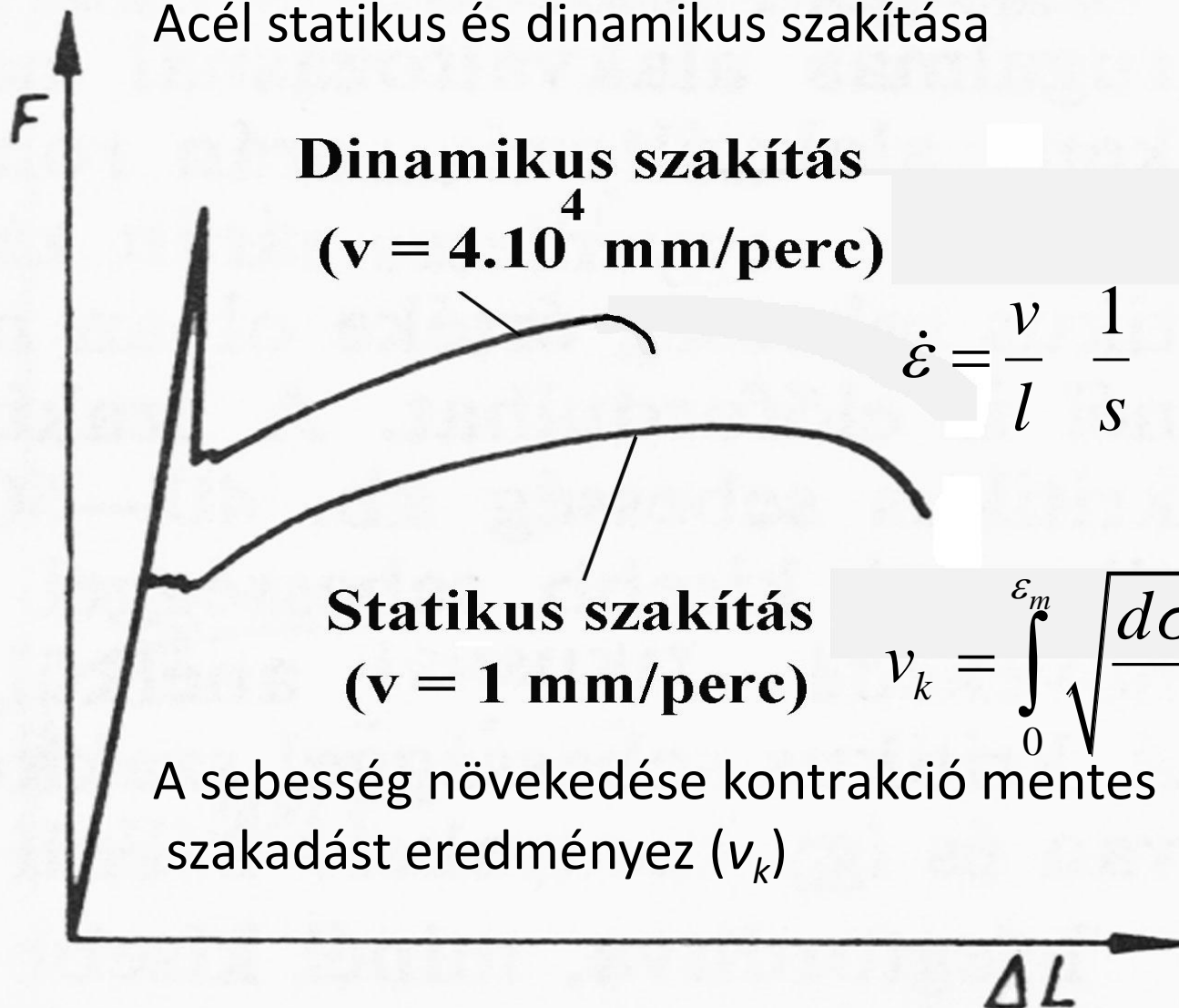


$$a/\rho=16$$

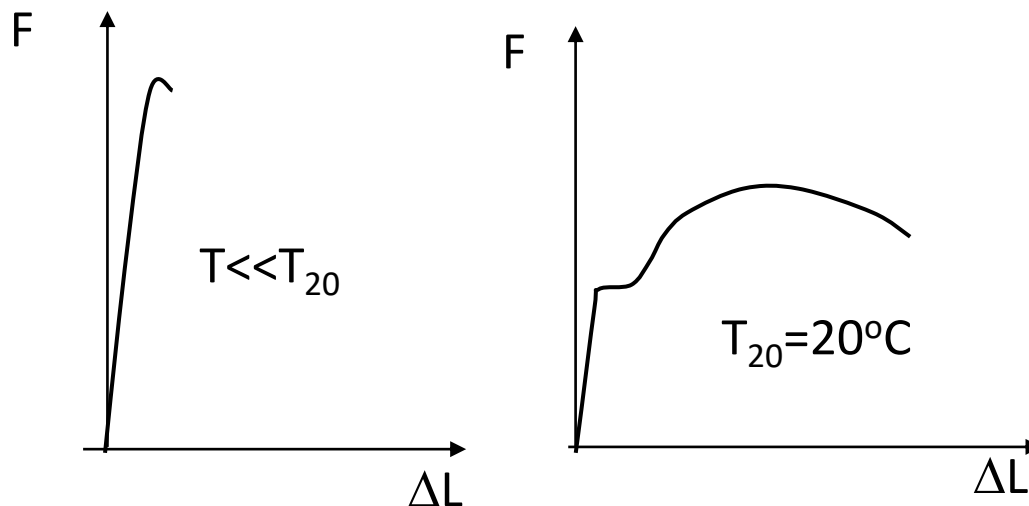
$$\alpha_K=9$$



## Acél statikus és dinamikus szakítása

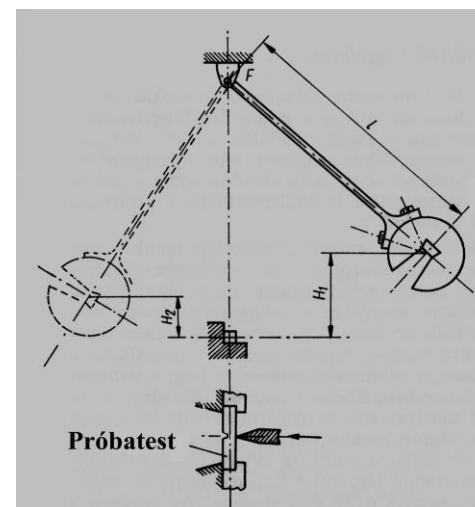
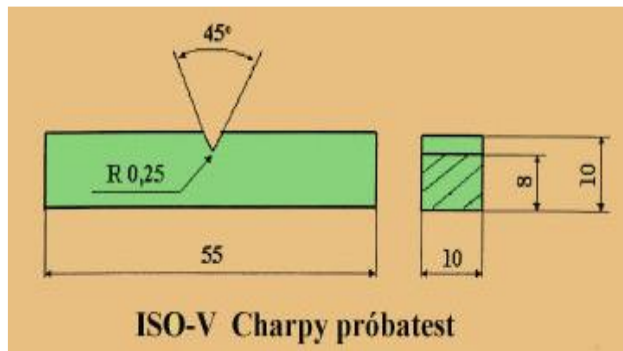




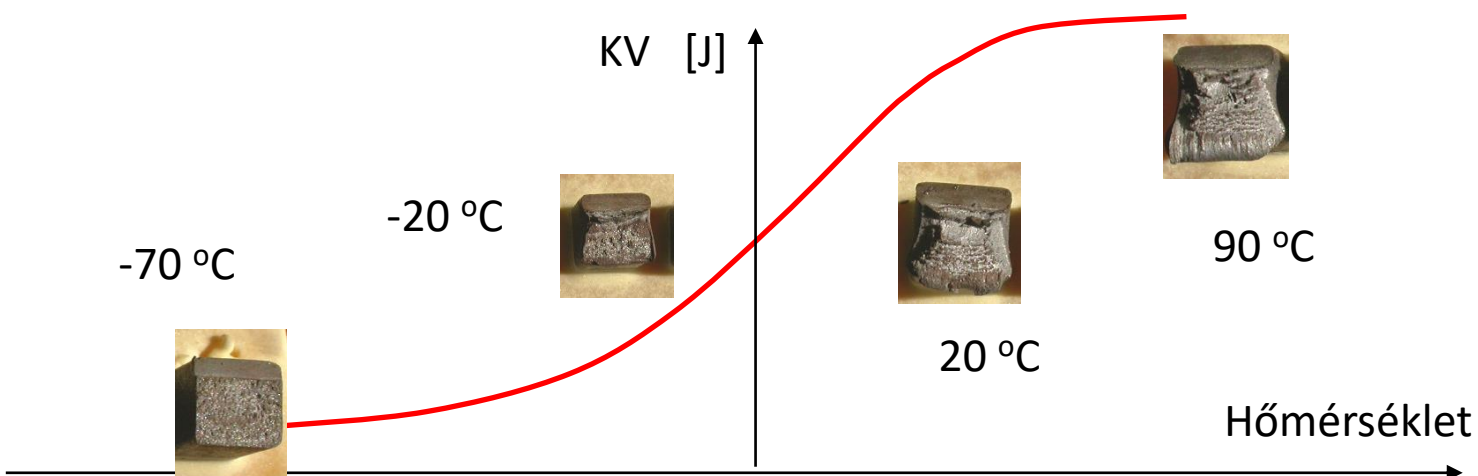


A hőmérséklet növekedésével az anyag alakváltozó képessége növekszik, a szilárdsági mérőszámok csökkennek.

A hőmérséklet csökkenésével az alakváltozó képesség csökken és egy adott hőmérsékleten teljesen kimerül. Ekkor a fajlagos törési munka zérus lesz. Ezzel párhuzamosan a szilárdsági mérőszámok nőnek.



## Charpy-féle ütővizsgálat

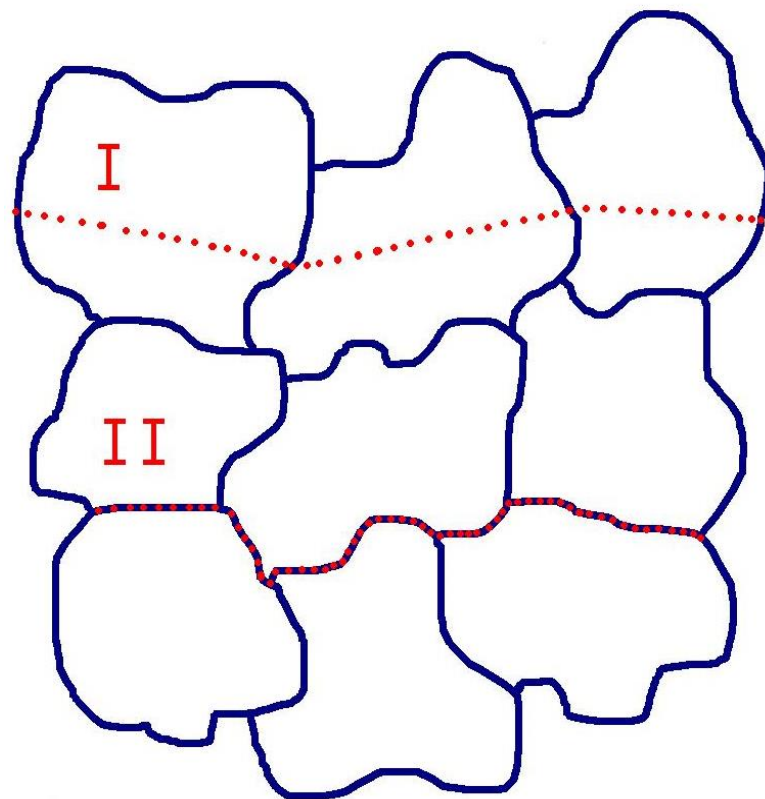


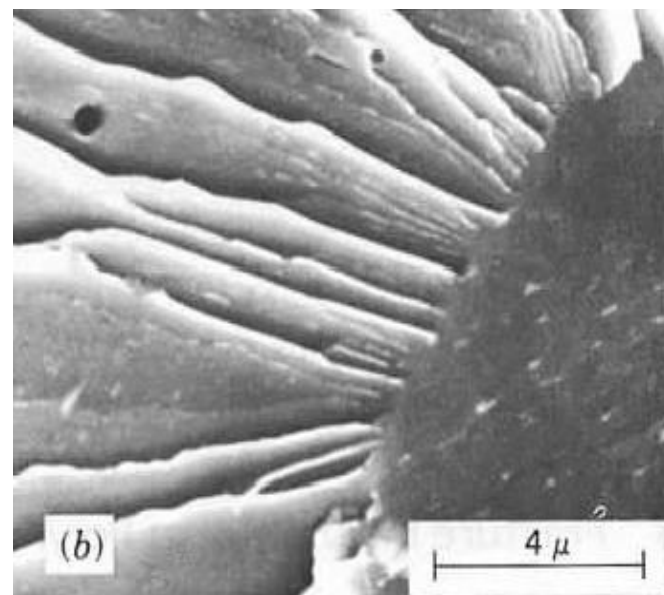
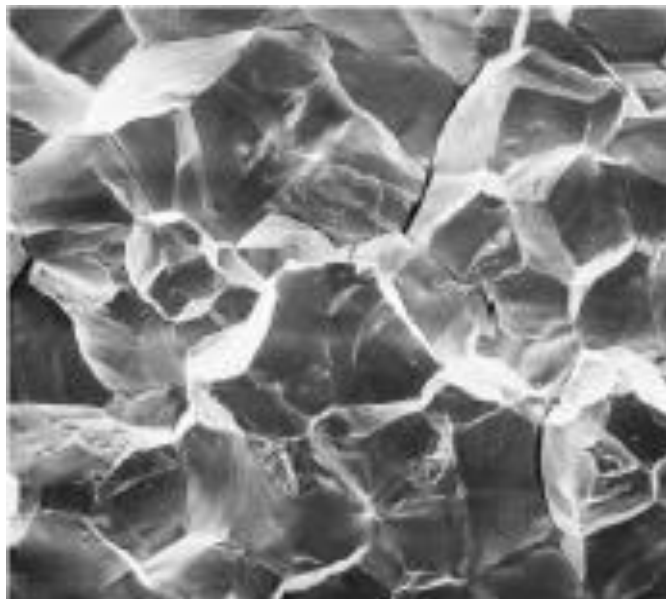
**Ridegtörés:** a törési energia új felületek képződésére fordítódik, a törés pedig:

- I. Transzkrisztallin, vagy
- II. Interkrisztallin lehet.

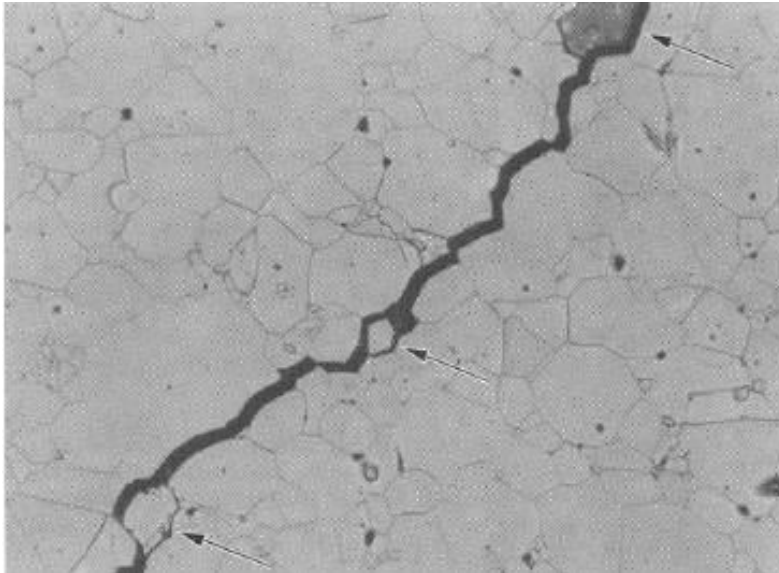
**Szívós törés:** a törési energia képlékeny alakváltozásra és új felületek képződésére fordítódik.

Üregek keletkezése, növekedése és összenövése a jellemző.



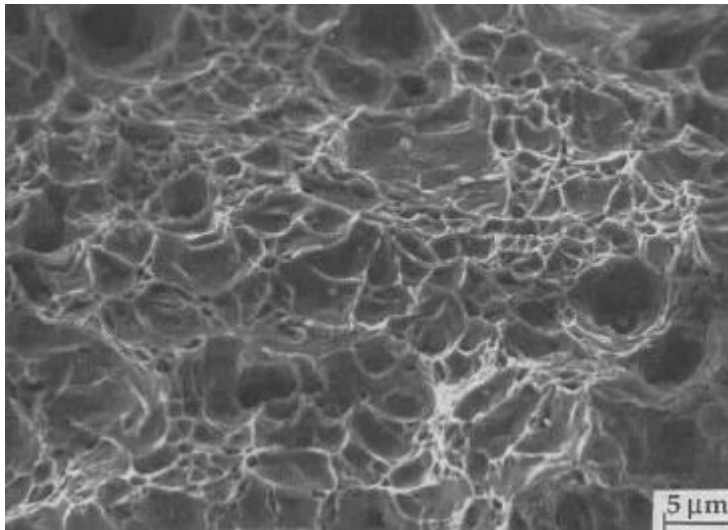


A repedés a szemcséken keresztül,  
meghatározott kristálysíkokon terjed.

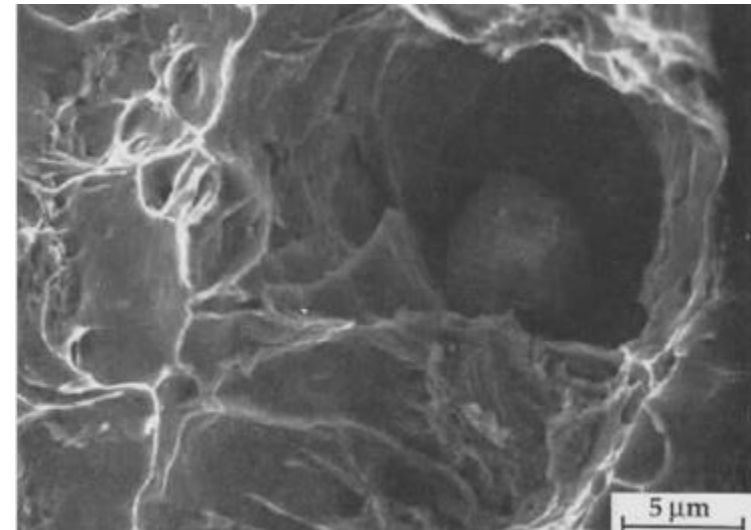


A törés a szemcsék között, a szemcsehatárokon történik.

A töretfelület gödrös, tompa fényű. A törést a csúsztatófeszültségek hatására bekövetkező elnyíródás okozza.



Üregek összenövése



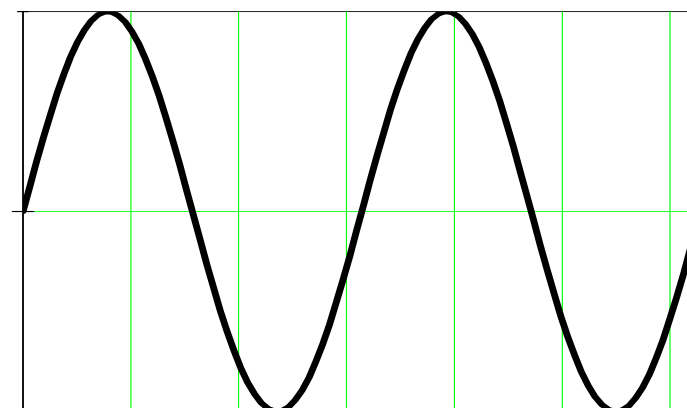
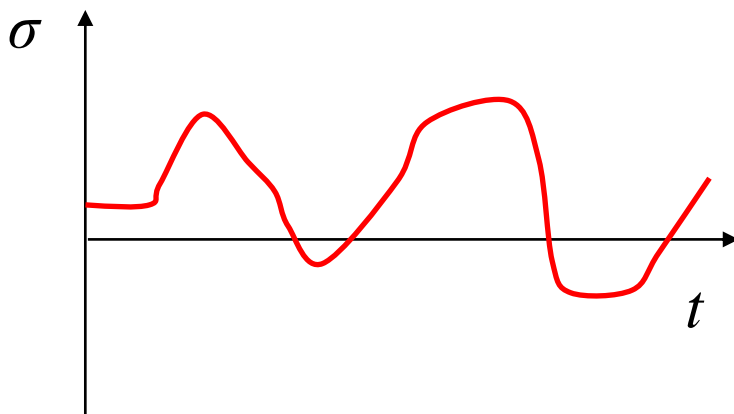
Üregek képződése  
második fázis körül



## Fáradási jelenség, ötvözetek fáradás okozta törökremenetele

- Az ismétlődő terhelés jellemzőit;
- A Wöhler-görbét és használatát;
- A fáradás mechanizmusát;
- A fáradást befolyásoló tényezőket;
- A fáradás statisztikus jellegét és kiértékelését.

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.



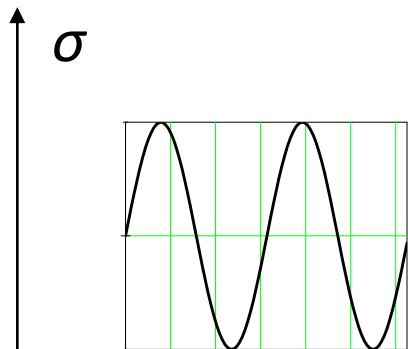
Szinuszos feszültségváltozás

$$\sigma_{\max} = \sigma_m + \sigma_a, \quad \sigma_{\min} = \sigma_m - \sigma_a$$

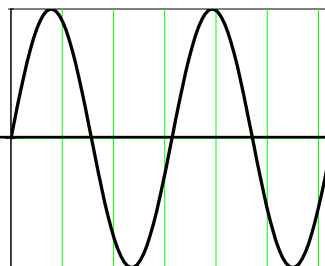
$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}, \quad \sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

$$\sigma(t) = \sigma_m + \sigma_a f(t)$$

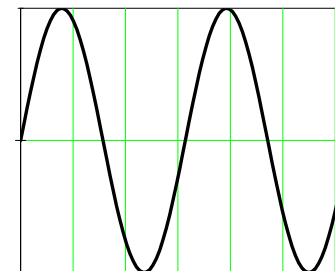
$$R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$$



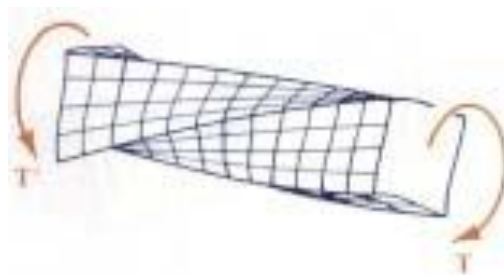
Lüktető (pozitív)



Lengő (nullkezdésű)



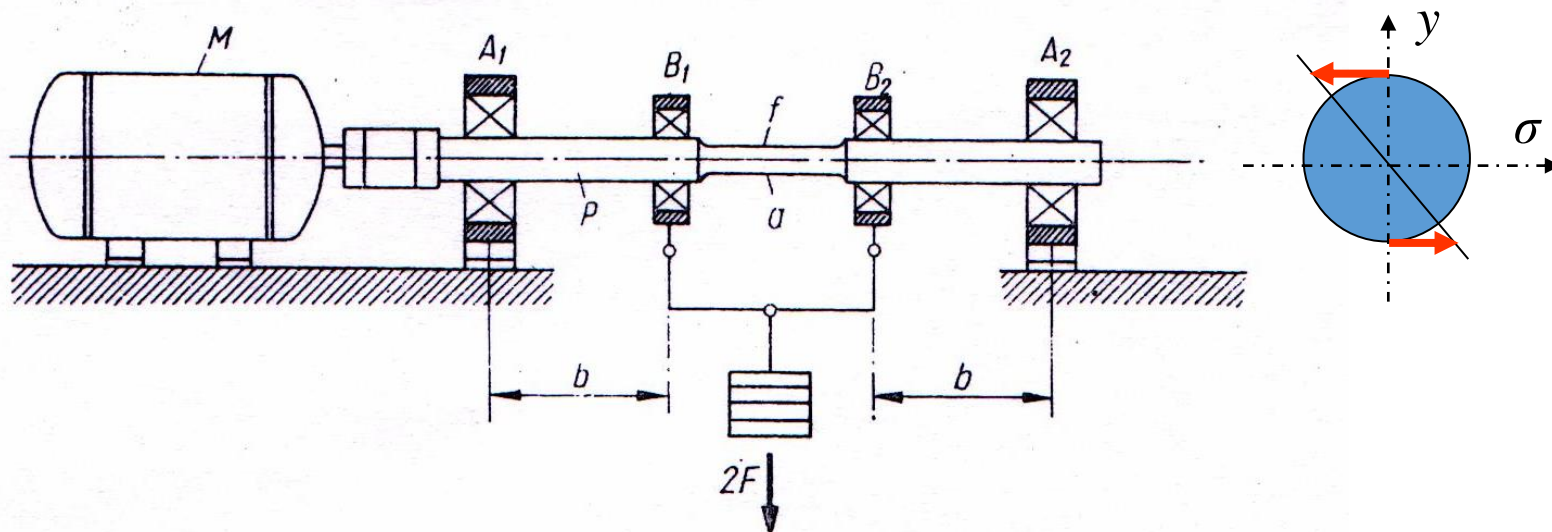
Lüktető (negatív)



Húzás-nyomás

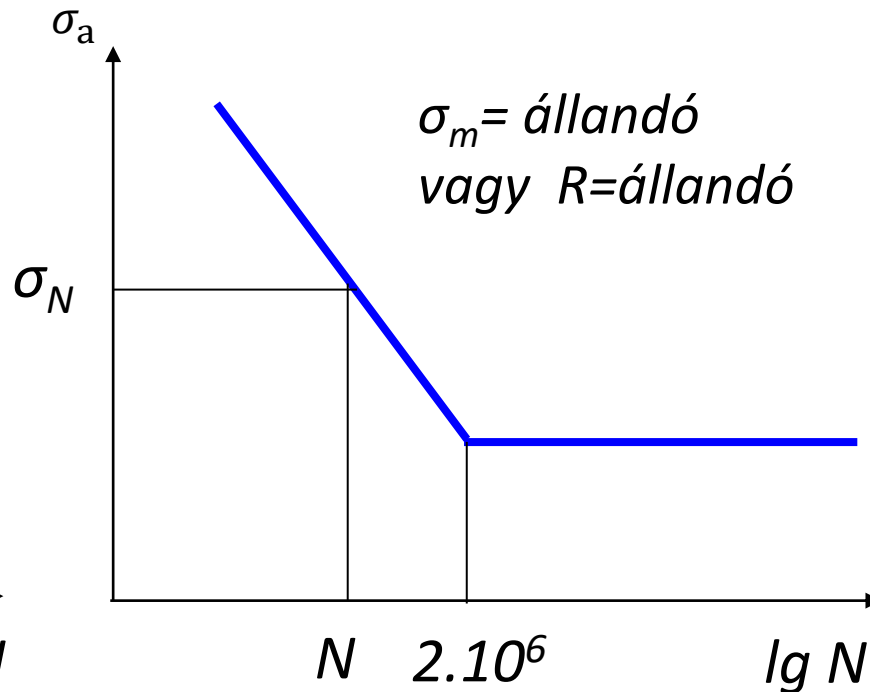
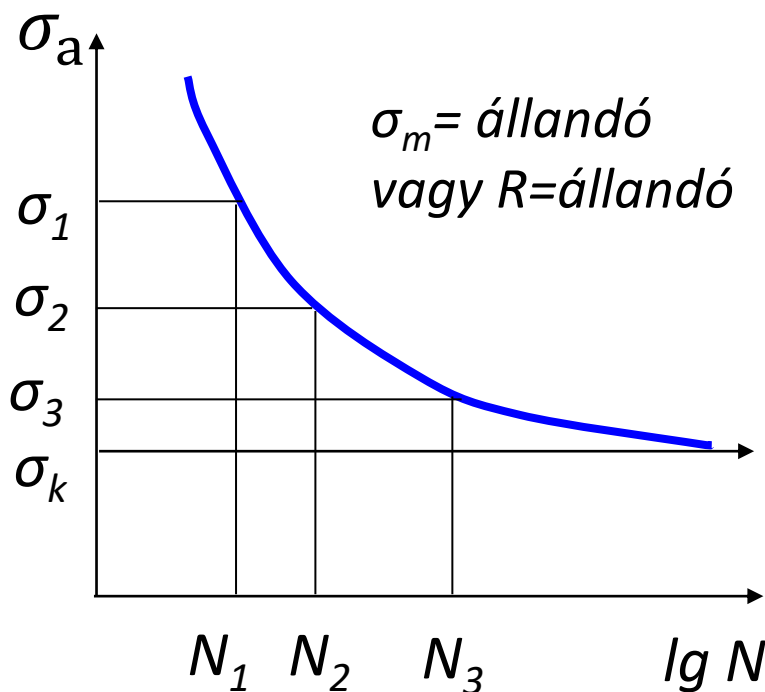
Váltakozó csavarás

Váltakozó hajlítás



$$M = bF$$

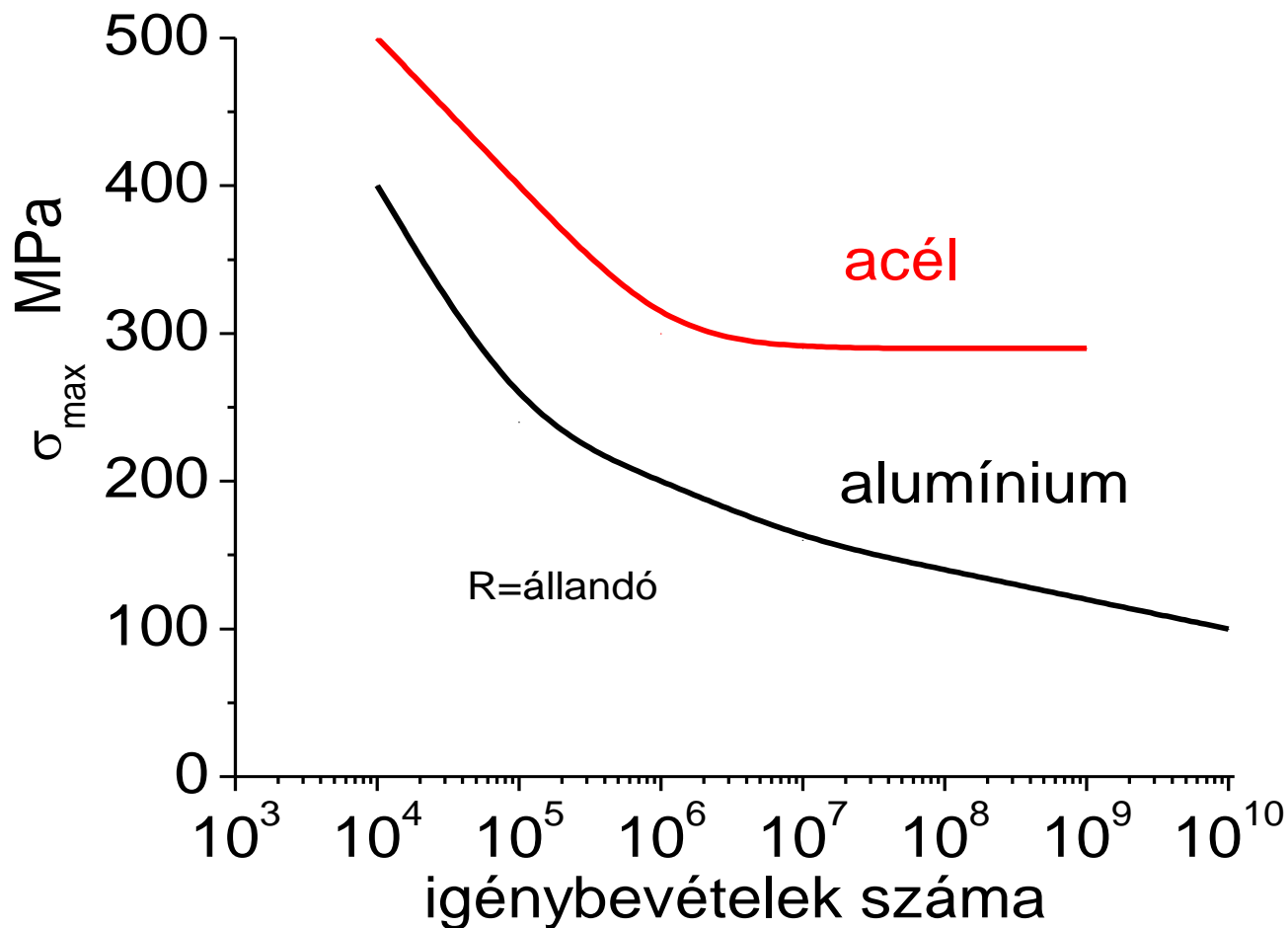
$$\sigma = \frac{M}{I} y, \quad I = \frac{d^4 \pi}{64}, \quad \sigma_{\max} = \frac{M d}{I 2}, \quad \sigma(t) = \sigma_{\max} \sin 2\pi N$$

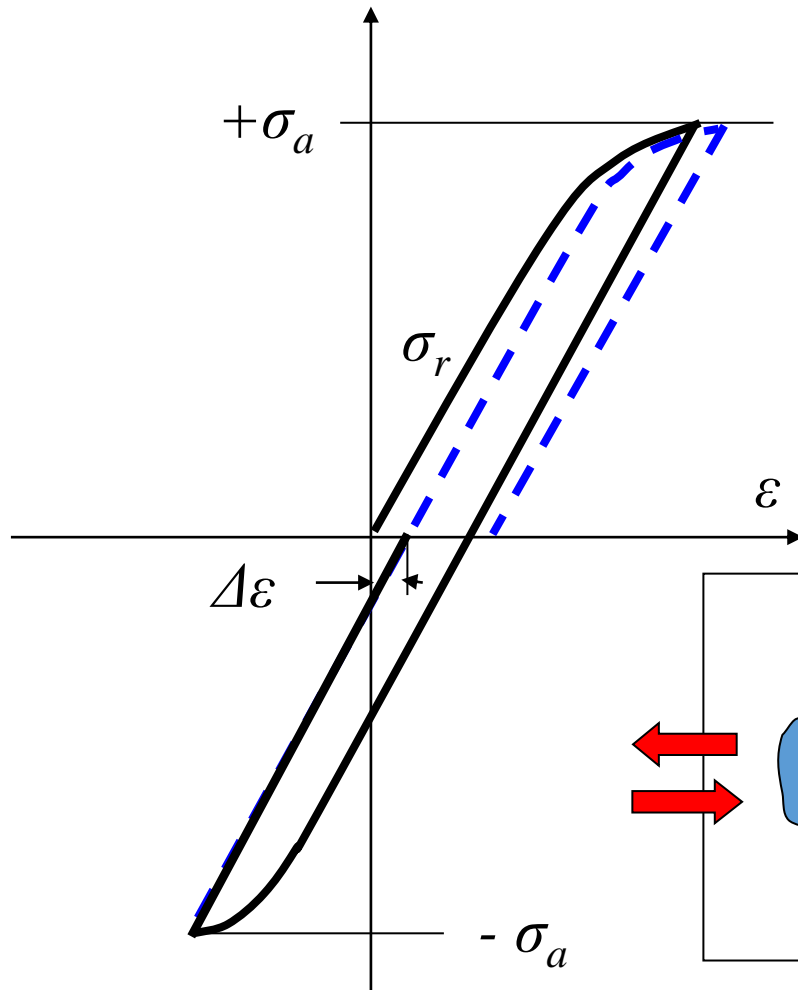


**Kifáradási határ:** az a maximális feszültség, amely végtelen sok ismétlődő igénybevétel esetén sem okoz törést.

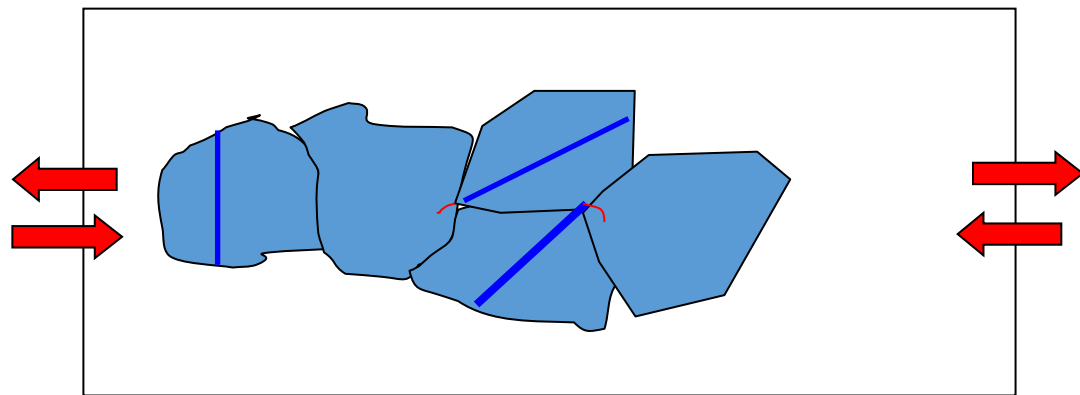
**Tartamszilárdság:** az a maximális feszültség, amely megadott ismétlődő igénybevételi számig nem okoz törést.





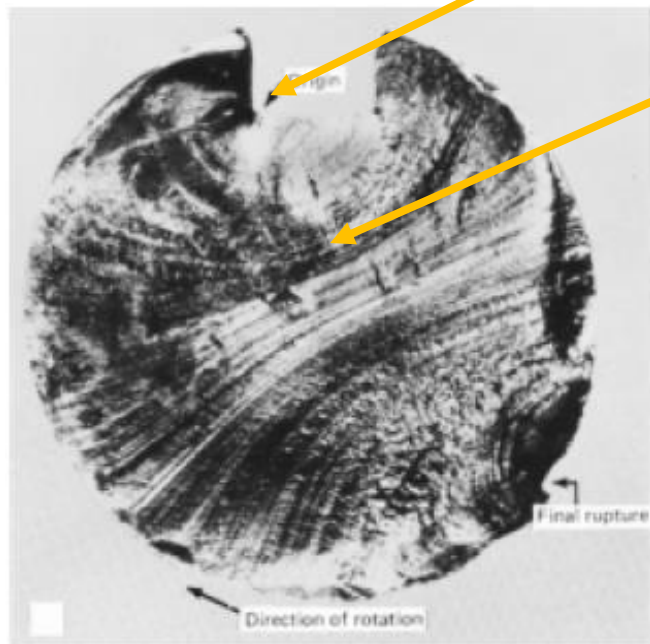


Minden fáradási ciklus egy bizonyos mértékű képlékeny alakváltozási munkát fogyaszt. Minden ciklusban a próbatest keményedése (lágylása) történik.

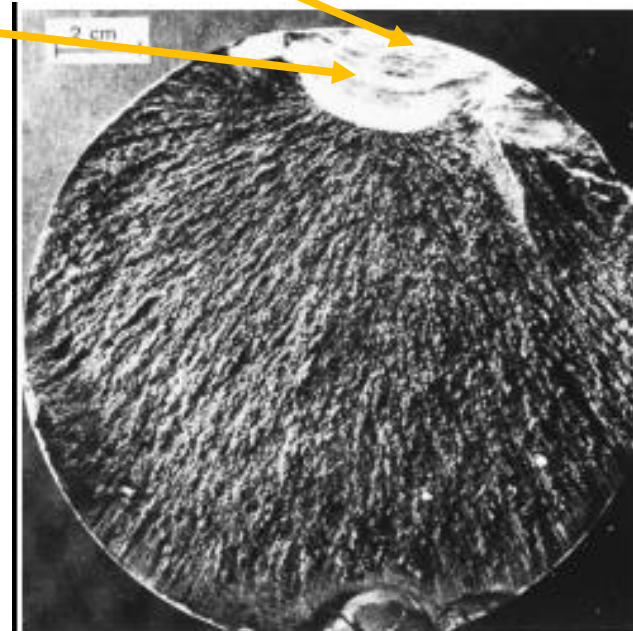


1. Repedések keletkezése; 2. Nem terjedő repedések szakasza;
3. Repedés terjedés szakasza;

## Repedés keletkezés

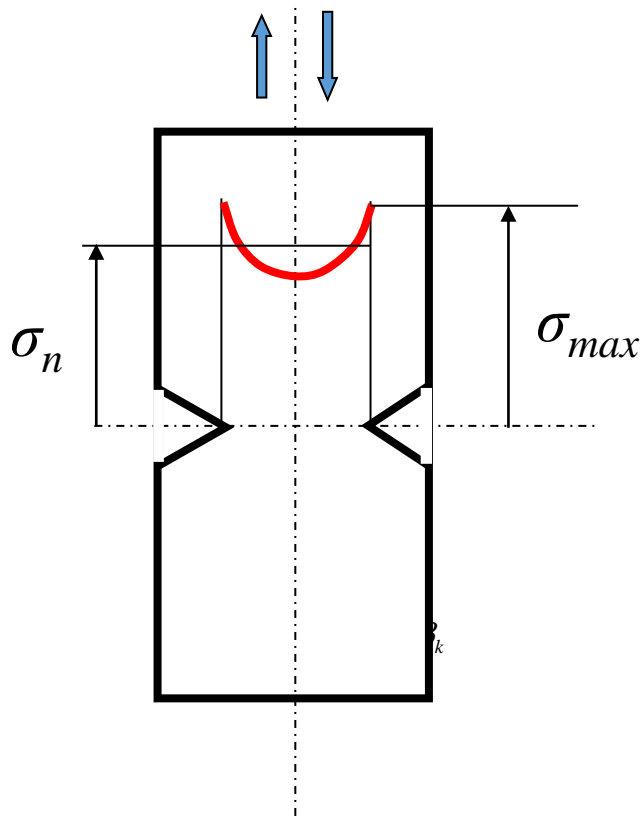


Lassú terjedés  
(kagylós felület)



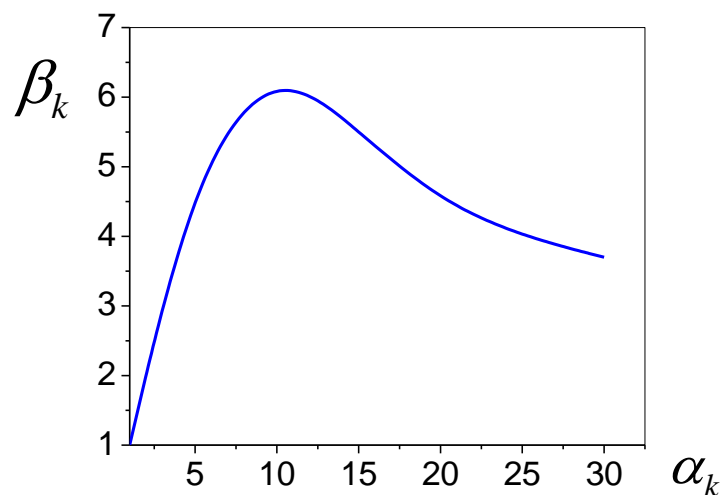
Ridegtörés

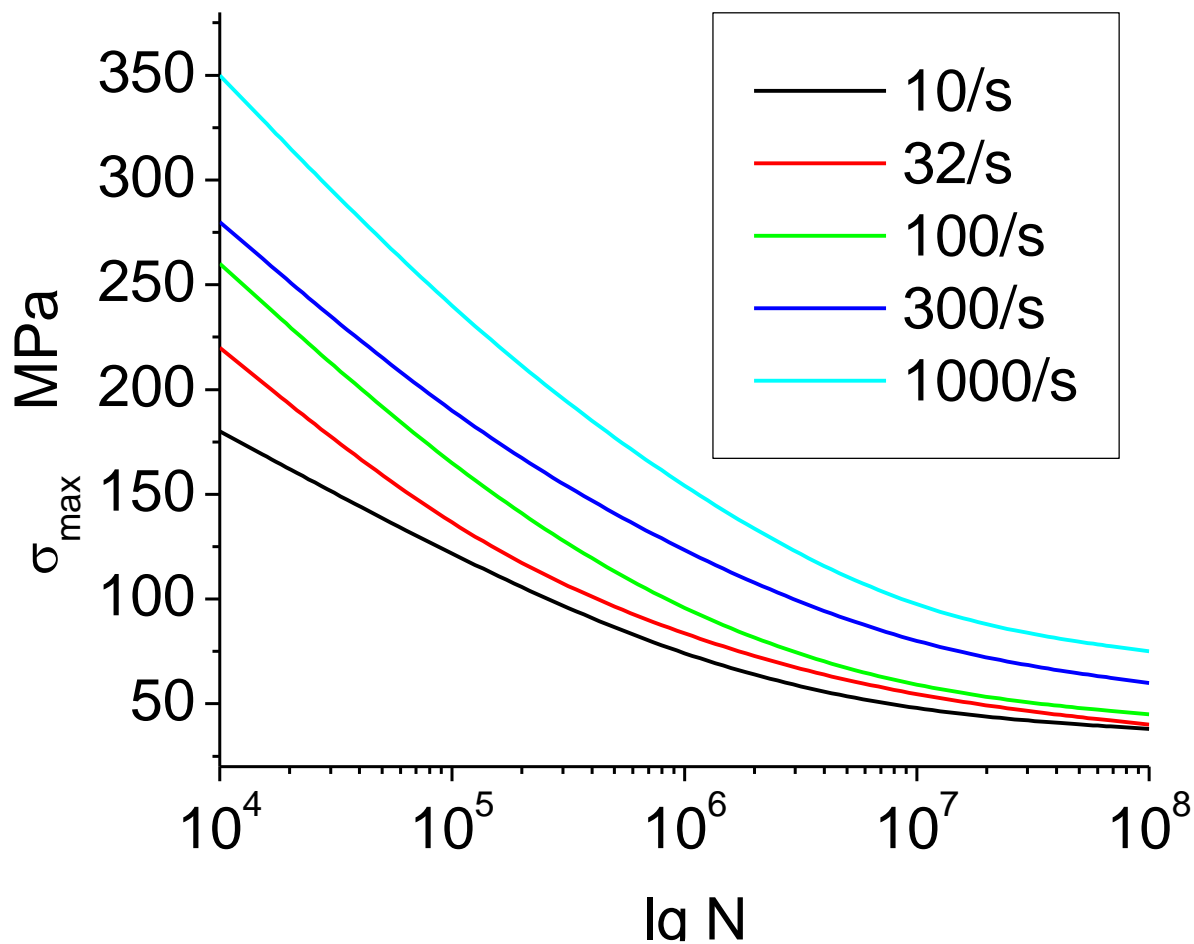
- A feszültségi állapot jellege, feszültséggyűjtő helyek.
- A feszültség időbeli lefolyása.
- Az igénybevétel frekvenciája.
- A próbatest mérete.
- Az a közeg, amelyben a fáradás lefolyik.



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

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







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 ( $N \sim 10^3 - 10^4$ )**

