


 Anyagtudomány és Technológia Tanszék
 

# Ötvözetek leromlási folyamatai 1.

## Törés Fáradás

Anyagszerkezettan és anyagvizsgálat  
BMEGEMTBGA1

1

---

---

---



---

---

---

---

---


 Az előadás során megismerjük
 

### Ötvözetekben bekövetkező törési jelenség

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

2

2

---

---

---



---

---

---

---

---


 Bevezetés
 

**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.**

3

3

---

---

---


---

---

---

---

---

**att** Káresetek 

- 2700 db Liberty típusú hegesztett hajó gyártása a második világháború során. 400 db-on törés jelentkezett, amelyből 90 komolynak számított. 10 hajó kettétörtött.
- 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.

4

4

---

---

---

---

---

---

---

---

**att** Káresetek 



Az előző ábrán látható tartály egy 2 tonna tömegű, 46 m-re rögzített darabja.

5

---

---

---


---

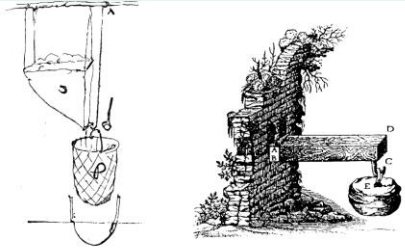
---

---

---

---

**att** Szilárdságmérés történelmi előzménye 



**2. ábra**  
**LEONARDO DA VINCI** szakító kísérlete  
1 - vizsgált buzal  
2 - kosár, amelybe a homokot engedik  
3 - a homokot tartalmazó tartály

**3. ábra**  
**GALILEO GALILEI** vizsgálata a befogott tartók szilárdságának meghatározására

6

6

---

---

---


---

---

---

---

---

**ati** Repedés keletkezése az üzemelés során 

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

**Repedések kimutatása:**  
roncsolásmentes anyagvizsgálati módszerekkel.

7

7

---

---

---

---

---


---

---

---

---

---

**ati** Repedés keletkezése a gyártás során 

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

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

8

8

---

---

---

---

---


---

---

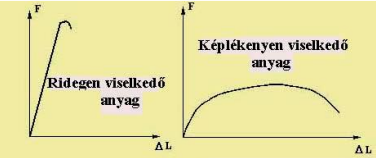
---

---

---

**ati** Rideg-szívós viselkedés 

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.



9

9

---

---

---

---

---


---

---

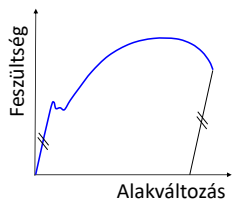

---

---

---

**att** Szívós törés I. 

Jelentős mértékű képlékeny alakváltozás a törés előtt.

10

---

---

---

---

---

---


---

---

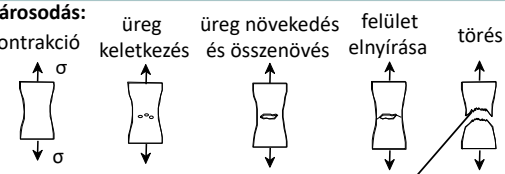
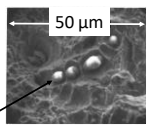
---

---

10

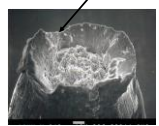
**att** Szívós törés II. 

**Károsodás:** kontrakció, üreg keletkezés, üreg növekedés és összenövés, felület elnyírása, törés

Acél töretfelülete

Második fázisú részecskék, elősegítik üregek keletkezését.



11

---

---

---

---

---

---


---



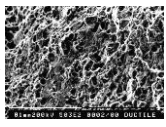
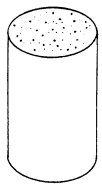
---

---

---

11

**att** Rideg törés 

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

12

---

---

---

---

---

---


---

---

---

---

12

**att** **Állapot tényezők** 

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

13

13

---

---

---

---

---


---

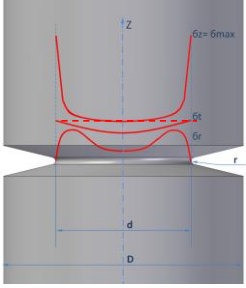
---

---

---

---

**att** **Feszültségi állapot hatása** 



Névfleges feszültség  

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

Maximális feszültség  

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

$\alpha_k (K_t)$  – feszültségkoncentrációs tényező  

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

Rugalmas megoldás

14

14

---

---

---

---

---


---

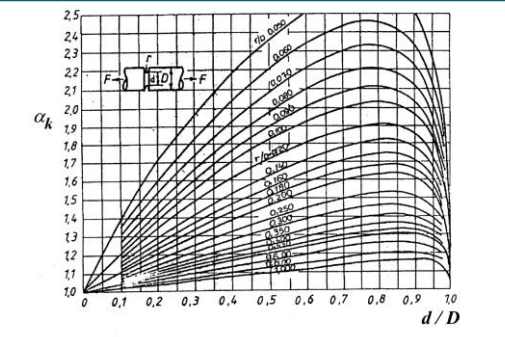
---

---

---

---

**att** **Diagram  $\alpha_k$  meghatározására** 



15

15

---

---

---

---

---

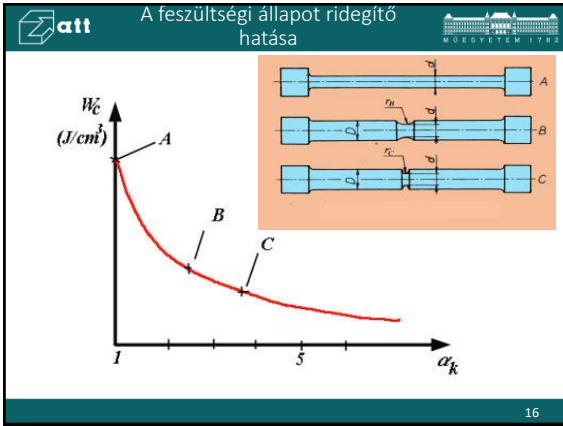
---

---

---

---

---



16

---

---

---

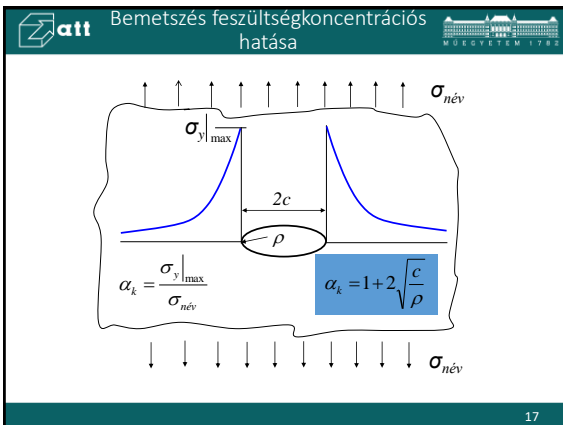
---

---

---

---

---



17

---

---

---

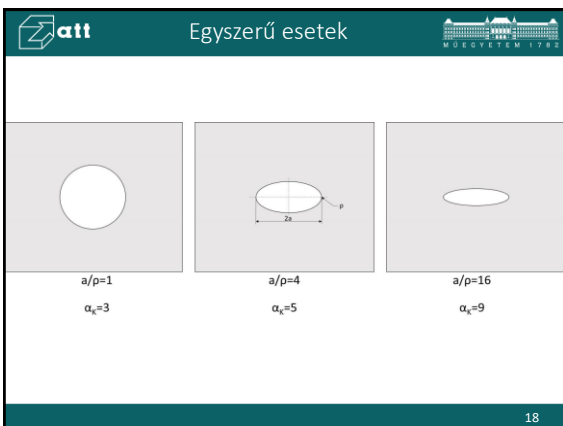
---

---

---

---

---



18

---

---

---

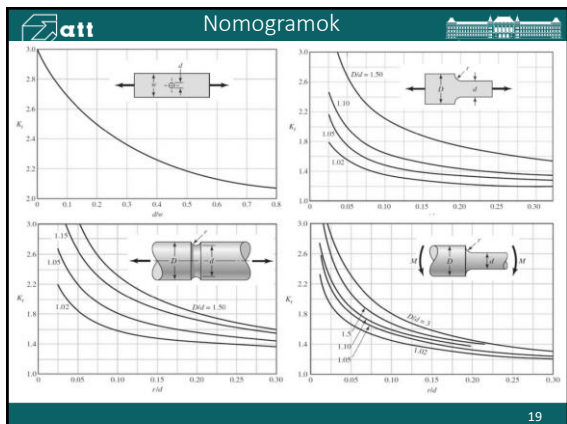
---

---

---

---

---



19

---

---

---

---

---

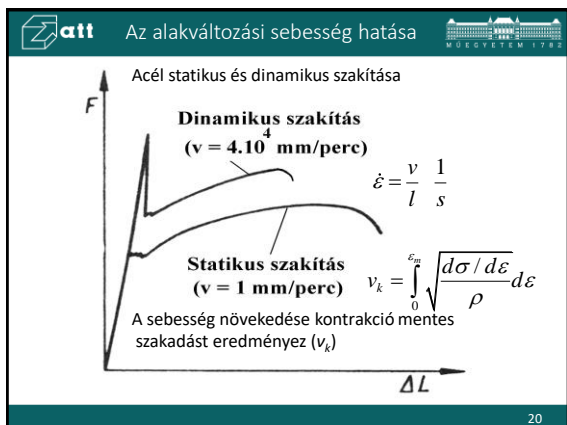
---

---

---

---

---



20

---

---

---

---

---

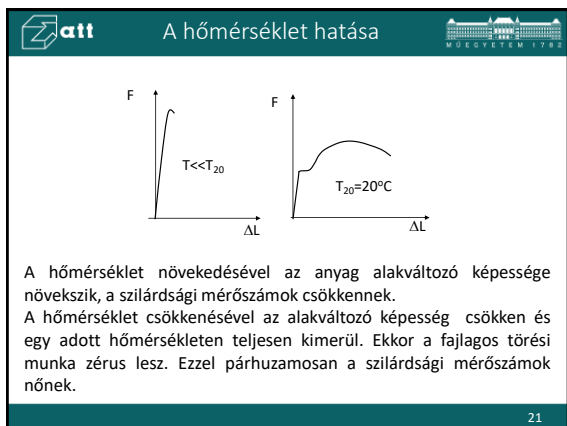
---

---

---

---

---



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.

21

---

---

---

---

---

---

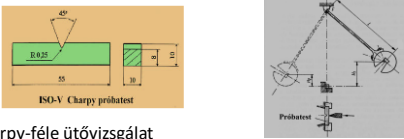
---

---

---

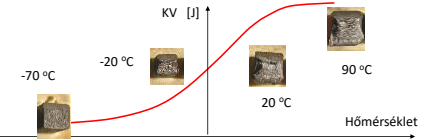
---

**att** A hőmérséklet és a bemetszés érzékenység együttes vizsgálata MŰEGYETEM 1782



ISO-V Charpy próbatest

Charpy-féle ütővizsgálat



KV [J]

Hőmérséklet

-70 °C -20 °C 20 °C 90 °C

22

22

---

---

---

---

---

---

---

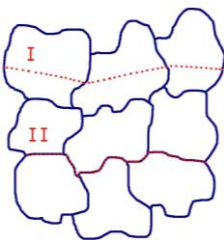
---

**att** Törtérfületek vizsgálata MŰEGYETEM 1782

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

- I. Transzkristallin, vagy
- II. Interkristallin lehet.

**Szívós törés:** a törési energia képlékeny alakváltozásra és új felületek képződésére fordítódik. Üregek keletkezése, növekedése és összenövése a jellemző.



23

23

---

---

---

---

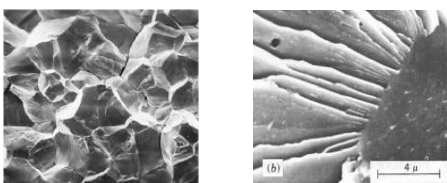
---

---

---

---

**att** Transzkristallin (hasadásos) törés MŰEGYETEM 1782



A repedés a szemcséken keresztül, meghatározott kristálysíkokon terjed.

24

24

---

---

---

---

---

---

---

---



**att** Interkristallin törés 



A törés a szemcsék között, a szemcsehatárokon történik.

25

25

---

---

---

---

---

---

---

---

**att** Szívós törés 

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



Üregek összenövése      Üregek képződése második fázis körül

26

26

---

---

---


---

---

---

---

---

**att** Az előadás során megismerjük 

**Fáradási jelenség, ötvözetek fáradás okozta tönkremenetele**

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

27

27

---

---

---


---

---

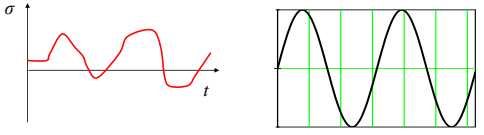
---

---

---

**att** 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.



Szinuszos feszültségváltozás

28

28

---

---

---


---

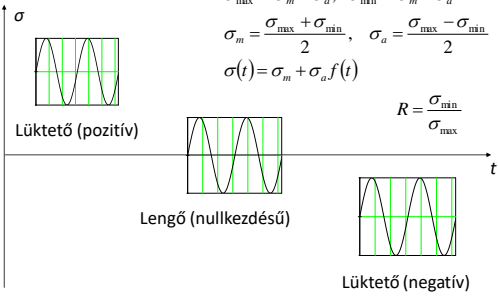
---

---

---

---

**att** Ciklikus terhelés jellemzői 



$\sigma_{\max} = \sigma_m + \sigma_a$ ,  $\sigma_{\min} = \sigma_m - \sigma_a$   
 $\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$ ,  $\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$   
 $\sigma(t) = \sigma_m + \sigma_a f(t)$   
 $R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$

Lüktető (pozitív)  
Lengő (nullkezdésű)  
Lüktető (negatív)

29

29

---

---

---

---

---

---

---

---

**att** Alapvető ciklikus igénybevételek 



Húzás-nyomás    Váltakozó csavarás    Váltakozó hajlítás

30

30

---

---

---

---

---

---

---

---

**att** Forgó-hajlító fárasztógép MŰEGYTEM 1782

$M = bF$

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

31

31

---

---

---

---

---

---

---

---

**att** Wöhler-görbe MŰEGYTEM 1782

$\sigma_m = \text{állandó}$   
vagy  $R = \text{állandó}$

$\sigma_m = \text{állandó}$   
vagy  $R = \text{állandó}$

**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.

32

32

---

---

---

---

---

---

---

---

**att** Kifáradási határ és tartamszilárdság különböző anyagoknál MŰEGYTEM 1782

$R = \text{állandó}$

acél  
aluminium

igénybevételek száma

33

33

---

---

---

---

---

---

---

---

**att** A kifáradás mechanizmusa MŰSZEREM 1782

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

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

34

34

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**att** Fáradásos törtétfelület MŰSZEREM 1782

Repedés keletkezés

Lassú terjedés (kagylós felület)

Ridegtörés

35

35

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**att** A kifáradási határt befolyásoló tényezők MŰSZEREM 1782

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

36

36

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**att** Bemetszések és feszültséggyűjtő helyek hatása MŰEGYTEM 1782

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

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

37

37

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**att** Az igénybevételi frekvencia hatása MŰEGYTEM 1782

38

38

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**att** Kis- és nagyciklusú fáradás MŰEGYTEM 1782

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

39

39

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---