



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem



**HIDAK ÉS SZERKEZETEK TANSZÉK**  
**SZERKEZET-TECHNOLÓGIA**

**Hallgatói segédlet**

Készítette: Donovan Krisztina

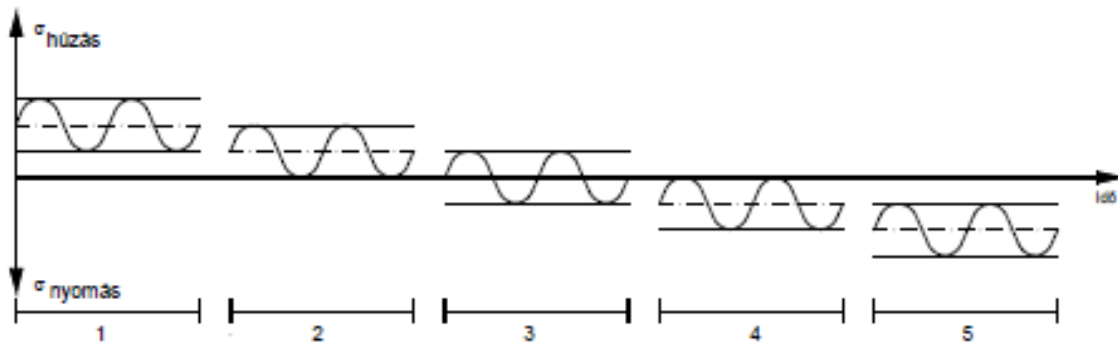
2013/2014 őszi félév

# Tartalomjegyzék

1. Acélszerkezetek viselkedése ismétlődő teherre	3
2. Fáradásvizsgálat az Eurocode 3 szerint	17
3. Hegesztés	21
4. Bevontelektródás kézi ívhegesztés	25
5. Védőgázas ívhegesztés	30
6. Fedettívű ívhegesztés	34
7. Hegesztési hibák és elkerülésük	36
8. Anyagismeret	39
9. Víztartó szerkezetek tervezési és kivitelezési hibái	42
10. Csúszó-kúszózsalus technológia	47
11. Önfúró csavaros kapcsolatok	51



Az ismétlődő terhekből adódó lehetséges igénybevételi módok:



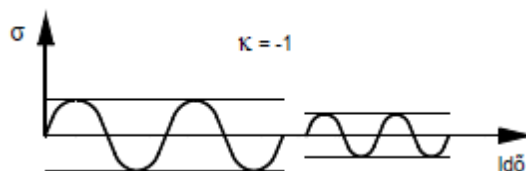
1. húzó-lüktető igénybevétel	$\sigma_f > 0$	$\sigma_a > 0$	$0 < \kappa \leq +1$
2. húzó-lüktető igénybevétel	$\sigma_f > 0$	$\sigma_a = 0$	$0 = \kappa$
3. tisztán lengő igénybevétel	$\sigma_f = -\sigma_a$		$\kappa = -1$
4. nyomó-lüktető igénybevétel	$\sigma_a = 0$	$\sigma_f < 0$	$\kappa = 0$
5. nyomó-lüktető igénybevétel	$\sigma_f < 0$	$\sigma_a < 0$	$0 < \kappa \leq +1$

### 3. A Wöhler - görbe

- A görbe több egylépcsős kísérlet kiértékeléseként kapható meg
- A Wöhler-görbék felvételéhez előre megadott igénybevételi módon (pl.  $\kappa =$  állandó) több azonosan kialakított próbatestet terhelnek törésig, illetve egy megadott ismétlődési számig, melynél már nem következik be törés. Ezekből az adatokból a Wöhler-görbéhez az ismétlési számot és feszültség szintet használjuk fel.

#### a) Állandó feszültségarányú Wöhler-görbe

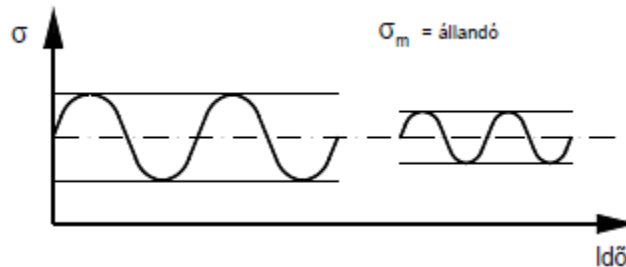
- Egy választott feszültségarány ( $\kappa$ ) mellett végezzük a kísérletet
- Az adott feszültségarány mellett a próbatesteket különböző feszültségamplitúdóval ( $\sigma_A$ ) terheljük a törésig
- A lengő igénybevétel:



- A kritikus teherismétlési számhoz ( $N$ ) a feszültségamplitúdó ( $\sigma_A$ ) kerül hozzárendelésre

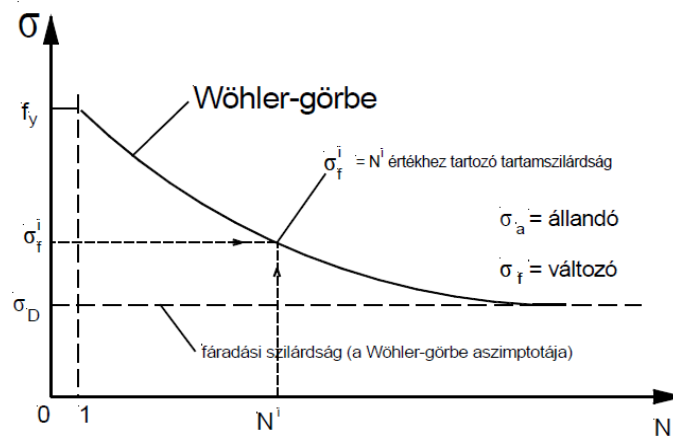
b) Állandó közép feszültségű Wöhler-görbe

- Állandó közép feszültség ( $\sigma_m$ ) mellett (minden kísérletben azonos) a próbatesteket különböző feszültségamplitúdóval ( $\sigma_A$ ) terheljük a törésig
- A lüktető igénybevétel:



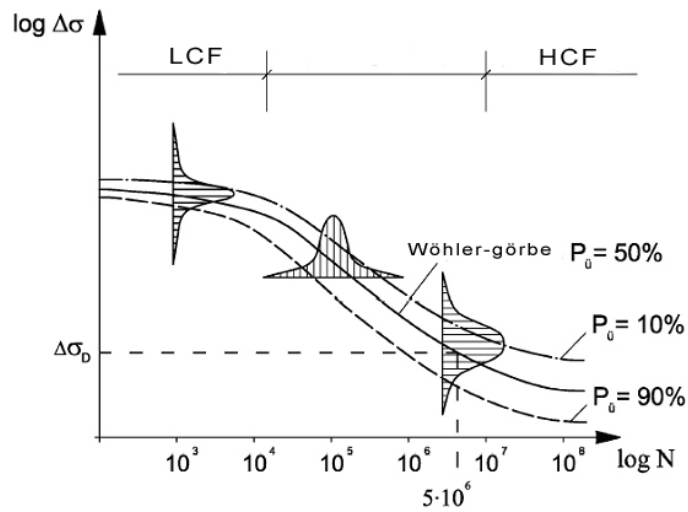
c) Állandó alsó feszültség szintű Wöhler-görbe

- Állandó alsó feszültség ( $\sigma_a$ ) mellett a próbatestek különböző felső feszültségi szinten ( $\sigma_f$ ) terheltek a törésig:



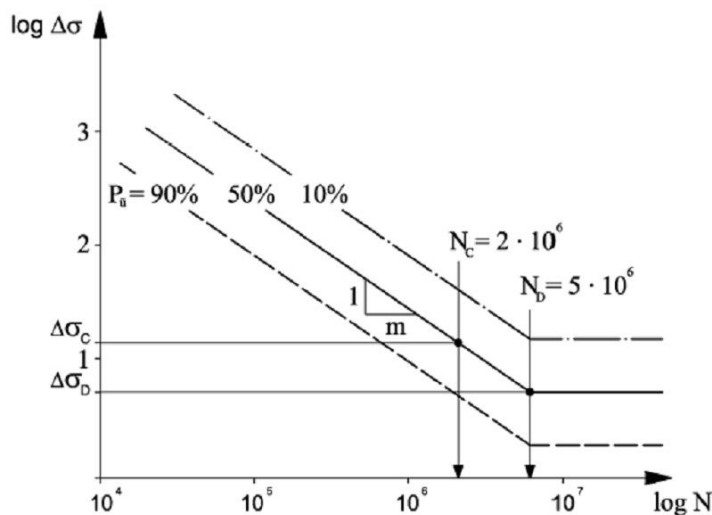
- ~ Amennyiben egy szerkezet egy pontjában a lengő igénybevételekből ismételtlen képlékeny alakváltozások lépnek fel ( $\Delta\varepsilon_{pl}$ ), akkor ezek  $N$ -szeres ismétlődés után a szerkezeti elem fáradttöréséhez vezetnek.
- ~ A töréshez tartozó  $N$  ismétlődési szám annál kisebb, minél nagyobb a kialakuló alakváltozások „lengése” ( $\Delta\varepsilon$ ).
- ~ Létezik egy olyan „alakváltozási küszöb”  $\Delta\varepsilon_D$  – és vele összetartozó  $\Delta\sigma_D$  -, mely mellett tetszőlegesen sok ismétlődés után sem lép fel törés.

Az állandó feszültségarány ( $\kappa = \text{állandó}$ ) mellett felvett Wöhler-görbe:



- LCF = low cycle fatigue, kisciklusú fáradási szilárdság, az ismétlésszám felső határa  $10^4$ , a törés képlékeny folyásként jelentkezik
- $10^6$ - $10^7$  ismétlésszám közötti tartomány, a Wöhler-görbe legerősebb mértékben eső szakasza
- HCF = high cycle fatigue, nagyciklusú fáradási szilárdság,  $10^6$ - $10^7$  ismétlésszám felett, amely feszültségintől kezdődően nem következik be fáradt törés

A fáradási szilárdság értelmezése az Eurocode 3 szerint:



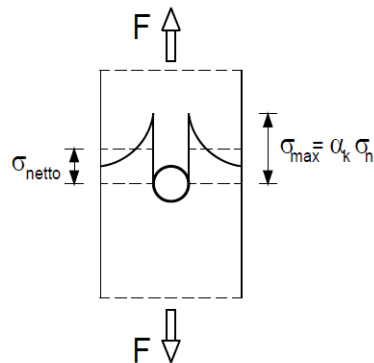
A szabvány a fáradás szempontjából vizsgálandó szerkezeti részleteket azok fáradásérzékenysége szerint csoportokba osztja, és minden csoporthoz/ részletosztályhoz egy-egy Wöhler-görbét rendel

(Ild. Fáradásvizsgálat az Eurocode 3 szerint – lentebb)

#### 4. A feszültségcsúcsok szerepe

- A szerkezeti elem élettartama alatt csak a használati terheknek az ismétlődési száma jelentős.

- A használati terhekből származó elméleti feszültségek jellemzően még a rugalmas tartományban a folyáshatár ( $f_y$ ), sőt gyakran az arányossági határ alatt maradnak.
- Anyaghibák, bemetsződések (bemetsződés alatt a helyi hibákat értjük), lyukak, hegesztési varratok környezetében azonban ez az elméleti feszültség túllépheti a folyáshatárt és helyi képlékeny alakváltozáshoz vezethet.
- Amennyiben az alakváltozások ( $\Delta\varepsilon$ ) kismértékűek és helyileg kötöttek, úgy azokat közelítésképpen rugalmas módszerekkel is meghatározhatjuk, hiszen az őket körülvevő rugalmas anyag terjedésüket meggátolja.
- A feszültségek tényleges alakulása egy húzott lyukgyengített elemen:



- Ha az alakváltozások szélső értékei ( $\Delta\varepsilon$ ) rugalmas módszerekkel meghatározhatók, akkor ezekből szintén rugalmas módon meghatározható egy fiktív lengő feszültség
- $$\Delta\sigma = E * \Delta\varepsilon$$

- A fáradt törés repedésként ott lép fel, ahol a legnagyobb a fiktív lengő feszültség értéke. Ezt a számított feszültségek ingadozásából  $\Delta\sigma_n$  és az  $\alpha_k$  alakú tényezőtől kaphatjuk meg:

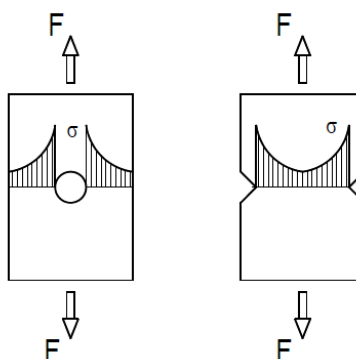
$$\Delta\sigma = \alpha_k * \Delta\sigma_n \implies \Delta\sigma_n = 1 / \alpha_k * f(N)$$

Egy próbatest fáradására a legnagyobb hatással a következő paraméterek vannak:

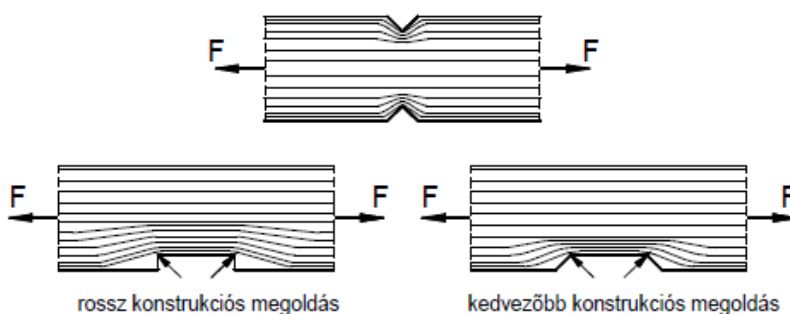
- ~ Bemetsződések és hibák mértéke (a szerkezeti elem hibaosztályba sorolása)
- ~ A feszültség-ingadozás mértéke ( $\Delta\sigma$ )
- ~ A közép-feszültség értéke ( $\sigma_m$ )
- ~ Sajátfeszültségek
- ~ Előterhelés (előidézheti a  $\sigma_D$  növekedését)
- ~ Terhelési frekvencia (csekély hatású)
- ~ Hőmérséklet (magasabb hőmérsékletnél csökken  $\sigma_D$ )
- ~ A próbatest vastagsága
- ~ A hegesztés módja

## 5. Bemetsződések és hibák hatása, a hibaosztály

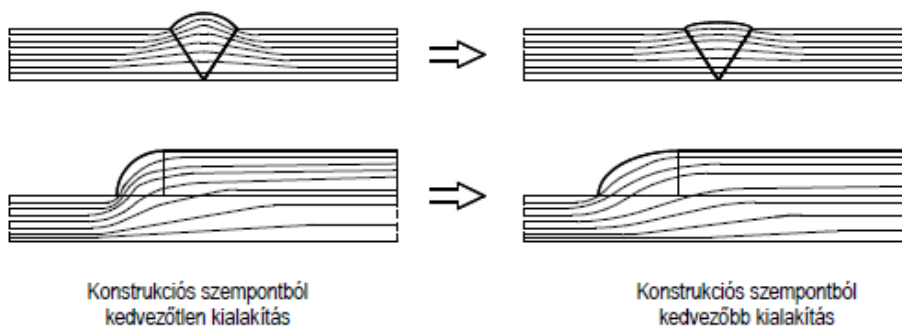
- A keresztmetszet változások, hegesztési varratok, csavarkapcsolatok, vagyis bemetszések hatására erős helyi feszültségcsúcsok alakulnak ki, nem ritkán térbeli feszültségállapottal
- A legnagyobb feszültségek így a bemetszések mellett alakulnak ki:



- Minél erősebb a feszültségfolyam „megzavarása” a bemetszés által, annál magasabbak a várható feszültségcsúcsok:



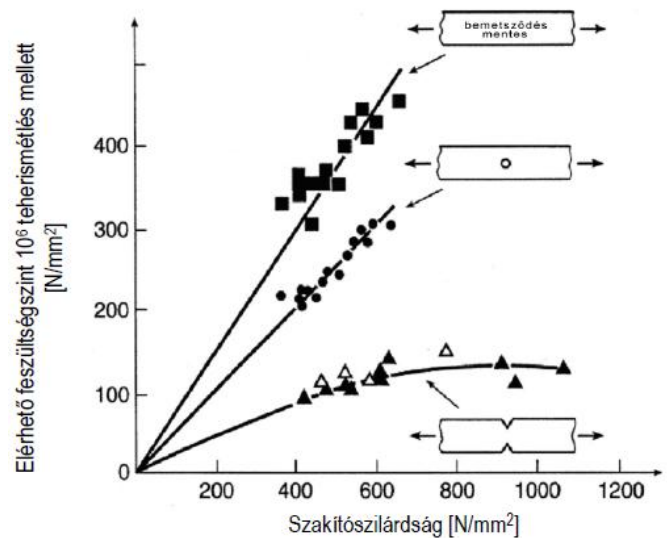
- Hegesztett kapcsolatoknál megkülönböztetünk külső és belső hatásokat, melyek a feszültségek lefolyását megváltoztatják.
  - Belső befolyásoló tényezők pl. a varrathiba, zsugorodási repedés a varratban, vagy az alapanyagban, felkeményedés, stb.
  - Külső tényezők pl. a konstrukciós megoldás a varratkialakításra, a varrat és az alapanyag felületi kialakítása – varrat megindítása, varratátmenetek, beégési kráterek.





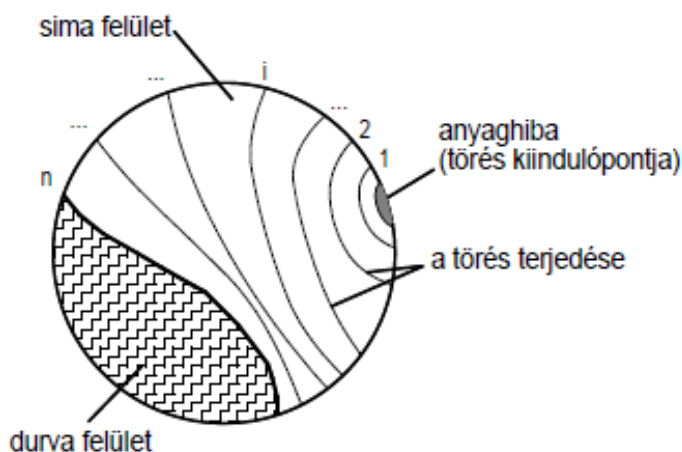
## A bemetszések hatása a lengő szilárdságra az anyagminőség függvényében:

- ~ Az ábrán jól látható, hogy míg hibamentes próbatestnél a fáradási szilárdság a szakítószilárdsággal arányosan nő, addig az anyagminőség javulása bemetsződéseket tartalmazó próbatest esetén a fáradási szilárdságot nem növeli.
- ~ Ez a magasabb anyagminőségű anyagok nagyobb bemetsződés-érzékenységevel magyarázható.
- ~ A modernebb szabványok emiatt a fáradásvizsgálatot az anyagminőség figyelembevétele nélkül végzik.



## 6. A törés kialakulása

- Bemetsződésből vagy hibából kiindulva repedések keletkeznek
- A megmaradt keresztmetszet törése hirtelen következik be
- Egy kör keresztmetszetű próbatest törési felülete:



### A két eltérő tartomány:

1. sima, finom felületű, néha teljesen sík, a tulajdonképpeni fáradttörés, ahol a törés fokozatosan alakul ki
  - ~ A fárasztó igénybevétel pillanatnyi csökkenését/növekedését mutatják (az ábrán a feszültségcsúcsokat számok jelölik).
  - ~ Ált. jól látható a kezdeti hiba is
2. Miután kialakult a kritikus keresztmetszet, (a feszültség már eléri a töréshez szükséges értéket), bekövetkezik a tönkremenetel.
  - ~ Ez a felület durvaszemcsés, ami a hirtelen bekövetkezett szakadást mutatja.

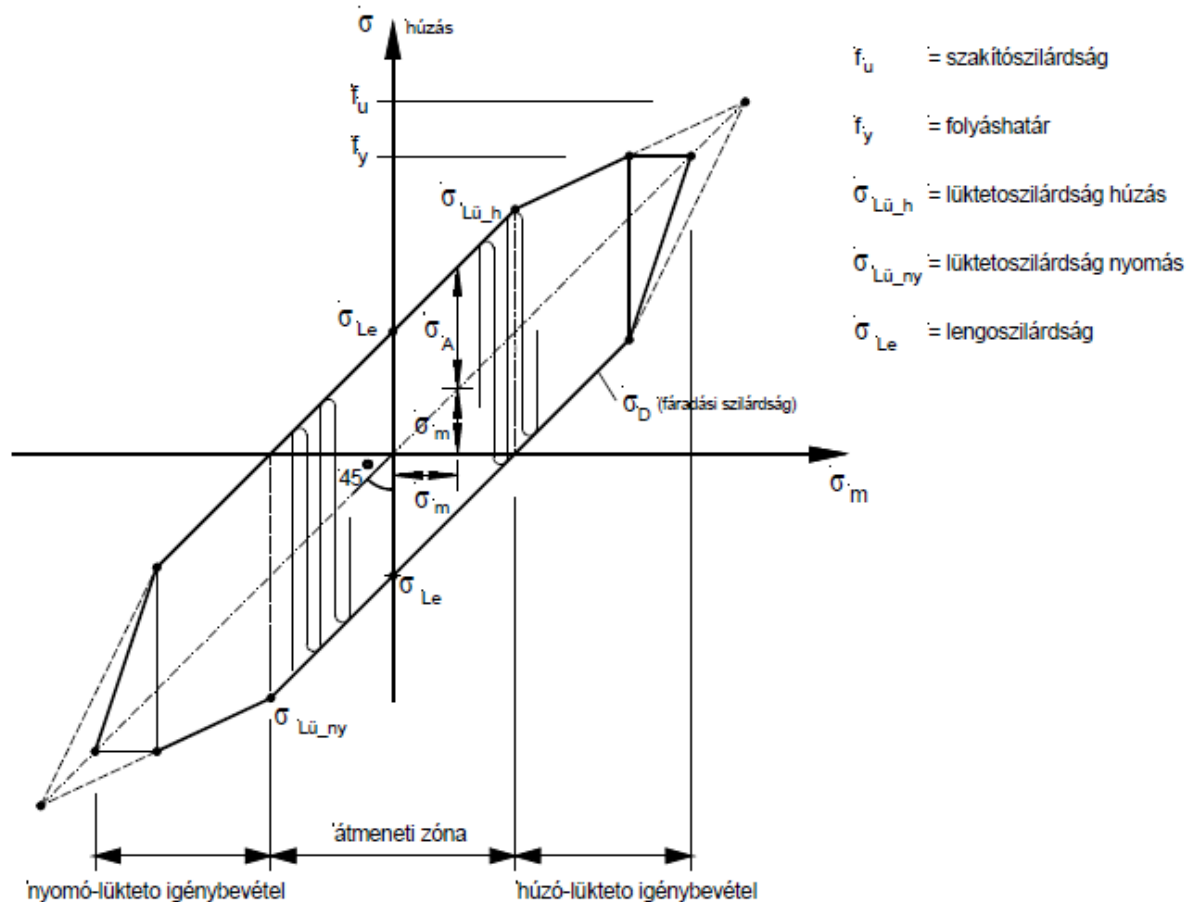
- A fáradt törés szempontjából a legveszélyesebb igénybevételi típus a lengő igénybevétel - az ismételt igénybevételek előjele ellentétes

## 7. Fáradási diagramok

- ~ A fáradási diagram egy adott anyaghoz adja meg a fáradási szilárdságokat ( $\sigma_D$ ) az összes igénybevétel feltételezése mellett, adott hibaosztályhoz

### 7.1. Smith-diagram

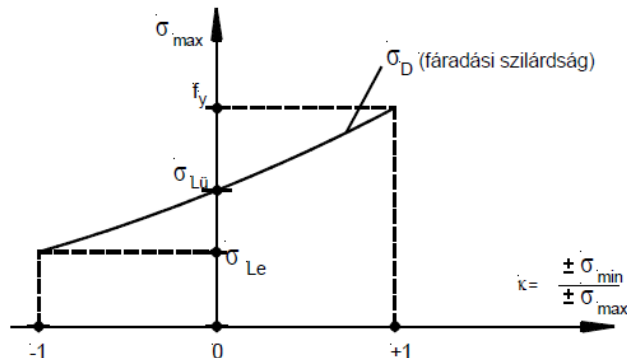
- ~ A diagram a közép feszültség ( $\sigma_m$ ) függvényében a fáradási szilárdsághoz tartozó felső- és alsó feszültséget is ábrázolja:



- ~ Mivel az igénybevételek hatására a folyáshatáron túl megengedhetetlenül nagy alakváltozások lépnek fel, elfogadott a fáradási diagramokat a folyáshatárnál levágni
- ~ A Smith-diagram előnye:
  - egy 5 pontra illesztett poligonvonallal megrajzolható
  - a pontok a két statikus értéken kívül: folyáshatár ( $f_y$ ) és szakítószilárdság ( $f_u$ ), a lengőszilárdság ( $\sigma_{Le}$ ), a húzó-lüktetőszilárdság ( $\sigma_{Lü,h}$ ) és a nyomó-lüktetőszilárdság ( $\sigma_{Lü,ny}$ ).
  - minél erősebb a hibák és a sajátfeszültségek hatása a szerkezetben, annál jobban közelíthető a Smith-diagram két párhuzamos egyenessel

## 7.2. Jasper-diagram

~ A fáradási szilárdságot a feszültségarány függvényében ( $\kappa = \pm \sigma_{\min} / \pm \sigma_{\max}$ ) adja meg:



\*Fáradási diagramként használatosak még a *Goodman-diagramok* (a fáradási szilárdságot az alsó feszültségek függvényében ábrázolja) és a *Haigh-diagramok* (a középfeszültség függvényében adja meg a fáradást létrehozó kritikus feszültséglengést).

## 8. Véletlenszerű teherismétlések kezelése

~ A valóságban ilyen egyenletes lengő/ lüktető igénybevétel nem lép fel, melyeket a vizsgálatok során elemeztünk.

➔ A különböző nagyságú igénybevételek hatását figyelembe kell vennünk

~ **Üzemi feszültség:** a szerkezeti elemben ébredő, a valóságközeli igénybevételekből adódó, mérhető feszültségingadozás

- Többé-kevésbé rendszertelen igénybevételek egymásutánja – sztochasztikus terhelés-, melyeknek mind nagysága, mind gyakorisága, mind ismétlődése változó.
- A szélsőértékek – melyek a fáradási szilárdságot magasan túllépik – ritkán lépnek fel

### 8.1. Véletlenszerű teherismétlések kiértékelése

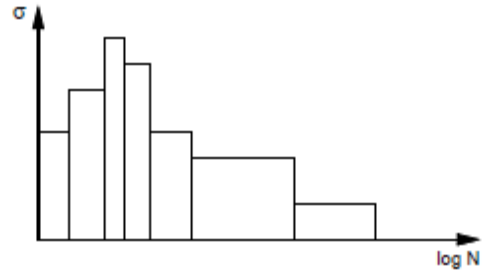
Az élettartam meghatározása alapján három megközelítési mód lehetséges:

1.) Egzakt szimuláció

- A terhelő berendezés egy korábban mért erő-idődiagramot állít elő
- A szimulációs kísérlet nagy technikai felkészültséget igényel, emellett drága és hosszú

## 2.) Blokk-kísérlet

- Korábban mért véletlenszerű erő-idő-diagramokból meghatározott szabályok alapján teherblokkokat állítunk elő
- A terhelőberendezés különböző teherszinteken leszámolt teherismétlést hajt végre
- A szimuláció pontatlanabb, hiszen a tényleges teherismétlődéseket időben nem követi, azonban technikailag egyszerűbb.
- Időigényes és költséges.



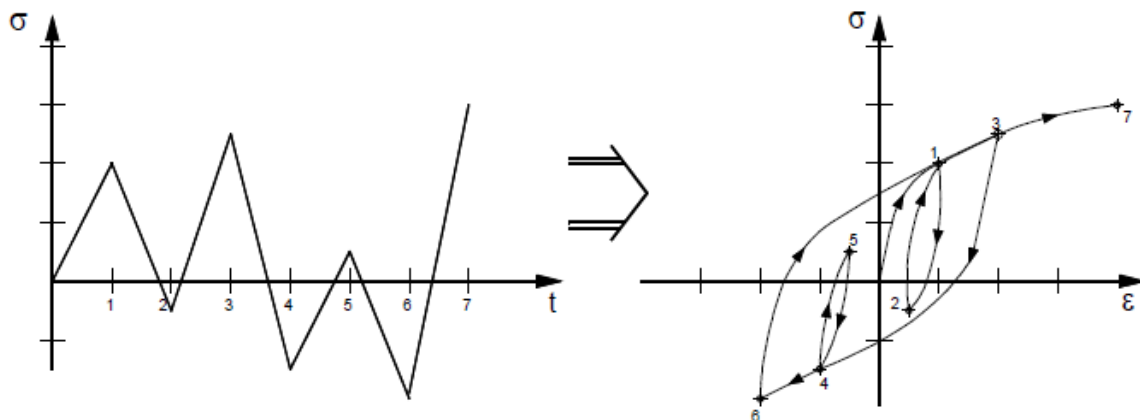
## 3.) Osztályba sorolás

- Az erő-idő-diagramok kiértékeléséből és leszámolásából kialakíthatunk osztályokat
- Az osztályba sorolás alapja az azonos feszültségamplitúdó
- Az osztályok kiértékelése a megfelelő Wöhler-görbékkel és károsodási hipotézisekkel történik

~ Az élettartam becslésére, előrejelzésre mindhárom felsorolt módszer csak közelítésként használható. A 2. és 3. módszernél fokozott bizonytalanságot okoz a terhelések módja, a megszámlálásuk és az alkalmazott károsodási hipotézis.

## 8.2. A valós feszültség – idő diagram leszámolása

~ A szerkezeten (daru, darupálya) üzemi állapotban végzett nyúlásmérésekből előállítható egy feszültségidő-diagram:



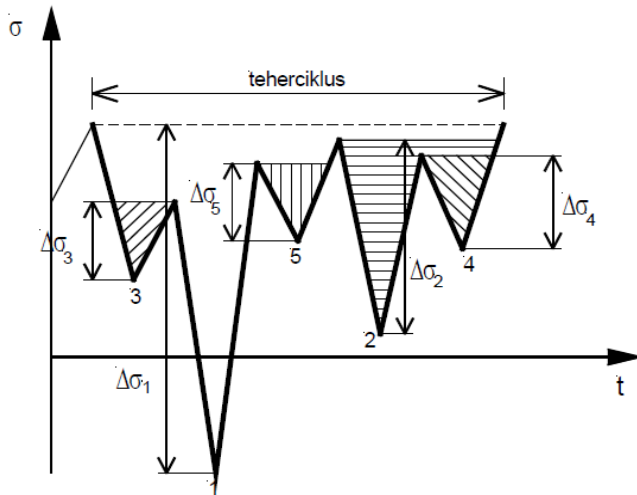
**Hiba! Nincs ilyen stílusú szöveg a dokumentumban.**

Feszültség-alkváltozás diagram

~ A feszültség-idő diagramból levezethető a feszültség-alkváltozás diagram

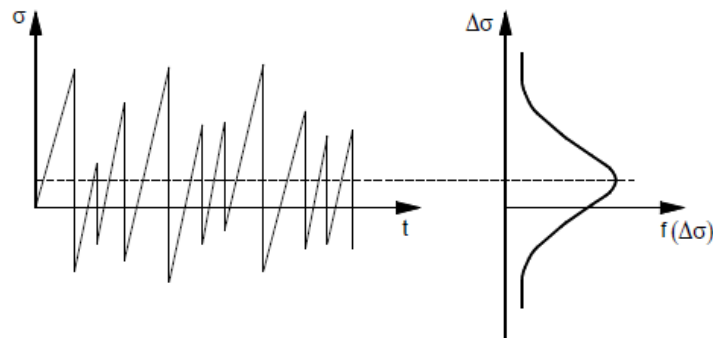
- ~ Olyan jellemzőt kell keresni, amely egy időben lezajló igénybevételi sorozatot az adott idő alatt fellépő összes hiszterézissel a lehető legteljesebben leír. → *Rainflow* és *Reservoir*-módszerek

### 8.3. A tározó-módszer (Reservoir)



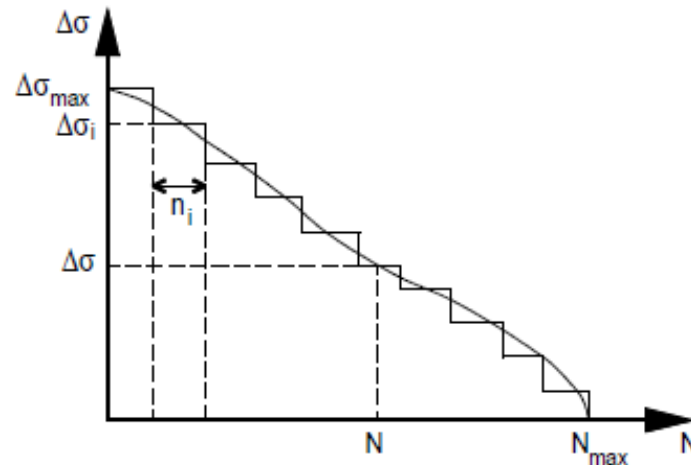
- A feszültség-idő-diagramot - egy tározóhoz hasonlatos módon- vízzel töltjük fel.
- A kialakult „tározó” legmélyebb pontján kieresztjük a vizet és az ott mért teljes „vízmagasságot” megfeleltetjük egy teljes feszültségingadozásnak  $\Delta\sigma_1$
- Leeresztjük az összes – még vizet tartalmazó – tározót és meghatározzuk a feszültségingadozásokat  $\Delta\sigma_2, \dots, \Delta\sigma_i, \dots, \Delta\sigma_n$

- ~ A leszámolási metódus csak a  $\Delta\sigma$  nagyságára érzékeny, így csak a „relatív” feszültségingadozásokat detektálja (nincs figyelembe véve  $\Delta\sigma_a, \Delta\sigma_f, \Delta\sigma_m$ )
- ~ A  $\Delta\sigma_i$  feszültségingadozás eloszlása közelítőleg a normáleloszlását követi:



- ~ Tehát a tározó módszer segítségével a feszültség spektrum a feszültség-idő diagramból levezethető
  - Amennyiben az egyes feszültségingadozásokat ( $\Delta\sigma$ ) feszültségi lépcsőkbe gyűjtjük és azokat nagyság szerint sorba rendezzük, akkor  $N$  azoknak a feszültségingadozásoknak a számát adja meg, melyeknél  $\Delta\sigma$ -t meghaladó, vagy vele éppen megegyező feszültségingadozások léptek fel (túllépési gyakoriság).

- Ezt ábrázolva:



Egy spektrumot jelentősen befolyásoló paraméterek:

- a spektrum lefutása, telítettsége (a spektrumot leíró érték  $p$ )
- a spektrum nagysága (a teherismétlések száma  $N_{max}$ )
- a spektrum legnagyobb és legkisebb értéke (pl.  $\Delta\sigma_{max}$ ,  $\Delta\sigma_{min}$ )

A spektrumok egy időbeni diagramhoz képest nem szolgáltatnak adatot:

- a feszültségek tényleges amplitúdójáról és időbeni egymásutániségéről
- az egyes feszültség-ingadozások középértékéről
- a frekvenciáról

#### 8.4. Élettartambeclés

- ~ A szerkezet élettartamának becslése károsodási hipotézis segítségével történhet:
  - az állandó feszültség-ingadozás ( $\Delta\sigma$ ) ill. amplitúdó ( $\sigma A$ ) mellett meghatározott feszültségadatok (Wöhler-görbe) felhasználása szükséges
  - változó feszültségamplitúdójú esetben is alkalmazható
- ~ A gyakorlatban általában a legegyszerűbb hipotézist alkalmazzuk → lineáris károsodási hipotézis: (Palmgren-Miner hipotézis)
  - Egyszerű - lineáris - károsodás feltételezése
  - A károsodások és a teherciklusok között egy lineáris összefüggés tételezhető fel - a károsodás mértéke egyenes arányban nő a teherismétlések számával
  - Többlépcsős terhelésnél az egyes amplitúdókhoz különböző mértékű részkárosodások tartoznak, melyek lineárisan összegezhetők.
  - Egy teherciklus által okozott károsodás:

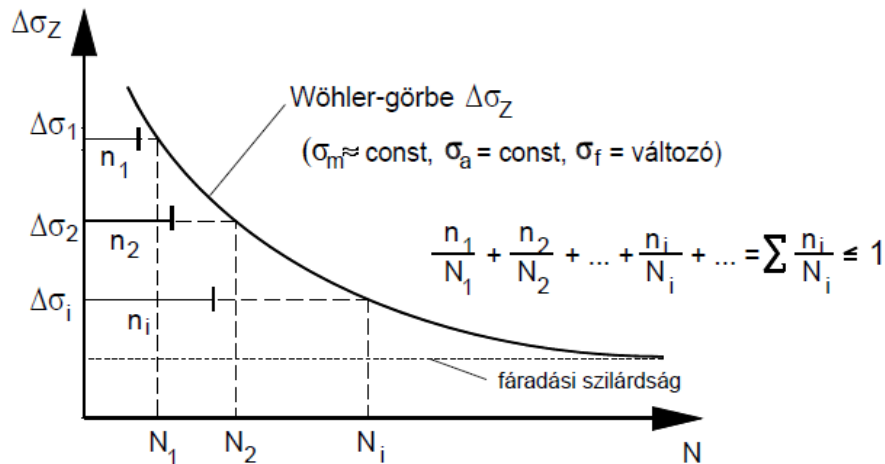
$$1/N_i$$

ahol  $N_i$ :  $\Delta\sigma_i$  feszültség-ingadozás tartozó kritikus ciklusszám egylépcsős (Wöhler) vizsgálatban

- A részkárosodás egy adott feszültség szinten:  

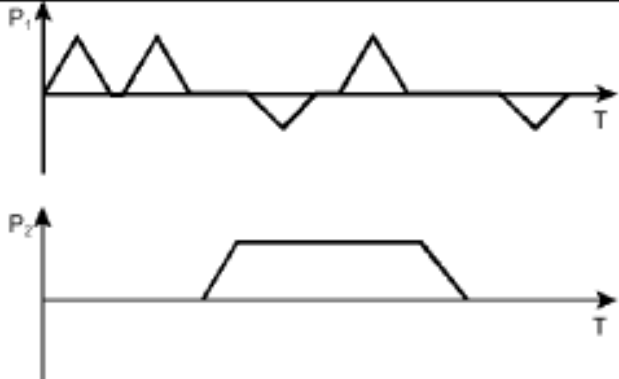
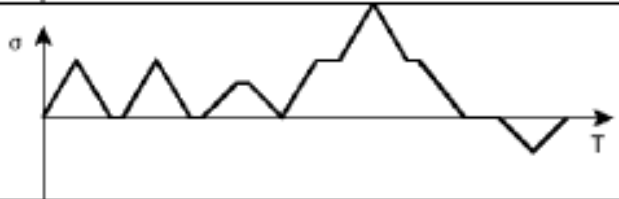
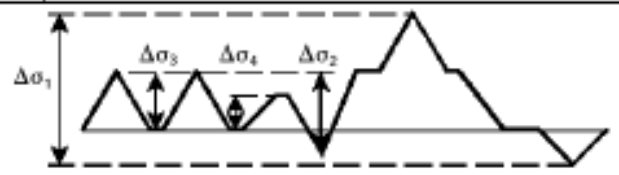
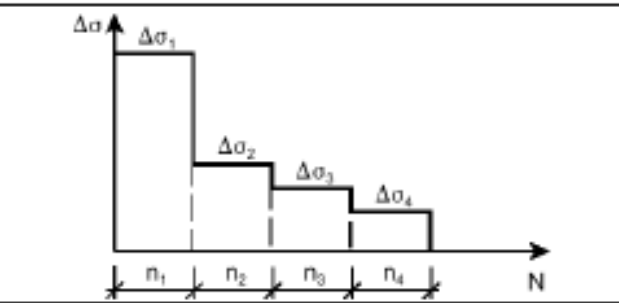
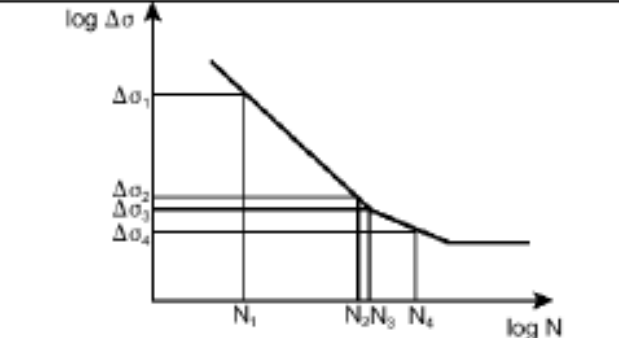
$$n_i / N_i$$
 ahol  $n_i$ : az adott feszültség szinten ténylegesen végrehajtott terhelési ciklusok száma
- Törés (teljes károsodás) bekövetkezése: ha a különböző feszültség szinteken meghatározott részkárosodások összege eléri az 1-et

A lineáris károsodási hipotézis:



- ~ A hipotézis alkalmazási határai a következők:
  - nem léphetnek fel felkeményedések
  - a repedés kialakulását a károsodás kialakulásának tekintjük
  - az igénybevételeknek a fáradási szilárdságot meghaladóknak kell lenniük
  - a közép feszültség legyen a lehetőségek szerint konstans
- ~ A lineáris károsodási hipotézis nem veszi figyelembe a feszültség ingadozások időbeli lefolyását
  - ➔ ha egy, vagy több nagyobb feszültség ingadozást követően a kisebb feszültség ingadozások már egy helyi károsodásokkal terhelt területen hatnak, a kisebb feszültség ingadozások már töréshez vezethetnek.
  - ➔ azonban ugyanezen feszültség ingadozások ez előbb feltételezettel ellentétes időbeli lefolyása esetén a károsodás mértéke lényegesen kisebbre adódik
- ~ Ha a közép feszültség nem állandó, a lineáris károsodási hipotézis olyan nagymértékben tér el a biztonságostól, hogy alkalmazásával még egy közelítő élettartambecslés sem megengedhető.

A teljes élettartambecslés végrehajtása lineáris károsodási hipotézissel:

<p>1.) Teherismétlődés          Tipikus terhek, melyek a vizsgált időtartamon belül n-szer fordulnak elő.</p>	
<p>2.) Feszültség-idő-diagramm (összegzett)</p>	
<p>3.) Leszámlálás pl. tározó módszerrel</p>	
<p>4.) Feszültség-ingadozási spektrumok</p>	
<p>5.) A feszültség-ingadozások száma a törésig</p>	
<p>6.) Lineáris károsodási hipotézis</p>	$\sum \frac{n_i}{N_i} = \frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \frac{n_3}{N_3} + \frac{n_4}{N_4} \leq D_L$



# Fáradásvizsgálat az Eurocode 3 szerint

## 1. A szabvány érvényességi- és alkalmazási feltételei

### 1.1. Az Eurocode 3 szabvány eljárásai a következőkben térnek el a korábbi szabványoktól

- A feszültség felső értéke ( $\sigma_f, \tau_f$ ) helyett a feszültségingadozást ( $\Delta\sigma, \Delta\tau$ ) veszi figyelembe.
- Állandó feszültségingadozást tételez fel függetlenül a közép feszültségtől ( $\sigma_m$ ), ill. feszültségaránytól ( $\kappa$ ).
- Nem tesz különbséget az alkalmazott anyagminőségek között (S235, S355).

### 1.2. Az 1993-1-9 szabványnak a következők az alkalmazási határai

- A kisciklusú fáradási szilárdság (LCF) bekövetkeztével szembeni követelmények:
  - $\Delta\sigma \leq 1.5 f_y$  hosszirányú feszültségingadozás gyakori teherből
  - $\Delta\tau \leq 1.5 f_y / 30,5$  nyírási feszültségek ingadozás gyakori teherre
  - $N \geq 10^4$  a teherismétlések száma
- Felhasználás normál hőmérsékleti viszonyok között  $T \leq +150^\circ\text{C}$ .
- A korrózió hatása megfelelő korrózióvédelemmel és karbantartással korlátozott.
- A kivitelezés megfelel az EN 1090-ben írottaknak.
- A felhasznált anyagok minősége megfelel az előírásoknak pl. ENV 1993-1-1.

Az EC3 abból indul ki, hogy általában fáradásból kialakuló törés nem lép fel, csak az alább felsorolt esetekben:

- ~ szerkezeti elemek, melyeket emelő és süllyesztő terhek, vagy mozgó terhek terhelnek (pl. daruteher)
- ~ szerkezeti elemek, melyeket változó igénybevételek terhelnek (pl. rezgő gépek üzeméből)
- ~ szerkezeti elemek, melyeket erőhatások rezgésbe hoznak (pl. szél, vagy emberi terhek)

A fáradásvizsgálatot nem szükséges elvégezni:

- ~ a feszültségingadozás mértéke ( $\Delta\sigma$ ) a mértékadó teherre kisebb egy meghatározott határértéknél,
- ~ a teherismétlések száma (N) kisebb egy határértéknél
- ~ állandó feszültségingadozás mellett  $\Delta\sigma$  kisebb a szerkezeti elemre mértékadó Wöhler-görbe fáradási szilárdságnál ( $\sigma_D$ )

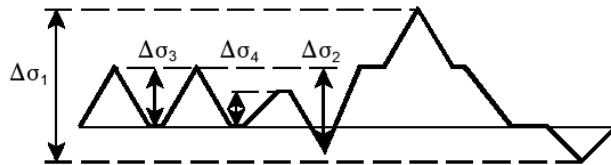
## 2. A fáradásvizsgálat lépései

### 1) A vizsgált pontban a feszültségek számítása a használati terhekből

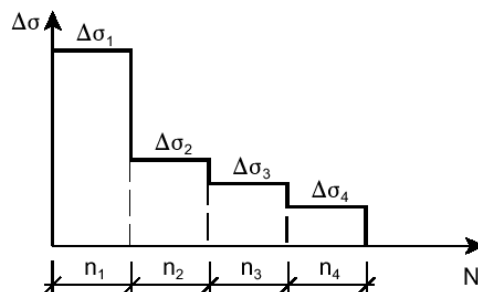
- Az EC3 a névleges feszültségek elméletét használja
- A szabálytalan ismétlődésű terhelésekből származó névleges feszültségek meghatározására kerülnek rugalmas módszerekkel
  - ~ Lehetőség van a tényleges erő-idő lefolyás közelítésére tapasztalatok alapján felvett terhelési szituációkkal mindaddig, amíg ezek minden teherciklusban és a teljes használati időtartam alatt egy konzervatív közelítést adnak
- A feszültségcsúcsok nincsenek figyelembe véve

### 2) Névleges feszültségingadozások számának meghatározása

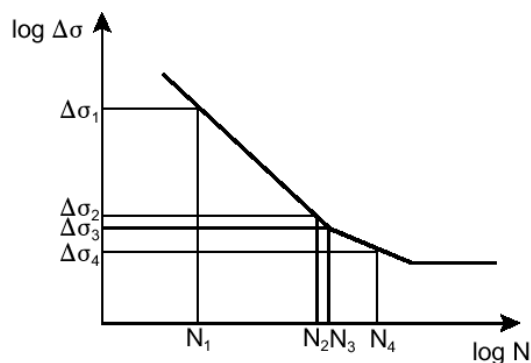
- Alkalmos leszámplálási módszerrel (pl. tározó-módszer segítségével) meg kell számolni a meghatározott névleges feszültségingadozások számosságát



- A meghatározott/leszámplált feszültségingadozásokból előállítható a feszültség spektrum ( $n_1, n_2, \dots, n_i$ )



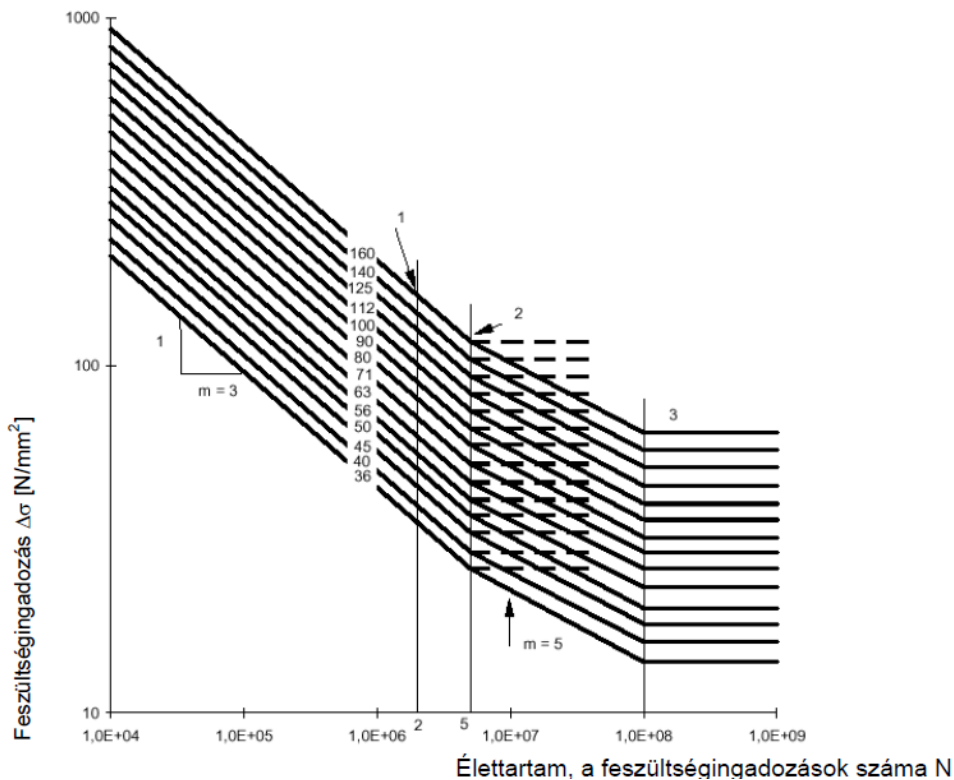
- A megfelelő Wöhler-görbe alkalmazásával leolvasható a törésig fellépő feszültségingadozások száma ( $N_1, N_2, \dots, N_i$ )



### 3) Megfelelő Wöhler-görbe kiválasztása

- Alkalmos károsodási hipotézissel (pl. lineáris károsodási hipotézis) és megfelelő Wöhler-görbe segítségével a vizsgálat elvégezhető
- A szabvány a fáradás szempontjából vizsgálandó szerkezeti részleteket azok fáradásérzékenysége szerint csoportokba osztja, a csoportokat számokkal jelöli
  - Minél magasabb a csoport száma, annál kevésbé érzékeny fáradásra az adott részlet
  - Az egyes hibaosztályokhoz Wöhler-görbék tartoznak
  - A részletosztályok adottak normál- és nyíróigénybevételekre, valamint hegesztett és csavarozott részszerkezetekre
- A hibaosztályhoz tartozó Wöhler-görbéket reprezentatív kísérletek sorával állapították meg a következő paraméterek vizsgálata mellett:
  - a konstrukcióból adódó a hibaosztályhoz (részletosztály) tartozó feszültségkoncentráció
  - a hegesztés miatti lokális feszültségkoncentráció
  - hegesztési imperfekciók
  - a feszültségek és lehetséges repedési helyek iránya
  - hegesztési sajátfeszültségek és hegesztőeljárás
  - anyagszerkezeti adottságok
- A részletosztályokat egy szám jelöli, mely a fáradási szilárdság  $2 \cdot 10^6$  ismétlődési számhoz tartozó értékét jelenti  $N/mm^2$ -ben

A különböző részletosztályú Wöhler-görbék az EC3 szerint normálfeszültségedekre:



#### 4) A vizsgálat végrehajtása

- Az Eurocode 3 a fáradásvizsgálat végrehajtására két módszert javasol:
  - a) A fáradásra mértékadó feszültséget egyszerűsített eljárással számolja típusjármű terhéből és az ún. kár-egyenértékűségi tényező alapján
  - b) A szabványos típusjárművek és forgalmi adatok alapján a vizsgált részlet feszültségtörténetéből indul ki, és az ellenőrzést a lineáris károsodási hipotézis alkalmazásával hajtja végre

A károsodási hipotézis alapján a károsodás:

$$D_d = \sum_i^n \frac{n_{Ei}}{N_{Ri}}$$

A károsodás akkor elfogadható, ha  $D_d \leq 0,1$

# Hegesztés

## 1. A hegesztés

- kohéziós kapcsolat
- nem oldható
- „természetes, anyagszerű, folytonos”
- technológiailag igényes

## 2. A hegesztési eljárások csoportosítása

### 2.1. Ömlesztő hegesztések

HŐFORRÁS	VÉDETTSÉG		Működtetés
atombontás	elektronsugár vákuum ütközési hő		elektronsugaras hegesztés
villamos	indukció		
	ellenállás - folyékony salak		villamos salakhegesztés
	ív	nyíltív	szén sarkú ív fém sarkú ív
		fedett ív	sinnel fedett porral fedett
		védőgáz	nem leolvadó elektródás (AWI) leolvadó elektródás (AFI, CO2)
salak védelme alatti		bevont elektródás kézi (MMA)	
vegyi	öntő		
	termít		
	gáz		

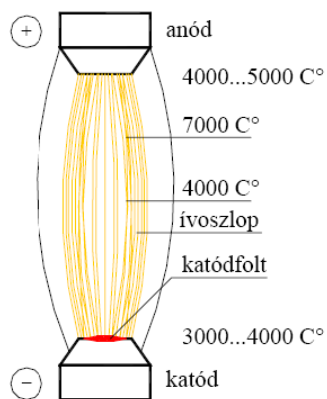
~ mérnöki acélszerkezetek gyártásához alkalmazott

## 2.2. Sajtoló hegesztések

HŐFORRÁS	VÉDETTSEG	MŰKÖDTETÉS	
meleg sajtoló	mechanikai munka	ultrahang súrlódás - dörzshegesztés	
	vegyi	öntő termit gáz tüzi	
	villamos	ív	csaphegesztés védőgáz csapheg.
		ellenállás	pont, vonal tomba kisütéses heg.
		induktív sajtoló hegesztés	
hideg sajtoló			

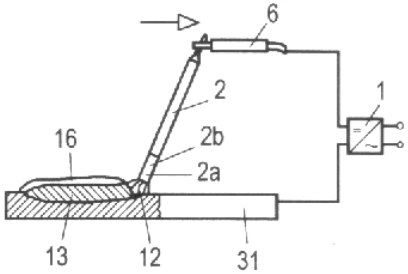
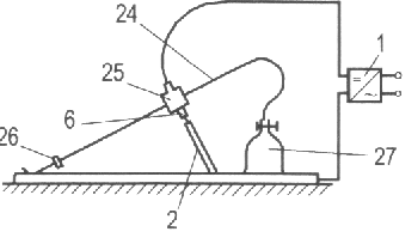
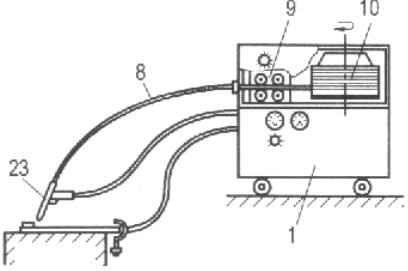
## 3. Elektromos ívhegesztések

### 3.1. Az elektromos ív



~ A pozitív és negatív pólus között létrejövő elektronáramlás

### 3.2. Az ívhegesztés változatai

Az eljárás megnevezése MSZ EN ISO 4063:2000	Vázlat	Fogalom meghatározás, jellemzők
11 Fogyóelektródás gázvédelem nélküli hegesztés	<p>111 Kézi ívhegesztés bevont elektródával</p>	 <p>Ívhegesztés, ahol a hozaganyag bevont elektróda. Az elektródát - amelyet kézzel vezetnek - hegesztés közben a leolvadás sebességével meg egyező sebességgel kell közelíteni a munkadarab felé, valamint az összehegesztendő élek mentén a készítenő varrat keresztmetszetétől függő sebességgel el kell mozdítani.</p>
	<p>112 Gravitációs ívhegesztés bevont elektródával</p>	 <p>A bevont elektróda a gravitáció hatására a munkadarabra támaszkodva olvad le, létrehozva így módon a hegesztett kötést. Az elektróda tartásához és elmozdulásához egy mechanizmus szükséges. A varrat alakja, magassága, az egy elektródával készíthető varrathosszúság függ az elektróda típusától, méretétől, a kihozatalától és a beállítási szögtől.</p>
	<p>114 Önvédő ívhegesztés porbeles huzalelektrodával</p>	 <p>Leolvadó porbeles huzalelektrodával végzett ívhegesztés, amelynek során védőgázt külön nem használnak. A porbeles huzalok védőanyaga csőből vagy szalagból kialakított fémburkolatban helyezkedik el. A porbélés fejleszti a gázt, a salakanyagon kívül dezoxidáló-, valamint ötvözőelemeket tartalmaz.</p>

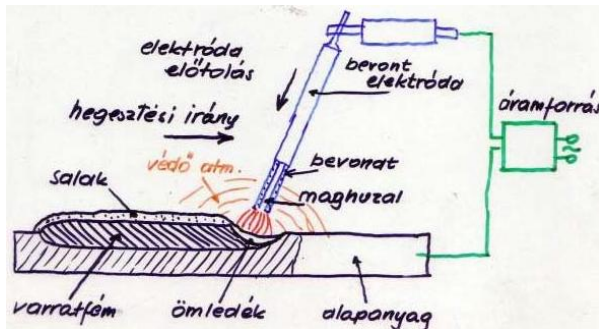
13 Fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztés	131 Fogyóelektródás, semleges védőgázos ívhegesztés; MIG-hegesztés		Leolvadó huzalelektródát használó fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztés, amelynek során a védelmet külső ellátású, semleges gáz adja.
	135 Fogyóelektródás, aktív védőgázos ívhegesztés; MAG-hegesztés		Fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztés, amelynek során a védelmet külső ellátású, aktív gáz adja.
	136 Fogyóelektródás, aktív védőgázos ívhegesztés porbeles huzalelektródával		Leolvadó porbeles huzalelektródát használó eljárás, amelynek során a védelmet külső forrásból származó, aktív védőgáz adja.
	137 Fogyóelektródás, semleges védőgázos ívhegesztés porbeles huzalelektródával		Leolvadó porbeles huzalelektródát használó fogyóelektródás ívhegesztés, amelynek során a védelmet külső forrásból származó, semleges védőgáz adja.
14 Nem fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztés	141 Volfrámelektródás, semleges védőgázos ívhegesztés; TIG hegesztés		Nem leolvadó, tiszta vagy ötvözött volfrámelektródát használó ívhegesztési eljárás, amelynek során a hegesztőívet és a varratfürdő környezetét külső forrásból származó, semleges védőgáz védi. Feladattól függően hozaganyag alkalmazható.
	15 Plazmaívhegesztés		Ívhegesztés plazmasugárral, amely a hegesztőív leszűkítésével valósítható meg. A hegesztőív az elektróda és a munkadarab között (ún. átvitt ív) vagy az elektróda és a belső fúvóka között (ún. nem átvitt ív) ég. A varratfürdőt külső védőgáz védi. Az eljárás során hozaganyag is használható.
	12 Fedett ívű hegesztés		Fedett ívű hegesztés során egy vagy több bevonat nélküli vagy porbeles huzal-, vagy szalagelektródát használnak. A hegesztőív(ek) szemcsés fedőpor réteg alatt ég(nek), amelynek egy része megolvad, és a hegesztési varratról eltávolítható salakréteget képez(nek). A fedőporba egyes esetekben külön fémpor is adagolható



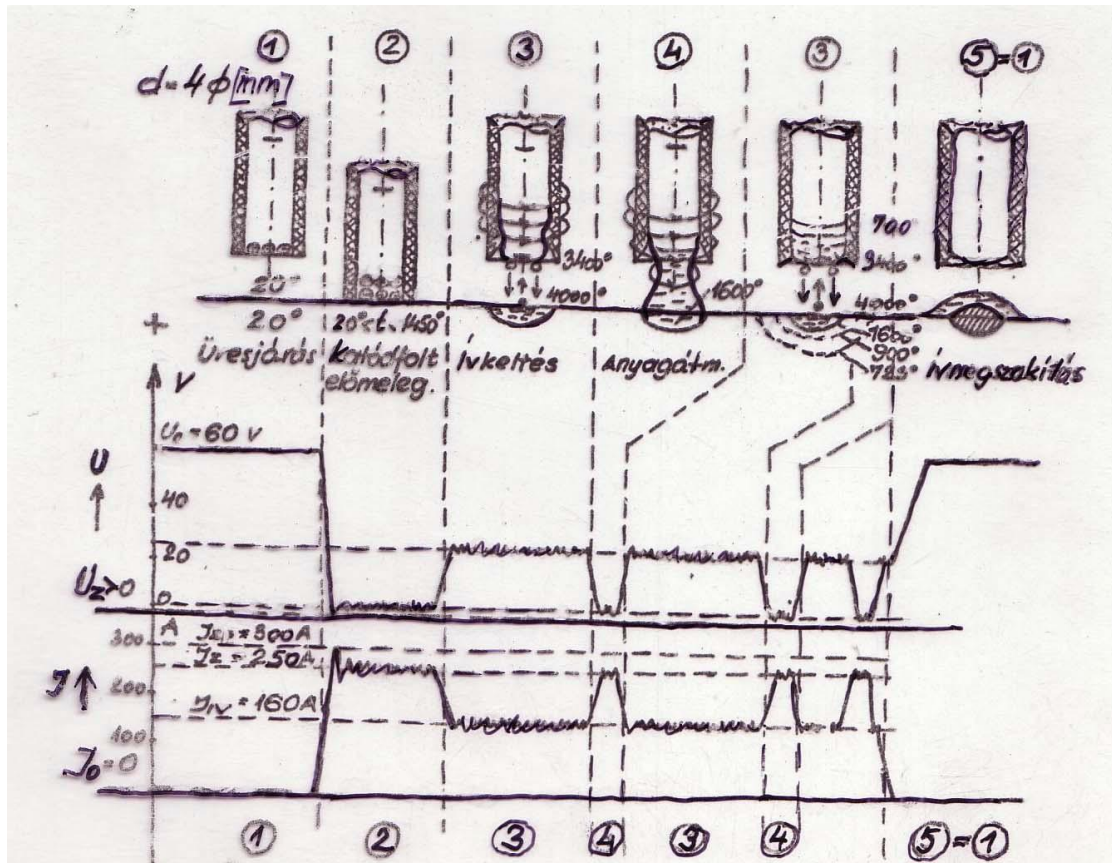
# Bevontelektrodás kézi ívhegesztés

## 1. A bevontelektrodás kézi ívhegesztés elve

- ~ A bevont olvadásakor védőgáz szabadul fel, mely
  - lassítja az ömledék hűlését, így belső feszültségek nem keletkeznek
  - tisztítja az ömledéket: felúszva magához vonzza a szennyeződéseket
- ~ A hegesztő ív által létrejött hosszantartó elektromos kisülés megömlesztzi az alapanyagot, és a bevont elektrodát, melyek közös ömledék fürdőjéből dermed meg a varratfém



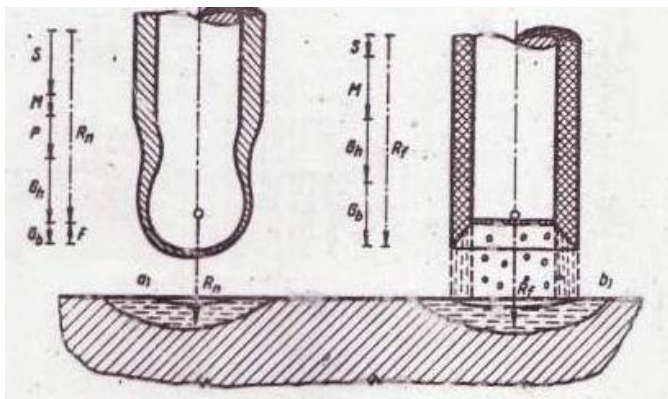
## 2. A kézi ívhegesztés fázisai



1. fázis
  - Az elektródára negatív pólus kötése, az alaplemezre a pozitív (az alaplemez nagyobb tömegű)
2. fázis
  - Rövidzár: A feszültség zérus, az áramerősség maximális
  - Az elektróda és az alaplemez is melegszik
3. fázis
  - Az elektróda vége elkezd olvadni
4. fázis
  - Az alaplemezre leér a megömlött fém
  - Rövidzár alakul ki
5. fázis
  - Az áthidaló ömledék a hidat „szétrobbantja”
  - Újabb ömledék csepp képződik..

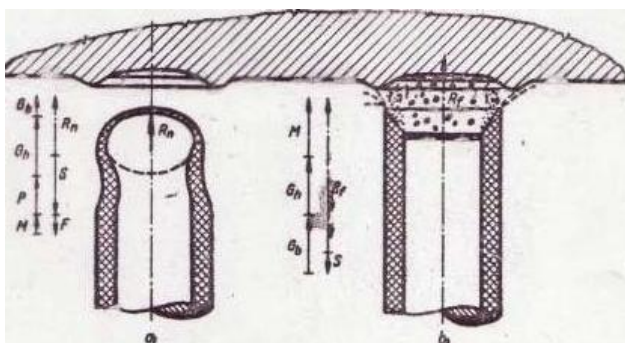
~ A folyamat addig ismétlődik, míg az elektróda el nem fogy

### 3. Anyagátmenetre ható erők lefele hegesztésnél

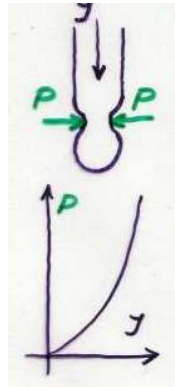
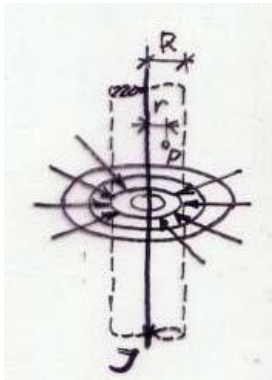


- S: nehézségi erő
- M: tömegvonzás
- P: „Pinch” effektus
- F: felületi feszültség
- $G_h$ : elektródahuzal gáztartalmának lökő hatása
- $G_b$ : elektródabevonat gáztartalmának lökő hatása

### 4. Anyagátmenetre ható erők fejfeletti hegesztésnél



## 5. A Pinch-effektus



~ a huzal körüli elektromágneses tér miatt „befelé” mutató erők keletkeznek, a vezető olvad

## 6. A hegesztő elektródák bevonatának feladatai

- Védőatmoszféra létesítése (ömlédékvédelem)
- Ívstabilitás biztosítása, ívgyújtás segítése
- Varratfém dezoxidálás, denitrálás, ötvözés
- Salakképzés
  - ~ Hűlési sebesség csökkentésére, beedződés ellen
  - ~ Varratvédelem, felületalakítás
  - ~ Szennyezők eltávolítása az ömlédékből
- Kihozatalnövelés (vasporral)

## 7. Bevonattípusok

### a) Bázikus (B)

- Anyag: kalciumkarbonát, folyópát, ferroötvözetek
- Érzékeny a nedvességre, kiszárítani szükséges (2-10 h)
- Fordított polaritású egyenáram szükséges
- Finomszemcsés, szívós varratot képez
  - ~ fáradásérzékeny szerkezetekhez ajánlott
- Csekély beolvadás
- Kis hegesztési sebesség szükséges
- Nagycseppes anyagátmenet – fröcskölés jellemző

### b) Rutilos bevonat (R)

- Anyag: rutil ( $TiO_2$ ), karbonátok, szilikátok, ferromangán
- Egyenáram egyenes polaritás vagy váltóáram szükséges
- Nem érzékeny ívhosszra, jól gyújt, jó résáthidaló

- Gyökhegesztésrec kiválóan alkalmazható
  - Egyszerűen lehet vele hegeszteni, nem fröcsköl (finomcseppes anyagátmenet)
- c) Rutilos vastag bevonat (RR)
- Anyag: ugyanaz, mint a rutilos, csak vastag bevonattal (1,6xd)
  - Kiváló ívgyújtás
  - Finom varratfelület
  - Magas kihozatal (180-210%)- vízszintes helyzetben
- d) Cellulóz bevonat (C)
- Anyag: ugyanaz, mint a rutilos, ezeken kívül 15-30% szerves anyagot (cellulóz, faliszt, dextrin) tartalmaz
  - Nedvszívó bevonat
  - Mélybeolvadású, kevés salak képződik
  - Bármely helyzetben használható
  - Csővezetékekhez előnyös, elsősorban ott használják
- e) Egyéb bevonatok
- Savas (A): vasoxid, mangánoxid, szilikátok
  - Rutil-cellulóz (RC): függőlegesen felülről lefelé hegesztésre is jó
  - Rutil-bázikus (RB): kettős, vastag bevonatú elektródák

## 8. Hegesztő áramforrások

- Egyen- vagy/és váltakozó áramot adnak
- Elektromos hálózatról vagy más (saját) meghajtással működnek
- A terhelhetőség az áramerősségtől függ:  
1 ciklus = 10 perc  
X : bekapcsolási idő (%)  
~ X = 35 I=300 hegesztési idő = 3,5 perc szünet=6,5 perc  
~ X = 60 I=250 hegesztési idő = 6 perc szünet = 4 perc

## 9. Hegesztési paraméterek kézi ívhegesztésnél

- elektróda maghuzal átmérő:  $d_e = 1,5 - 6 \text{ mm}$
- áramerősség:  $I = 30 - 500 \text{ A}$  ( $I = (30 \dots 60)d_e [\text{A}]$ )
- ívfeszültség:  $U = 20 - 50 \text{ V}$  ( $U = 0,04 I + 20 [\text{V}]$ )
- hegesztési sebesség:  $v_{\text{heg}} = 80 - 200 \text{ mm/min}$
- Egy elektródával hegeszthető varrathossz:  $L_{\text{ki}} = 100 - 400 \text{ mm}$

## 10.A kézi ívhegesztés értékelése

- Előnyök:
  - Legolcsóbb berendezések, egyszerű telepítés, nagy mozgékonyosság, csekély karbantartási költségek
  - Erősen ötvözött anyagok is hegeszthetők vele
  - Kényszerhelyzetben is lehet vele hegeszteni
  - Igényes kialakítású varratokat is létre lehet hozni
  - Eltérő vastagságú lemezek is összehegeszthetők
- Hátrányok:
  - Rossz energiahasznosítás (hővesztés cca. 60%)
  - Kis teljesítmény
  - Minőség erősen függ a hegesztő személyétől

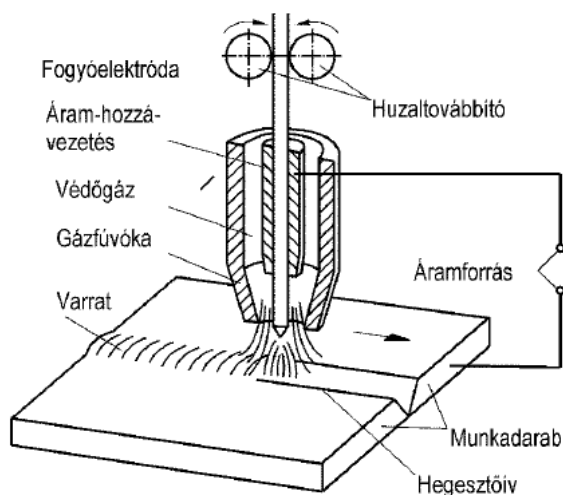
# Védőgázos ívhegesztés

## 1. Csoportosítás

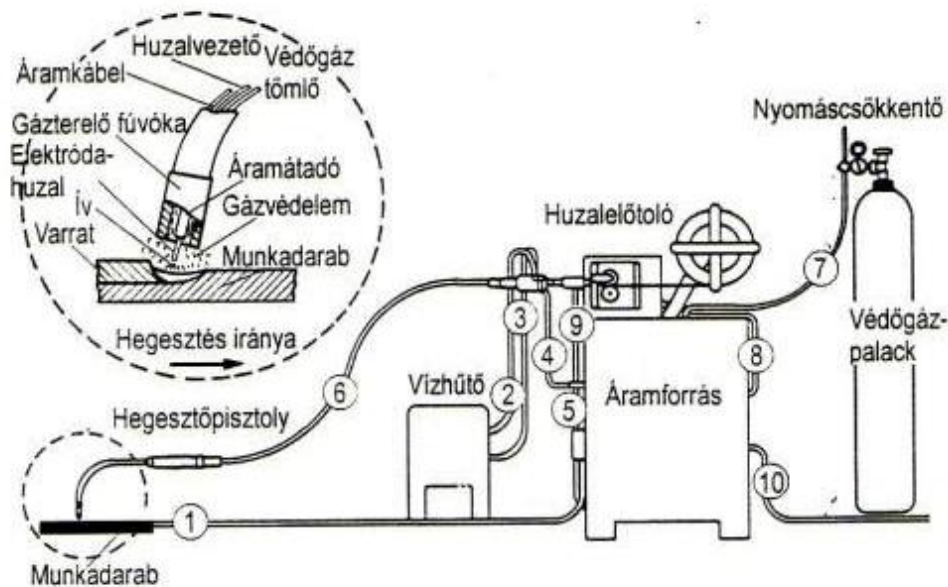
Fajtái	AWI				AFI		
	Ömlesztő	Pont	Csap	Vágás	Ömlesztő	Pont	Vágás
Kivitel	kézi, félautom., autom	kézi	kézi	kézi, autom.	kézi, félautom., autom	kézi	kézi, autom.
Védőgáz	argon				Ar Ar + CO <sub>2</sub> Ar + CO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> CO <sub>2</sub>		Ar  Ar + CO <sub>2</sub>

## 2. Fogyóelektródás ívhegesztés

- CO<sub>2</sub> gáz alkalmazása:
  - Kivonja az oxigént az ömledékből
  - Az argon gáznál olcsóbb, azonban ugyanúgy óv
- Fogyóelektróda alkalmazása: tekercselt elektróda
  - A tekercselés miatt 0,7-1,7 cm-es elektródaátmérő
  - A fogyóelektródát a védőgáz tomlójén át is lehet vezetni
  - Az elektróda rézfüst bevonatos: jó vezető, emellett az acélhuzal nem rozsdásodik
- A hegesztés fázisai:
  1. Huzalvég megolvadása
  2. Olvadék növekedése
  3. Fémhíd kialakulása –zárlat
  4. Fémhíd szétrobbanása
  5. Ív újragyulladás



A berendezés vázlata:



*A fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztés berendezése*  
1) áram visszavezető kábel, 2) hűtővíz a hegesztőpisztolyba, 3) hűtővíz a hegesztőpisztolyból, 4) zérőkábel, 5) áramkábel, 6) kábelköteg, 7) palack védőgáz tömlő, 8) huzalelőtoló vezérlőkábel, 9) pisztoly védőgáz tömlő, 10) hálózati kábel

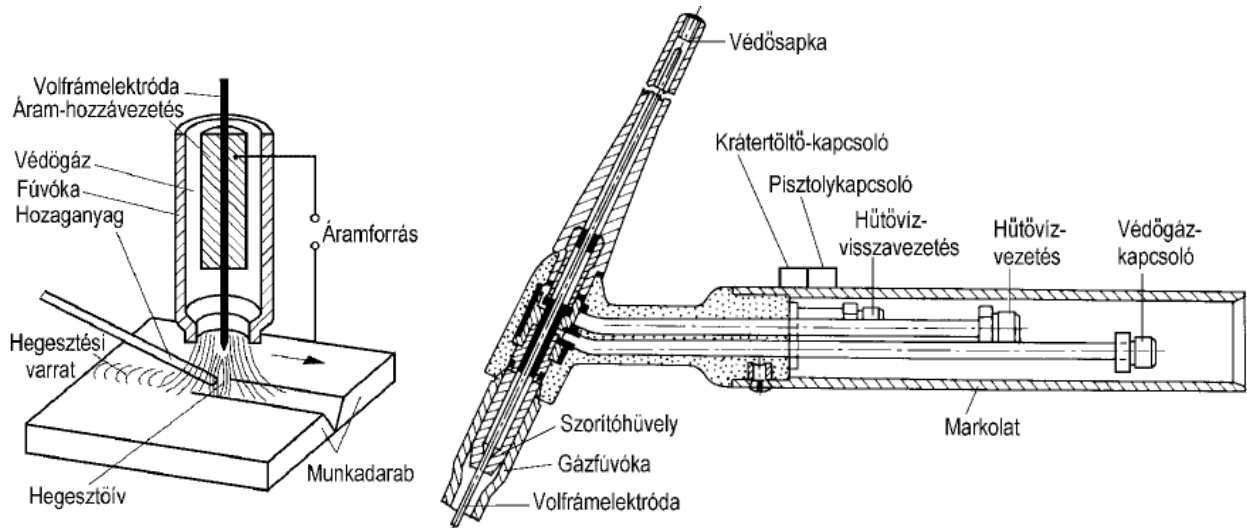
### 3. A fogyóelektródás ívhegesztés értékelése

- Előnyei:
  - Folyamatos hegesztés lehetséges
  - Nincs salakeltávolítás
  - Jól gépesíthető, automatizálható
  - Nagy leolvadási teljesítmény
  - Egyenletes minőség
- Hátrányok:
  - Drágább berendezés, kevésbé hordozható
  - Szél- és huzatérzékeny

### 4. Wolframelektrodás ívhegesztés (AWI)

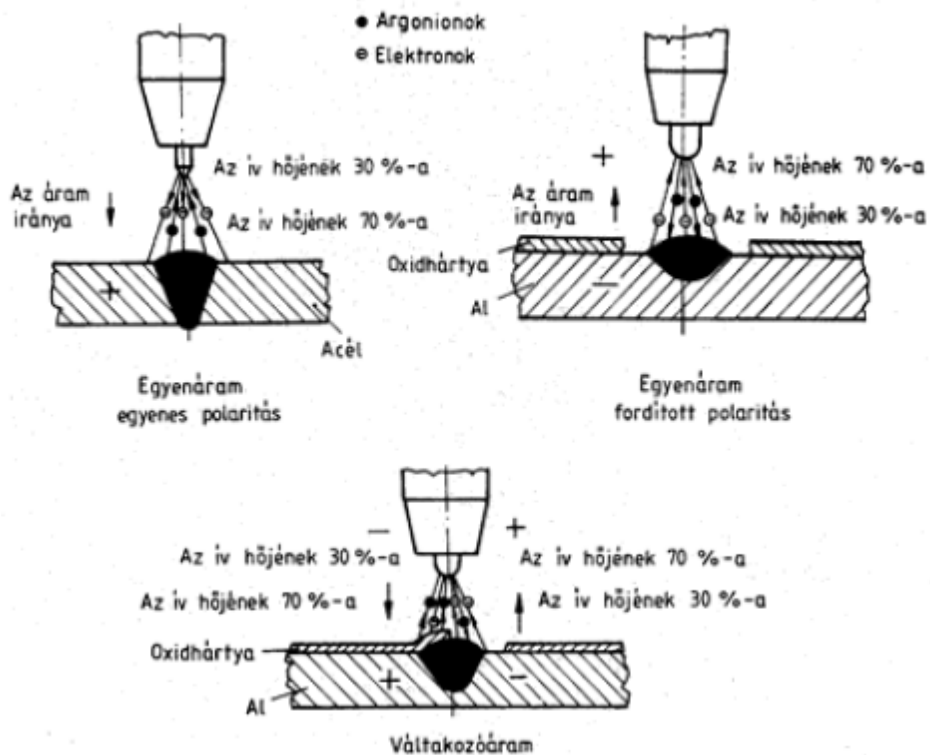
#### 4.1. A hegesztés elve

- Argon védőgáz, Wolframelektrodás hegesztés
- Argon: mivel a levegőnél nehezebb, a „lábnál” összegyűlik; nem füstöl



#### 4.2. A polaritás szerepe

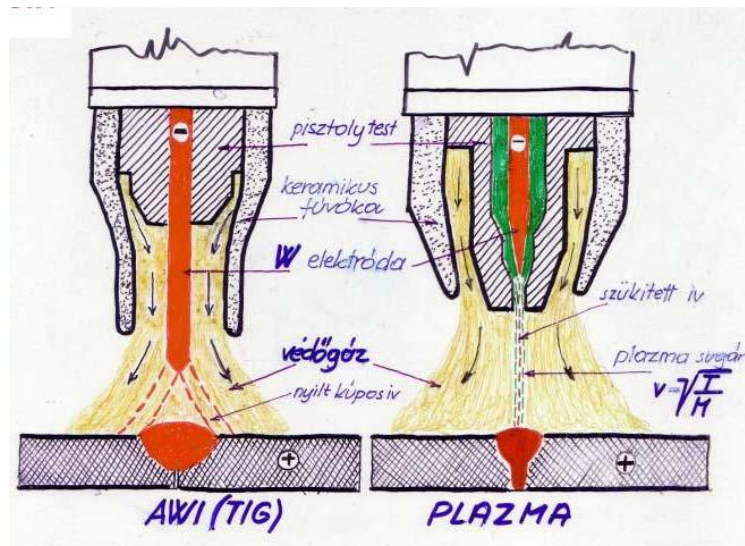
- Nem csak acél hegesztésére alkalmas, a hozanyag bármi lehet (Cu, Al, rozsdamentes acél)
- Alumínium esete:
  - Mivel a felületen az oxidréteg erősen tapad, nincs szükség felületvédelemre (az oxidréteg akadályozza a további oxidációt)
  - Normális polaritás esetén az oxidréteg nem szakad fel – rossz hegesztés
  - Fordított polaritás szükséges!





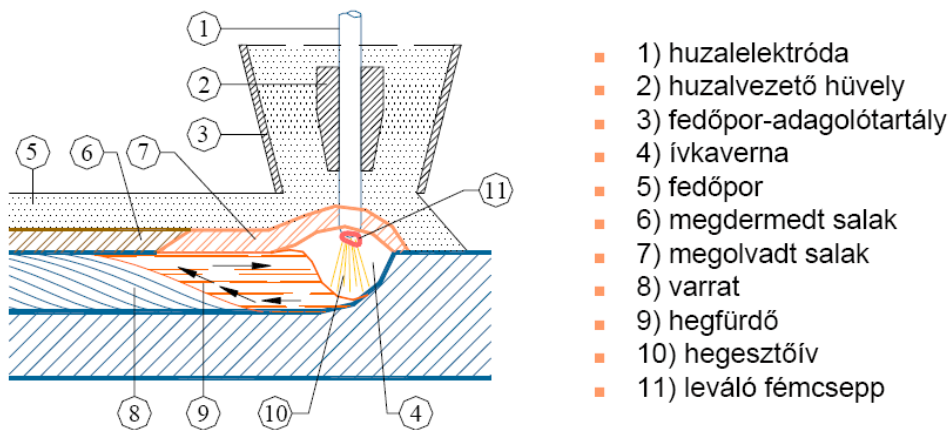
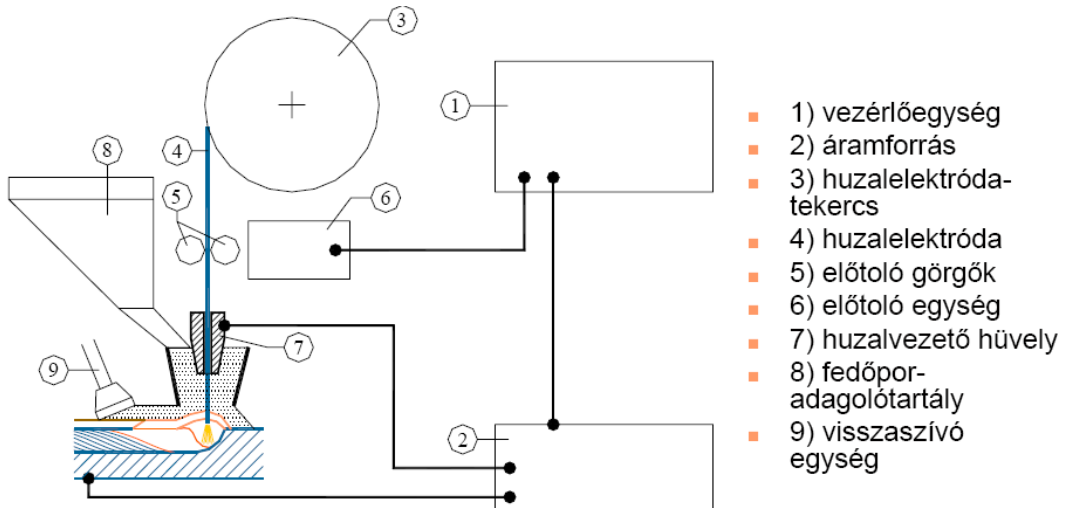
## 5. Védőgázos hegesztések alkalmazása

- Fogyóelektródás ívhegesztés
  - CO<sub>2</sub> védőgáz: ötvöztelen és gyengén ötvözött acélok, üzemi hőmérséklet: 0 °C
  - Keverékgáz: acélszerkezetek, üzemi hőmérséklet: -20 °C
  - Porbeles: üzemi hőmérséklet: -60 °C, huzatos környezet
- AWI: alumínium- illetve színesfémek hegesztése, korracél, kiemelkedő minőségi igény esetén acél
- Plazma
  - A gáz áramlási területének szűkítése → a gyorsan áramló gáz ionizálódik → plazmasugár keletkezik
  - A koncentrált hőszugár tulajdonságai: nagy hőmérséklet és energia
  - A rövidrezárt ív feladata a plazma létrehozása
  - Elsősorban vágásra alkalmas:
    - ~ A vágófej kerámia
    - ~ Utólagos megmunkálás nem szükséges

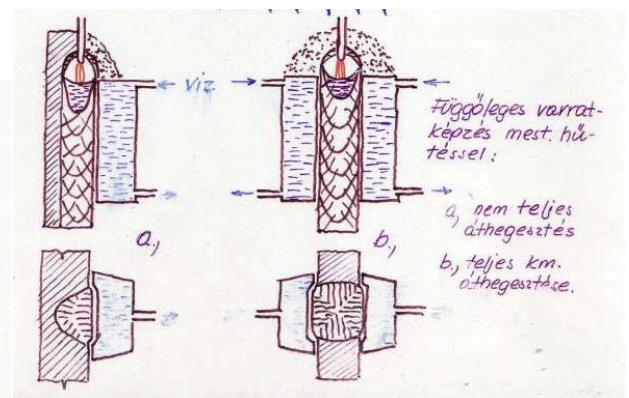
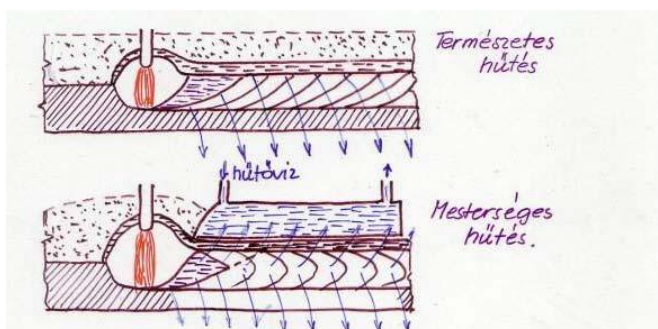


# Fedettívű ívhegesztés

## 1. Fedettívű ívhegesztő berendezés vázlata

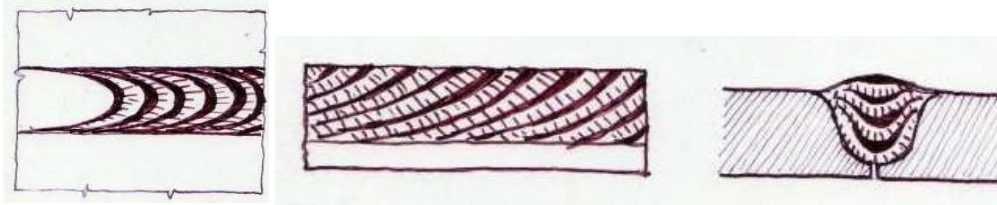


## 2. Fedettívű hegesztés varratképzése

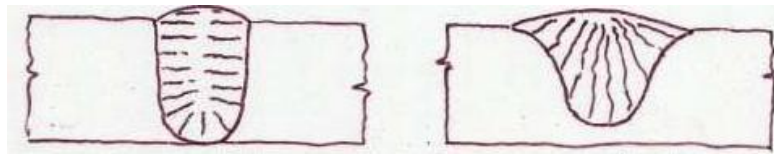


Automatikus hegesztés varratának makroszkopikus szerkezete:

- Oszlopos kristallitok (0,01 – 0,1 mm)
- Réteges szerkezet, a hűlő felületre merőlegesen
- A makroszövet finomsága a fürdő méreteinek függvénye



- „keskeny” ill. „széles” (kedvezőbb) varratkeresztmetszet:



### 3. Hegesztési paraméterek fedettívű ívhegesztésnél

- elektróda maghuzal átmérő:  $d_e = 1,2 - 12 \text{ mm}$
- áramerősség:  $I = 130 - 5000 \text{ A}$
- ívfeszültség:  $U = 20 - 60 \text{ V}$
- hegesztési sebesség:  $V_{\text{heg}} = 100 - 5000 \text{ mm/min}$

### 4. A fedettívű hegesztés értékelése

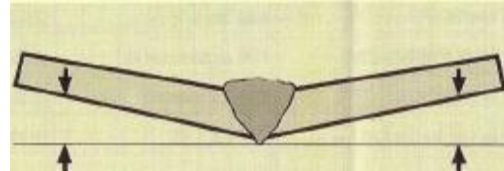
- Előnyei:
  - Rendkívül nagy teljesítmény, mély beolvadás
  - Nagy anyagvastagsághoz alkalmazható
  - Teljesen automatizált eljárás
  - Kis hővesztéssel dolgozik
- Hátrányok
  - Csak fekvő helyzetű varratokra
  - Korlátozott helyszíni alkalmazhatóság

# Hegesztési hibák és elkerülésük

## 1. Deformáció

Ok:

- Helytelen hegesztési sorrend
- Sok rövid varrat, nem megfelelő elektródaméret
- Aszimmetrikus varrat
- Elégtelen rögzítés vagy nagy szögeltérés



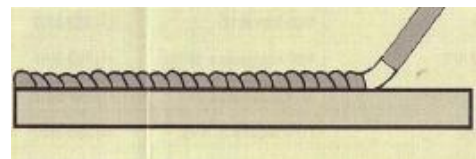
Elkerülés:

- Kétoldali hegesztés, hegesztési irány a szerkezet középpontjától kifelé
- Megfelelő elektródaméret, ha lehet, nagy hozamú elektróda
- Gondos hegesztési sorrend
- Elődöntés, vagy rögzítés a készülékben

## 2. Mágneses fűvás

Ok:

- Ívelhajlás mágneses hatás miatt
- Egyenáramú hegesztésnél, a szerkezet szélén vagy a határfelületeken jelentkezik



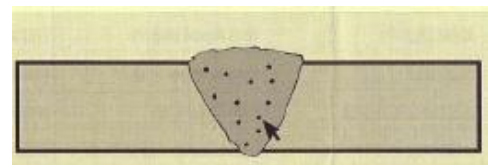
Elkerülés:

- A testcsatlakozó a hegesztés kezdési helyének közelében legyen
- Váltóáram használata
- Lehető legrövidebb ív

## 3. Porozitás

Ok:

- Nedvesség a helytelenül raktározott elektródából
- Felületi szennyeződés vagy festék a felületen
- Túl nagy hegesztési sebesség, túl hosszú ív



Elkerülés:

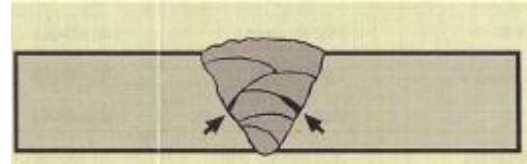
- Az elektróda újraszárítása gyártóművi előírás szerint, vagy újonnan kibontott elektródacsomag
- Festék, rozsdá, nedvesség eltávolítása

- Hegesztési sebesség csökkentése
- Ívhossz csökkentése

#### 4. Salakzárvány

Ok:

- Salak az ív elé folyik
- Elégtelen salakeltávolítás a varratsorok között
- Domború varrat, ami „salak-zsebet” okoz
- Helytelen varratsorrend



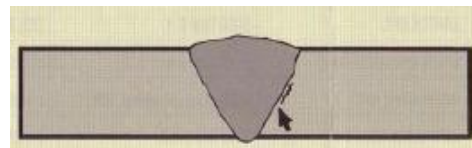
Elkerülés:

- Hegesztési sebesség, vagy elektróda dőlési szög növelése
- Megfelelő salakolás, esetleg köszörülés
- Megfelelő elektródavezetés a varrat szélén
- Gondos varratsorrend-tervezés

#### 5. Repedés a hőhatásövezetben

Ok:

- Alapanyag repedési hajlama (nagy C, Mn vagy egyéb ötvöző miatt)
- Lehülés a hőhatásövezetben túl nagy
- Nedves elektróda



Elkerülés:

- Jobb hegeszthetőségű anyag
- Előmelegítés a hűlési sebesség csökkentésére
- Utánszáritott bázikus elektróda

#### 6. Dermedési repedés

Ok:

- Nem megfelelő elektróda
- Alapanyag nagy C és S tartalma
- Nem megfelelő varratok
- Megfelelő varratméret a zsugorodási erők felvételére



Elkerülés:

- Bázikus elektróda
- Kicsi illesztési hézag

- A mereven megfogott részek erős fűzővarratot és gyököt igényelnek

## 7. Kráter repedés

Ok:

- Az ív túl gyors megszakítása befejezéskor

Elkerülés:

- Varratbefejezéskor az ív megszakítása előtt töltsük fel a krátert



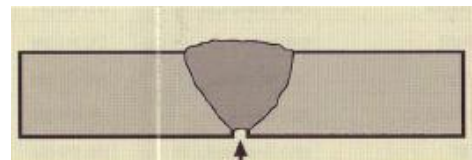
## 8. Gyökhiba

Ok:

- Túl nagy hegesztési sebesség
- Helytelen elektródavezetés
- Az illesztési hézag túl kicsi
- Nagy elektródaátmérő

Elkerülés:

- Kisebb hegesztési sebesség
- Lemezek közötti ívelés
- Az illesztés vagy köszörülés biztosítson megfelelő hézagot
- Megfelelő elektródaátmérő



# Anyagismeret

## 1. Acélok szennyezői

- Oxigén: csökkenti szilárdságot, nyúlást, növeli a melegrepedési hajlamot.  
Dezoxidálás: Mn, Si, Al.
- Nitrogén: növeli szilárdságot, csökkenti szívósságot, növeli az öregedési hajlamot. Denitrálás: Al, Ti, Nb.
- Hidrogén: folyékony acélban jól oldódik, elridegít, hidegrepedési hajlamot növeli.
- Kén: képlékenységet és korrózióállóságot csökkent, melegrepedési hajlamot növeli.  
Keresztirányú nyúlóképességet csökkenti.  
S<0,03% legyen.
- Réz: növeli szilárdságot és korrózióállóságot, vöröstörékenységi hajlamot növeli.  
Cu<0,2% legyen.

## 2. Acélok ötvözői

- Szilícium: Dezoxidáló, növeli szilárdságot, csökkenti nyúlást és hidegalakíthatóságot.
- Alumínium: ferritképző, dezoxidáló, szemeseffinomító. Csökkenti az öregedési hajlamot.
- Mangán: növeli szilárdságot, ausztenitképző, leköti S-t.
- Nikkel: növeli folyáshatárt, szívósságot javít.
- Foszfor: növeli a szilárdságot, de ridegít.
- Egyéb ötvözők: Króm Cr, Vanádium V, Titán Ti

## 3. Acélok jelölésrendszere

S: folyáshatár [MPa] + kiegészítő jelek

### 3.1. Ötvöztelen acélok

Szívósságra utaló jel:

Minimális ütőmunka			vizsgálati hőmérséklet
27 J	40 J	60 J	
JR	KR	LR	+ 20 °C
JO	KO	LO	0 °C
J2	K2	L2	- 20 °C
J3	K3	L3	- 30 °C
J4	K4	L4	- 40 °C
J5	K5	L5	- 50 °C
J6	K6	L6	- 60 °C

Utókezelésre utaló jel:

FU: csillapítatlan acél

FN: csillapítatlan acél nem engedélyezett

FF: teljesen csillapított acél megfelelő nitrogén-megkötő elemekkel

Ötvözetlen acélok összetétele

- BS (Basic Steel)
  - $C > 0,1 \%$
  - S és P  $< 0,045\%$
  - egyéb: Mn és Si
  - JR jelöléssel
- QS (Quality Steel)
  - JO és J2 jelöléssel
  - $C < 0,2\%$
  - Si  $< 0,55\%$
  - Mn  $< 1,4 - 1,6\%$

### 3.2. Finomszemcsés acél, normalizáló hengerléssel előállítva

~ Normalizáló hengerlés: finom szemcseszerkezet az újrakristályosodási hőmérsékleten végzett készre hengerléssel

Szívósságra utaló jel:

Jelölés	Minimális ütőmunka	Vizsgálati hőmérséklet
N	40 J	- 20 °C
NL	47 J	- 20 °C
	27 J	- 50 °C

Összetétel:

- $C \leq 0,2\%$
- Mn = 0,5- 1,8%
- Cr  $\leq 0,3\%$
- Ni  $\leq 0,3-0,8\%$
- Mo  $\leq 0,1\%$
- Cu  $\leq 0,7\%$
- mikroötvözők: Al, V, Nb, Ti, Zr, N, Ce, Ta, Ca, La, Y, B



### 3.3. Finomszemcsés acél, termomechanikus hengerléssel előállítva

- ~ Termomechanikus hengerlés: rendkívül finom szemcseszerkezet az újrakristályosodás megakadályozásával, gyors hűtéssel; max. 580 °C-ra melegíthető, tartósan efelett elveszti kedvező tulajdonságait!

Szívósság:

Jelölés	Minimális ütőmunka	Vizsgálati hőmérséklet
M	40 J	- 20 °C
ML	47 J	- 20 °C
	27 J	- 50 °C

Összetétel:

- $C \leq 0,13-0,16\%$
- $Mn = 1 - 1,8\%$
- $Cr + Mo + Cu \leq 0,6\%$
- + mikroötvözők:  $Nb \leq 0,03-0,05 \%$

### 4. Acélok hegeszthetősége

- Minden acél hegeszthető megfelelő hegesztéstechnológiával
  - Előkészítés, előmelegítés szükséges lehet
  - Hegesztési eljárás, sorrendterv, hőbevitel megválasztása fontos
  - Utókezelés – lehülési sebesség kontrollja megfelelő legyen
- Lemezvastagság, hőbevitel, a CE alapján választható:
  - $CE = C + Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Cu+Ni)/15$
  - Amennyiben:
    - $CE \leq 0,45 \%$  nem kell előmelegíteni
    - $CE \leq 0,45 - 0,6 \%$  100-250 °C
    - $CE > 0,6 \%$  250 – 350 °C
  - nem kell előmelegíteni  $t \leq 20 \text{ mm}$  -ig
- A hidegpedés elkerülése a felkeményedés korlátozásával történhet
- Hőhatásövezet max. keménysége 300-350 HV
- Lehülési idő 850-500 °C között (> kritikus idő)
- Megfelelő lehülési folyamat kialakítása: ne legyen se túl gyors se túl lassú

# Víztartó szerkezetek tervezési és kivitelezési hibái

Alapvető követelmény a műtárgyakkal szemben:

- erőtani (evidens)
- alakváltozási (kiváltó gerenda)
- tartóssági (hidak)
- vízzárósági (medence, szennyvíztározó)

Hibák osztályozása:

- tervezési
- kivitelezési
- anyaghibák
- nem hiba a vis maior - az előre nem látható, rendkívüli eseményből fakadó hiba. Pl. természeti katasztrófák, háborúk, repülőgép épületbe csapódása.

## 1. Tervezési hibák

### 1.1. Talajmechanikai jellegű hibák

A részletes talajmechanikai szakvélemény helytelen elkészítéséből adódó hibák:

- más területen (a közelben) készült a feltárás
- nem megfelelő részletességű az anyag
- a feltárások száma, mélysége nem elegendő
- hiányosak a statikus tervező talajmechanikai ismeretei, nem tudja „kezelní” a kapott anyagot
- régi a szakvélemény, időközben megváltoztak a helyszíni pl. talajvíz viszonyok

### 1.2. Alapozással összefüggő hibák

Különösen veszélyesek, mert veszélyeztethetik a műtárgy állékonyságát, javításuk rendkívül körülményes és költséges.

- az alapozási sík nem a teherbíró talajba került
- nem vették figyelembe a talajvízben való alapozás speciális igényeit (kerülendő a talajvízben való alapozás)
- nem terveztek talajcserét, amikor szükség lett volna rá
- nem vették figyelembe a fagyhatárt
- kötött talaj esetén nem vették figyelembe, hogy duzzadó agyagra került a műtárgy, elmaradt a megszakító szemcsés réteg
- nem írták elő az egyenletes tömörítés szükségességét és a tömörítés fokát
- lösz talajok esetén elmaradt a műtárgy alá kerülő, az abból kikerülő víz összefogására szolgáló

vasbeton tálca

### 1.3. Víztelenítési hibák

A műtárgy oldalán és alján távozó vizek elvezetésére szivárgókat kell betervezni, továbbá meg kell oldani a felszíni vizek elvezetését is. Az ezekből adódó hibák:

- lejtős terepen az oldalszivárgók elhagyása
- komplett, összefüggő szivárgó rendszer átgondolt terveinek hiánya
- a víztelenítési módszer helytelen megválasztása (eredménye lehet a talajtörés)

### 1.4. Statikai jellegű hibák

- helytelen a statikai modell, vagy a felvett modell a szerkezetet csak a képlékeny átrendeződés után írja le helyesen
- az egyidejűleg működő terhek nem megfelelően lettek figyelembe véve
- foghíj beépítésnél elmaradt a szélteher figyelembe vétele
- olyan teherkombinációk alkalmazása, melyek nem fordulhatnak elő
- előforduló teherkombinációk kihagyása
- az erőjátékot befolyásoló különböző hatások elhagyása
- a másodlagos és járulékos hatások elhagyása (zsugorodás, lassú alakváltozás, hidratációs hő, hőmérsékleti hatások)
- az építéstechnológiai folyamat egyes lépéseit nem, vagy rosszul vesszük figyelembe (pl. építési sorrend)
- szomszédos építményekről adódó többlethatások, ideiglenes hatások figyelembe vételének elmaradása
- a szerkezetre előírt alakváltozási és repedéstágassági követelmények be nem tartása
- nincs figyelembe véve az alaplemez rugalmas ágyazása
- a számítás elvi és számszaki hibákat tartalmaz

A vasalás hiányosságai:

- rossz acélminőség megválasztása
- a vasalás nem követi az igénybevételeket
- szerkesztési szabályoktól való eltérés
- hegesztett hálók helytelen illesztése
- az átmérő rossz megválasztása

### 1.5. Szerkezeti jellegű hibák

#### 1.5.1. Csomóponti kialakítás

- a csomópont nem felel meg a statikai váznak
- a szerkesztési szabályok elhanyagolása (túl sűrű a vasalás)
- túlzott a számított repedéstágasság
- a csomópont kialakítása nincs összhangban az építési technológiával

### 1.5.2. Vonórudak hiányosságai

- vonótárcsa vagy vonó földem helytelen alkalmazása (előregyártott elemek közé vonórúd, fölé vonótárcsa)
- kicsi a vonórúd keresztmetszet
- túlzott alakváltozás engedése
- a toldás nem csavaros kialakítású
- befogása, lehorgonyzása rossz, kicsi a toldási hossz

### 1.5.3. A dilatáció szerkezeti hiányosságai

Az eltérő épületek közé rugalmas, vízzáró dilatációt kell kialakítani. A víznyomásnak kitett dilatáció az épület leggyengébb pontja.

- helytelen a dilatációs hézag helyének megválasztása
- kicsi a hézagméret
- nem megfelelő a szalag anyaga (pl ivóvíznél csak atoxikus lehet; nem bírja ki a szalag a nyomást és a mozgást)
- a szalag rögzítése nem megfelelő (elmozdul betonozáskor)

### 1.6. A tervek hiányosságai

- rossz a műszaki leírás, hiányoznak az alapadatok (statikai váz, feltételezett erőjáték, építés módja, munkafázisok sorrendje, átadási feltételek, anyagok, hasznos terhek, stb.)
- tervek kidolgozatlansága (csomópontok, részletek hiánya, elnagyoltsága)
- elvi és számszaki hibák (helytelen szerkezeti koncepció, kótahibák, stb.)
- kivitelezői adottságok figyelmen kívül hagyása (pl. belső ellenőrzés elmaradása)
- kivitelezői egyeztetés elmaradása

## 2. Kivitelezési hibák

### 2.1. A tervek ismeretének hiánya

### 2.2. A tervtől való önkényes eltérés

- értelmetlen spórolás (pl. kevesebb dűcot tesznek)
- túlzott kivitelezői kockázatvállalás
- a tervek félreérthetőek

### 2.3. Építéstechnológiai fegyelmezetlenségből keletkező hibák

- Földmunkáknál
  - a tükör túlfejtése, a visszatöltött talaj lazasága
  - előírt tömörség elmaradása
  - egyenetlen tömörség

- Víztelenítés
  - helytelen víztelenítési mód megválasztása
  - az ideiglenes víztelenítés rossz
  - a végleges víztelenítés rossz (elmarad a szivárgó rendszer)
- Alapozás
  - betervezett szemcsés anyag megszakító réteg elmaradása
  - fenéklemez alatti, alapozásra alkalmatlan talajrétegek benthagyása
- Zsaluzás
  - alulméretezett állvány
  - zsaluátkötések rosszak: vékonyak, átvezetik a vizet
  - ellenzsaluzat elmaradása
  - tömörítéssel összefüggő hibák: zsalunyílások elmaradása vibrálás elmaradása
- Vasszerelés
  - a tervtől eltérő a vasalás
  - a betonfedés rossz
  - túl sűrű a vasszerelés
  - a külső és belső hálók összemerevítésének elmaradása
  - távtartók elhagyása (műanyag, zsámolyok, letaposás)
  - szerelési pontatlanságok
  - burkoló csövek megsérülése betonozás előtt
  - felúszás figyelmen kívül hagyása
- Injektálás
  - 0 °C alatti injektálás
  - injektáló tömlők végeinek eltömítése
  - fagyásgátlók túlzott adagolása (korrózió veszély)
  - kötésgyorsítók túlzott adagolása
- Betonozás
  - alacsony hőmérséklet
  - felhasznált anyagok rosszak
  - rossz összetétel
  - rossz bedolgozás (pl. osztályozódik, fészkes lesz)
  - egyenetlen, túlzott tömörítés
  - gondatlan utókezelés
  - rosszul előkészített munkahézag
  - nagy a v/c tényező
  - nincs betonozási ütemterv
- Szigetelés
  - szakszerűtlen felhordás
  - gyártói előírások figyelmen kívül hagyása
  - nem kellően védett
  - beszorító habarcs hiánya
  - napvédelem elmaradása
  - rossz toldás

- levegő kerül a szigetelés alá
- Szervezési hibák
  - eltérés az előírásoktól
  - építési sorrend felcserélése
  - szervezési hiányosságok
  - túlfeszítés, feszítési sorrend
  - szakszerűtlen vízzárósági próba, vagy annak elmaradása

# Csúszó-kúszózsalus technológia

~

~ A technológia folyamatos betonbedolgozást kíván, a módszer munkafázisai:

1. Zsaluzat kiszerezése 1,00 - 1,25 méter magasságig a járulékos segédszerkezetekkel
2. Betonacél szerelése, beton bedolgozása - ugyanabban az ütemben, megszakítás nélkül a szerkezet teljes magasságáig
3. A zsaluzat folyamatos emelése a betonbedolgozás ütemének megfelelően (kb. 3 - 4 méter/nap)

## I. A csúszózsaluatos technológia

### a) Egyedi jellemzők

- A zsaluzat folyamatos függőleges emelése (átlag 10-15 percenként kb. 2 cm)
- A zsaluzat emelési sebessége a betonbedolgozás üteme szerint történik
- A betonozás ütemét a zsaluzat magassága és a felhasznált beton adott körülmények melletti kötésiideje határozza meg

### b) Alkalmazási területei

#### Gazdaságossági szempontból:

- kb. 12-15 méternél magasabb szerkezetek esetén
  - ~ a felvonulás és a zsalukiépítés költsége a csúszott magasságtól függetlenül alakul ki, míg a csúszás idejére eső bérköltségek a magassággal arányosak. Így a fajlagos költségek a magasság növekedésével csökkennek

#### Műszaki kialakítás szempontjából:

- Állandó falvastagságú függőleges vasbeton szerkezetek:
  - Hagyományos ipari - mezőgazdasági alkalmazási terület:
    - nagykeresztmetszetű tartópillérek (hídépítés, erőműépítés)
    - toronyépítmények (tv torony, információs berendezések, kisebb szélerőművek)
    - silók, tárolók (szennyvíztisztító telepek, cementgyári létesítmények, mezőgazdasági tárolók, ipari tároló)
    - egyedi nagymagasságú statikai szerkezetek (kötő tartószerkezetek)
  - Alkalmazás a középület építés területén:

- lépcsőházak, liftgépházak szerelőaknák, merevítő magok nagy magasságú vasbeton falak, vasbeton szerkezetű épület függőleges vasbeton falainak együtemű építése
- Változó keresztmetszetű függőleges szerkezetek:
  - Változtatható paraméterek: falvastagság, faldőlés (külső - belső oldal külön - külön) sugár
  - Kör keresztmetszetű magaslétesítmények egyenes vonalú dőlt vagy íves (pl: hiperbolikus) alkotókkal:
    - víztornyok, ipari kémények hűtőtornyok, egyedi kialakítású pillérek
  - Nem kör keresztmetszetű szerkezet dőlt vagy törtvonalú alkotóval:
    - speciális kialakítású pillérek

#### c) A csúszózszaluzatos technológia alkalmazásának előnyei

- Gyorsaság:
  - ~ átlagos kivitelezési idő: zsaluszerelés 7-10 nap, csúszás 4 méter/nap, bontás, levonulás 5 nap
- Gazdaságosság
  - ~ 12 - 15 méternél magasabb vasbeton falak esetében 10-15% költségelőny, mely a magasság növekedésekor csökken
- Munkaigényes alaprajzi megoldások egyszerű megvalósítása
  - ~ a zsaluzatot csak 1 méter magasságra kell elkészíteni, így viszonylag egyszerűen követhető a bonyolultabb alaprajz is
- Látványos megjelenés az építkezés kezdeti fázisában
- Homogén megjelenésű falfelületek:
  - ~ a fal - födém, fal - födém ütemű szerkezetépítés esetén a födémmel nem osztott függőleges végigmenő falaknál (pl. felvonóaknák belső falánál) a technológiai munkahézagok nem jelennek meg (mint hagyományos építés esetén, szintenkénti osztásként)

#### d) A csúszózszaluzatos technológia alkalmazásakor felmerülő kérdések

- Méretpontosság kérdése
  - ~ a zsaluszerkezet a szerkezetépítés teljes ideje alatt folyamatosan mozgásban van, megfelelő gyakoriságú méréssel biztosítható, hogy egy jelentkező nemkívánatos mozgásirányt még a mérettűrési határérték meghaladása előtt észre lehessen venni
  - ~ a tulajdonképpeni zsaluzat csak a keretközönkénti távolságokra (1,50 - 2,00 méter) szolgáltatja a zsaluszerkezet teljes merevségét.
- Dörzsölt felület
  - ~ a zsaluhéj a beton kötése közben is folyamatosan csúszik felfelé a beton felületén, miközben erősen dörzsöli azt, így nem keletkezik olyan tükörsima megjelenésű fal.
- Elhelyezések pontossági kérdése



- ~ a zsaluzatba helyezendő nyílászsaluzatokat és egyéb bebetonozandó szerkezeteket olyan erősen rögzíteni kell, hogy a folyamatosan csúszó zsaluhéj ne tudja azt a helyéről beakadás vagy az erős súrlódás miatt felhúzni.
- 24 órás munkavégzés (éjszakai és hétfégi munkavégzés kérdései)
  - ~ lakott hely közelében egyre kevésbé megengedett az éjszakai és hétfégi zajjal járó tevékenység. Az
- Párhuzamos munkavégzés kizárása az érintett területen
  - ~ adott esetben akár 1 – 2 hétre is leállhat minden más munka a csúszás körzetében
- Darukapacitás lekötése
  - ~ általában teljes mértékben lefoglal a technológia egy darut
- Tervezési ütemezés megbontása
  - ~ közvetlenül az alaplemez terveinek elkészülte után igény van a technológia által érintett részek teljes magasságára elkészített statikus tervekre.
- Csatlakozások kialakítása
  - ~ a csomópontok a fal keresztmetszetéből nem nyúlnak ki, a kapcsolatok elhelyezése után azok az emelkedő zsaluzat síkján belül vannak.

e) A csúszózsályuzatos technológiával készülő szerkezetek kivitelezése során előforduló problémák

- Alak- és méretpontosság a zsalu kiszerelésekor, a betonozás megkezdése előtt:
  - A zsalu nem a kitűzött pontok szerinti helyre kerül vagy szerelési pontatlanság miatt, vagy az alaplemezbe nem kellően pontosan elhelyezett induló tuskék „szorítása” miatt
  - Korrigálás:
    - ~ a zsaluzatot a helyes geometria szerinti vonalra kell hozni a zsaluzat koordinált feszítőékes mozgásával
- Alak-és méretpontosság csúszás közben:
  - A zsalurendszer az egyenetlen terhelések, a rendszertelen bedolgozás vagy a kiszerelési pontatlanságok miatt elveszíti formáját
  - Korrigálás:
    - ~ a függőlegességi méréseket a négy sarokpontban és nagyobb falhosszak esetén 8 - 10 méterenként felvett sűrítő pontokban végezzük
- Függőlegesség, csavarodás:
  - Függőlegestől való eltérés korrigálása:
    - ~ zsaluterhelési egyenetlenségek kiegyenlítése
    - ~ zsaluemelés síkjának döntése (nívógyűrűk segítségével)
    - ~ tábladőlések ellenőrzése és korrigálása a lábak ráfeszítésével
  - Csavarodás korrigálása:
    - ~ betonozás irányának megváltoztatása

~ támrudak bizonyos mértékű megdöntése és kikötése a csavarodással ellentétes irányban

- Felületi hibák:

- A betonozási munkahézag kimutatható
- A felületen szennyeződés található
- A falat a zsaluzat feltépte
- A fal egyes helyeken megfolyt
- Korrigálás:
  - ~ A betonbedolgozás ütemét úgy kell kialakítani, hogy a friss terítés még összedolgozható legyen az alatta lévő réteggel
  - ~ Utólagos javítás csak a hézag teljes mélységben történő visszavésésével és megfelelő anyaggal történő bejavításával történhet
  - ~ A fal feltépődése ellen előnyös az acélzsaluzat
  - ~ Megfolyás akkor fordulhat elő, ha a zsaluzat emelése gyorsabb ütemben történik, mint ahogy a zsaluból kikerülő betonréteg köt - az emelési sebességet korrigálni kell
  - ~ Pikkelyes ráfolyás akkor tapasztalható, ha vastag rétegben került frissbeton a zsaluzatba, amely nagy nyomása a zsaluzatot helyenként megnyomta, kis mértékben megnyitotta, utat nyitva a felső folyós beton felületi megfolyásának - a betonozás ütemének megfelelő kiválasztása szükséges
  - ~ A mütárgyon körbe egységes, gyűrűszerű kidudorodás keletkezhet akkor, ha a zsaluzat alsó övében időlegesen szétfeszül és kinyílik, majd a feszítőerő csökkenését követően visszazár eredeti helyére

# Önfúró csavaros kapcsolatok

## 1. Vékonyfalú szerkezetek kapcsolatai

- A 0,4-3,5 mm-es vastagságú elemek a korrózió miatt tüzhorganyozottak
- A profilok:
  - ~ A cink réteg megfelelő duktilitású legyen (hideghengerlés miatt)
  - ~ C, U, Z, trapézlemez
  - ~ Általában 4. keresztmetszeti osztályú szelvények
- Nagy lemez b/t arány (70-250) →lokális lemezhorpadás, shear lag, flange curling
  - ~ A lokális horpadás hatását a lemezelemek merevítésével csökkenthetjük:
- Merevítetlen, részlegesen merevített lemezek →torzulásos horpadás (distortional buckling)
- 1x, 0x szimmetria →térbeli elcsavarodó kihajlás
- Imperfekcióérzékenység – a lemezvastagsághoz képest nagyok!

## 2. Vékonyfalú szerkezetek viselkedése

Lokális horpadás

Torzulásos horpadás

Globális tönkremenetel

## 3. Önfúró csavaros kapcsolatok általános ismertetése

- A kis lemezvastagság miatt kis átmérőjű csavar szükséges
- Alkalmazási terület
  - C, Z, U...
  - trapézlemez
  - vékonyfalú szerkezetek,  $t \leq 3,5$  mm
- A csavar kialakítása
  - ~ hatlapfejű csavarfej – fúróval behajtható
  - ~ domború alátét, gumi alj
    - meghúzáskor kisimul, befeszül, lemezeket összehúzza
    - vízszigetelést biztosít
    - nincs minden csavaron
  - ~ önmetsző menet



- meredek emelkedés → gyorsan behajtható
- a felületi korrózióvédelmet beviszi a lyukba önfűró vég
- nincs szükség előfűrésra
- kicsit kisebb átmérő, mint a menetes szakaszon
- Rengetegféle kialakítás, cél
  - ~ lemezek összekapcsolása
  - ~ gipszkarton/OSB felerősítése
  - ~ kis teherbírás (függ  $t_{\text{lemez}}$ -től)
  - ~ kis merevség (kis méret, vékony lemez)
- Viselkedés
  - ~ fő befolyásoló: lemezvastagság, behajtási irány
  - ~ nincs anya → befordul erőirányba → nő a nyírt felület → húzás is megjelenik
  - ~ alátét befeszül → hajlítja a lemezt
  - ~ menet felőli lemez lehúzódhat a csavarról
  - ~ több csavar egymásra hatása?
  - ~ félmerev kapcsolati viselkedés várható
  - ~ összetett viselkedés, kísérlettel vizsgálendő
- Nem konvencionális kapcsolat
  - ~ korcoláshoz hasonló technika
  - ~ nincs EC-alapú méretezési eljárás - csak a szabadalom birtokosa gyártja

#### Irodalomjegyzék:

- A jegyzet a Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Hidak és Szerkezetek Tanszéke által a Szerkezet-Technológia (BMEEOHSAS10) tárgyhoz feltöltött segédanyagok alapján készült.  
[http://www.hsz.bme.hu/hsz/htdocs/oktatas/tantargy.php?tantargy\\_azon=BMEEOHSAS10](http://www.hsz.bme.hu/hsz/htdocs/oktatas/tantargy.php?tantargy_azon=BMEEOHSAS10)
- A feltöltött segédanyagok mellett forrásként saját jegyzetem jelölhető meg, melyet Dr. Horváth László, Dr. Strobl András, Dr. Joó Attila, Dr. Katula Levente Tanár Urak előadásain és gyakorlati óráin készítettem.