

SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
Anyagismereti és Járműgyártási Tanszék

GÉPIPARI TECHNOLÓGIÁK

/ FORGÁCSNÉLKÜLI ALAKÍTÁS /

ÖSSZEÁLLÍTOTTA

Dr. Halbritter Ernő
egyetemi docens

GÉPIPARI TECHNOLÓGIÁK

Alapfogalmak

Technológia

- Azoknak az eljárásoknak a **tudománya és gyakorlata**, melyek segítségével a természet nyersanyagai és féltermékei emberi fogyasztásra vagy felhasználásra alkalmassá vagy alkalmasabbá tehetők.

Csúcstechnológia

- Azok az új termelési eljárások és az ezekkel járó elméleti és/vagy gyakorlati ismeretanyagok, melyek olcsóbb vagy jobb minőségű termék előállítását teszik lehetővé.
- A csúcstechnológiát igénylő termékeket csak az a termelő tudja előállítani, aki birtokában van az elkészítés technológiai ismereteinek és eszközeinek. / Lásd a technológiák jellemző vonásaival kapcsolatos idevonatkozó megjegyzéseket. /

Gyártmány

- Gyárilag előállított iparcikk.
- Lehet előgyártmány, félkésztermék, kész alkatrész, alkatrészekből összeállított / összeszerelt / szerkezet, gép.

Gyártás

- Az ipari termékek gyárilag való előállítása.
- Nyersanyagok, félkésztermékek \Rightarrow késztermékek kiszállítása, üzembe helyezése.

Gyártástechnológia

- Az anyagok gyári feldolgozására vonatkozik.

Gépipari technológiák

- Gépipari termékek előállítására szorítkoznak

Gyártás jellege, tömegszerűsége

- Egyedi gyártás
- Sorozatgyártás
- Tömeggyártás

Gyártástervezés

- A teljes gyártási folyamatban előforduló összes tevékenység terve,
- A tevékenység jellege:
 - Kutató,
 - Tervező,
 - Irányító,
 - Ellenőrző,
 - Kiértékelő

Műveletterv

- Csak a technológiai folyamatokban előforduló műveletek - megmunkálások - terveit tartalmazza. Pl. kovácsolási, öntési, forgácsolási, hőkezelési, hegesztési, szerelési, stb. művelettervek.
- Célja:
 - Megtervezni mindazt, amit nem bízhatunk a munkásra,
 - A gyártás menetének egyértelmű rögzítése,
 - Adatszolgáltatás /Anyagnorma, normaidő /.

Műveleti utasítás

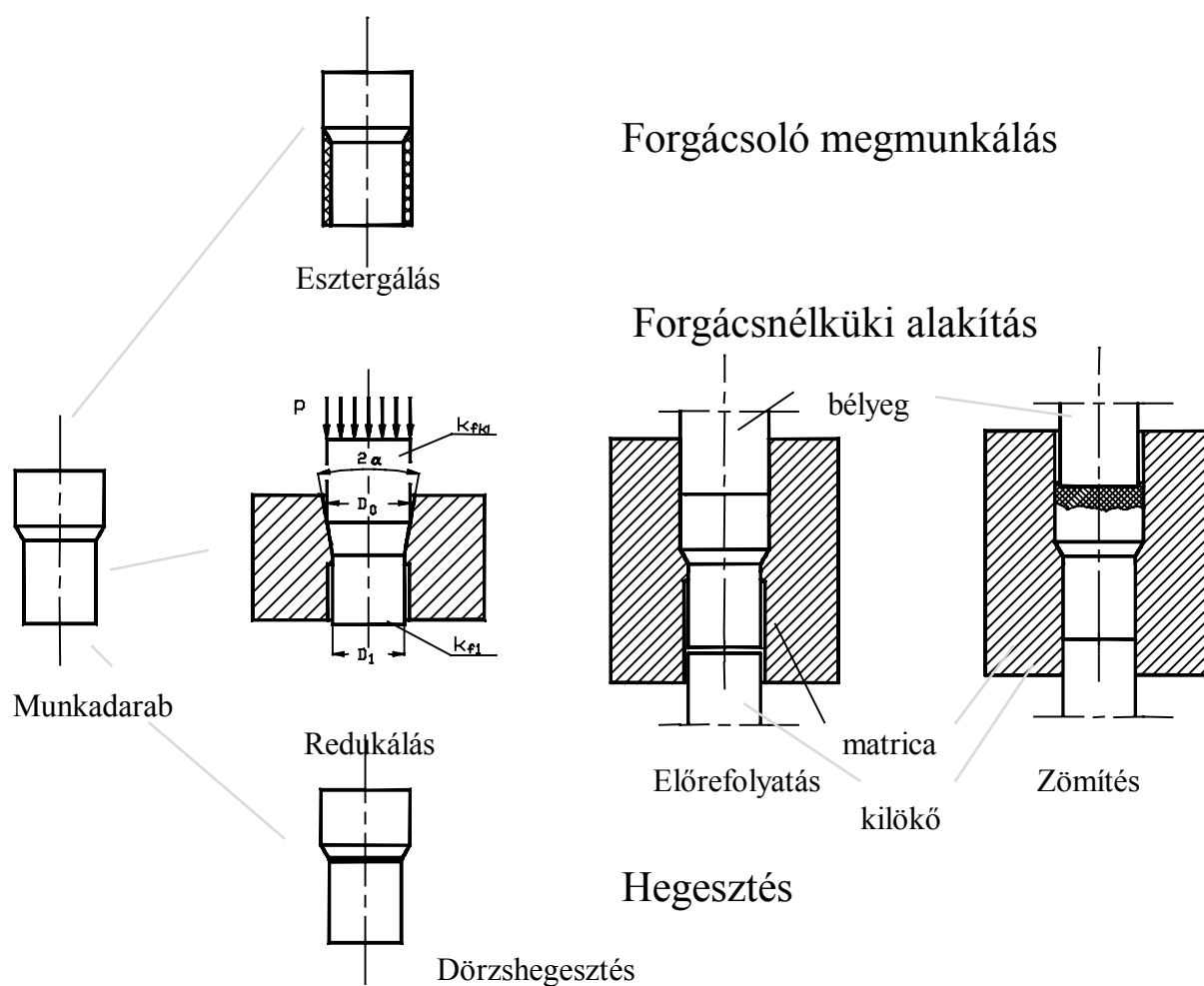
- A művelettervek alapján ügyviteli okmányként kidolgozott előírások.
- Egyértelműen meghatározzák, hogy:
 - **mit** kell elvégezni,
 - **ki** végezze el, /megkívánt szaktudás, gyakorlat előírása, a dolgozó képességeivel kapcsolatos kikötések /
 - **hol** végezze el, /a legmegfelelőbb üzem, műhely, gép kiválasztása/
 - **mivel** végezze el, / leghatékonyabb és leggazdaságosabb gyártási eszközök - szerszámok, készülékek , stb. - kijelölése,
 - **miképpen** végezze el, - a technológiai adatok megadása, a technológiai fogások megnevezése.

Mit kell gyártani

Figyelembe kell venni, hogy a gyártandó alkatrészt jellemzi

- Anyagtulajdonsága. /Az anyagtulajdonságot meghatározza a kémiai összetétel, a hőkezelési állapot, az alkalmazott technológiák hatása. /
- Alakja, mérete illetve ezeknek tűrése.
- Felületi minősége / Felületi érdesség, a felületi réteg tulajdonsága. /

Példák az alternatív megoldásokra:



Korszerű technológiák

Korszerű = a kor követelményeinek megfelelő, modern

Korunk követelményei:

- Minőség
 - Mindazon tulajdonságok és jellemzők összessége, ami alkalmassá teszi a terméket az igények kielégítésére.
 - Fokozott követelmények az alapanyaggal szemben,
 - Fokozott követelmények a munkadarabokkal szemben
 - Szűkebb gyártási tűrés / mm \Rightarrow η m \Rightarrow nm
 - Kedvezőbb felületi rétegtulajdonságok / felületi érdesség, felületi keménység-eloszlás, maradó feszültség-eloszlás /

- Megbízhatóság

Értelmezése:

1. Valamely gyártmány jellemző tulajdonsága, melyet annak valószínűsége fejez ki, hogy az illető tárgy meghatározott feltételek mellett és meghatározott ideig rendeltetésszerűen működik.
 - A begyűjtött meghibásodási adatokból statisztikai módszerekkel értékelhető ki.
 - Egyetlen egyedre vonatkozóan a megbízhatóság nem értelmezhető.
2. Egy rendszer működésbiztonságának statisztikus leírása.

Biztosítása:

- Minősített anyagok.
 - Ellenőrzött, jól kidolgozott technológiák.
- Gazdaságosság
 - A gyártási tevékenység hatékonyságának kifejezése az eredmény és a ráfordítás szembeállításával.
 - Általában relatív fogalom, legalább két változat összehasonlítását feltételezi.
 - A gazdaságossági számítások alapvető problémája a gazdaságosság összetevőinek (az eredménynek és a ráfordításnak) a minél pontosabb meghatározása.

Feladatok:

- A gépi és emberi energia lehető leghatékonyabb alkalmazása.
- A gyártás közvetlen és közvetett költségeinek optimális értéken való tartása.

Az optimalizálás célfüggvénye lehet:

- A legrövidebb gyártási idő,
 - A termék előállításának legkisebb költsége,
 - A legnagyobb nyereség,
 - A legnagyobb profit, azaz az egységnyi idő alatt elérhető legnagyobb nyereség.
 - Az adott gyártási feladat összehangolása az összes termelési feladattal.
- Megújulási készség
 - Termékmegújulás.
 - Technológiai megújulás, rugalmas gyártás.

- Újrafelhasználás / RECYCLING /
 - Szétszerelhetőség,
 - Felújíthatóság,
 - Alkatrészek újrafelhasználása,
 - Alapanyagok újrafelhasználása.
- A számítógép felhasználása.

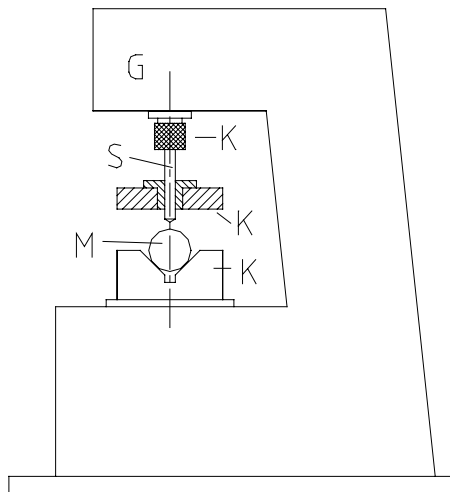
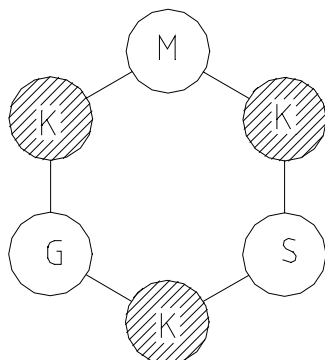
A technológia jellemző vonásai.

- A technológia profittermelő
 - Többnyire nem a termék, hanem a technológia határozza meg a vállalat gazdasági helyzetét.
 - A korszerű technológiával dolgozó vállalatok többnyire nyereségesek, az elmaradott technológiák ráfizetésesek.
 - A gazdasági elmaradásunk főleg a technológiai elmaradottságunkból következik.
- A technológia minőség-meghatározó
- A jó technológiák többnyire titkosak
 - A jó technológiával biztosított extraprofit mindaddig megmarad, amíg az új technológia ismertté nem válik.
 - A csúcstechnológiát nem lehet megvásárolni.
 - Saját fejlesztés nélkül egyre nagyobb a lemaradás. (Az új technológia telepítéséhez alacsony bérigény, kitűnő munkafegyelem, betanulásra kész szabad munkaerő, megfelelő műszaki és szellemi infrastruktúra kell. A fejlesztéshez elsősorban pénz, tapasztalat, kreativitás kell.)
- A technológiai fejlesztés eredményét nagyon szigorúan ítélik meg. (Egy technológiai fejlesztés csak akkor eredményes, ha a vele előállított termék minősége jobb, vagy olcsóbb.)

A gépipari technológiák helye a gyártási folyamatban.

Kohászat								Gépgyártás
Alapanyaggyártás		Előalakító technológiák						Alkatrész Gyártó
Nyersvas-gyártás	Acél-gyártás	Öntészet	Hengerlés	Sajtolás	Dróthúzás	Lemez-sajtolás	Kovácsolás	Forg. stb.

II. MKGS rendszer



M – Munkadarab

K – Készülék

- Munkadarab befogó
- Szerszám befogó
- Szerszám vezető

G – Gép

A felmerülő kérdéseket, feladatokat az MKGS rendszeren belül kell tárgyalni, megoldani. Pl.:

1. Tervezési feladatok

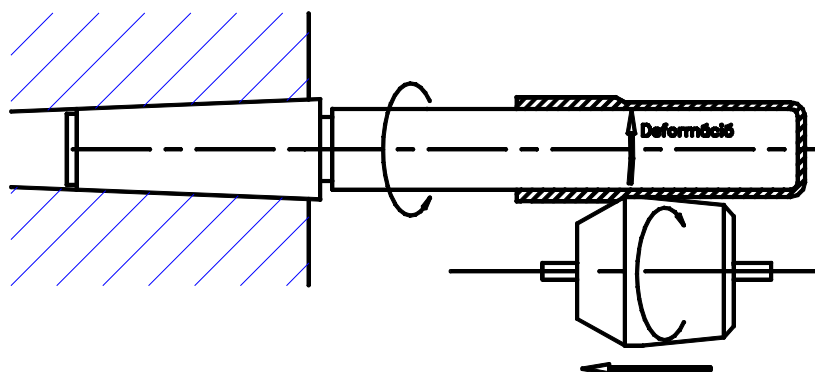
M- Általában adott, esetenként a gyárthatósági, gazdasági követelmények miatt módosítani kell az alakját, anyagminőségét.

S – Gyakran célszerszámot kell tervezni, gyártani.

G – Többnyire a rendelkezésre álló gépparkból választjuk ki, és a tervezés csak az optimális technológiai adatok, gépbeállítási értékek meghatározására korlátozódik. **A technológiai paraméterek meghatározásánál is érvényesüljön a rendszerszemlélet!**

2. Deformáció

- Képlékeny alakításnál a fellépő erők hatására munkadarab maradó alakváltozást, a szerszám és a gép rugalmas alakváltozást szenved.
- Az MKGS rendszer rugalmas deformációja megmunkálási hibákhoz /pl. mérethiba, alakhiba / vezethet. Példa – mélynyomás esete!



A hibák csökkenthetők:

- Az erők csökkentésével / pl. a fogásmélység csökkentésével, a görgő profiljának optimalizálásával, a munkadarab anyagának előzetes lágyításával /.
- Az erők kiegyenlítésével / pl.: több görgő alkalmazásával /.
- A rendszer merevségének fokozásával /Pl. a túske geometriájának megváltoztatásával – legyen rövidebb, a kúpos csatlakozásnál nagyobb átmérőjű, a túske megtámasztásával. /
- Esetenként a deformáció figyelembevételével /pl. kivágásnál a vágólap méretét a munkadarab alsó határméretére tervezik, mert a munkadarab mérete a rugalmas deformáció miatt növekszik /.

Merevség – a rugalmas alakváltozással szembeni ellenálló-képesség, mértékegysége N/mm. /

Elérhető méretpontosság, felületi minőség

Pl.: Elérhető méretpontosságok

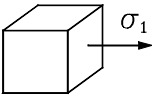
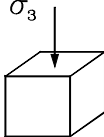
Technológia	Tűrés											
	IT 5 7 i	IT 6 10 i	IT 7 16 i	IT 8 25 i	IT 9 40 i	IT 10 63 i	IT 11 100 i	IT 12 160 i	IT 13 250 i	IT 14 400 i	IT 15 630 i	IT 16 1000 i
Porkohászat												
Sülly. Kovács.												
Melegfolytatás												
Hidegfolytatás												
Mélyhúzás												
Kivágás												
Redukálás												

3. Kopás

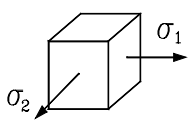
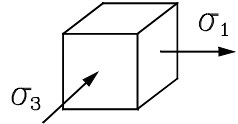
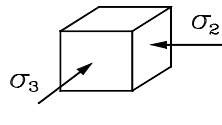
- Képlékeny alakításnál - pl. kivágásnál - a szerszám állapota a meghatározó, a gépek elévülése lassúbb, mint pl. forgácsolásnál.

Képlékeny alakítás elméleti alapjai

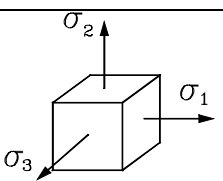
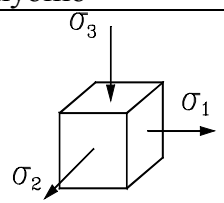
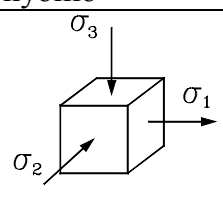
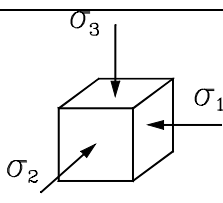
1. A képlékeny alakítás fogalma
 - Olyan gépgyártástechnológiai eljárások tudománya és gyakorlata, ahol az alakadást az anyag szilárd állapotában végzik az anyag folytonosságának megszakítása nélkül.
2. Forgácsnélküli alakítás fogalma
 - Képlékeny alakítás + alakítás nyíró-igénybevétellel /pl.: kivágás /
3. A képlékeny alakítás mechanizmusa
 - Atomsíkok elcsúszása + elfordulása
4. A képlékeny alakítást befolyásoló tényezők
 - Belső feltétel
 - Kémiai összetétel, hőkezeltégi állapot, előélet.
 - Az anyagban előforduló fázisok -
 - tulajdonsága, mennyiségi aránya,
 - a rideg fázis(ok) alakja, eloszlása
 - A fémes vegyületek, pl. ridegek ridegek, a szilárd oldatok pl.: ferrit, ausztenit viszonylag jól alakíthatók.
 - Alakíthatóság szempontjából legkedvezőbb a lapközepes kristályrács. / Al, Cu, ausztenit .../
 - Acél alakíthatósága / kis karbontartalom, a szemcsés perlités szövetszerkezet /.
 - Külső befolyásoló tényezők:
 - Hőmérséklet,
 - Alakváltozási sebesség,
 - Feszültségi állapot.
5. Feszültségi állapot fogalma, megadása
 - A feszültségi állapot alatt az anyag egy adott pontjában előforduló feszültségek összességét értjük.
 - Ha az adott pontnál felvesszünk három, egymásra kölcsönösen merőleges síkot és megadjuk a síkokban ébredő normál, illetve csúsztató feszültségek értékét, akkor ez egyértelműen meghatározza az adott pont feszültségi állapotát.
 - Mindig létezik az előbb említett három síknak egy olyan állása, amikor csak normál feszültségek lépnek fel. Ilyenkor a normál feszültségeket főfeszültségeknek nevezzük.
 - Egytengelyű feszültségi állapot

Egytengelyű húzó	Egytengelyű nyomó
	

- Síkbeli feszültségi állapot

Tiszta húzó	Vegyes	Tiszta nyomó
		

- Térbeli feszültségi állapot

Tiszta húzó	Két húzó és egy nyomó	Egy húzó és két nyomó	Tiszta nyomó
			

- A feszültségi állapot hatása az elérhető alakváltozás nagyságára
 - Kármán Tódór kísérlete,
 - Minél nagyobb szerepe van a képlékeny alakításnál a nyomófeszültségnek, annál nagyobb az elérhető alakváltozás mértéke.

6. Az alakítás hatása:

- hidegkeményedés,
- alakítási textúra,
- alakítási feszültség / maradó feszültség /

III.

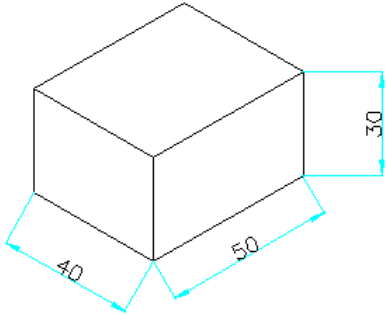
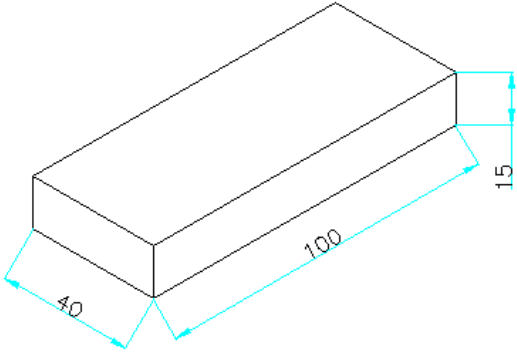
1. Az alakváltozás kifejezése

- Fajlagos, vagy mérnöki alakváltozás - ε
- A méretváltozást az eredeti mérethez viszonyítjuk, pl. hossz méretváltozásnál:

$$- d\varepsilon = \frac{dL}{L_0}; \quad \varepsilon = \int_{L_0}^{L_1} \frac{dL}{L_0} = \frac{L_1 - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0}$$

- Valódi vagy logaritmikus alakváltozás - φ
- A méretváltozást az aktuális, a pillanatnyi mérethez viszonyítjuk, pl. hossz méretváltozásnál:

$$- d\varphi = \frac{dL}{L}; \quad \varphi = \int_{L_0}^{L_1} \frac{dL}{L} = \ln \frac{L_1}{L_0}$$

Kiinduló méretek	Alakítás utáni méretek
	

Logaritmikus hossz méretváltozás: $\varphi_L = \ln \frac{L_1}{L_0} = \ln \frac{100}{50} = \ln 2 = 0,693$

Logaritmikus szélességváltozás: $\varphi_b = \ln \frac{b_1}{b_0} = \ln \frac{40}{40} = \ln 1 = 0$

Logaritmikus magasságváltozás: $\varphi_h = \ln \frac{h_1}{h_0} = \ln \frac{15}{30} = -\ln 2 = -0,693$

⇒ A logaritmikus alakváltozással kifejezhető a térfogat-állandóság:

$$L_0 b_0 h_0 = L_1 b_1 h_1; \quad \frac{L_1}{L_0} \frac{b_1}{b_0} \frac{h_1}{h_0} = 1$$

$$\ln \frac{L_1}{L_0} + \ln \frac{b_1}{b_0} + \ln \frac{h_1}{h_0} = \varphi_L + \varphi_b + \varphi_h = 0$$

Három, egymásra kölcsönösen merőleges alakváltozás összege zérus.

Hegeres tömör munkadarabnál:

$$\frac{D_0^2 \pi}{4} h_0 = \frac{D_1^2 \pi}{4} h_1 ; \quad \varphi_h = \ln \frac{h_1}{h_0} = \ln \frac{D_0^2}{D_1^2} = 2 \ln \frac{D_0}{D_1}$$

$$\varphi_r = \ln \frac{R_1}{R_0} ; \quad \varphi_t = \ln \frac{R_1 \hat{\alpha}}{R_0 \hat{\alpha}} ;$$

$$\varphi_h + \varphi_r + \varphi_t = 0$$

$$\varphi_h = -(\varphi_r + \varphi_t) = -2 \ln \frac{D_1}{D_0} = 2 \ln \frac{D_0}{D_1}$$

⇒ A logaritmus alakváltozással a részalakváltozások összegezhetőek.

$$\text{Pl.: } L_0 = 50, L_1 = 100, L_2 = 200$$

$$\varphi_{0-1} = \ln \frac{100}{50} = \ln 2 ; \quad \varphi_{1-2} = \ln \frac{200}{100} = \ln 2 ;$$

$$\varphi_{0-2} = \ln \frac{200}{50} = 2 \ln 2$$

$$\varphi_{0-2} = \varphi_{0-1} + \varphi_{1-2} = \ln 2 + \ln 2 = 2 \ln 2$$

⇒ A logaritmus alakváltozás alkalmazásánál az azonos alakváltozásokhoz abszolút értékben azonos mérőszámok tartoznak.

$$|\varphi_{0-2}| = |\varphi_{2-0}|$$

$$\text{Pl.: } \left| \ln \frac{200}{50} \right| = \left| \ln \frac{50}{200} \right|$$

Az eredő, (összehasonlító) alakváltozás:

$$\varphi_{\ddot{o}} = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\varphi_1 - \varphi_2)^2 + (\varphi_2 - \varphi_3)^2 + (\varphi_1 - \varphi_3)^2}$$

Ha $\varphi_2 = \varphi_3$, akkor $\varphi_{\ddot{o}} = \varphi_1$

$\varphi_1 = \varphi_2$, akkor $\varphi_{\ddot{o}} = |\varphi_3|$

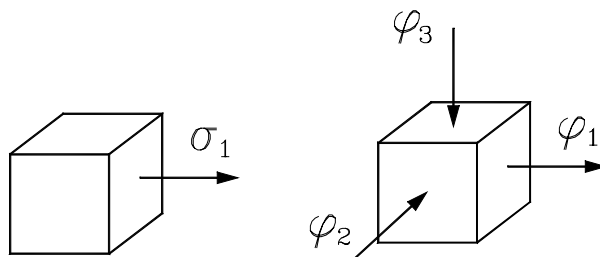
$\varphi_2 = 0$, akkor $\varphi_{\ddot{o}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \varphi_1$

Alakváltozási állapot

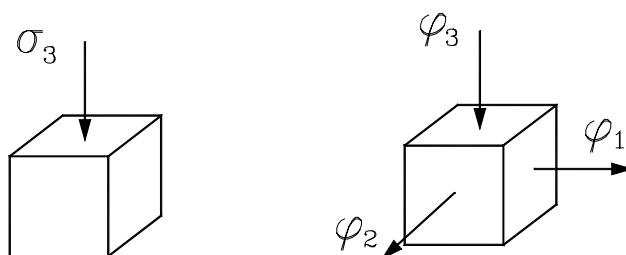
A σ_1 ; σ_2 ; σ_3 főfeszültségek φ_1 ; φ_2 ; φ_3 főalakváltozásokat hoznak létre. A főalakváltozások előjelét tekintve a következő esetek fordulhatnak elő.

⇒ Nyújtás – egyirányú méretnövekedés, kétirányú méretcsökkenés

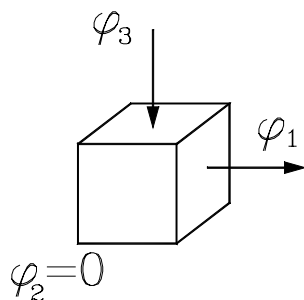
- Több feszültségi állapot hatására létrejöhet ilyen alakváltozás, de az egytengelyű húzófeszültség mindig ilyen alak-változással jár.



⇒ Zömítés – kétirányú méretnövekedés, egyirányú méretcsökkenés,
 - Több feszültségi állapot hatására létrejöhet ilyen alakváltozás, de az egytengelyű nyomófeszültség – ami csak közelítőleg valósítható meg – mindig ilyen alakváltozással jár.



⇒ Elmozdulás – az egyik irányban nincs alakváltozás $\varphi_2 = 0$
 - megvalósítható pl. félig zárt szerszámban végzett zömítéssel



A feszültség és az alakváltozás kapcsolata
 (Anyagtörvény)

Általános Hooke törvény	Levy – Mises egyenletek
$\varepsilon_1 = \frac{1}{E} [\sigma_1 - \nu(\sigma_2 + \sigma_3)],$ $\varepsilon_2 = \frac{1}{E} [\sigma_2 - \nu(\sigma_1 + \sigma_3)],$ $\varepsilon_3 = \frac{1}{E} [\sigma_3 - \nu(\sigma_1 + \sigma_2)]$	$\varphi_1 = \frac{1}{D} \left[\sigma_1 - \frac{1}{2}(\sigma_2 + \sigma_3) \right],$ $\varphi_2 = \frac{1}{D} \left[\sigma_2 - \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) \right],$ $\varphi_3 = \frac{1}{D} \left[\sigma_3 - \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_2) \right]$
$E = \text{const}, \nu = \text{const},$ $\nu = f(\text{anyagminőség})$	$D \neq \text{const}, \nu \cong 1/2$

$$\varphi_{\ddot{o}} = \frac{1}{D} \sigma_{\ddot{o}}, \quad \sigma_{\ddot{o}} - \text{összehasonlító, vagy redukált feszültség}$$

Mohr szerint: $\sigma_{\ddot{o}} = \sigma_1 - \sigma_3$

Huber – Mises – Hencky szerint:

$$\sigma_{\ddot{o}} = \sqrt{\frac{1}{2} \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 \right]}$$

Tétel: Azonos összehasonlító alakváltozás eléréséhez – a feszültségi állapottól függetlenül – azonos összehasonlító feszültség szükséges.

A képlékeny alakváltozás megindulásának feltétele:

$$\sigma_{\ddot{o}} = \sigma_{\text{red}} = k_f$$

Mohr szerint: $k_f = \sigma_1 - \sigma_3$

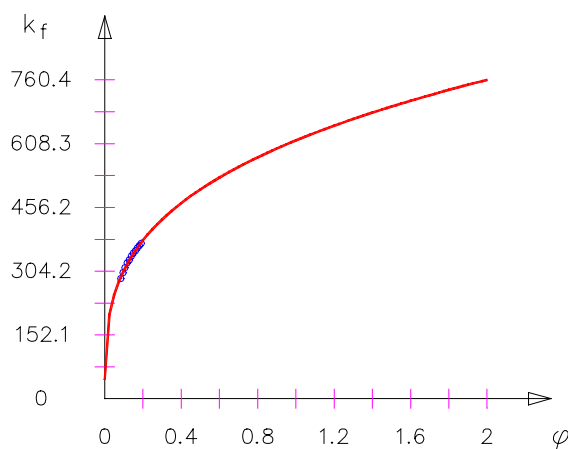
Huber – Mises – Hencky szerint: $k_f = \sqrt{\frac{1}{2} \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 \right]}$

k_f - alakítási szilárdság,

- a folyáshatár kibővített fogalma,
- megmutatja, hogy mekkora redukált feszültség kell a képlékeny alakváltozás megindításához,
- megmutatja, hogy egytengelyű feszültségi állapotban mekkora feszültség kell a képlékeny alakváltozás megindításához,
- $k_f = f(\text{anyagminőség}, \varphi_{\ddot{o}}, T, \dot{\varphi})$,
 - T – hőmérséklet,
 - $\dot{\varphi}$ - alakváltozási sebesség $\dot{\varphi} = \frac{d\varphi}{dt}$.

Folyásgörbe

$k_f = f(\varphi_{\ddot{o}}); \quad T = \text{const}, \quad \dot{\varphi} = \text{const},$

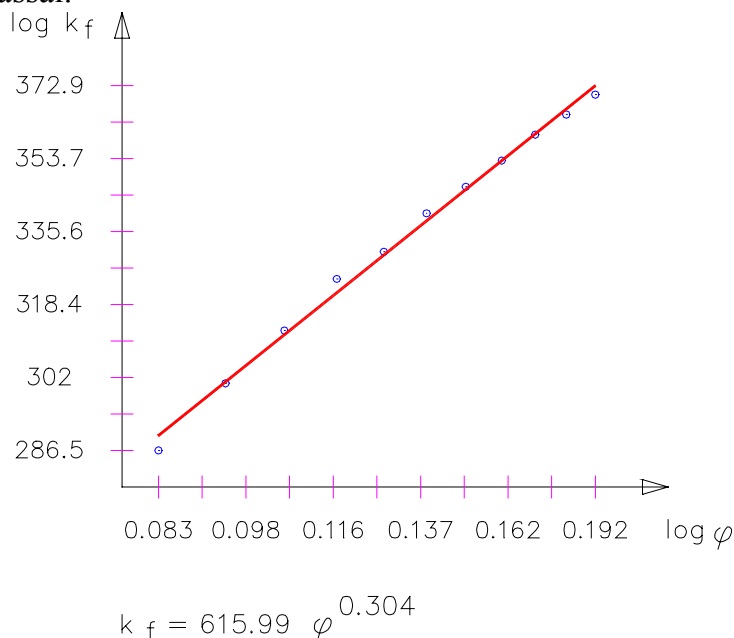


$$k_f = 615.99 \varphi^{0.304}$$

A folyásgörbe Nádai féle matematikai alakja: $k_f = a \varphi^n$

n – keményedési kitevő, anyagjellemző, kifejezi az egytengelyű húzó - feszültségi állapotban elérhető megnyúlás értékét

A Nádai – féle matematikai alak kettős logaritmikus koordináta rendszerben egyenest ad. Ezt felhasználva a folyásgörbe matematikai alakja meghatározható lineáris regresszió számítással.



Az alakítás erő-szükséglete

Egytengelyű húzó feszültségi állapotban:

$$k_f = \sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_1 = \frac{F}{A}, \quad \text{ahol } A - \text{ pillanatnyi keresztmetszet, } \Rightarrow F = k_f A$$

Pl. Mekkora egytengelyű húzóerő kell egy $\varnothing 10$ mm – es acélrúdnak az $\varnothing 9.2$ mm – re való csökkentéséhez. Az acél folyásgörbéjének matematikai alakja $k_f = 690 \varphi^{0,25}$

Megoldás:

1. Meg kell határozni az alakítási feladatnál a φ_{δ} összehasonlító alakváltozást!

$$\varphi_{\delta} = \varphi_L = \ln \frac{L_1}{L_0} = 2 \ln \frac{D_0}{D_1} = 2 \ln \frac{10}{9,2} = 0,1667 \quad \text{Megjegyzés: a keményedési}$$

kitevő alapján megítélve ekkora alakváltozás még elérhető a kontrakció kezdete előtt.

2. Az összehasonlító alakváltozás értékét helyettesítsük be a folyásgörbe matematikai alakjába, azaz határozzuk meg az anyag alakítási szilárdságát!

$$k_f = 690 \varphi^{0,25} = 690 \cdot 0,1667^{0,25} \cong 441 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

3. $F = k_f A = 441 \frac{9,2^2 \pi}{4} \cong 29\,312 \text{ N} \approx 30 \text{ kN}$

Alakítás erőszükséglete egytengelyű nyomófeszültséggel végzett alakításnál. /Ha zömítésnél a súrlódást elhanyagoljuk, akkor egytengelyű nyomófeszültséget kapunk. /

$$k_f = \sigma_1 - \sigma_3 = -\sigma_3 = \left| \frac{F}{A} \right|, \quad F = k_f A$$

Pl.: Egy 16 mm átmérőjű 5,3 mm magasságú hengeres próbatestet 2,6 mm magasságúra zömítenek. $k_f = 690 \varphi^{0,25}$

Feladatok:

- Határozza meg a három logaritmusos főalakváltozás értékét!
- Határozza meg az összehasonlító alakváltozás értékét!
- Határozza meg zömítés végén az alakítási szilárdság értékét!
- Határozza meg a zömítés erőszükségletét!

Megoldás:

$$\Rightarrow \varphi_h = \ln \frac{h_1}{h_0} = \ln \frac{2,6}{5,3} = -0,712$$

$$\frac{D_0^2 \pi}{4} h_0 = \frac{D_1^2 \pi}{4} h_1 \Rightarrow D_1 = D_0 \sqrt{\frac{h_0}{h_1}} = 16 \sqrt{\frac{5,3}{2,6}} = 22,84$$

$$\Rightarrow \varphi_r = \ln \frac{D_1}{D_0} = \ln \sqrt{\frac{h_0}{h_1}} = -\frac{1}{2} \ln \frac{h_1}{h_0} = 0,356;$$

$$\Rightarrow \varphi_t = \ln \frac{R_1^{\hat{\alpha}}}{R_0^{\hat{\alpha}}} = \ln \frac{D_1}{D_0} = 0,356; \quad \varphi_h + \varphi_r + \varphi_t = 0$$

$$\Rightarrow \varphi_{\ddot{o}} = |\varphi_h| = 2 \ln \frac{D_1}{D_0} = 0,712$$

$$\Rightarrow k_f = 690 \varphi^{0,25} = 690 * 0,712^{0,25} = 642,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow F = k_f A = 642,5 * \frac{22,84^2 \pi}{4} = 642,5 * 409,85 = 263\,333 \text{ N} \approx 270 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow \text{Ha } \mu \neq 0 \text{ pl.: } \mu = 0,1$$

$$F = k_f A \left(1 + \frac{2\mu}{3h} R\right) = 642,5 * \frac{22,84^2 \pi}{4} \left(1 + \frac{2 * 0,1}{2,6} 11,42\right) = 263\,333 * 1,878 \approx 500 \text{ kN}$$

Az alakítás munkaszükséglete

Súrlódási tényező szerepe.

A képlékeny alakításoknál a μ súrlódási tényező jelentősen befolyásolhatja az alakítás erő-, energiaszükségletét, a szerszám élettartamát, az alakváltozás inhomogenitásának mértékét és a munkadarab felületének minőségét.

A μ súrlódási tényezőt a Coulomb - féle súrlódási törvény szerint értelmezzük, azaz

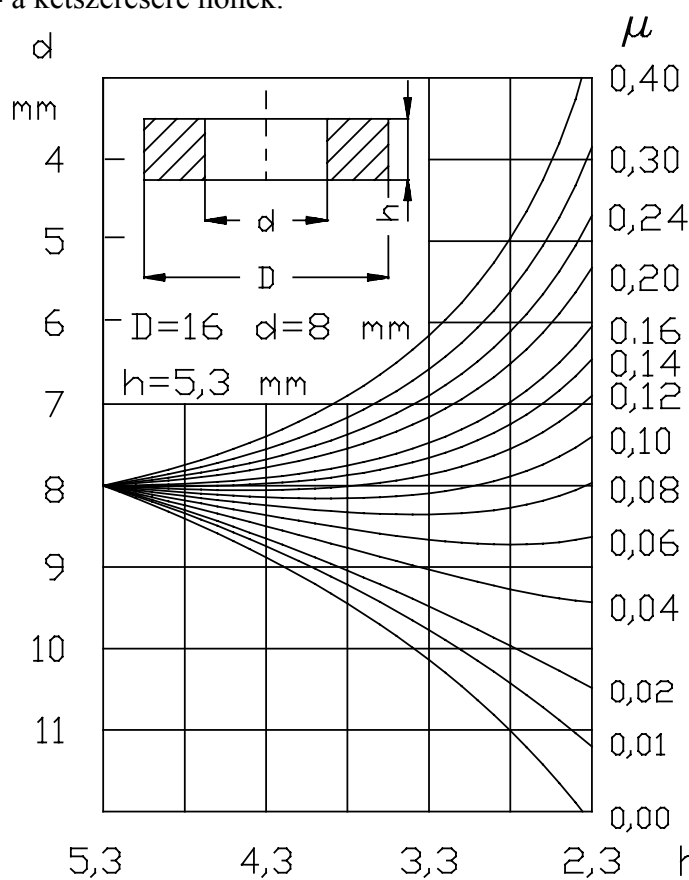
$$F_s = \mu F_n,$$

ahol F_s a súrlódási, az F_n pedig a felületeket összeszorító erő. Ha felületegységre jutó erőkkel számolunk, akkor: $\tau_s = \mu \sigma_n$.

Képlékeny alakítás közben a szerszám többnyire csak rugalmasan a munkadarab pedig maradónan alakváltozik. A kétféle alakváltozástól adódik, hogy az érintkezési felületen relatív elmozdulás lép fel. A relatív elmozdulás sebessége a szakirodalomban jól ismert Stribek diagramnak megfelelően befolyásolja a súrlódási viszonyokat.

Alakítás közben igen nagy felületi nyomás léphet fel, ami könnyen kiszorítja a kenőanyagot. A munkadarab foszfátózásával, a kenőanyag megfelelő összetételével nagy felületi nyomás esetén is biztosítható a megfelelő kenés.

A kenést nehezíti az is, hogy a képlékeny alakváltozása során a munkadarab érintkezési felülete többnyire megnövekszik. Ez a felületnövekedés a jelenlévő kenőanyag rétegvastagságát csökkenti. Például ha egy hengeres munkadarabot párhuzamos nyomólapokkal fele magasságúra zömítünk, akkor az érintkezési felületek - eltekintve a hordósodástól - a kétszeresére nőnek.

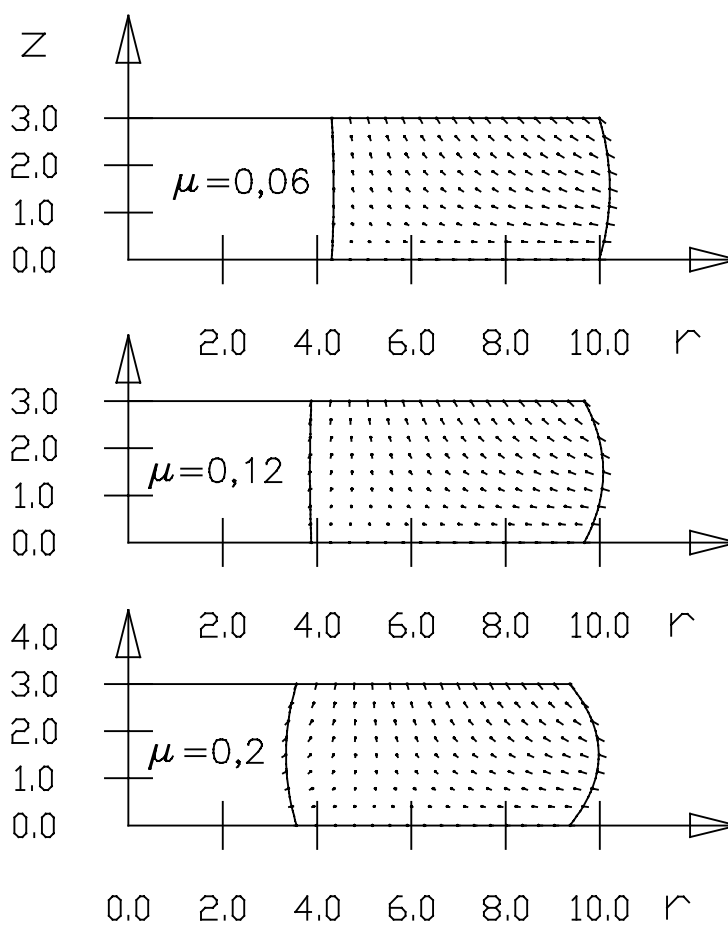


A súrlódási tényező meghatározása a Burgdorf-féle gyűrűzömítő vizsgálattal

A térfogatalakításnál a μ súrlódási tényező értékét többnyire a Burgdorf féle gyűrűzömítő vizsgálattal határozzák meg.

Ennél a vizsgálatnál az alakítandó anyagból gyűrűt munkálnak ki, majd annak síklapjait bekenik a felhasználandó kenőanyaggal és párhuzamos nyomólapok között zömítik. Zömítés után tolómércével megméri a gyűrű magasságát és belső átmérőjét, majd a Burgdorf-féle nomogram alapján meghatározzák a súrlódási tényező értékét.

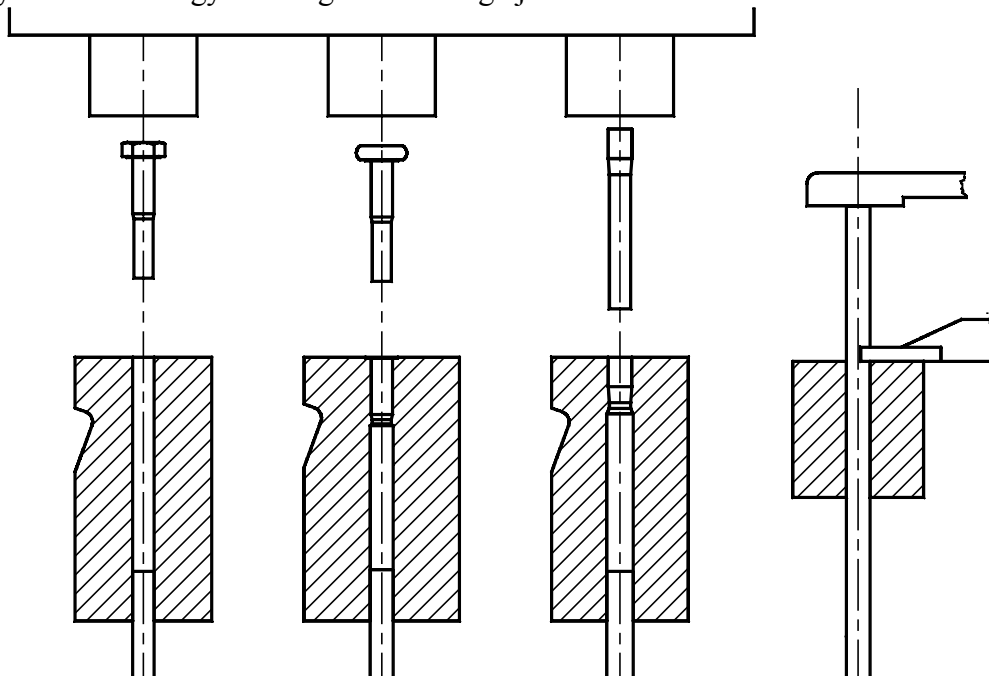
Súrlódás nélküli zömítéskor a gyűrű átmérői úgy változnának, mint egy nem hordósodó tömör hengeres próbatest vele azonos méretű átmérői. A súrlódás gátolja az átmérőnövekedést, ezért a növekvő súrlódási tényező mellett a gyűrű belső átmérője egyre kisebb lesz. Ez figyelhető meg a következő ábrákon.



A gyűrűzömítés anyagáramlásának modellezése.
 / $h_0 = 5,3$ mm, $Rb_0 = 4$ mm, $Rk_0 = 8$ mm, $h = 3$ mm /

IV. HIDEG TÉRFOGATALAKÍTÁS

A hideg térfogatalakító technológiák alkalmazásának egyik leggyakoribb példája a csavargyártás. Ennek egy lehetséges technológiája:



Ennél a technológiánál a kiinduló huzal átmérője kb. 10 %-kal nagyobb a csavarszár átmérőjénél. Az ábra egy 3 fokozatú gép pozícióit mutatja.

Műveletek:

- A kiinduló huzalt darabolása.
- Redukálás a csavarszár átmérőjére.
- Redukálás menetalapátmérőre + fejtömítés.
- Fejkörülvágás.

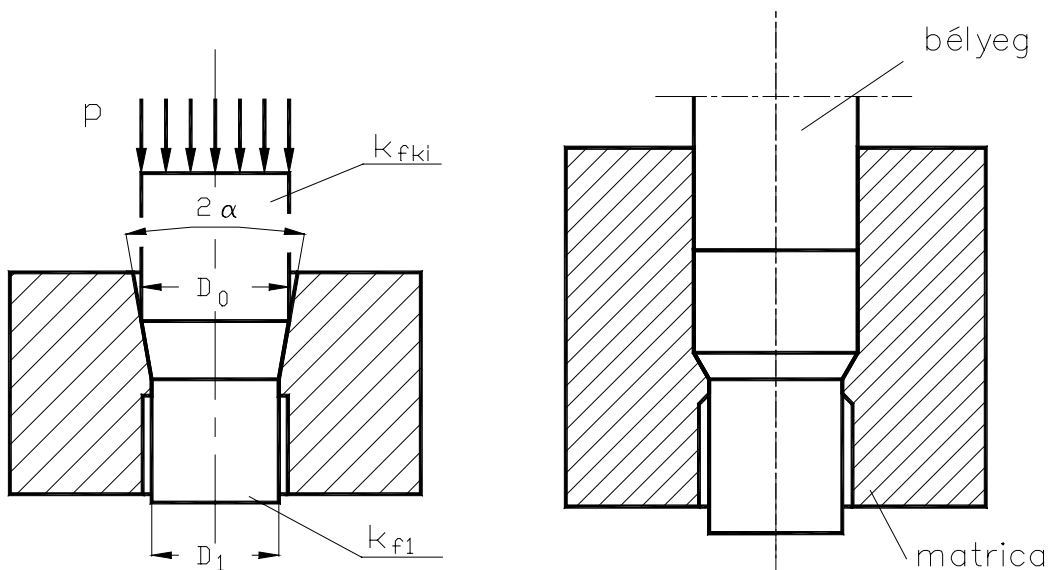
További műveletek: sarkítás, menethengerlés vagy menetmángorlás.

Az ismertetett technológia előnye:

- Többnyire a fejtömítést egy lépésben el lehet végezni.
- A kényszerű anyagátfutásnak köszönhetően az egyik szerszám kopása nem csökkenti a következő szerszám élettartamát.
- A szokásos termelékenység mellett jelentős a felmelegedés, ami többnyire előnyös.

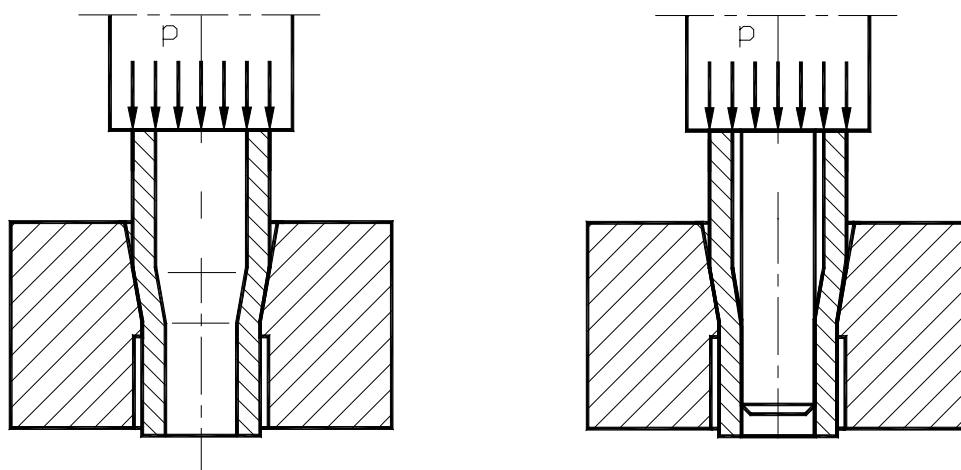
Redukálás

Az előgyártmány keresztmetszetét egy kúpos alakító üregben csökkentik az anyag alakítási szilárdságánál kisebb nyomással, kihajlás nélkül.



Tömör test redukálása

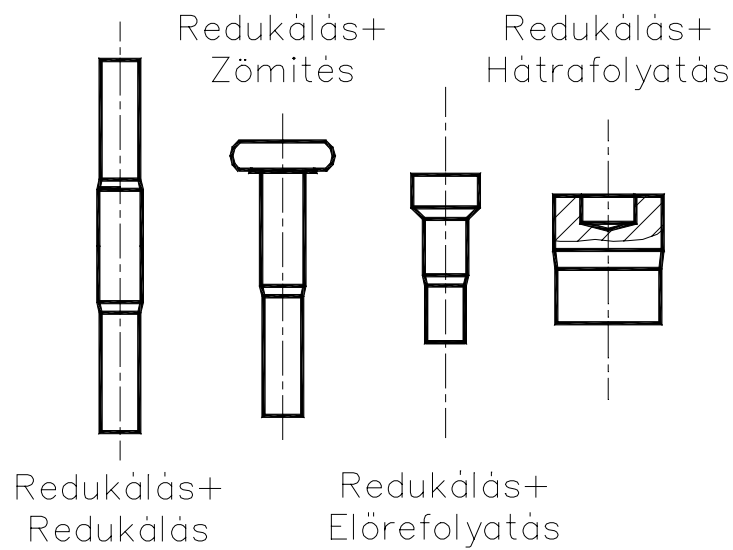
Előrefolyatás



Üreges test redukálása

Redukálás előnye:

- Nem igényel nagy méretű szerszámot.
- Elmarad a falsúrlódás, kisebb erő-, energia-szükséglet.
- Könnyen összevonható egy másik művelettel /pl. redukálással, zömítéssel, előrefolyatással, hátrafolyatással /.



A redukálás fajlagos erőszükséglete:

$$p = k_{f\text{ köz}} \varphi \left(1 + \frac{\mu}{\alpha} + \frac{2\alpha}{3\varphi} \right)$$

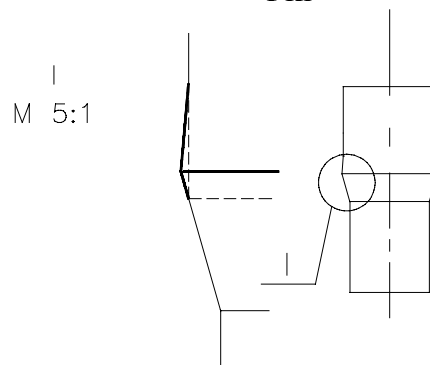
ahol: $k_{f\text{ köz}}$ - a közepes alakítási szilárdság,

φ - a valódi alakváltozás / $\varphi = 2 \ln \frac{R_0}{R_1}$ /,

μ - a súrlódási tényező,

α - a redukálási félkúpszög.

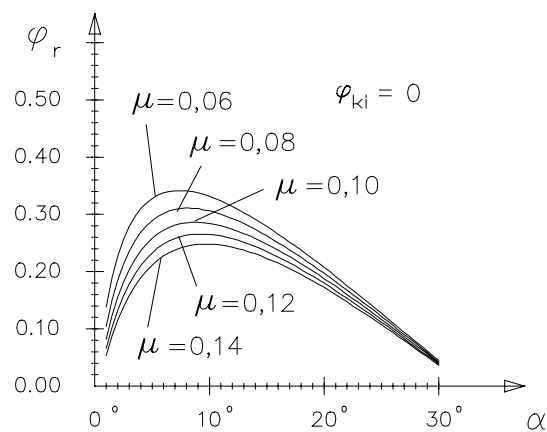
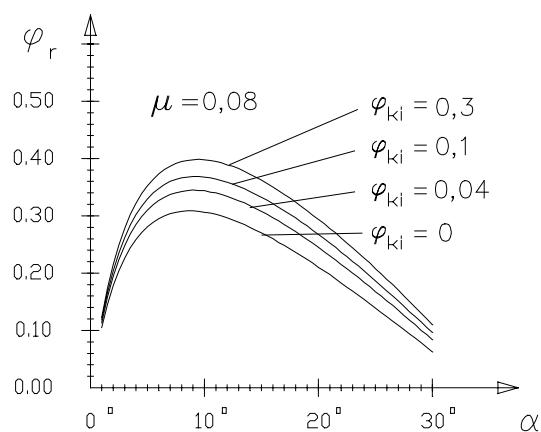
A zömülésmentes redukálás feltétele: $p = a k_{f\text{ ki}}$



A kezdeti felzömülés

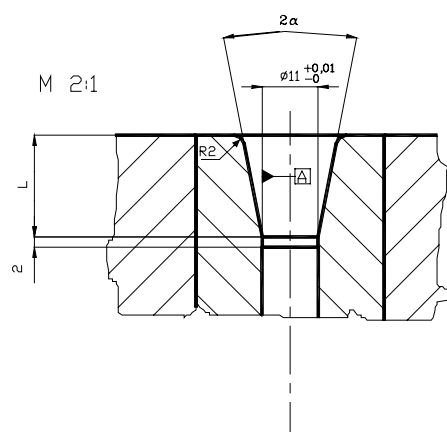
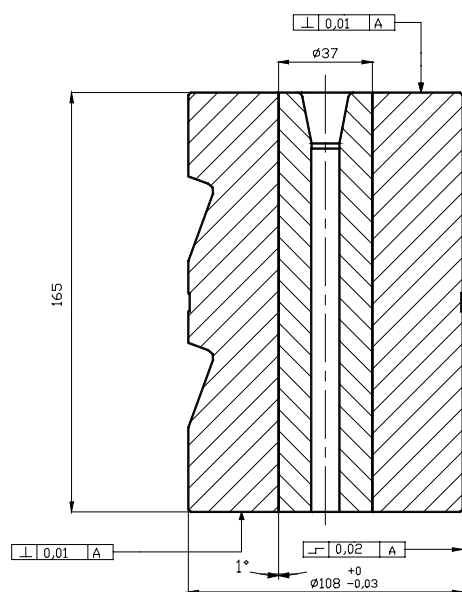
A zömülésmentes redukálás feltételének javítása:

- p csökkentése / kisebb súrlódási tényező, optimális félkúpszög /
- előzetes alakítás



Szerszáma:

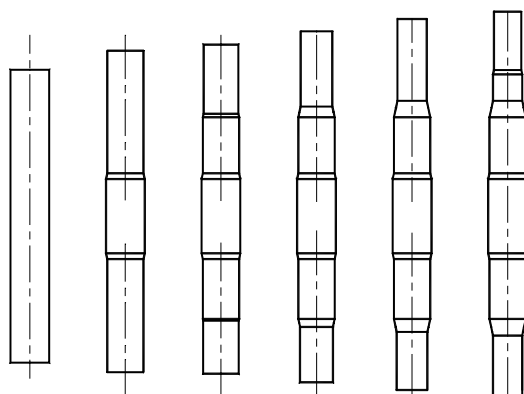
- gyakran keményfémbetétes foglalt szerszám



Dolgozó felületeket
polírozni!

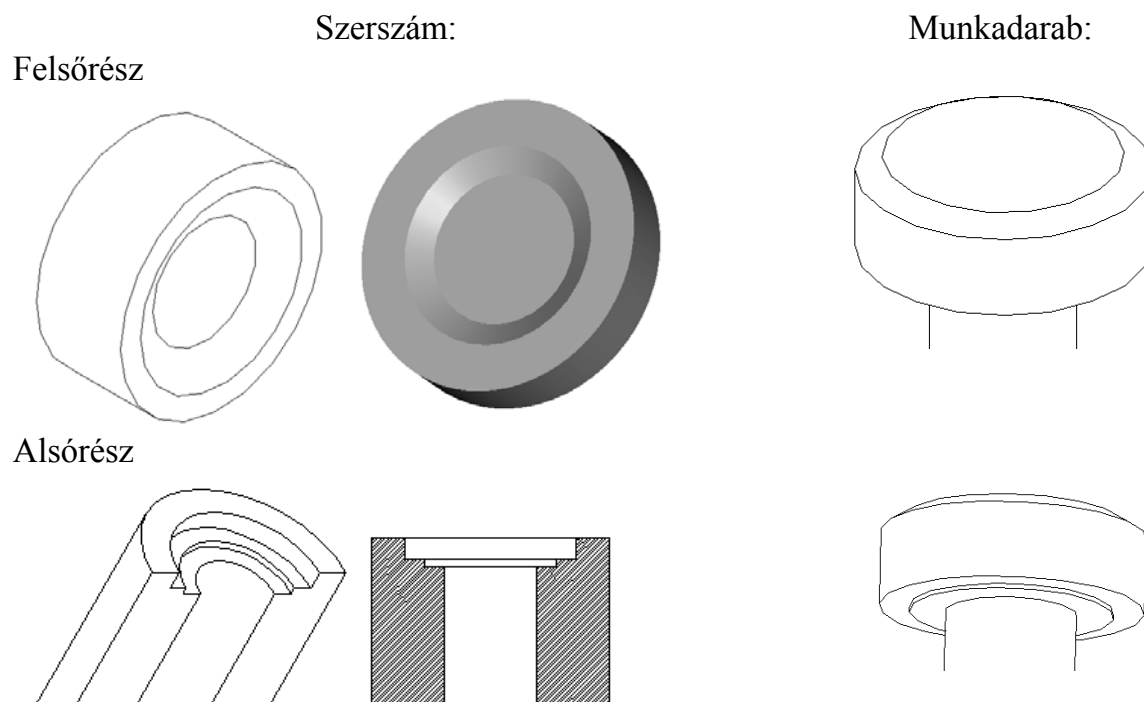
0,05 $\sqrt{\quad}$

A profil élein
R0,2



Redukálási fokozatok egy villanymotor-
tengely gyártásánál

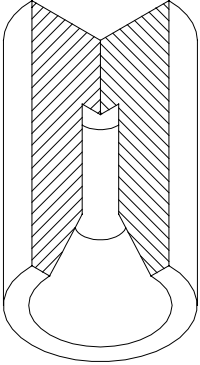
Zömítés



A zömíthetőség ellenőrzése:

	<p>Alaki jellemzők</p> <p>Zömítési viszony: $\frac{L}{d} \leq 2,3$,</p> <p>Átmérőviszony: $\frac{D}{d} \Rightarrow 2 \dots 2.7$</p> <p>Alakviszony: $\frac{D}{k} \Rightarrow 5 \dots 7$</p>
--	---

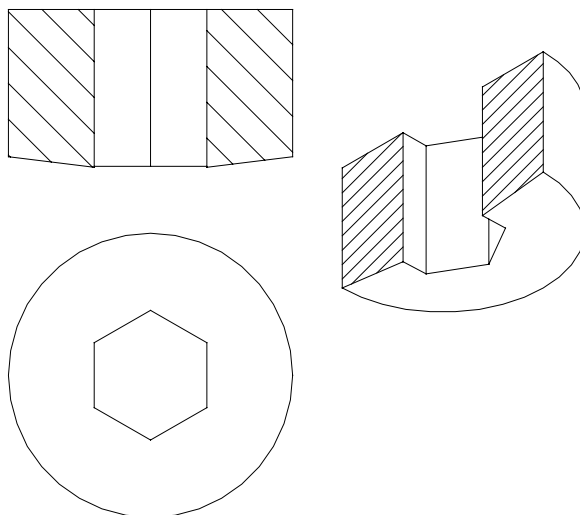
Zömíthetőség javítása

Probléma	Megoldás	
Kihajlási veszély Zömítési viszony: $\frac{L}{d} > 2,3$,	 Előzőmítő alkalmazása	
Az átmérőviszony nagy, a nagy alakváltozás hatására a paláston ferde repedések lépnek fel	- Az anyag alakváltozó képességét előzetes hőkezeléssel biztosítani. - Az anyag alakváltozó képességét közbelső hőkezeléssel helyreállítani.	
Az alakviszony túl nagy, gyenge az üregkitöltés	- Az anyagáramlást kedvezőbben kell megtervezni.	

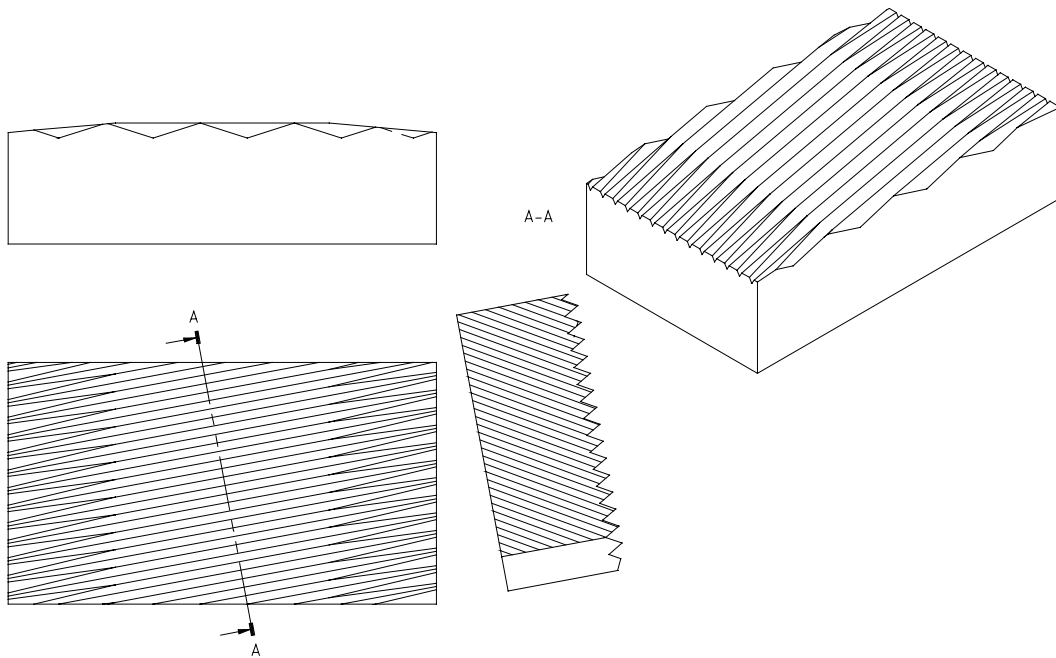
Zömítés erőszükséglete: $F = k_f A \left(1 + \frac{2\mu}{3h} R\right)$

Fejkörülvágás

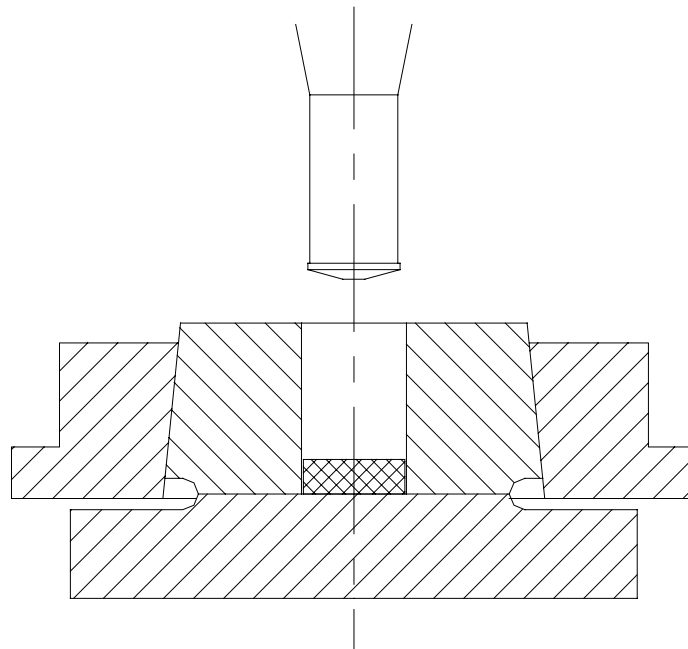
- Anyagszétválasztás nyíróigénybevétellel.
- A vágási műveletet a csavarfej alsó részének kiképzése segíti.



Menetmángorlás



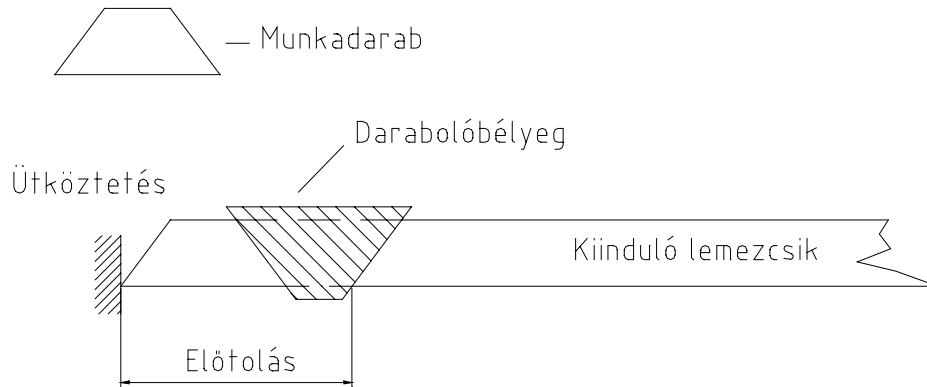
Hátrafolyatás



Lemezalakítás

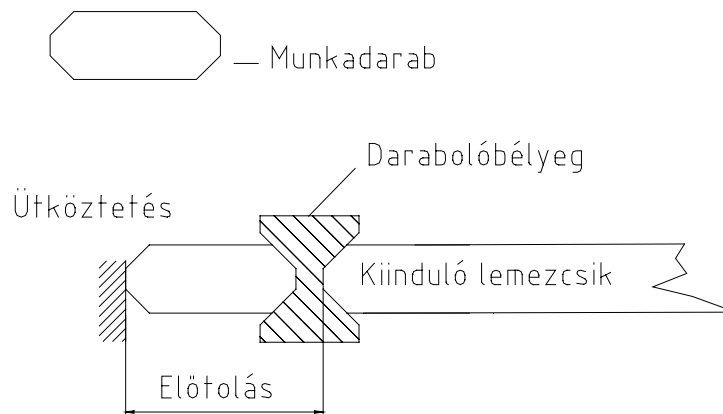
Lemezalakítás nyíróigénybevétellel:

- Hulladékmentes darabolás

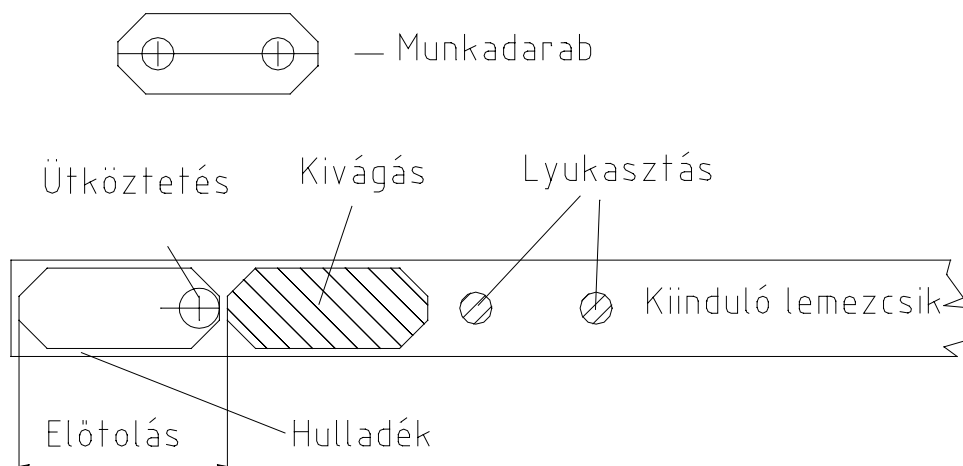


- A bemutatott példánál egy löket alatt két munkadarab készül

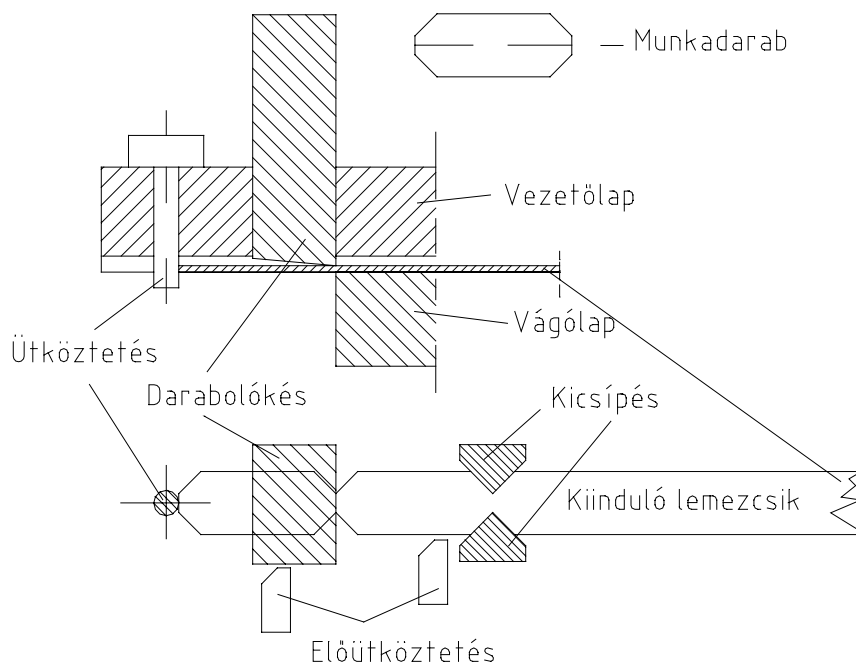
- Hulladékszegény darabolás



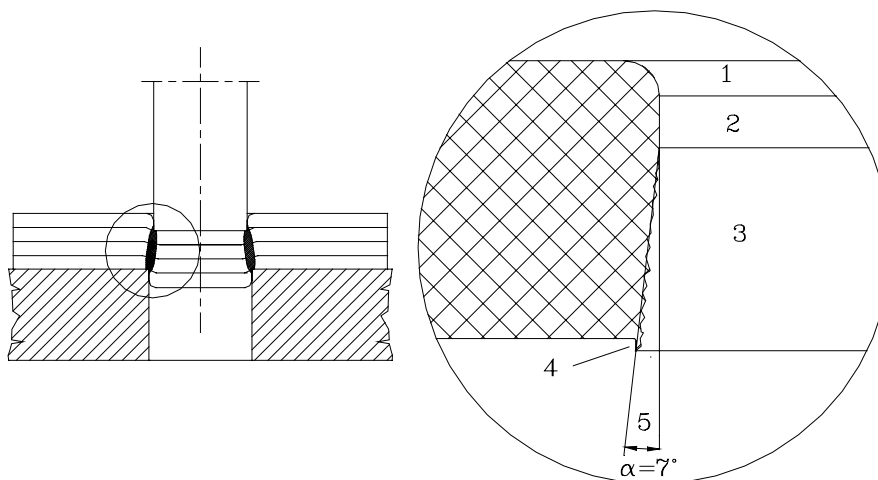
- Kivágás, lyukasztás - anyagszétválasztás zárt körvonal mentén



- Kicsípés – beugró részek kiképzése anyagszétválasztással



Vágás folyamata.



1. Behúzódás.
2. Képlékenyen nyírt övezet.
3. Törési övezet.
4. Sorja.
5. Törési szög.

Sávterv \Rightarrow az anyagvesztések csökkentésének egy hatékony módszere.

Anyagvesztések:

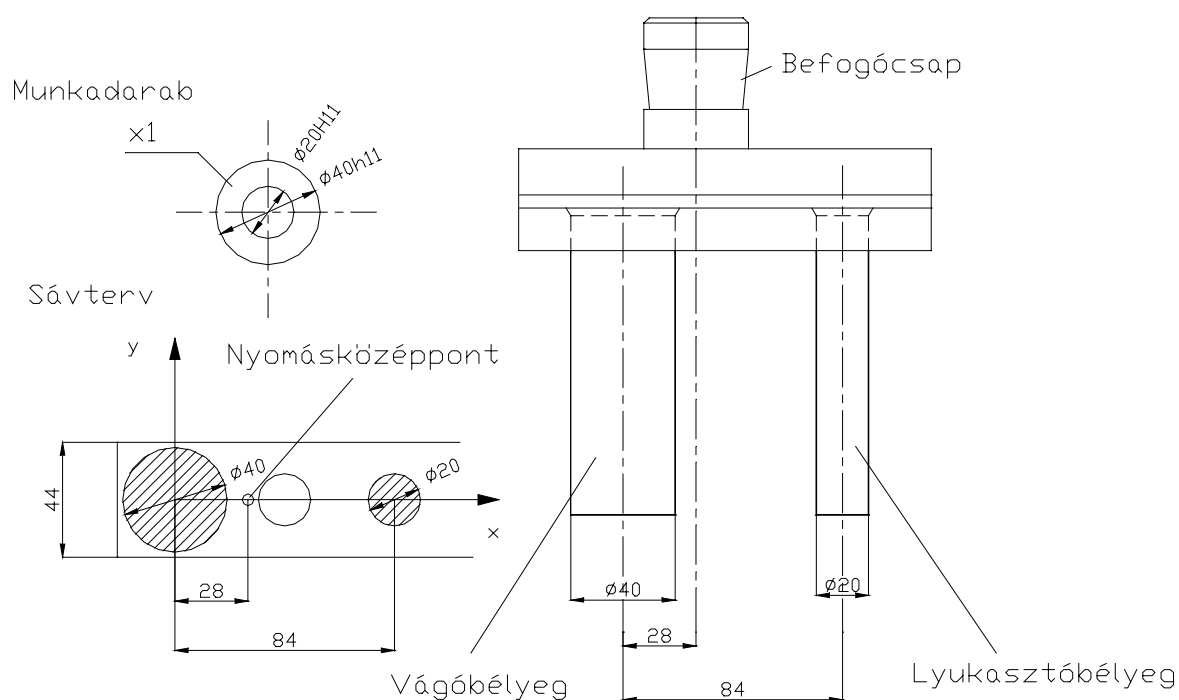
- alakvesztések (görbe vonalú idomoknál),
- szél és hidvesztés,
- lemez méret / darabolási / veszteség.

A sávtervezés problémaköre:

- Milyen széles legyen a lemezcsík?
- Hogyan helyezkedjenek el a munkadarabok a lemezcsíkon belül?
- Mekkora legyen az előtolás?
- Hogyan vágjuk ki a lemezcsíkot a táblából?

Nyomásközéppont

- A befogócsap helye.
- A vágóélek / vágóerők / eredőjének támadási pontja.



i	F_i	x_i	y_i	$F_i x_i$	$F_i y_i$
1	40	0	0	0	0
2	20	84	0	1680	0
	$\sum F_i = 60$			$\sum F_i x_i = 1680$	$\sum F_i y_i = 0$

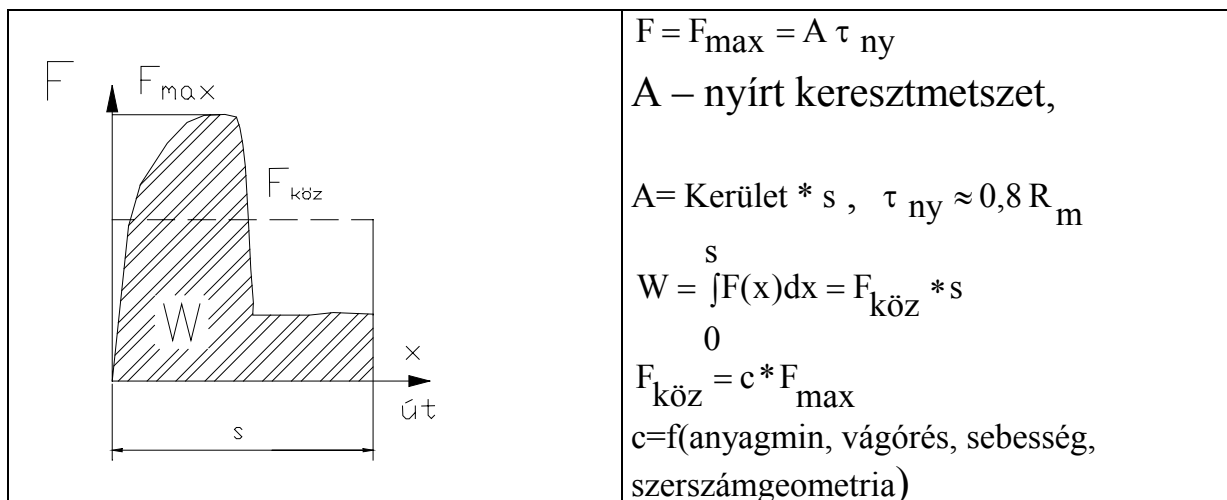
$$x_e = \frac{\sum_{i=1}^n L_i x_i}{\sum_{i=1}^n L_i} = \frac{1680}{60} = 28 \text{ mm}$$

$$y_e = \frac{\sum_{i=1}^n L_i y_i}{\sum_{i=1}^n L_i} = 0 \text{ mm}$$

Vágás erő- és munka-szükséglete

Az alátét készítésénél: $R_m = 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ $\tau_{ny} = 0.8 \cdot 400 = 320 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$;

$c = 0,6$; $D = 40 \text{ mm}$; $d = 20 \text{ mm}$;



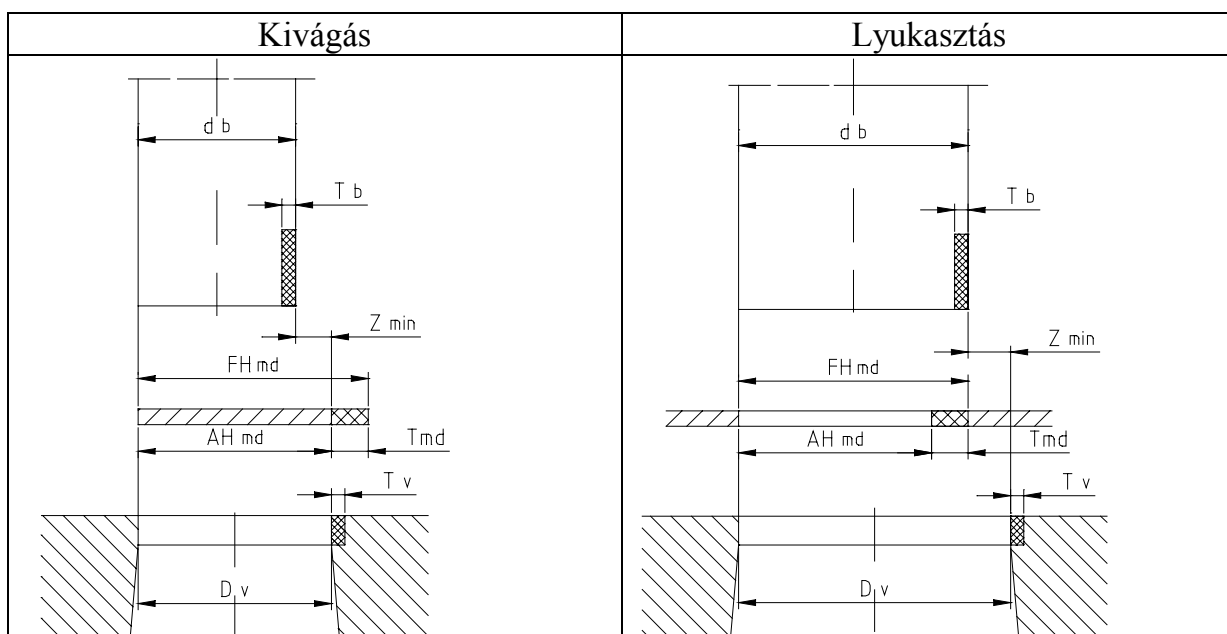
$$F = A \tau_{ny} = (D + d) * \pi * s * \tau_{ny} = (40 + 20) * \pi * 1 * 320 = 60319 \text{ N} \approx 61 \text{ kN}$$

$$W = c * F * s = 0,6 * 60319 * 1 = 36192 \text{ Nmm} \approx 36,2 \text{ Nm}$$

A vágóelemek tűrésezett méretmegadása

- Kivágásnál a munkadarab méretét a vágólap határozza meg.
- A kivágott munkadarab méretei a visszarugózás hatására a vágólap méreteinél nagyobbak lesznek.
- Figyelembe véve a rugalmas deformációt, illetve a várható kopást, a vágólapot a munkadarab alsó határméretére tervezik.
- A szerszámok tűrését anyagba irányulóan kell megadni.
- $T_{md} = IT9 - IT12$; $T_v = T_b = IT6 - IT8$
- $T_v = T_b = (0,1 - 0,15) T_{md}$
- $Z_{\min} = D_v - d_b$; $Z_{\min} \approx 0,06 * s$

Tűrésmezők elhelyezkedése



$D_v = AH_{md} + T_v$ 0	$d_b = FH_{md} - T_b$ 0
$d_b = (AH_{md} - z_{\min}) - T_b$ 0	$D_v = (FH_{md} + z_{\min}) + T_v$ 0

Munkadarab mérete kivágásnál: $\varnothing 40 h11 = \varnothing 40 \begin{matrix} 0 \\ -0,16 \end{matrix}$

Vágólap mérete kivágásnál:

$$D_v = AH_{md} + T_v = 39,84 \begin{matrix} +0,016 \\ 0 \end{matrix} = 40 \begin{matrix} -0,144 \\ -0,160 \end{matrix}$$

Vágóbélyeg mérete kivágásnál:

$$d_b = (AH_{md} - z_{\min}) - T_b = (39,84 - 0,06) \begin{matrix} 0 \\ -0,016 \end{matrix} = 39,78 \begin{matrix} 0 \\ -0,016 \end{matrix}$$

Munkadarab mérete lyukasztásnál: $\varnothing 20 H11 = \varnothing 20 \begin{matrix} +0,13 \\ 0 \end{matrix}$

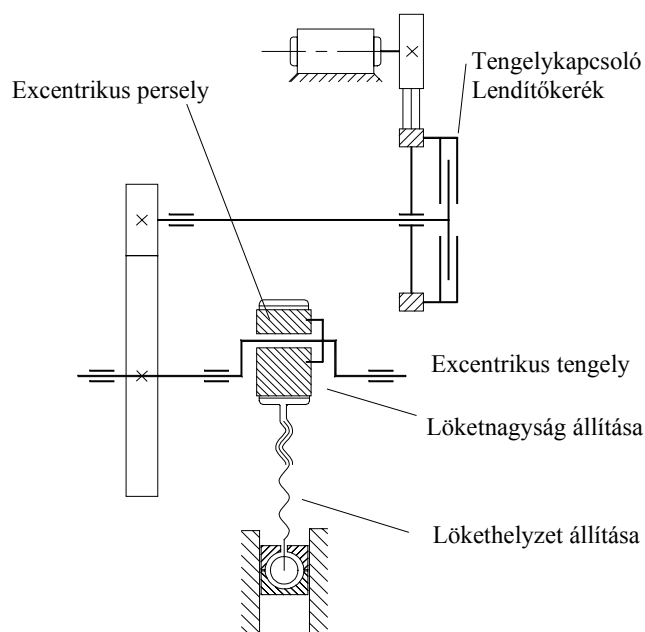
Vágóbélyeg mérete lyukasztásnál:

$$d_b = FH_{md} - T_b = 20,13 \begin{matrix} 0 \\ -0,013 \end{matrix}$$

Vágólap mérete lyukasztásnál:

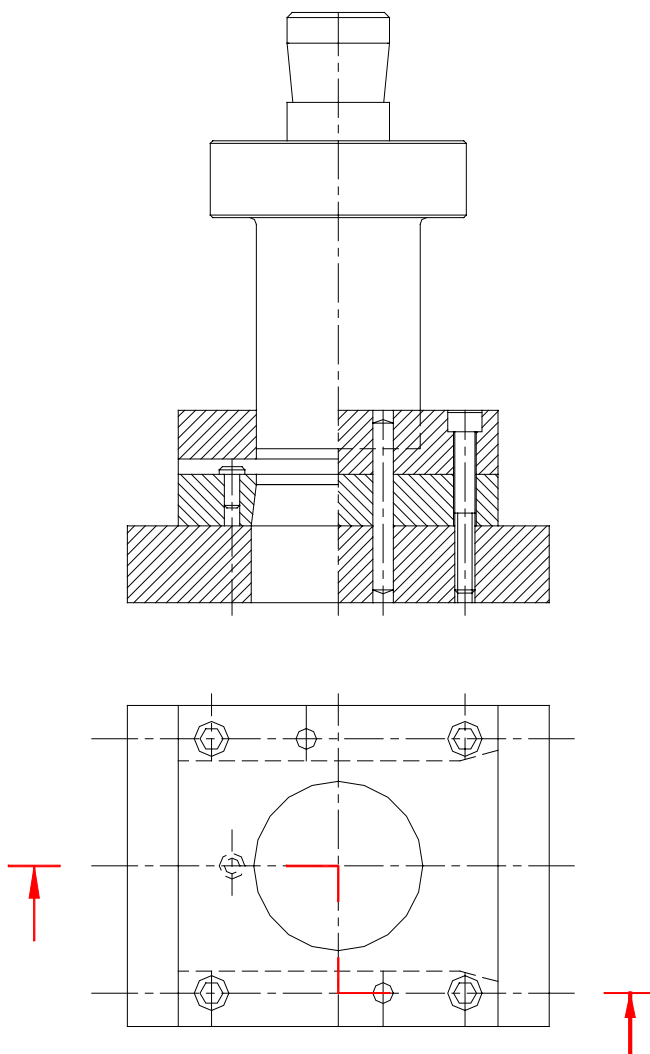
$$D_v = (FH_{md} + z_{\min}) + T_v = (20,13 + 0,06) \begin{matrix} +0,013 \\ 0 \end{matrix} = 20,19 \begin{matrix} +0,013 \\ 0 \end{matrix}$$

Excentersajtó kinematikai vázlata:



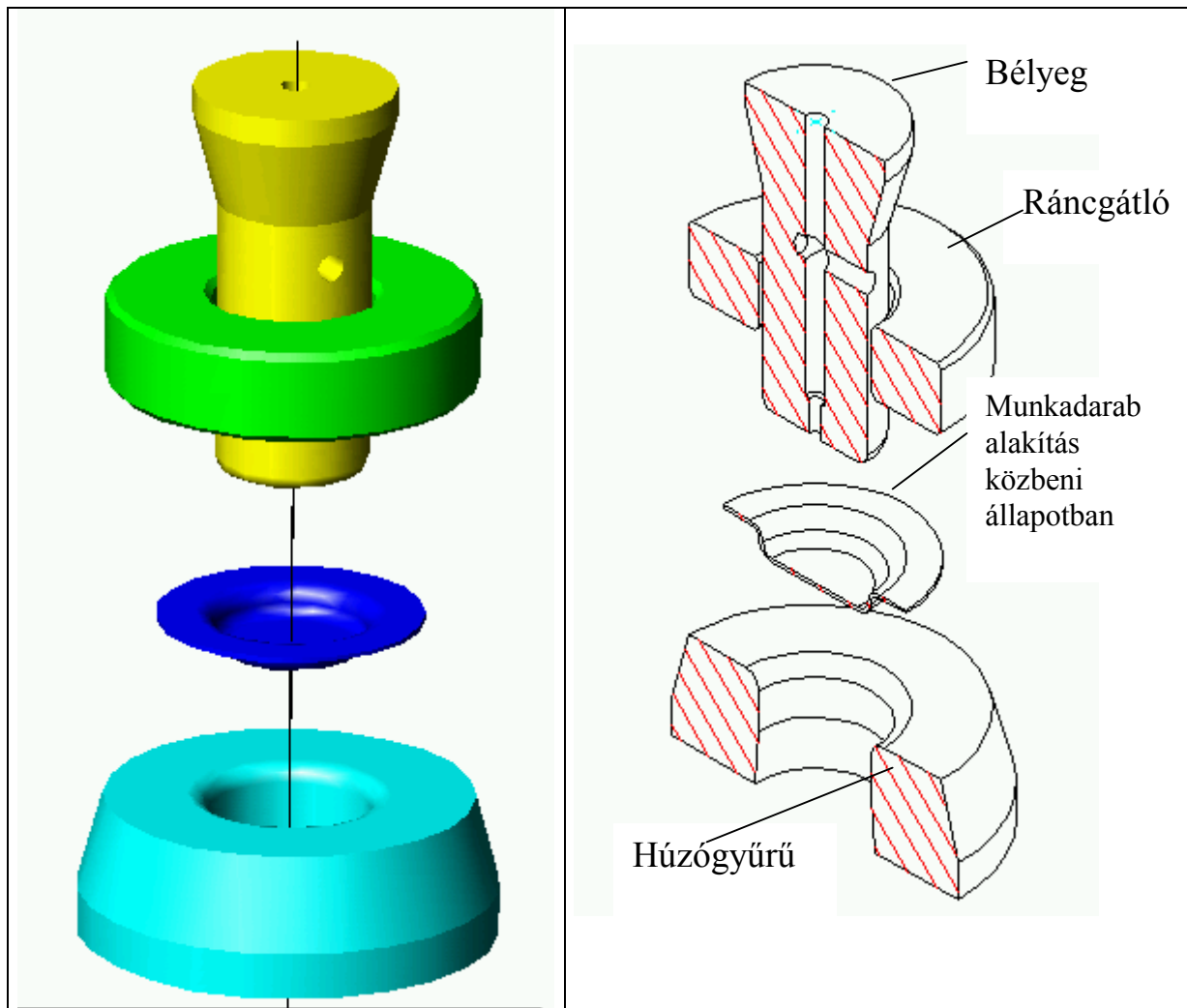
Egy egyműveletes kivágószerszám felépítése.

Egyműveletes - egy munkadarab / adott esetben egy 66 mm átmérőjű körlap / egyetlen lökettel előállítható.

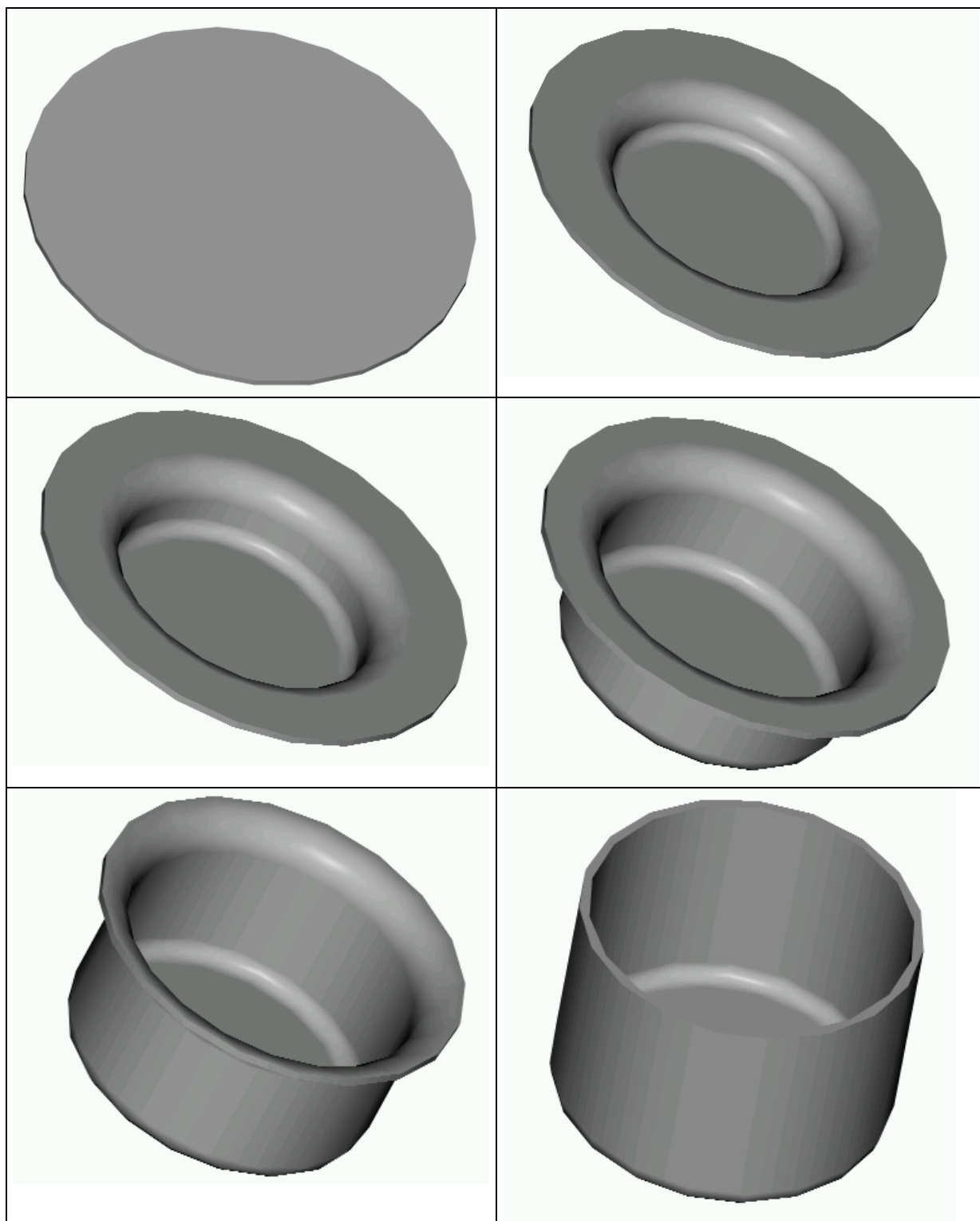


A szerszám felső része egyetlen rúdanyagból lett kialakítva. Ez nem szokásos megoldás, de a jelen esetben a szerszám egyszerűsége lehetővé tette ezt. Hátránya, hogy az egész felsőrészt drága szerszámacélból kell kialakítani. Előnye, hogy a felső rész előállításához szükséges munkaidő kisebb a hagyományos megoldáshoz viszonyítva. / A hagyományos megoldásnál külön befogócsapot, fejlapot, nyomólapot, illetve bélyegtartó lapot alkalmaznak. /

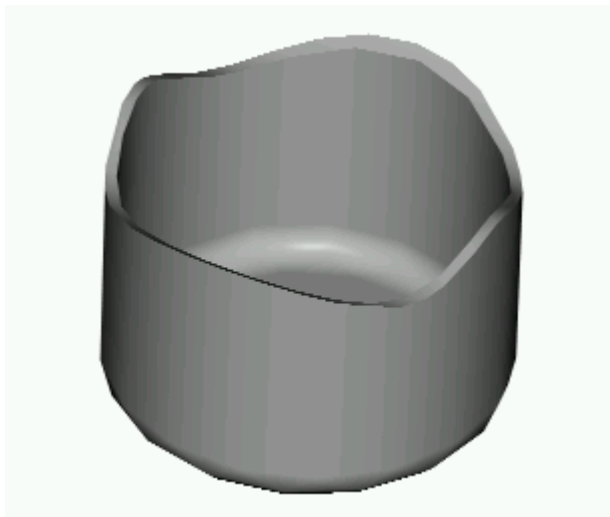
A szerszám alsó része a kereskedelemben kapható, elemekből / alaplapp, vágólapp, vezetőlap / lett kialakítva. A kereskedelemben kapható elemeknek csak az egymáshoz illeszkedő sík felületük volt előzetesen megmunkálva.

LEMEZALAKÍTÁS HÚZÓ-IGÉNYBEVÉTELEL**MÉLYHÚZÁS**

A munkadarab egyszerűsített alakja mélyhúzás közben a löketnagyság függvényében :
/ A valós darabnál a lemezvastagság nem állandó, a lemez anizotrópiája miatt a munkadarab fűlesedik. /

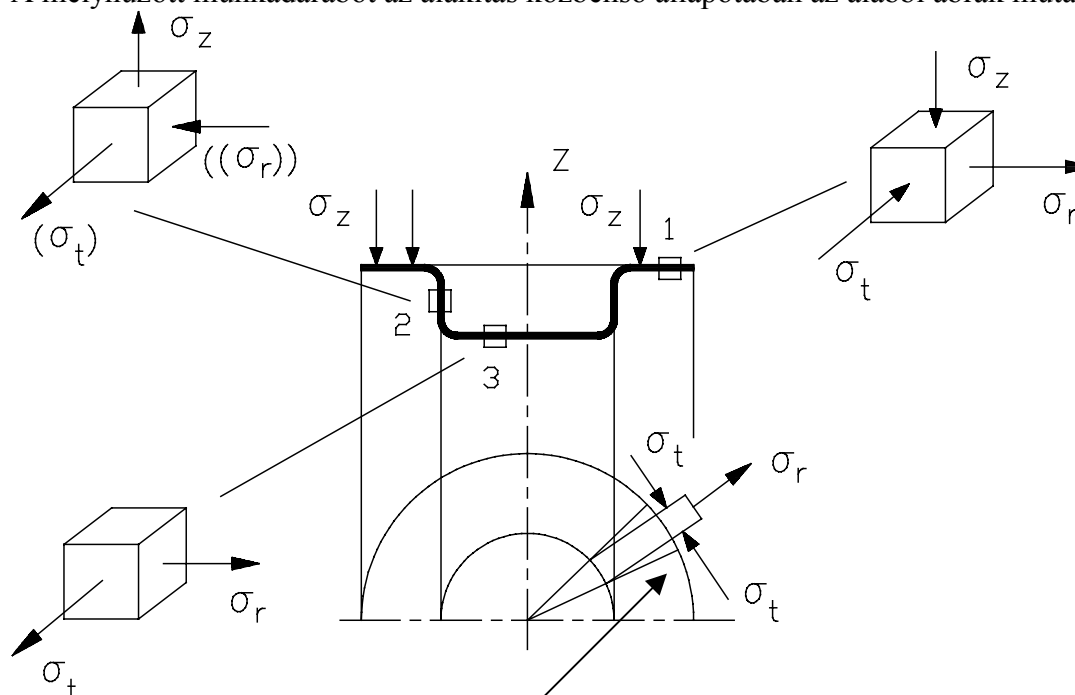


Fülesedő munkadarab



FESZÜLTSEGI ÁLLAPOTOK

A mélyhúzott munkadarabot az alakítás közbeni állapotában az alábbi ábrák mutatják.



Alakítás közben az ábrán látható trapéz alakú szegmens derékszögű négyszöggé deformálódik úgy, hogy közben a vastagsága lényegesen nem változik. Az alakító erőt a mélyhúzó-bélyeg fejtí ki, amely előrehaladása közben a lemezt behúzza a húzógyűrűbe, miközben a tárcsaátmérő fokozatosan csökken. Az alakváltozás közben az elemi trapézt az 1 jelű helyen érintő irányú σ_t nyomó- feszültség és σ_r radiális húzó - feszültség terheli.

Az érintő irányú tangenciális nyomófeszültség ráncosodást okozhat. A ráncképződés megakadályozható, ha a húzógyűrűn felfekvő lemezt a ráncgátló gyűrűvel leszorítjuk.

A ráncgátló alkalmazása növeli a mélyhúzás erőszükségletét, csökkenti a maximálisan elérhető húzási fokozat értékét.

Ráncgátló nélküli mélyhúzó-szerszámmal csak kis húzási mélységű darabok húzhatók.

Kedvező geometriai viszonyok esetén nem kell tartani ráncosodástól, azaz a ráncgátló elhagyható. (A ráncgátló nélküli húzás feltétele Sofman szerint: $D - d < 18 * s_0$.

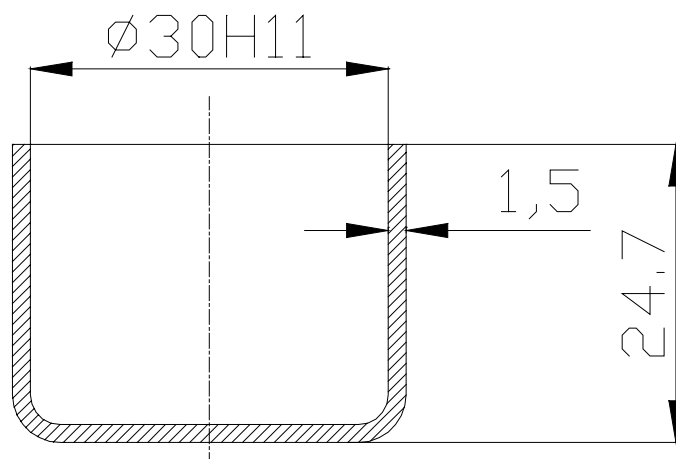
Más szakirodalomban ha $\frac{D_0}{s} > 35$, akkor kell ráncgátló. $\frac{D_0}{s} = \frac{66}{1} > 35$

Ráncgátló alkalmazása esetén az 1 jelű helyen tengelyirányú σ_z nyomófeszültség is adódik.

A 2 jelű helyen a feszültségi állapot jellegét alapvetően a mélyhúzó-bélyeggel kifejtett húzóerő határozza meg. A húzófeszültség hatására a 2 jelű hengeres rész (rugalmasan vagy képlékenyen is) megnyúlik. A lemezvastagságnál nagyobb egyoldali húzóréssel húzott daraboknál a 2 jelű részen egytengelyű σ_z húzófeszültséget feltételeznek [10].

Ez a feltételezés akkor reális, ha mélyhúzás közben a 2 jelű részen a húzóbélyeg nem érintkezik a munkadarabbal. A ipari gyakorlatban többnyire a munkadarab rászorul a bélyegre. Ilyenkor a 2 jelű helyen érintő irányú σ_t húzó - feszültséggel és σ_r radiális nyomó - feszültséggel kell számolni. A radiális nyomófeszültséget bizonyos modellezésnél elhanyagolják, máskor pedig kihangsúlyozzák, hogy a 2 jelű helyen fellépő súrlódás jótékonyan hat az elérhető legnagyobb húzási viszonyra. A súrlódás természetesen elképzelhetetlen a felületeket összeszorító feszültségek nélkül.

A 3 jelű helyen az alakváltozás jelentéktelen, a lemezvastagság ezen a helyen csak igen kismértékben változik (csökken). Ezen a helyen a húzóbélyeg gyakran csak részben érintkezik (pl. levegőfurat miatt) a lemezzel. Ahol nincs érintkezés, ott kétirányú húzófeszültséggel számolhatunk.



1. Teríték átmérője $A_0 = A$ - felületállandóságot feltételezve

$$\frac{D_0^2 * \pi}{4} = \frac{d^2 * \pi}{4} + d * \pi * h$$

$$D_0 = \sqrt{d^2 + 4 * d * h} = \sqrt{33^2 + 4 * 33 * 24,7} \cong 66 \text{ mm}$$

2. Húzási fokozatok száma

$$m_0 = \frac{d_1}{D_0} = 0,5 - 0,6 \text{ - előhúzási fokozat; } \beta_0 = \frac{D_0}{d_1} \text{ - húzási viszony}$$

$$m_1 = \frac{d_2}{d_1} \approx 0,8 \text{ - továbbhúzási fokozat } \beta_1 = \frac{1}{m_1} \text{ - húzási viszony}$$

$$d_1 = m_0 * D_0 = 0,5 * 66 = 33 \text{ mm - tehát egy fokozatban mélyhúzható}$$

Egyébként:

$$d_2 = m_1 * d_1; \quad d_3 = m_1 * d_2 = m_1^2 * d_1; \quad d_n = m_1 * d_{n-1} = m_1^{(n-1)} * d_1$$

$$n = 1 + \frac{\lg d_n - \lg d_1}{\lg m_1} = 1 + \frac{\lg 33 - \lg(0,5 * 66)}{\lg 0,5} = 1$$

3. A lágýtás szükségessége - $q_{\max} = 0,6$, azaz 60%

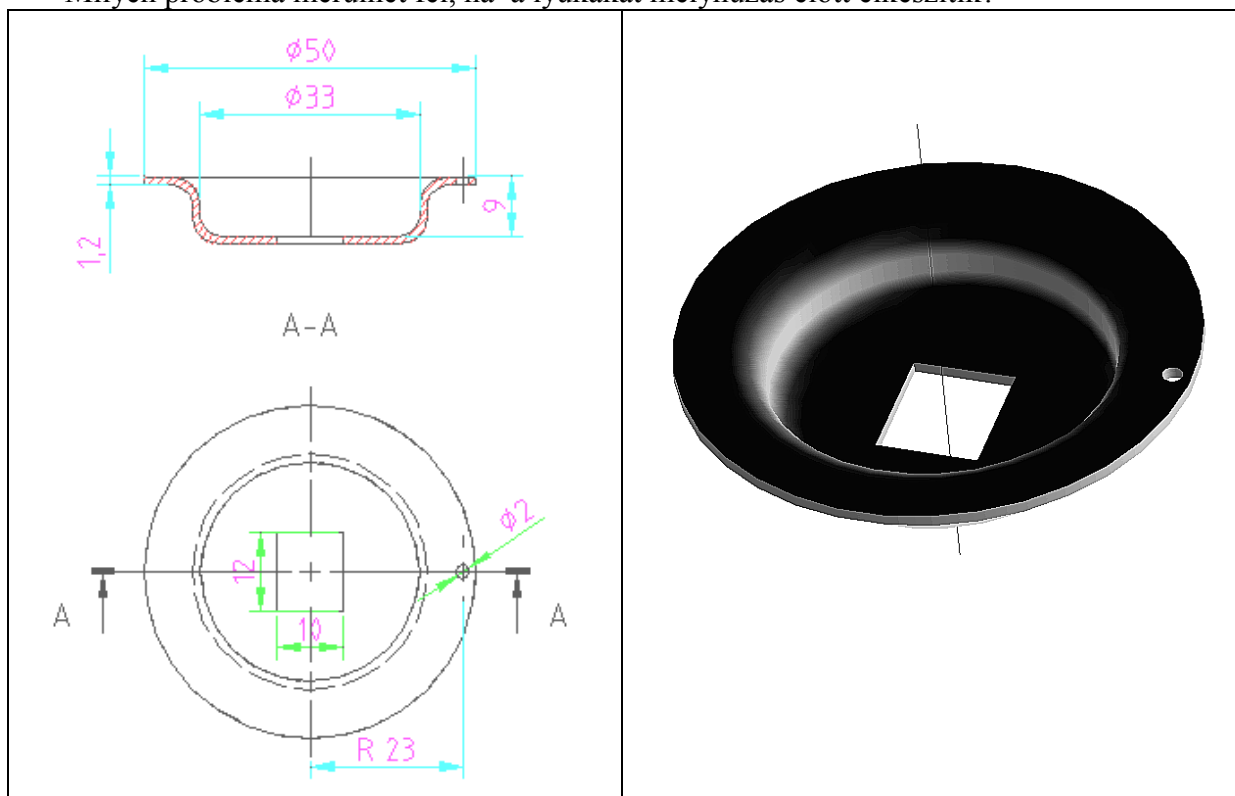
$$q_d = \frac{D_0 - d_1}{D_0} = \frac{66 - 33}{66} = 0,5 \text{ - tehát az alakváltozás kisebb, mint a lágýtás szempontjából}$$

megengedett

Pédák:

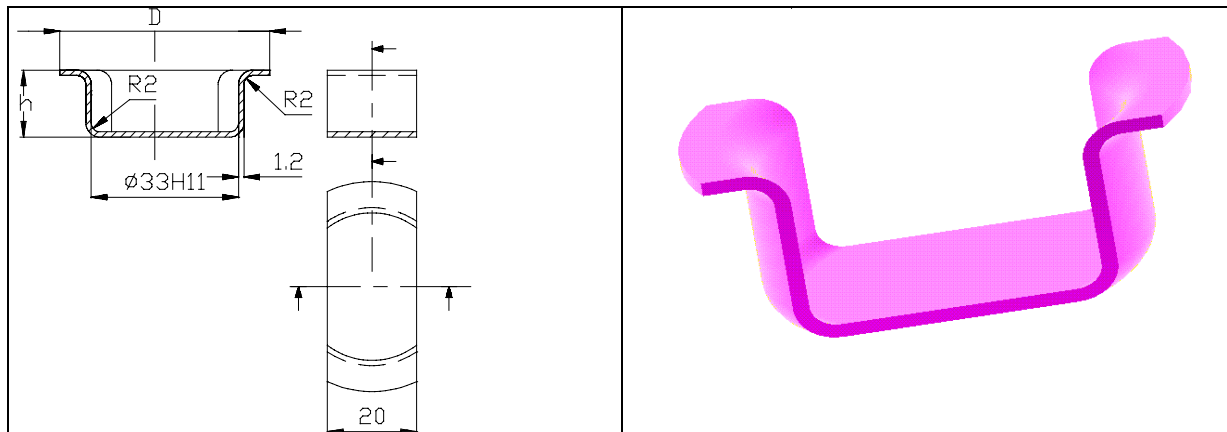
1. Az ábrán látható munkadarabot mélyhúzással állítják elő. A húzógyűrű lekerekítése $r = 5$ mm, a bélyeg lekerekítése $r = 3$ mm. A munkadarabnál előforduló rádiuszokat a szerszámok határozzák meg.

- Ismertesse a munkadarab gyártásának műveleti sorrendjét! Lemeztábla \Rightarrow kész munkadarab
- Milyen probléma merülhet fel, ha a lyukakat mélyhúzás előtt elkészítik?

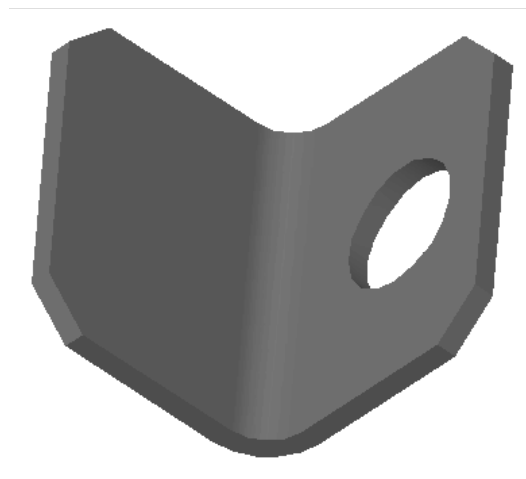


2. Az ábrán látható munkadarabot mélyhúzott edény darabolásával állítják elő. Mélyhúzásnál a húzógyűrű lekerekítése $r = 5$ mm, a bélyeg lekerekítése $r = 3$ mm.

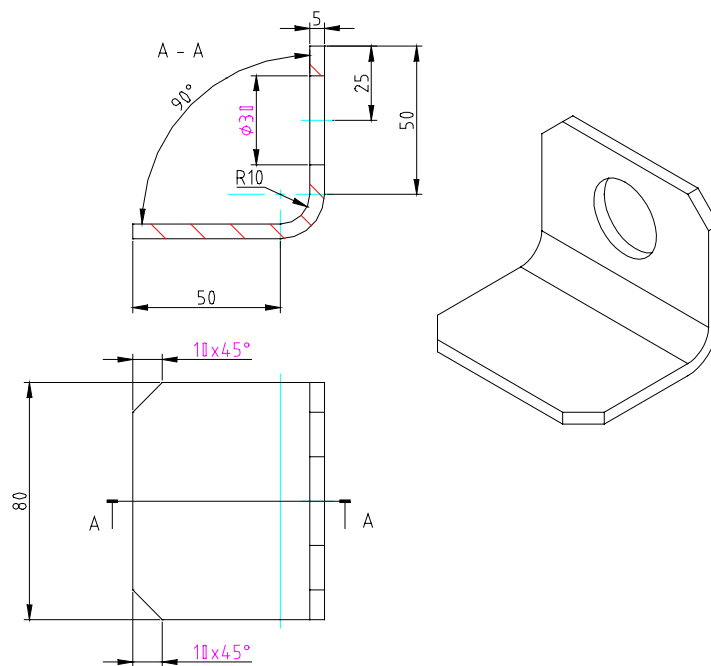
- Ismertesse a munkadarab gyártásának műveleti sorrendjét! Lemeztábla \Rightarrow kész munkadarab
- Milyen probléma merülhet fel a mélyhúzott edény darabolásánál?



HAJLÍTÁS



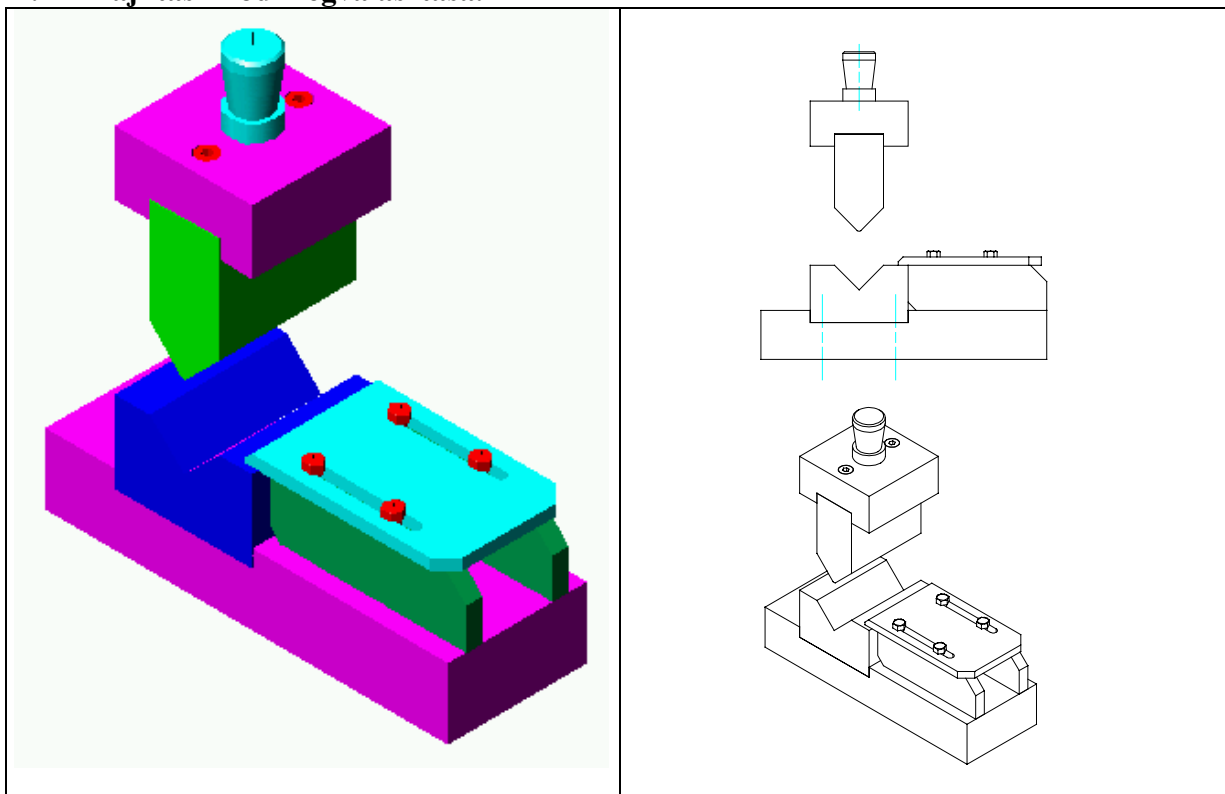
Szakítószilárdság: 400 MPa
Szakadási nyúlás: 20 %



A technológiai tervezés lépései:

1. A hajlítási mód megválasztása.
2. A hajlítás sugarának ellenőrzése.
3. A munkadarab kiterített hosszának meghatározása.
4. A lyuk és a hajlított rész távolságának ellenőrzése.
5. A visszarugózás számítása.
6. A hajlítóforma és bélyeg geometriai méreteinek számítása a visszarugózás figyelembevételével.

1. A hajlítási mód megválasztása.



1. A hajlítás sugarának ellenőrzése.

- Elméleti közelítéssel.

Egyszerűsítő feltételezések:

- A külső szálnál a feszültségi állapot egytengelyű húzófeszültség,
- A semleges szál középen van.

Az alakíthatóság határesetete: a szélső szál nyúlása egyenlő a szakadási nyúlással:

$$\varepsilon = \frac{(r_0 + \frac{s}{2}) \varphi - r_0 \varphi}{r_0 \varphi} = A, \quad \text{azaz} \quad \frac{\frac{s}{2}}{r_0} = A,$$

ahol r_0 - a semleges szál sugara, s - a lemeztvastagság, φ - a hajlítás szöge radiánban.

$r_0 = r + \frac{s}{2}$, ahol r - a belső sugár legkisebb megengedett értéke, s - a lemeztvastagság.

$$r = r_{\min} = \frac{s}{2} \left(\frac{1}{A} - 1 \right) = \frac{5}{2} \left(\frac{1}{0.2} - 1 \right) = 10 \text{ mm}.$$

- **Tapasztalati összefüggéssel** $r_{\min} = c s$

$c = f$ (anyagminőség, feszültségi állapot, hőmérséklet)

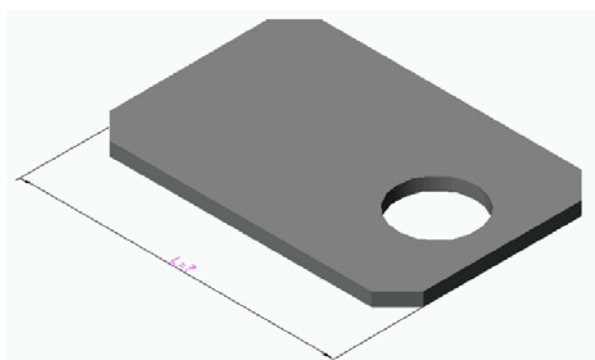
Lágyacél lemezeknél gyakran a következő értékeket használják:

dúrva lemezeknél ($s > 3$) $c = 2$, finom lemezeknél ($s \leq 3$) $c = 1$.

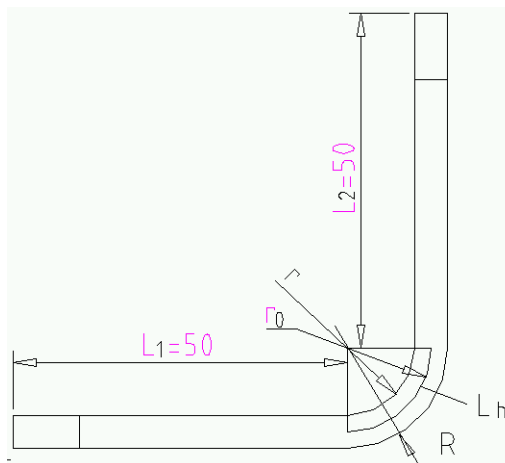
$$r_{\min} = 2 s = 2 \cdot 5 = 10 \text{ mm}$$

A hajlítás a megadott sugárral valószínűleg elvégezhető.

3. A munkadarab kiterített hossza



A kiterített L hossz méretet megkapjuk, ha összeadjuk az egyenes részek hosszát - $L_1 + L_2$ - és a hajlított rész semleges szálának L_h hosszát. $L = L_1 + L_2 + L_h$



- A semleges szál hossza megfelel egy ívhosszúságnak, amit a semleges szál sugara és a radiánban mért ívszög szorzataként számítunk. $L_h = r_0 \hat{\varphi}$

- A semleges szál sugara:

- számtani középpel számolva $r_0 = \frac{r + R}{2} = \frac{10 + 15}{2} = 12,5 \text{ mm}$,

- a pontosabb mértani középpel számolva

$$r_0 = \sqrt{r \cdot R} = \sqrt{10 \cdot 15} = 12,25 \text{ mm}$$

$$L_1 = L_2 = 50 \text{ mm}; L_h = 12,25 \cdot \pi / 2 = 19,24 \text{ mm}$$

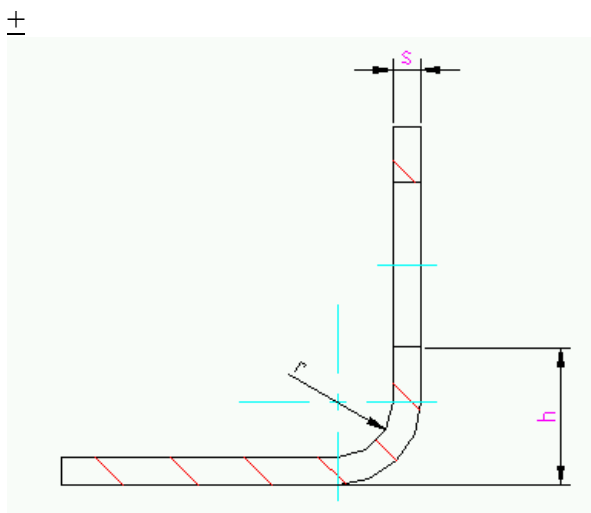
$$L = L_1 + L_2 + L_h = 2 \cdot 50 + 19,24 \cong 119 \text{ mm}$$

A számítással meghatározott L méretet a próbagyártás után ellenőrizni, szükség esetén korrigálni kell.

4. A lyuk és a hajlított rész távolságának ellenőrzése.

$$h \geq r + 2s;$$

$$25 > 10 + 2 \cdot 5 = 20 \text{ - tehát megfelel}$$

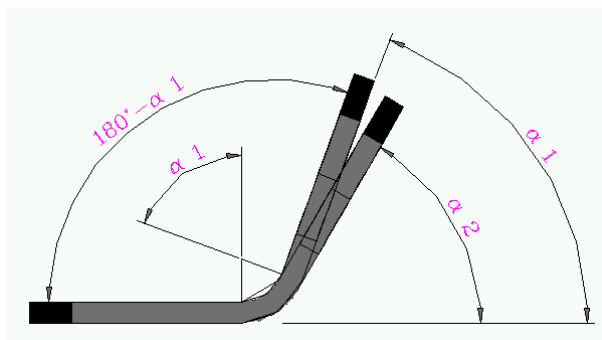


5. A visszarugózás számítása

Visszarugózási tényező : $K = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} < 1$, ahol

$\alpha_1 ; \alpha_2$ - a hajlítás szöge, α_1 - re hajlítunk és a visszarugózás után α_2 lesz belőle.

$K = f$ (anyagminőség, feszültségi állapot, hőmérséklet)



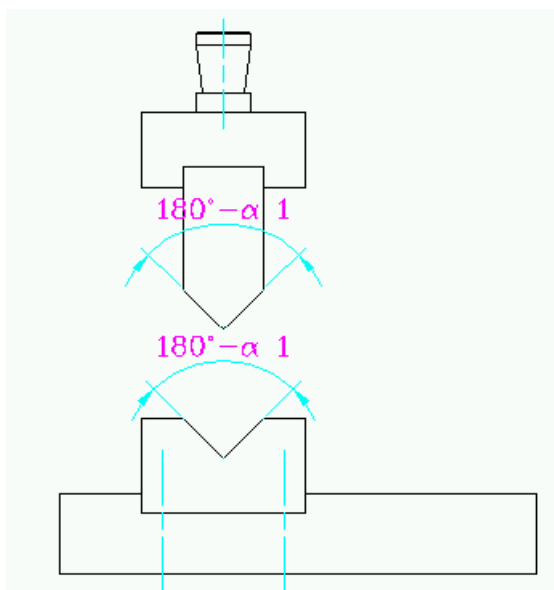
$$\text{Pl. } K = 0.92, \quad \alpha_2 = 90^\circ \Rightarrow \alpha_1 = \frac{\alpha_2}{K} = \frac{90}{0.92} = 97,8^\circ,$$

azaz $\alpha_1 = 97,8^\circ$ - kal kell a lemezt meghajlítani, hogy a visszarugózás után a szög értéke $\alpha_2 = 90^\circ$ legyen.

6. A hajlítóforma és bélyeg geometriai méreteinek számítása a visszarugózás figyelembevételével.

A bélyeg és a matrica szöge $= 180^\circ - \alpha_1 = 180^\circ - 97,8^\circ = 82,2^\circ$

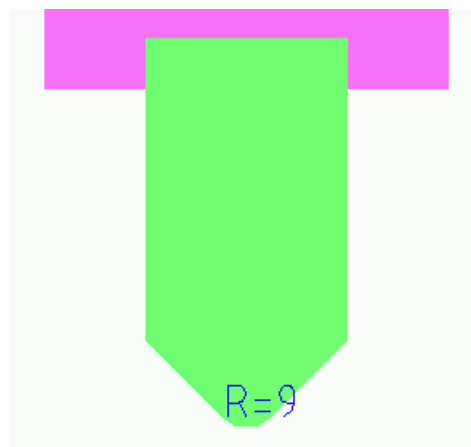
A visszarugózáskor a hajlítás rádiusza is megváltozik. Ezt a bélyeg méretezésénél kell figyelembe venni!



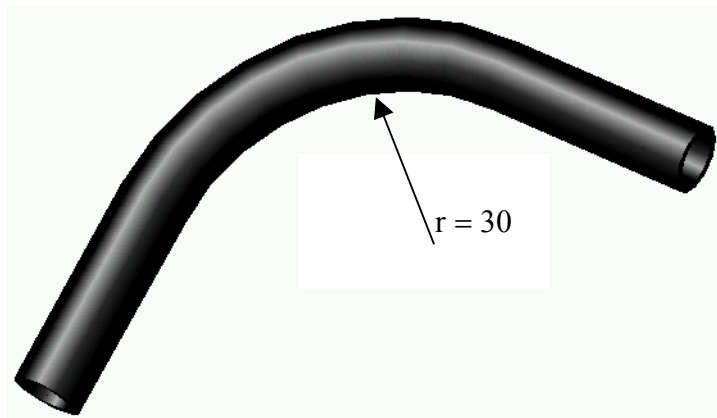
Feltételezve, hogy a semleges szál középen van:

$$\bar{\alpha}_1 \left(r_1 + \frac{s}{2} \right) = \bar{\alpha}_2 \left(r_2 + \frac{s}{2} \right) \quad K = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{r_1 + 0,5s}{r_2 + 0,5s}$$

$$r_1 = K (r_2 + 0,5s) - 0,5s = 0,92 (10 + 0,5 \cdot 5) - 0,5 \cdot 5 = 9 \text{ mm}$$



Az ábrán látható $\varnothing 20$ mm átmérőjű, 1 mm falvastagságú csövet $r=30$ mm sugárral 90° -os szögben szeretnék meghajlítani.



Feladatok:

- Ismertesse, hogy a csőhajlításkor a külső / $R=50$ mm / és a belső / $r=30$ mm / szálnál milyen problémák léphetnek fel?
- Ábrázolja kiskockák segítségével a feszültségi és alakváltozási állapotot a hajlítási zónán belül a szélső szálaknál / $R=50$ mm, $r=30$ mm /!

- Tegyen javaslatot, hogyan lehet a húzott oldalon az alakíthatóságot javítani! / Vegye figyelembe az alakíthatóságot befolyásoló, általánosan érvényes tényezőket / !
- Véleményezze, mi befolyásolja a nyomott oldalon fellépő problémát! – Felsorolás és rövid indoklás.

Megjegyzés:

A közreadott anyag egy vázlat, melyhez az előadáson lényeges kiegészítések hangoztak el. Az érintett témákból az ábraanyag hiánytalan.

Győr, 2002-11-13

Dr. Halbritter Ernő