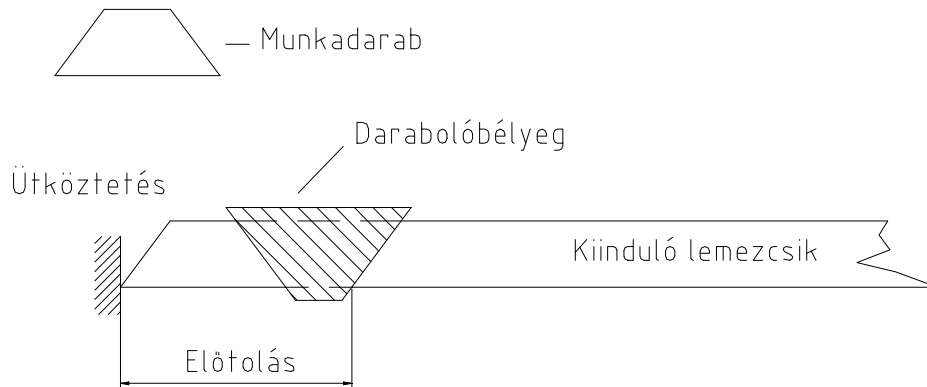


Lemzalakítás

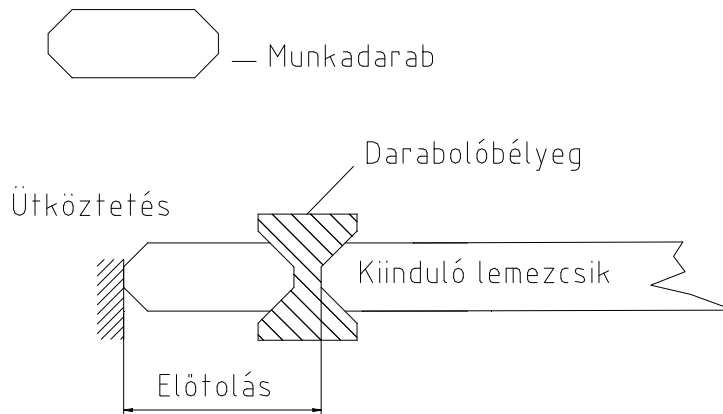
Lemzalakítás nyíróigénybevétellel:

- Hulladékmentes darabolás

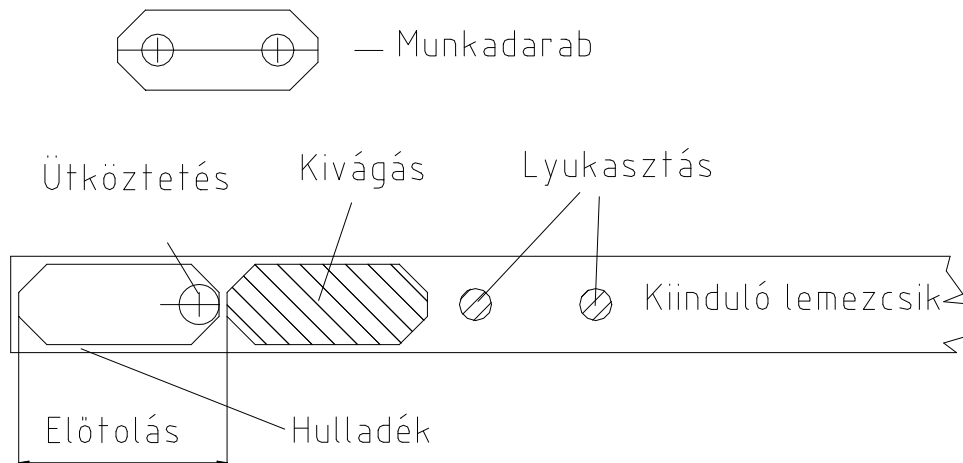


- A bemutatott példánál egy löket alatt két munkadarab készül

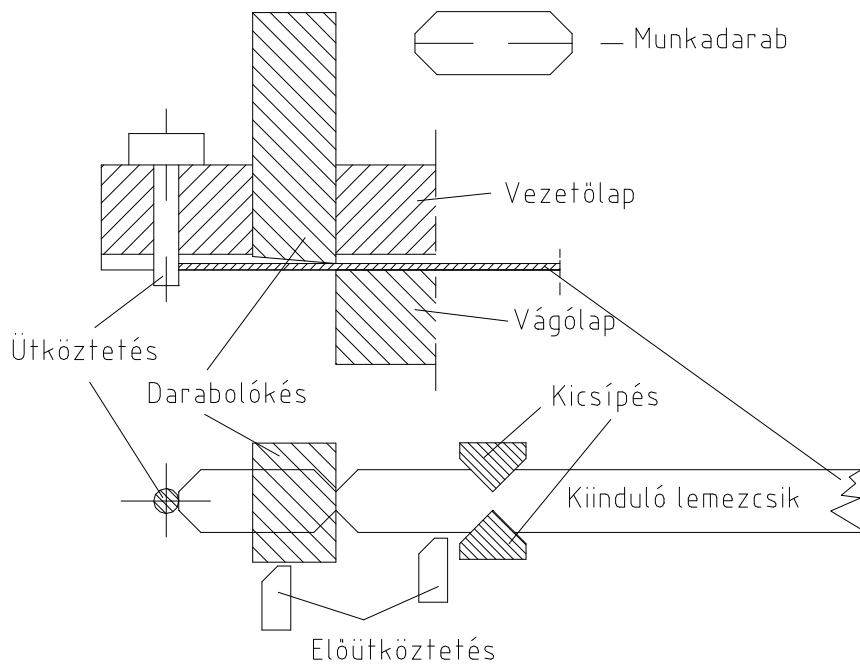
- Hulladékszegény darabolás



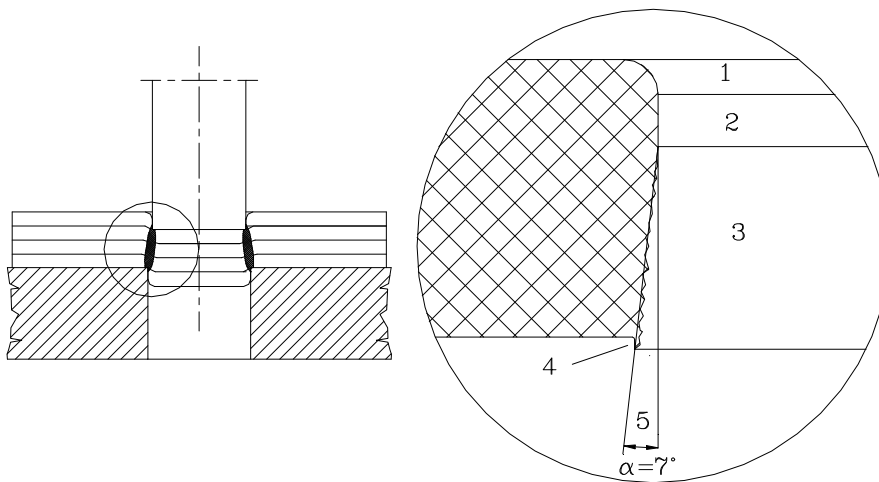
- Kivágás, lyukasztás - anyagszétválasztás zárt körvonal mentén



- 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:

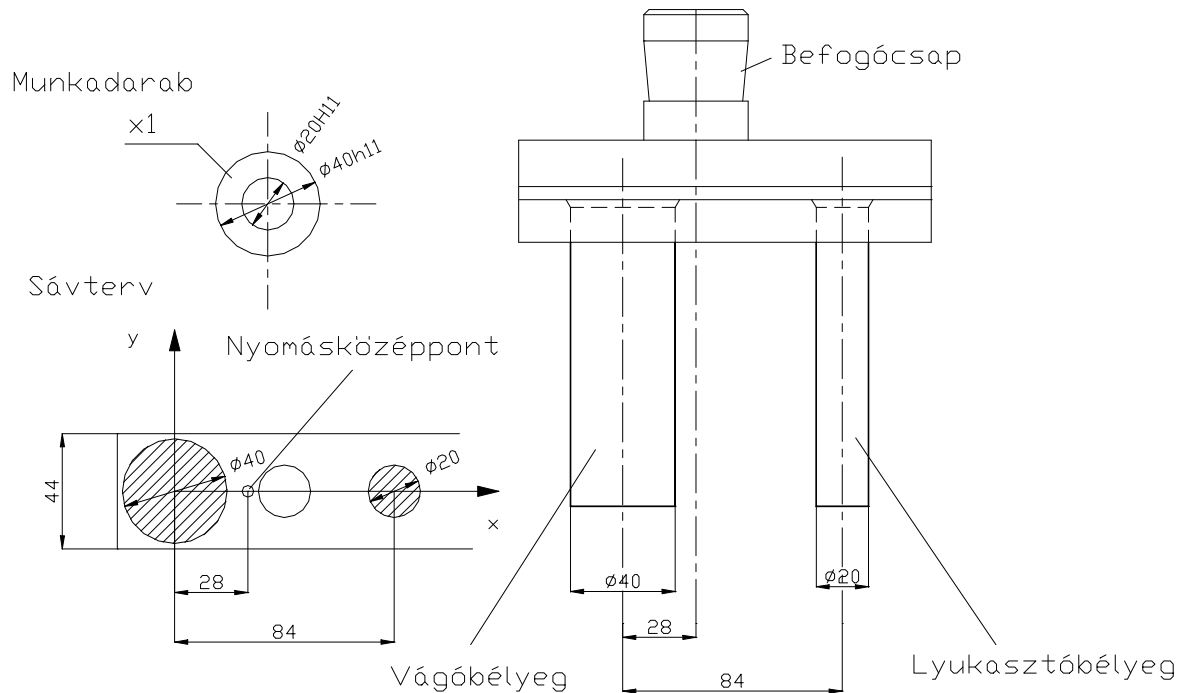
- alakvesztések (görbe vonalú idomoknál),
- szél és hidvesztés,
- lemez méret / darabolási / vesztés.

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.



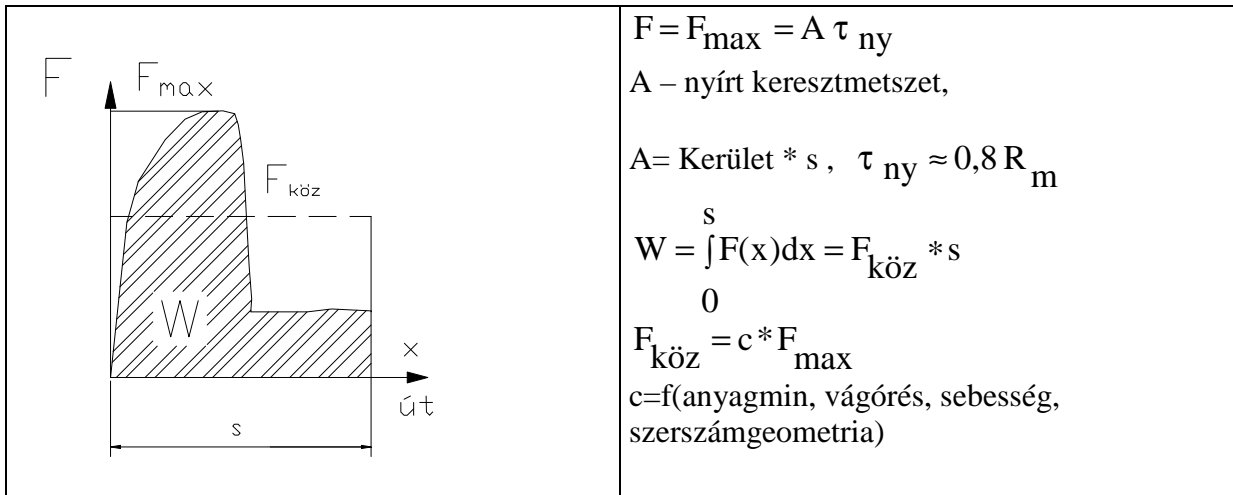
i	F_i	x_i	y_i	$F_i x_i$	$F_i y_i$
1	40	0	0	0	0
2	20	84	0	1680	0
	$\sum F_i = 60$			$\sum F_i x_i = 1680$	$\sum F_i y_i = 0$

$$x_e = \frac{\sum_{i=1}^n L_i x_i}{\sum_{i=1}^n L_i} = \frac{1680}{60} = 28 \text{ mm} \quad y_e = \frac{\sum_{i=1}^n L_i y_i}{\sum_{i=1}^n L_i} = 0 \text{ mm}$$

Vágás erő- és munka-szükséglete

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

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



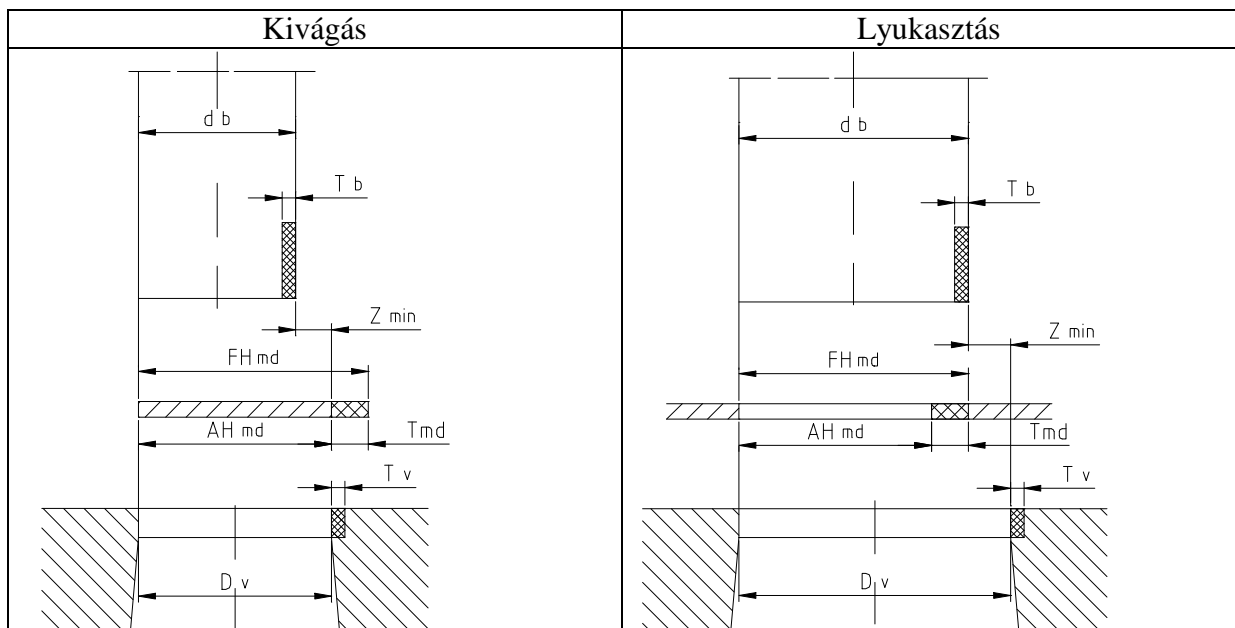
$$F = A \tau_{ny} = (D + d) * \pi * s * \tau_{ny} = (40 + 20) * \pi * 1 * 320 = 60319 \text{ N} \approx 61 \text{ kN}$$

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

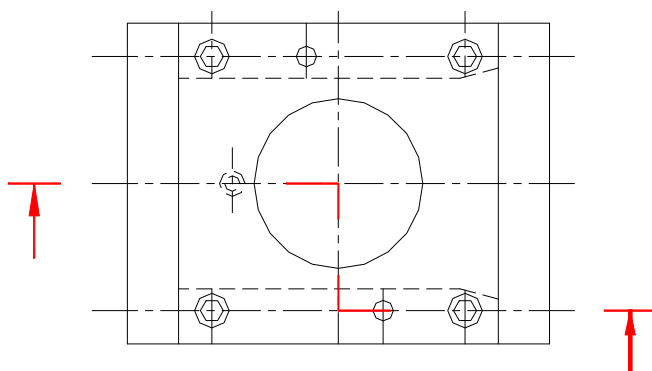
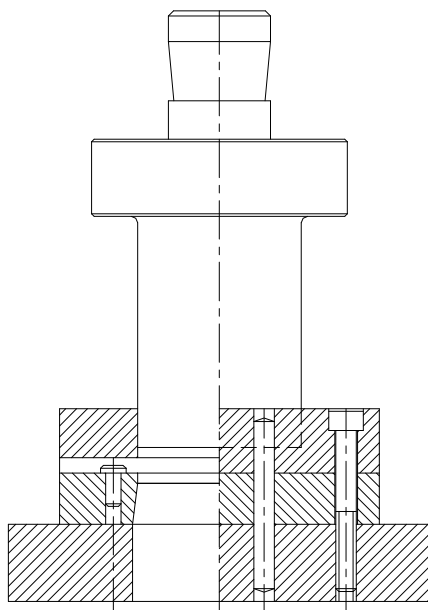
A vágóelemek tűrésezett méretmegadása

- Kivágásnál a munkadarab méretét a vágólap határozza meg.
- A kivágott munkadarab méretei a visszarusugózás 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

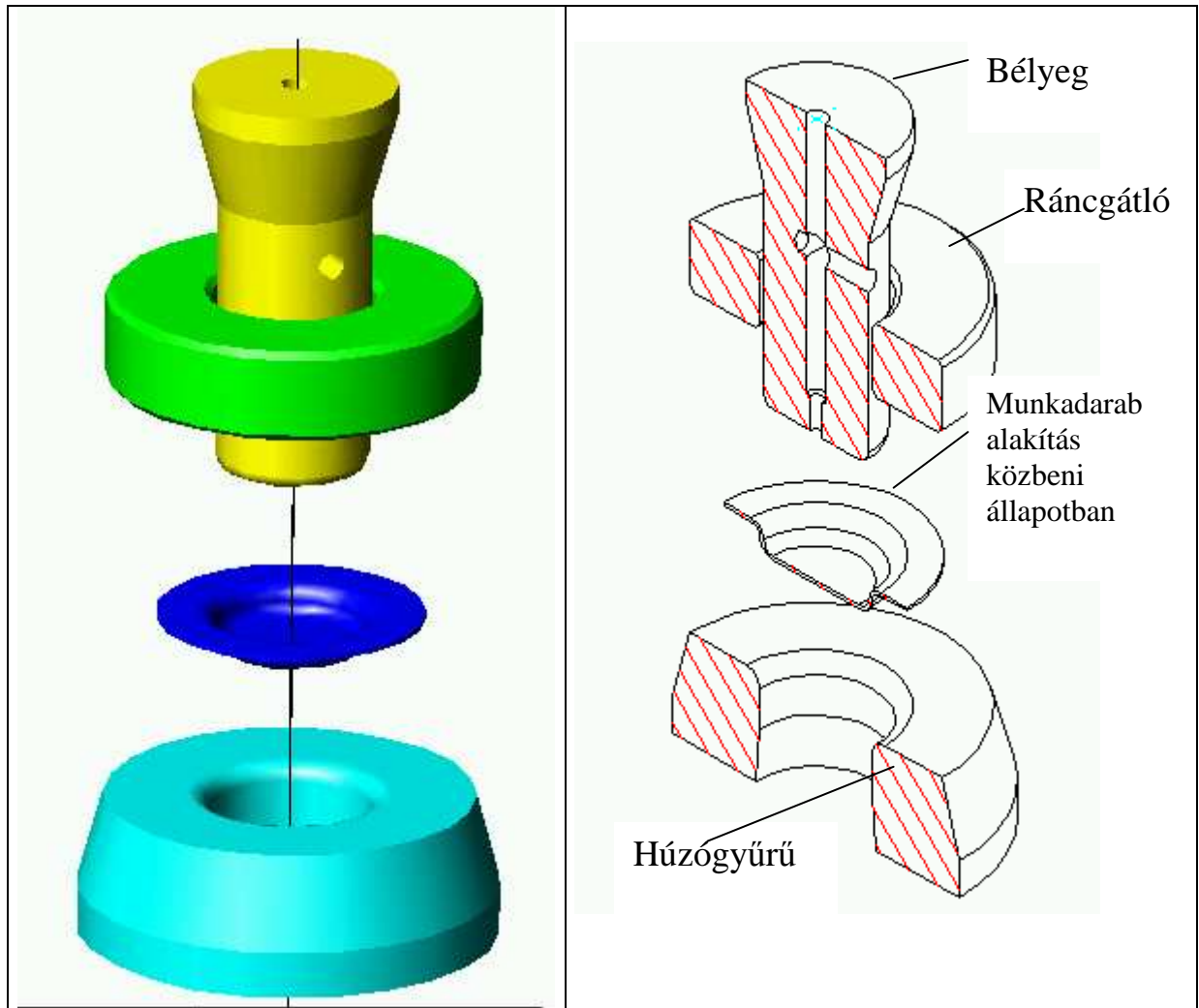


A labor gyakorlaton használt kivágószerszám felépítése.

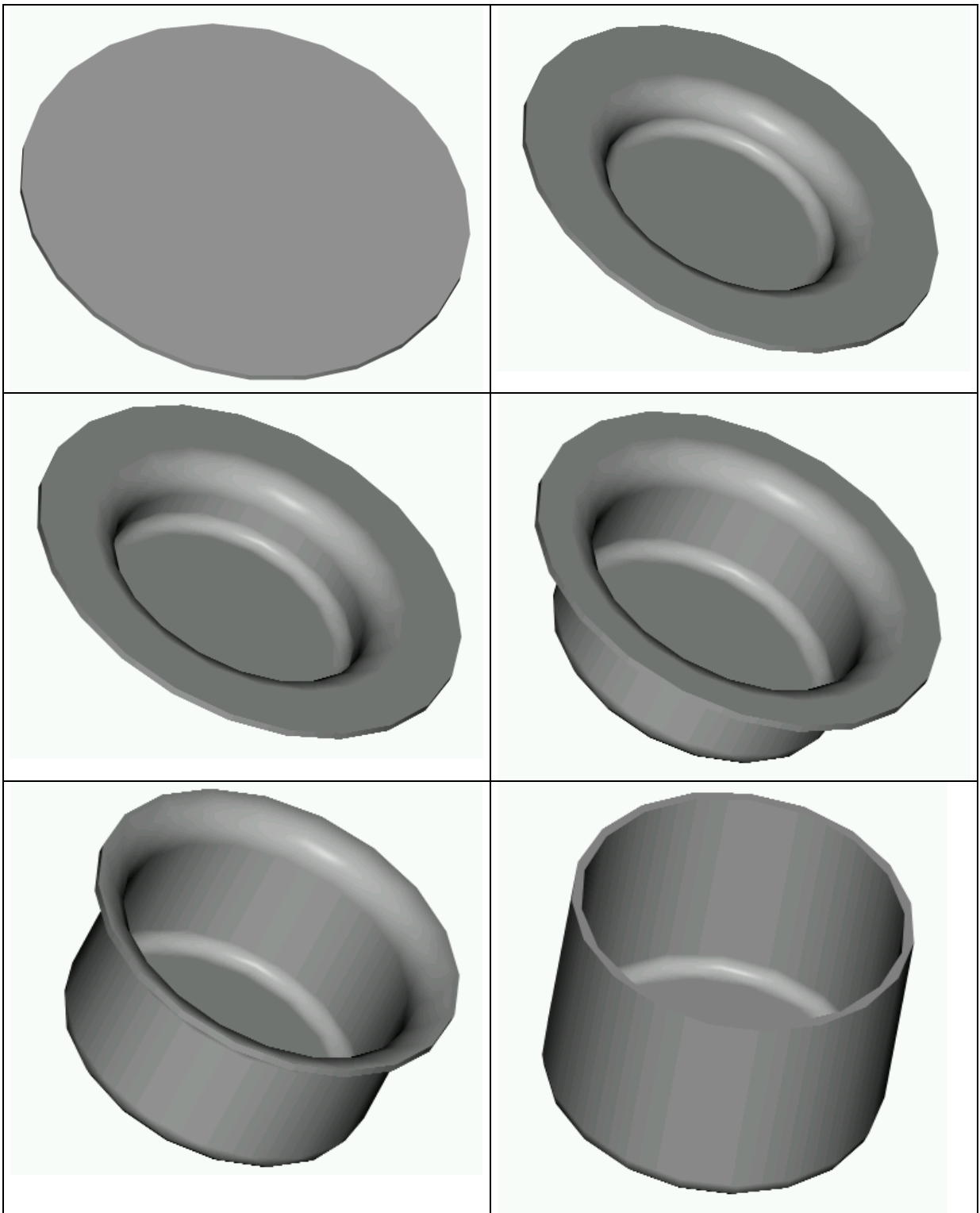


LEMEZALAKÍTÁS HÚZÓ-IGÉNYBEVÉTELEL

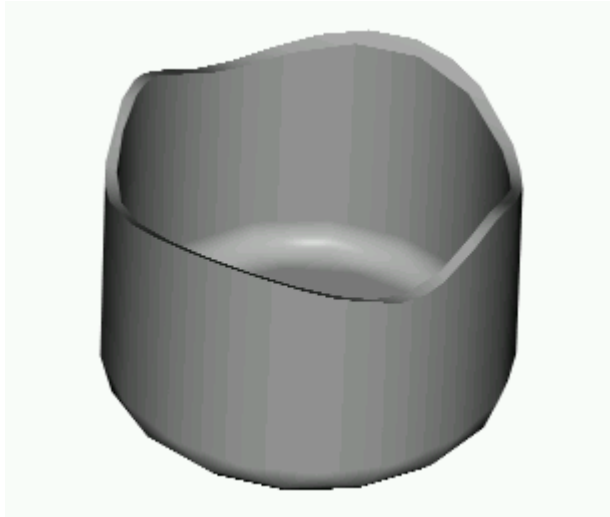
MÉLYHÚZÁS



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

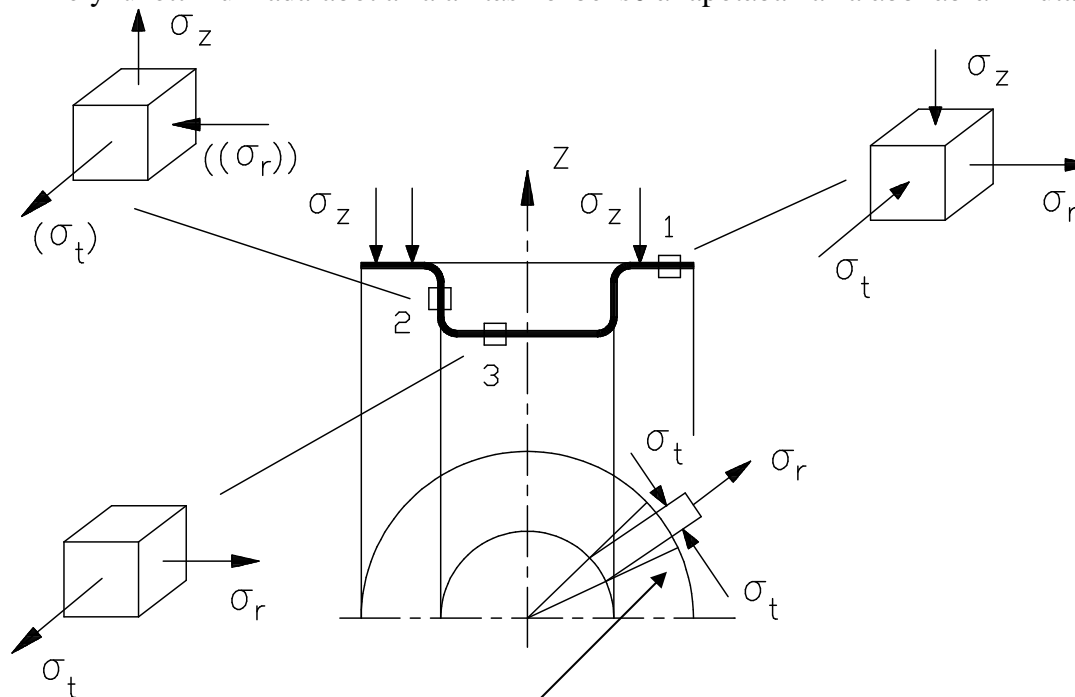


Fülesedő munkadarab



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: $D - d < 18 \cdot s_0$.

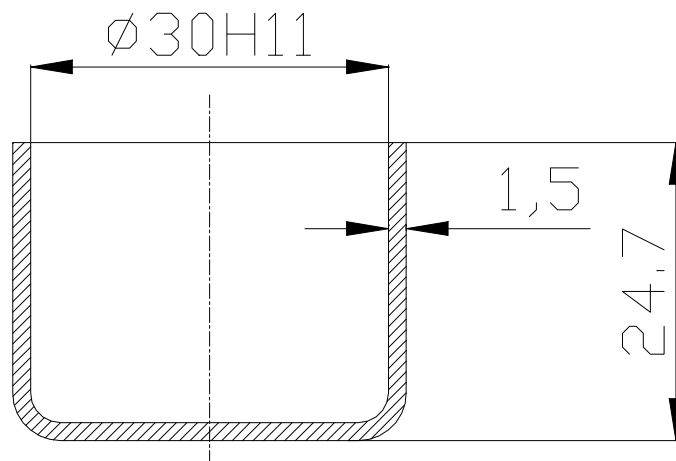
Más szakirodalomban ha $\frac{D_0}{s} > 35$, akkor kell ráncgátló. $\frac{D_0}{s} = \frac{66}{1} > 35$

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 húzórésszel 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:

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

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

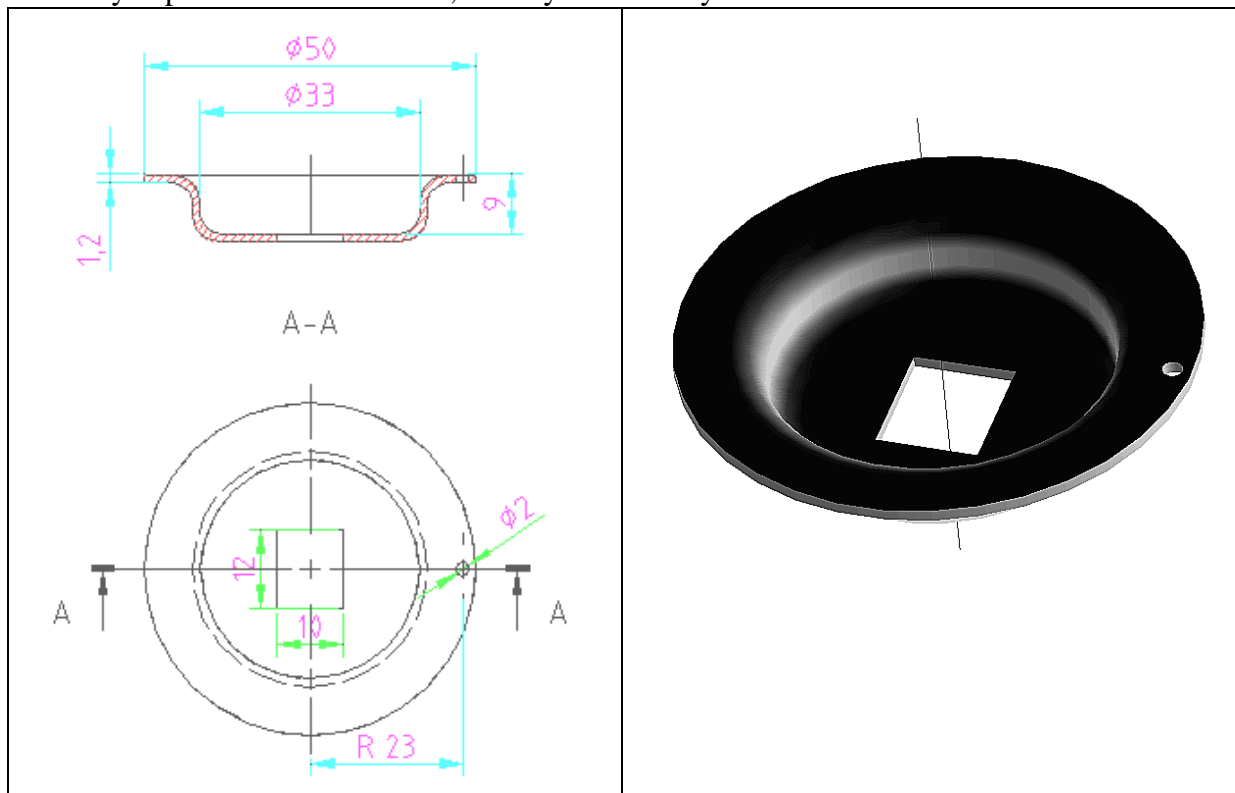
3. A lágýtás szükségessége - $q_{\max} = 0,6$, azaz 60%

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

Pédák:

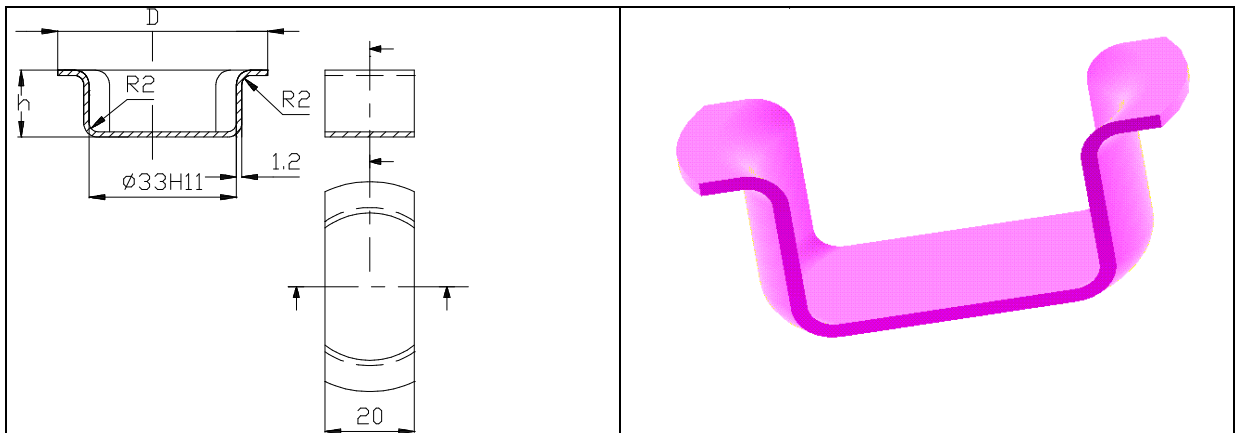
1. Az ábrán látható munkadarabot mélyhúzással állítják elő. A húzógyűrű lekerekítése $r = 5$ mm, a bélyeg lekerekítése $r = 3$ mm. A munkadarabnál előforduló rádiuszokat a szerszámok határozzák meg.

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

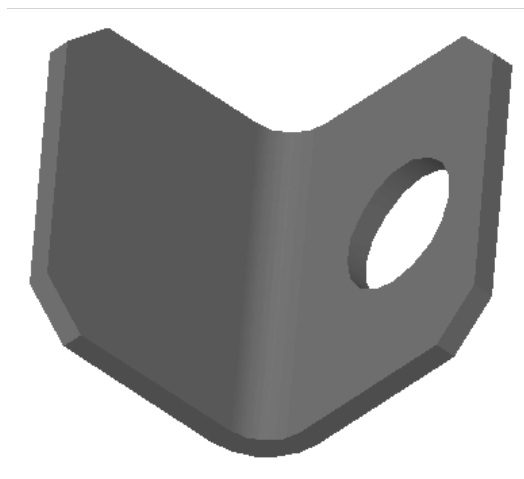


2. Az ábrán látható munkadarabot mélyhúzott edény darabolásával állítják elő. Mélyhúzásnál a húzógyűrű lekerekítése $r = 5$ mm, a bélyeg lekerekítése $r = 3$ mm.

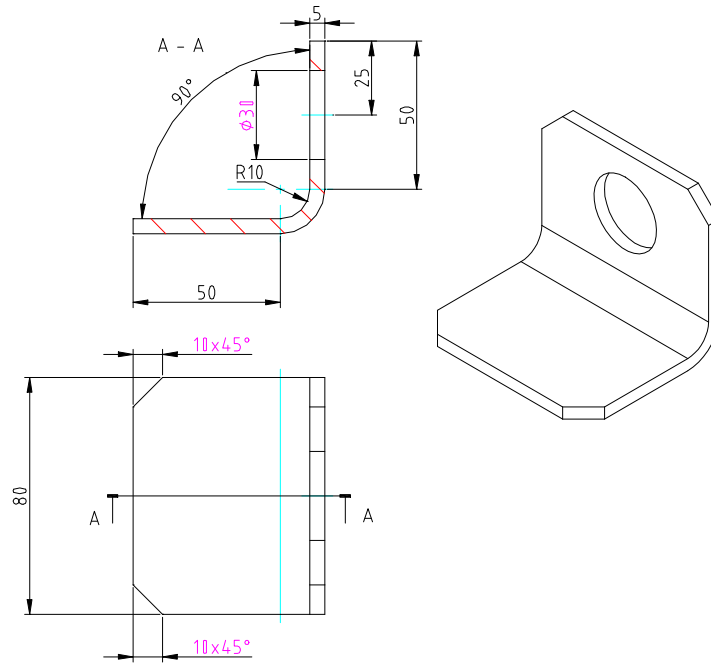
- Ismertesse a munkadarab gyártásának műveleti sorrendjét! Lemeztábla \Rightarrow kész munkadarab
- Milyen probléma merülhet fel a mélyhúzott edény darabolásánál?



HAJLÍTÁS



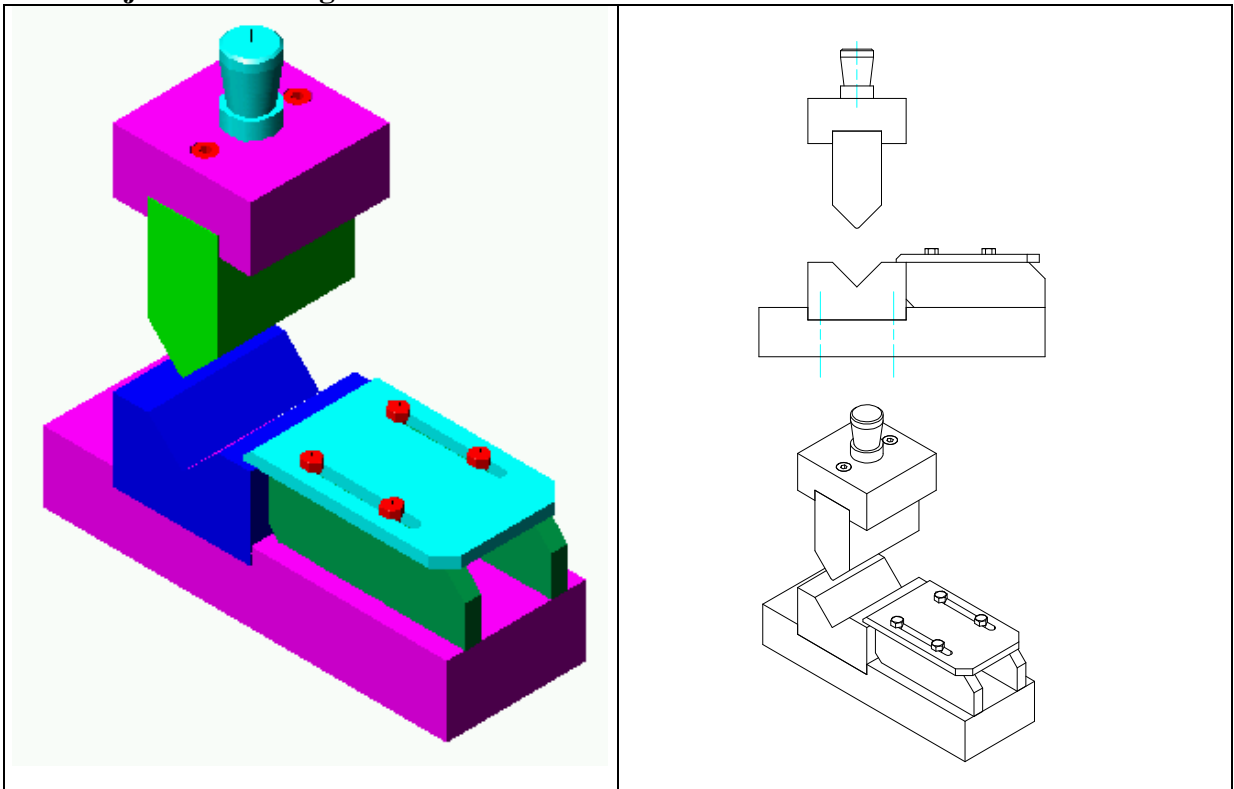
Szakítószilárdság: 400 MPa
 Szakadási nyúlás: 20 %



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:

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

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)

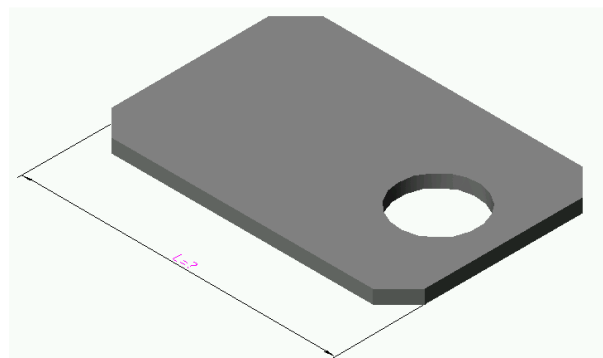
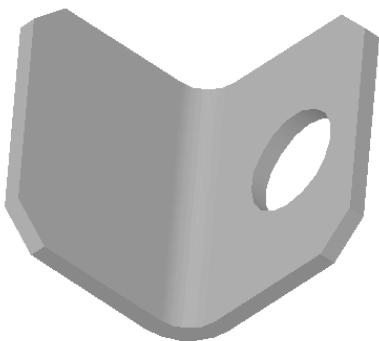
Lágyacél lemezeknél gyakran a következő értékeket használják:

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

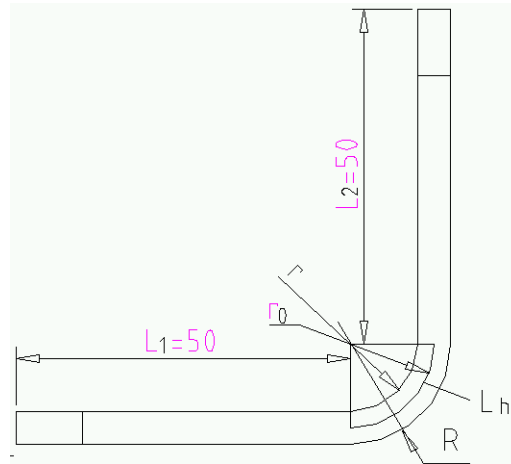
$$r_{\min} = 2 s = 2 \cdot 5 = 10 \text{ mm}$$

A hajlítás a megadott sugárral valószínűleg elvégezhető.

3. A munkadarab kiterített hossza



A kiterített L hosszmeretet 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

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

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

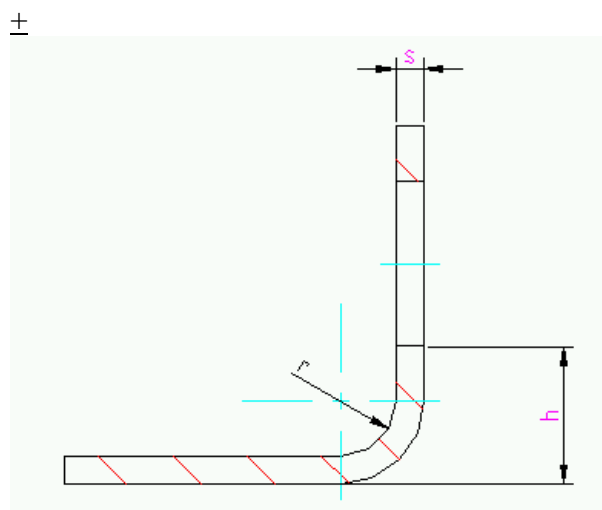
$$L = L_1 + L_2 + L_h = 2 \cdot 50 + 19,24 \approx 119 \text{ mm}$$

A számítással meghatározott L méretet a próbagyártás után ellen-örizni, szükség esetén korrigálni kell.

4. A lyuk és a hajlított rész távolságának ellenőrzése.

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

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

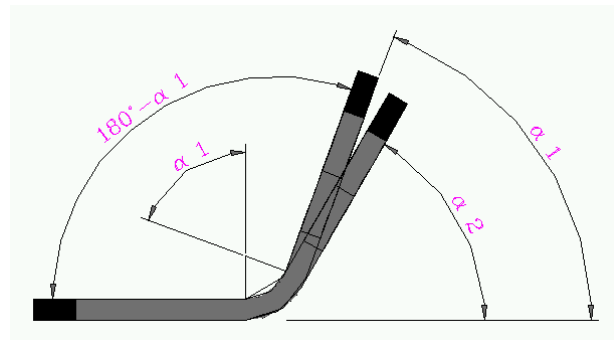


5. A visszarugózás számítása

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)



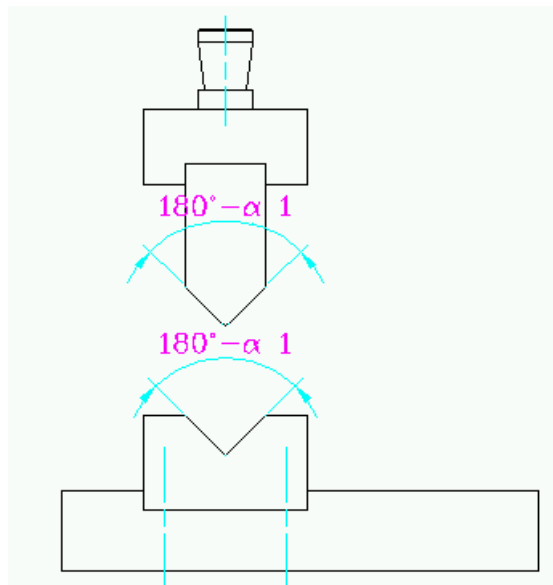
$$\text{Pl. } K = 0.92, \quad \alpha_2 = 90^\circ \Rightarrow \alpha_1 = \frac{\alpha_2}{K} = \frac{90}{0.92} = 97,8^\circ,$$

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 $= 180^\circ - \alpha_1 = 180^\circ - 97,8^\circ = 82,2^\circ$

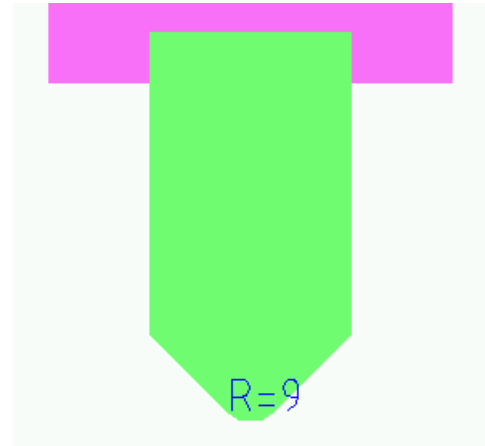
A visszarugózáskor a hajlítás rádiusza is megváltozik. Ezt a bélyeg méretezésénél kell figyelembe venni!



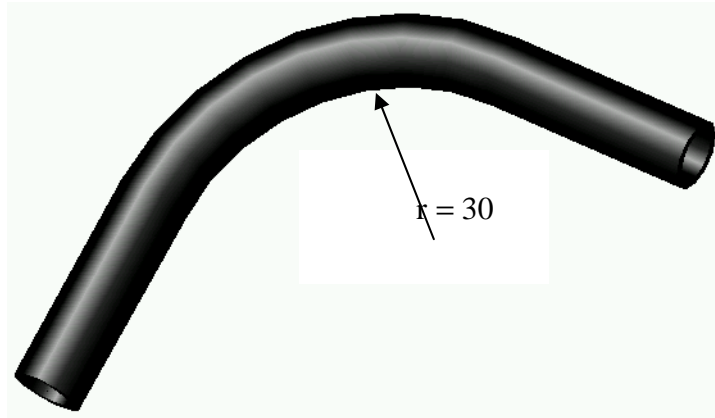
Feltételezve, hogy a semleges szál középen van:

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

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



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



Feladatok:

- Ismertesse, hogy a csőhajlításnál a külső / $R=50$ mm / és a belső / $r=30$ mm / száznál 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, melyet az előadáson jó lenne kiegészíteni.

Győr, 2003-1-22

Dr. Halbritter Ernő