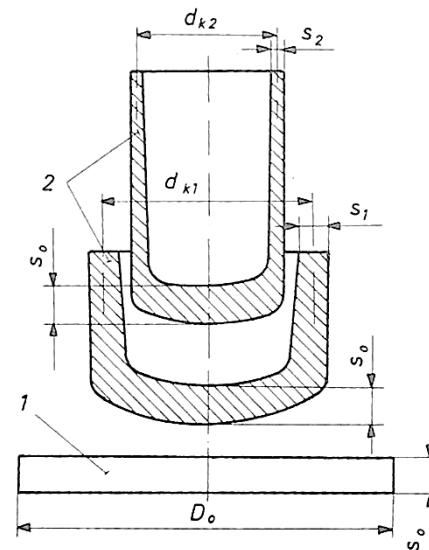
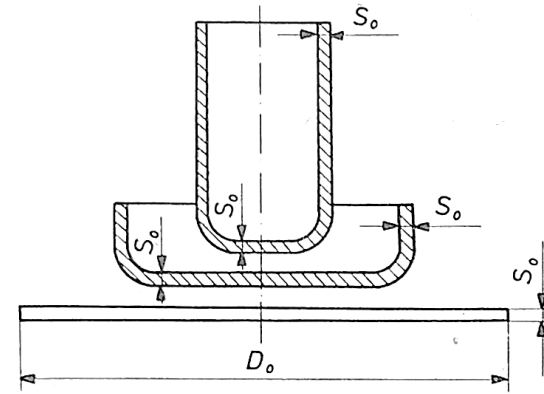


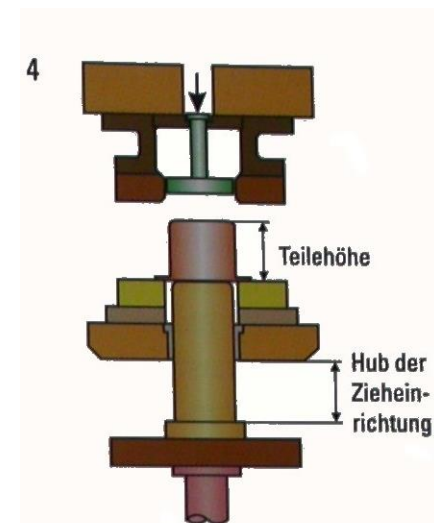
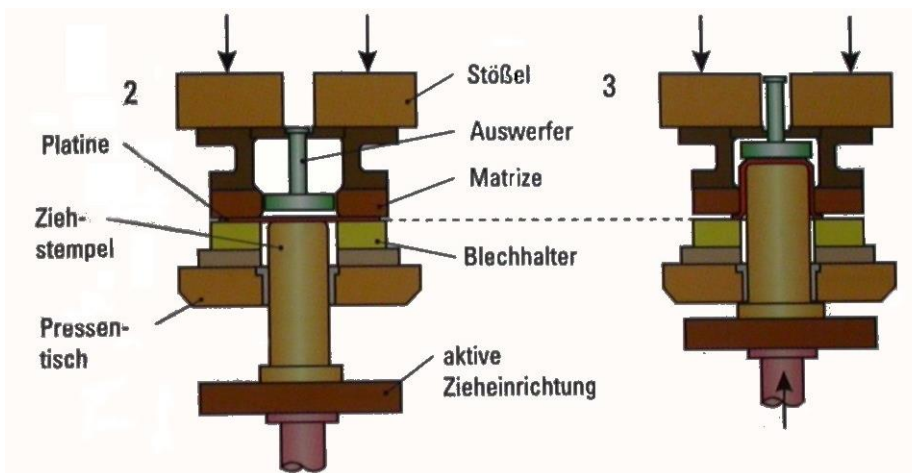
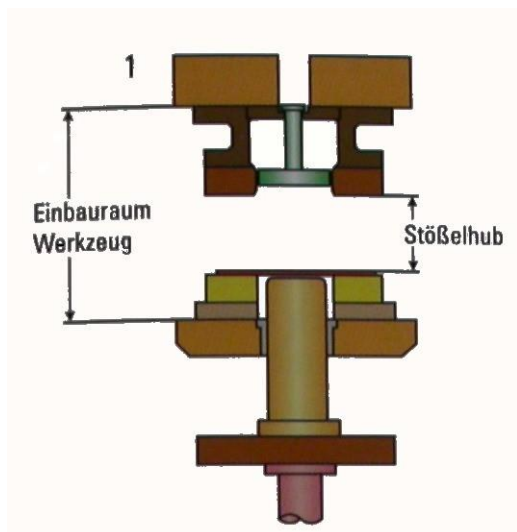
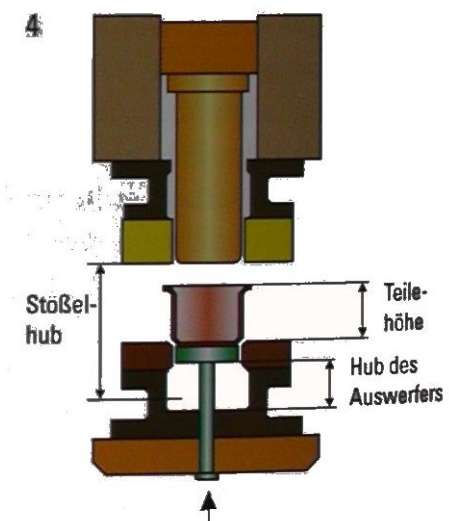
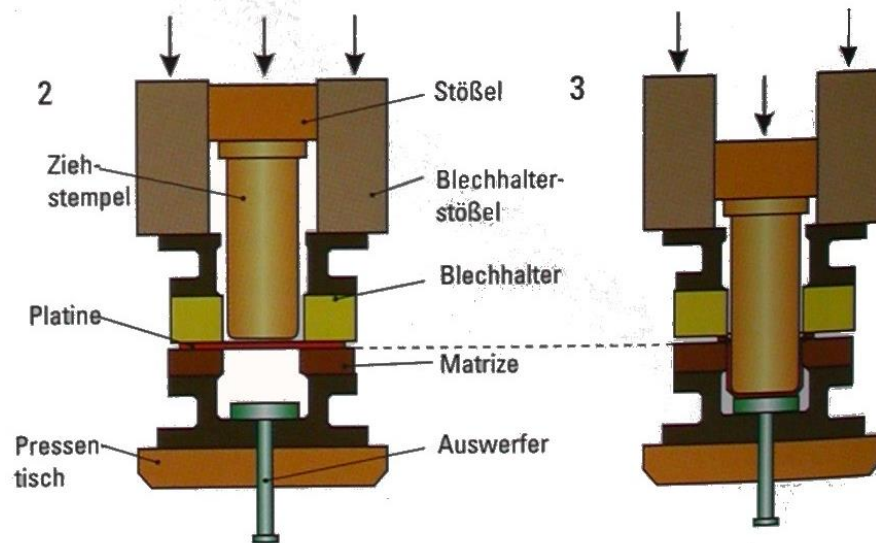
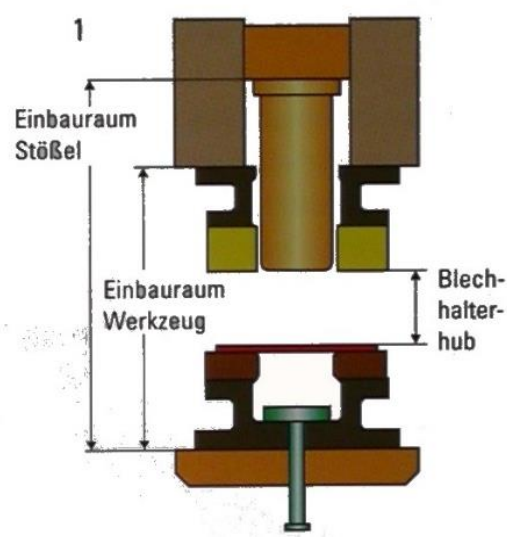
Mélyhúzás

Mélyhúzás változatai

- A mélyhúzás során lemezből üteges testet hoznak létre.
- Változatai:
 - Falvékonyítás nélküli mélyhúzás
 - Az üreg mélységének növelése az átmérő csökkentéssel történik.
 - Falvékonyító mélyhúzás
 - Az üreg mélységének növelése alapvetően a falvastagság csökkentéssel történik

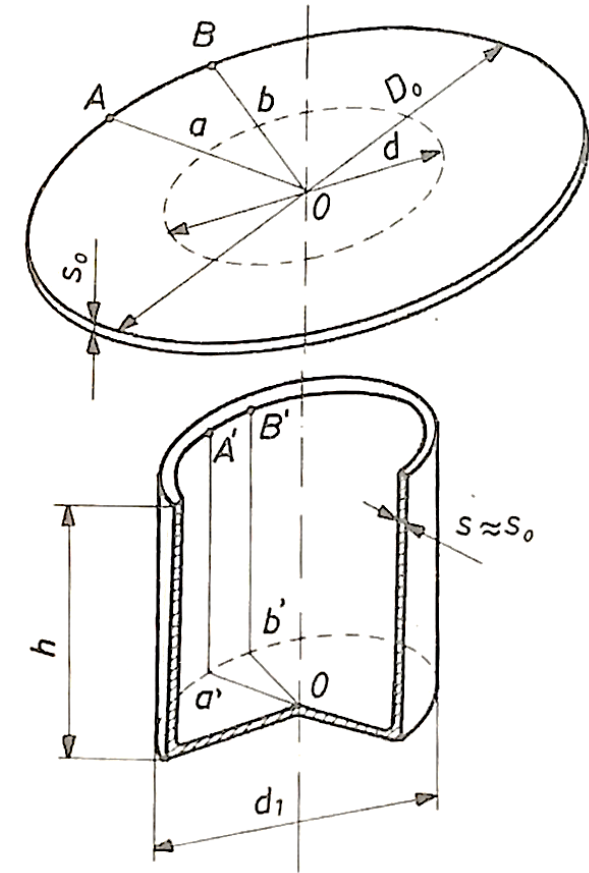
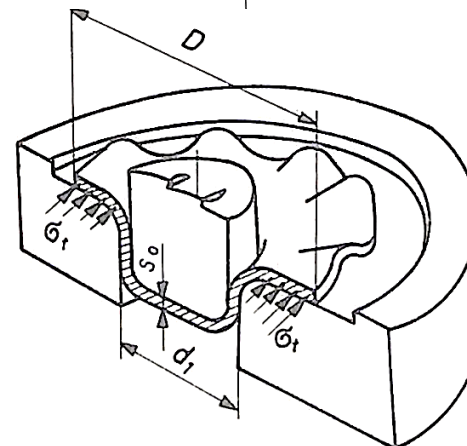
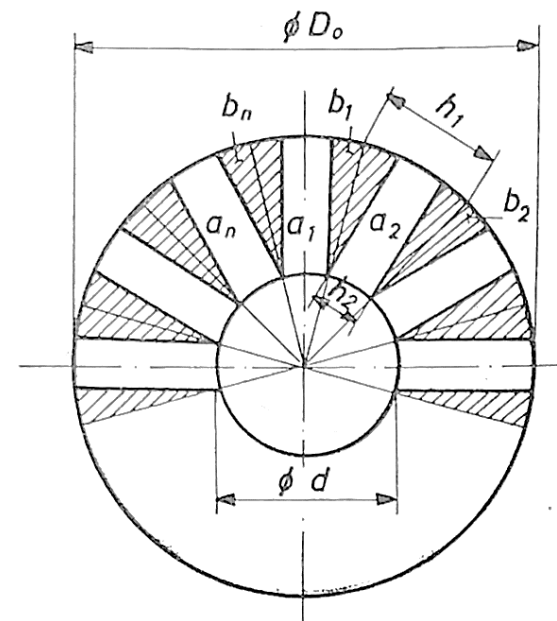


Falvékonyítás nélküli mélyhúzás



Feszültségek és alakváltozások falvékonyítás nélküli mélyhúzáskor

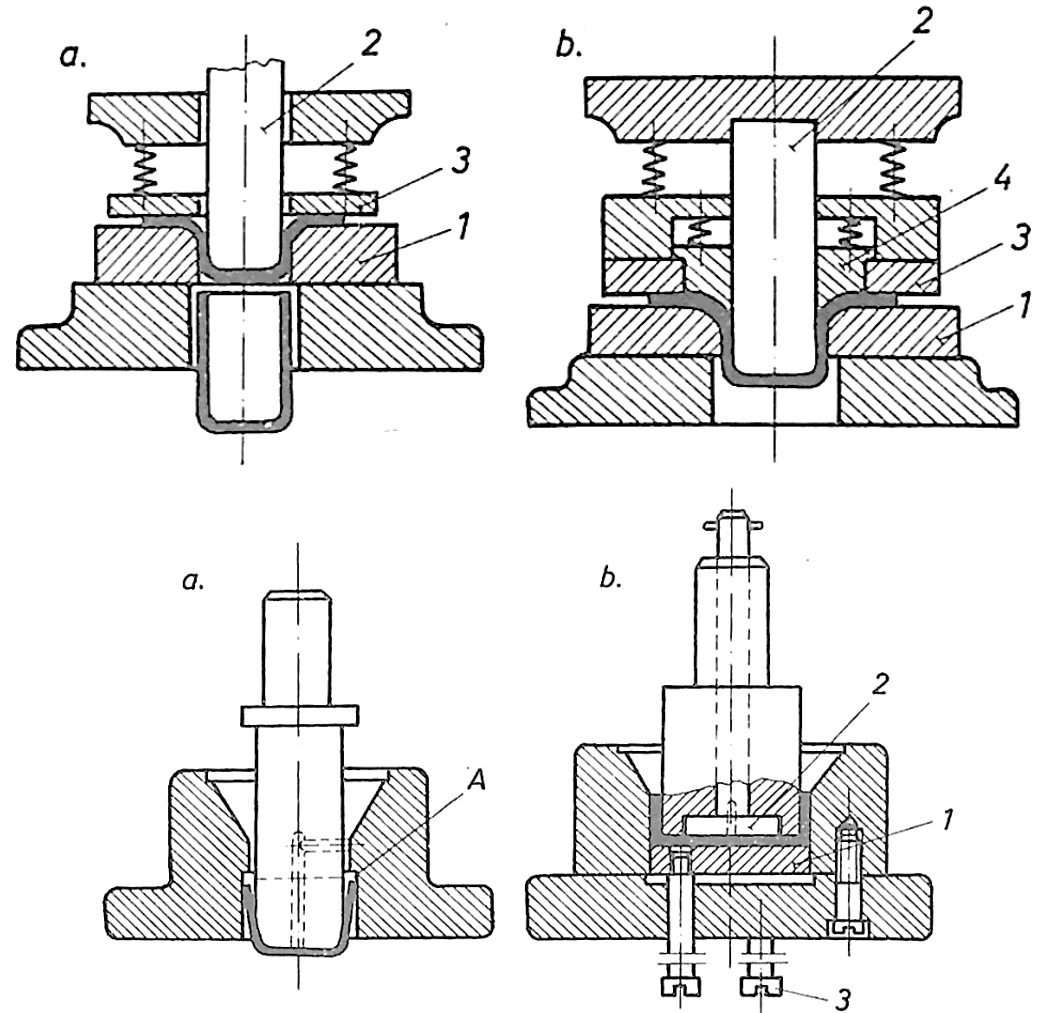
- Az alakváltozásokat sugár irányú húzófeszültség (σ_r) és érintő irányú nyomófeszültség (σ_t) hozza létre.
- σ_t hatására zömül a lemez, kerület lecsökken
- Minél nagyobb a csésze magassága, annál nagyobb mértékű a zömülés.
- Túl nagy mértékű zömülés esetén ráncosodhat a lemez.
- Sugár irányban (magasság) nyúlik a lemez, így tud közel állandó maradni a falvastagság



$$h > \frac{D - d}{2}$$

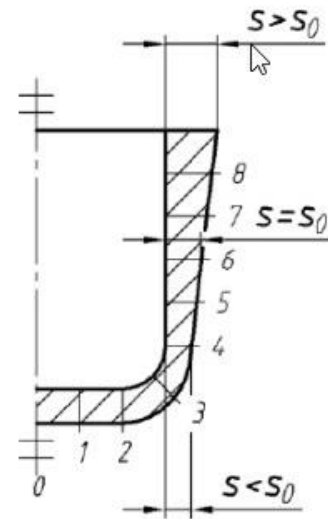
Ráncosodás

- Az érintő irányú nyomófeszültség hatására ráncosodhat a lemez.
 - Elkerülésére ráncgátlót alkalmaznak
 - Ráncgátló erőt pontosan be kell állítani
 - Túl nagy → leszakad a csésze alja
 - Túl kicsi → ráncosodik a lemez
 - Ráncgátlónyomás $p_r=1-6$ MPa
 - $p_r=f(\text{alakváltozás mértéke, } s, \text{ rés nagysága, anyagminőség})$
- Nincs ráncosodás ha:
 - $\frac{s_0}{D_0} > 0.02$ első húzáskor
 - $\frac{s_0}{d} > 0.015$ tovább húzáskor
 - $\frac{D-d}{s} < 18$
- Ráncgátló működtetése
 - Acélrugóval
 - Gumi (poliuretán) rugóval
 - Sűrített levegővel

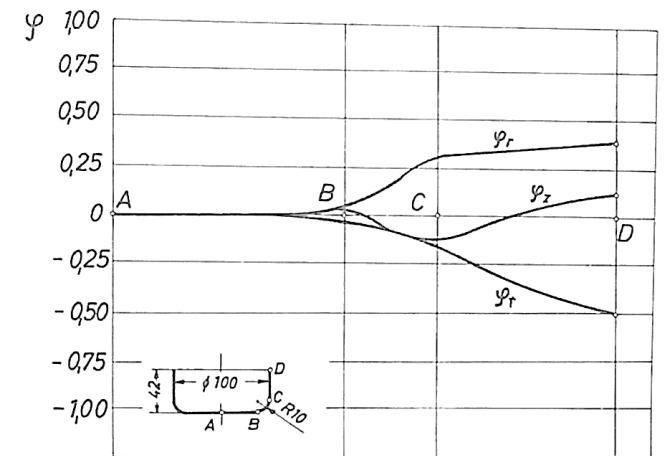
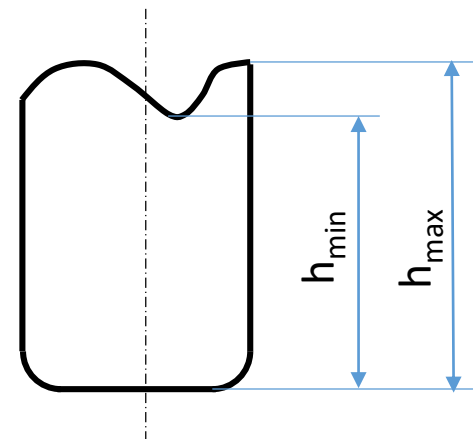
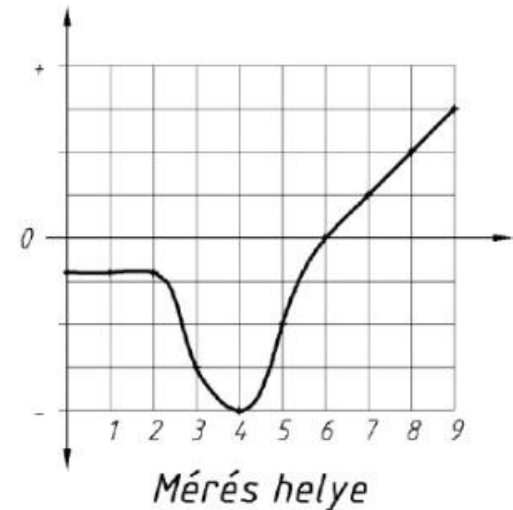


Csésze geometriája

- Falvastagság nem teljesen állandó
 - Fenék és a palást átmeneténél a legkisebb
 - Csökkenés elérheti a 25%-ot is
 - Palást felső élén a legnagyobb
 - Vastagodás 10-15%-os
- Magasság sem állandó
 - Fülesedés: $f = \frac{h_{max} - h_{min}}{h_{min}} \cdot 100\%$
 - Hidegen hengerelt lemez anizotrópiájának köszönhető
 - Állandó magasság körülvágással biztosítható



Falvastagság változás,
 $\Delta s = (s/s_0) \cdot 100 [\%]$



Húzási fokozat

- Húzási fokozat – $m < 1$
 - Húzóbélyeg és a kiinduló darab átmérőjének hányadosa
 - Előhúzó fokozat $m_0 = \frac{d_1}{D_0}$
 - Első továbbhúzási fokozat $m_1 = \frac{d_2}{d_1}$
 - Második továbbhúzási fokozat $m_2 = \frac{d_3}{d_2}$
 - n-edik továbbhúzási fokozat $m_n = \frac{d_{n+1}}{d_n}$
- Átmérő viszony $\beta = \frac{1}{m}$
- A húzási fokozat nagyságát befolyásolja:
 - Mélyhúzás módszere (van-e ráncgátló)
 - Anyagminőség (összetétel, szemcsenagyság, felület állapota)
 - Lemezvastagság
 - Alkatrész átmérője, formája
 - Húzógyűrű, húzóbélyeg lekerekítési sugara
 - Húzórés nagysága
 - Szerszám felületi minősége
 - Kenőanyag és kenési állapot
 - Megelőző húzások száma

A húzási fokozat nagyságát befolyásoló tényezők hatása

- Bélyeg és matrica lekerekítési sugara:
 - Növelésével m értéke csökken
 - A matrica nagy lekerekítési sugara esetén a lemez hamar kikerül a ráncgátló szorítása alól, ráncosodhat → kiegészítő ráncgátló
- A húzási fokozatok meghatározásakor törekedni kell arra, hogy minél kevesebb húzási művelettel állítsuk elő a munkadarabot, de biztonságosan, szakadás veszélye nélkül.
- $m_0 < m_1 < m_2 < \dots < m_n$
 - Ok: az alakváltozás nem egyenletes, legnagyobb a palást szélén, legkisebb a fenéken. Húzás során az erő átadás a kis szilárdságú fenék-palást átmenetnél történik. A felkeményedő palást alakításához pedig egyre nagyobb feszültség kell.



Húzások számának meghatározása

$$\left. \begin{array}{l} d_1 = D_0 m_0 \\ d_2 = d_1 m_1 \\ d_3 = d_2 m_2 \\ : \\ d_n = d_{n-1} m_{n-1} \end{array} \right\} \begin{array}{l} m_i \text{ legkisebb értékével számolunk} \\ \\ d_n \leq d_{md} \\ \\ \text{ha } d_n \text{ jelentősen eltér } d_{mdb} \text{-től akkor az összes } m \text{-et arányosan meg kell növelni} \end{array}$$

- Mélyhúzások számának gyors, közelítő meghatározása

- Közelítés: $m_0 < m_1 = m_2 = m_3 = \dots m_{n-1}$

$$\left. \begin{array}{l} d_1 = D_0 m_0 \\ d_2 = D_0 m_0 m_1 \\ d_3 = D_0 m_0 m_1^2 \\ : \\ d_n = D_0 m_0 m_1^{n-1} \end{array} \right\} n = \frac{\lg d_n - \lg(D_0 m_0)}{\lg m_1} + 1 \quad \text{az eredményt felfelé kerekítik}$$

Húzási fokozatok értéke

Hengeres alkatrészek ráncgátló nélküli mélyhuzásának húzási fokozatai

Fajlagos anyag- vastagság $s_o/D_o \cdot 100 \%$	Húzási fokozat					
	m_o	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5
1,5	0,65	0,80	0,84	0,84	0,90	-
2,0	0,60	0,75	0,80	0,84	0,87	0,90
2,5	0,55	0,75	0,80	0,84	0,87	0,90
2,0	0,53	0,75	0,80	0,84	0,87	0,90
> 3,0	0,50	0,70	0,75	0,78	0,82	0,85

Húzási fokozatok értéke

Hengeres alkatrészek ráncgátlóval végzett mélyhuzásának húzási fokozatai

Húzási fokozat	Fajlagos lemeztvastagság $s_0/D \cdot 100 \%$					
	2,0-1,5	1,5-1,0	1,0-0,6	0,6-0,3	0,3-0,15	0,51-0,08
m_0	0,48-0,50	0,50-0,53	0,53-0,55	0,55-0,58	0,58-0,60	0,60-0,63
m_1	0,73-0,75	0,75-0,76	0,76-0,78	0,78-0,79	0,79-0,80	0,80-0,82
m_2	0,76-0,78	0,78-0,79	0,79-0,80	0,80-0,81	0,81-0,82	0,82-0,84
m_3	0,78-0,80	0,80-0,81	0,81-0,82	0,82-0,83	0,83-0,85	0,85-0,86
m_4	0,80-0,82	0,82-0,84	0,84-0,85	0,85-0,86	0,86-0,87	0,87-0,88

Megjegyzés:

A húzási fokozatok táblázatbeli értékei lágycélok ($C < 0,2 \%$), sárgaréz és alumínium lemezek mélyhuzásához alkalmazhatók.

A jobban alakítható anyagokhoz a kisebb értékek tartoznak.

Téglalap és négyzet alapú munkadarabok mélyhúzása

- Kisebb húzási fokozat engedhető meg, mint a hengeres darabok mélyhúzásakor
- Az egyenes élek mentén csak hajlítás történik
- A sarok ív $1/3$ - $1/5$ részén megy végbe a hengeres darabok mélyhúzásához hasonló alakváltozás
- A húzórés nem egyenletes, a lekerekítéseknél nagyobb, az egyenes szakaszokon kisebb.

Anyag	m_0	m_i
Mélyhúzó acél	0.25-0.4	0.4-0.55
Réz, sárgaréz (Sr63, Sr70)	0.2-0.3	0.3-0.45
Al	0.3-0.35	0.4-0.45
AlCu4Mg2	0.35-0.4	0.45-0.55

Húzó műveletek közti hőkezelés

- A felkeményedés miatt egy idő után már nem lehet tovább húzni az alkatrészt
- Keményedés függ:
 - Keményedési kitevőtől (n)
 - Alakítás mértékétől
 - Ráncgátló nyomástól
 - Szerszám elemek lekerekítési sugaraitól
 - Húzóérés nagyságától
 - Alakítás sebességétől
- A legnagyobb alakváltozás a munkadarab peremén lép fel

$$q_{\ddot{o}} = \frac{A_0 - A}{A_0} = \frac{D_0 \pi s_0 - d \pi s}{D_0 \pi s_0} = 1 - \frac{ds}{D_0 s_0} = 1 - \frac{d}{D_0} = 1 - m_0$$

- q_{meg} - a lemez anyagára megengedhető alakváltozás

$$q_{1\ddot{o}} = 1 - \frac{d_1}{D_0} = 1 - m_0$$

$$q_{2\ddot{o}} = 1 - \frac{d_2}{D_0} = 1 - m_0 m_1$$

• :

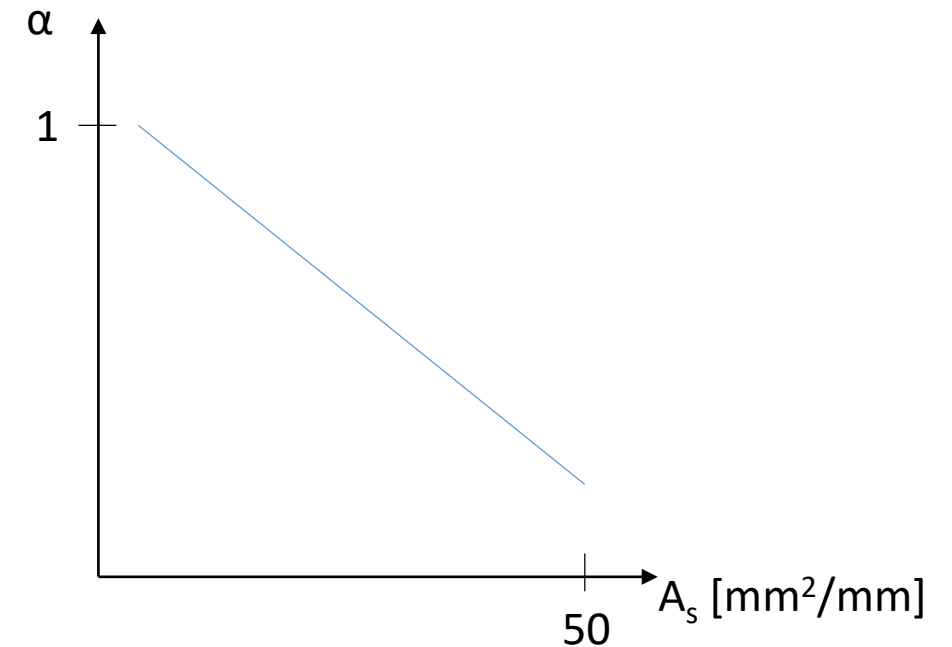
$$q_{k\ddot{o}} = 1 - \frac{d_k}{D_0} = 1 - m_0 m_1^{k-1}$$

Húzó műveletek közti hőkezelés

- Az első lágyításig elvégezhető műveletek száma:
 - $q_{k\ddot{o}} = q_{meg}$
 - $m_0 m_1^{k-1} = 1 - q_{meg}$
 - $k = \frac{\lg(1 - q_{meg}) - \lg m_0}{\lg m_1} + 1$
- Lágyítás után a következő lágyításig végezhető műveletek száma
 - $q_{k+1} = \frac{d_k - d_{k+1}}{d_k} = 1 - m_1$
 - $q_{k+j} = 1 - m_1^j = q_{meg}$
 - $j = \frac{\lg(1 - q_{meg})}{\lg m_1}$

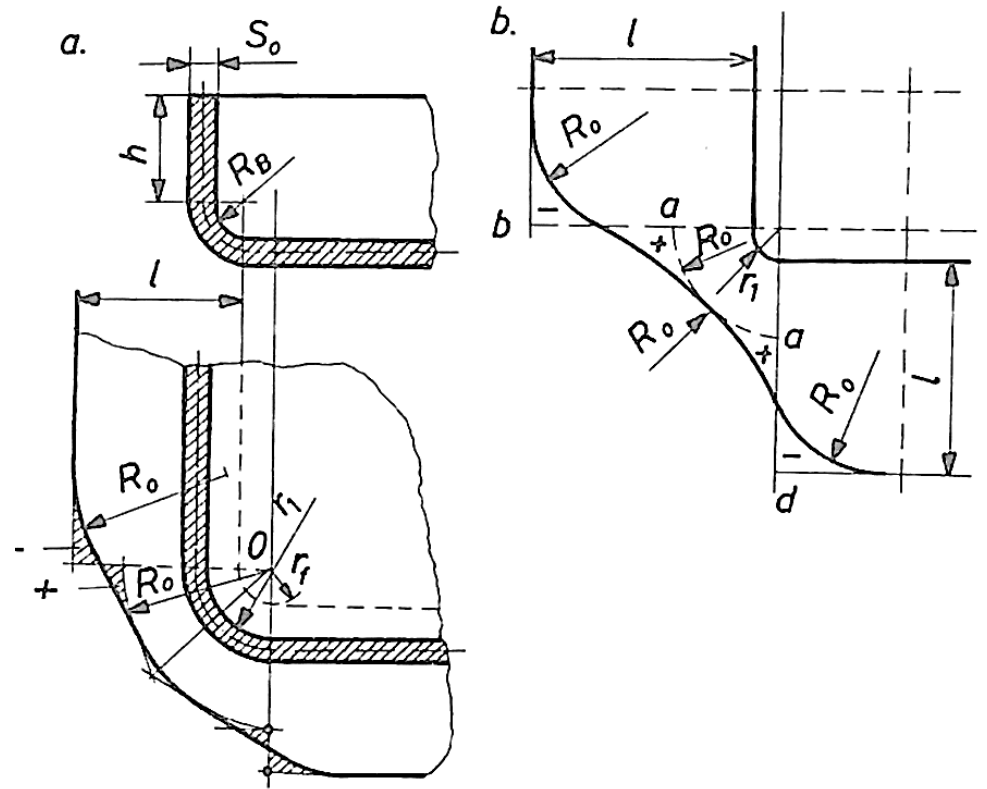
Teríték méretének meghatározása

- A falvastagság nem állandó $s_0 \neq s_k$
- Fajlagos húzófelület:
- $A_s = \frac{\text{felesleges terület}}{\text{bélyeg kerülete}}$
- $A_s = \frac{\frac{D^2\pi}{4} - \frac{d^2\pi}{4} - d\pi\frac{D-d}{2}}{d\pi} = \frac{(D-d)^2}{4d}$
- Nyúlási tényező: $\alpha = \frac{s_k}{s_0}$
- A fajlagos húzófelület növekedésével csökken a nyúlási tényező, vagyis a közepes falvastagság.



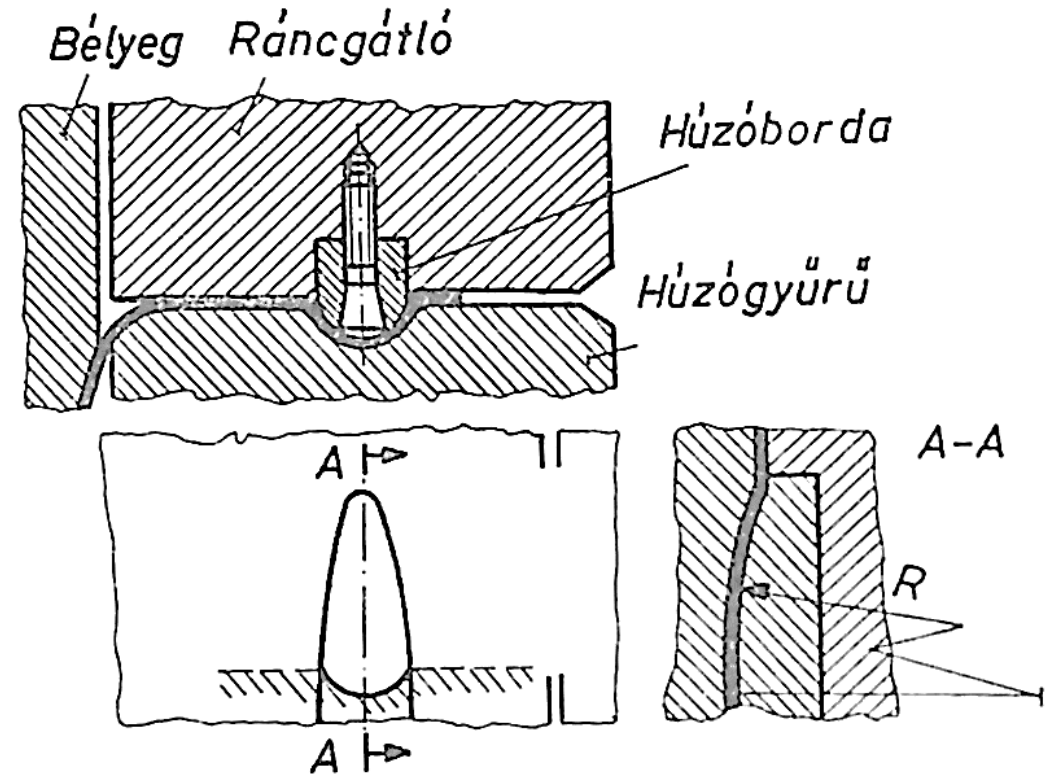
Teríték méretének meghatározása

- Hengeres csésze terítéke:
 - $D_0 = \sqrt{\alpha[d_k^2 + 4d_k(h + h')]}$
 - h' – körülvágási ráhagyás
 - $h' = (0.02-0.1)h$
 - d_k – közép átmérő
- Derékszögű, négyszögszelvényű munkadarabok terítéke
 - Felület azonosságból
 - Ha körbe kell vágni → nyolcszögletű teríték



Szabálytalan alakú, eltérő magasságú edények húzása

- A teríték egyes szakaszain gátolni kell a teríték elmozdulását a ráncgátló alatt.
- Erre a célra húzóbordákat alkalmaznak.



Konstrukciós elemek méretezése

- Mélyhúzás közben dolgozó rádiuszok nagyon fontosak
- Martica és a bélyeg lekerekítését tapasztalat alapján határozzák meg
 - Első húzáskor $R_B = R_M$
 - Továbbhúzáskor $R_B = 0.5R_M$
- Szerszámok tűrésezése attól függ, hogy a kész munkadarab belső vagy külső méretét kell tűrés szerint elkészíteni.
- Húzórés $u = s_0 + a\sqrt{10s_0}$
 - $a=0.07$ acél lemeznél
 - $a=0.02$ alumínium lemeznél
 - $a=0.04$ egyéb nem vas fémeknél
 - Sík lapokkal határolt darabok esetén a sarkokban 5-100%-al nagyobbra kell választani a húzórest az egyenes szakaszokhoz képest
- Megvalósítható pontosság IT10-14

Erő és munkaszükséglet

- Kezdő húzás:

- $F_{max} = \frac{1}{\eta_F} d_k \pi s_0 k_{fk} \ln \frac{0.77 D_0}{d_k}$

- $W = K F_{max} h$

ahol $\eta_F = 0.5 - 0.7$

$K = 0.65 - 0.77$

- Továbbhúzás:

- $F_{max} = d_k \pi s k_{fk} \left[\frac{d_1 - d_k}{d_1 + d_k} \left(1.1 + \frac{\mu}{\tan \alpha} \right) 2e^{\mu \alpha} + \frac{s}{2R_M} \right]$

- $k_{fk} = 0.5(k_{fn-1} + k_{fn})$

- $W = K F_{max} h$

- $K = 0.7 - 0.85$

