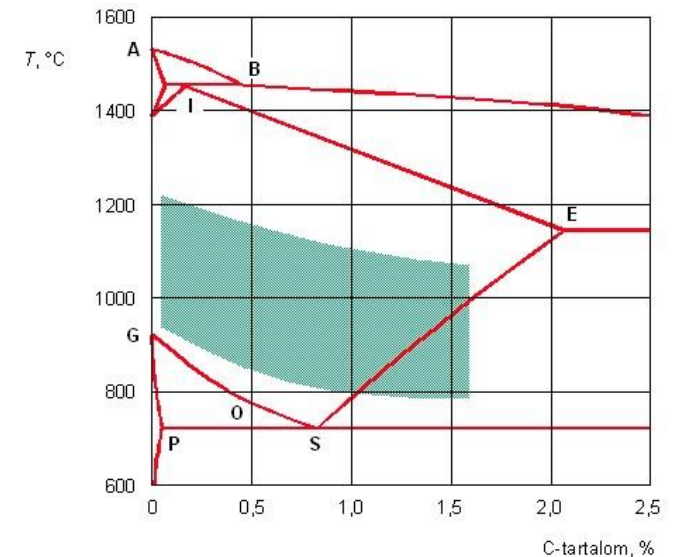


Süllyesztékes kovácsolás

Kovácsolási hőmérséklet

- Kovácsolás hőmérséklete acélok esetén
- Kezdeti hőmérséklet
 - 150-200 °C szolidusz alatt → kemence 80-100 °C-al melegebb
 - Magasabb hőmérséklet
 - szerszám mechanikai igénybevétele kisebb
 - Alakítás nagy részét a lehető legmagasabb hőmérsékleten kell elvégezni
 - Alakítási feszültségek kisebbek
 - Szemcsedurvulás
- Befejező hőmérséklet
 - Minél alacsonyabb → finomabb szemcseszerkezet



Anyag-minőség	Kezdő hőmérséklet	Befejező hőmérséklet
C acél		
0.12	1250-1300	900-950
0.14	1200-1250	850-900
1.2	1000-1100	800-850
Cr-Ni acél	1250-1300	850-900
gyorsacél	1200	900-950

Kovácsolási hőmérséklet

Metal or alloy	Temperature Range (°C)
Aluminum alloys	400 – 550
Magnesium alloys	250 – 350
Copper alloys	600 – 900
Carbon and Low-alloy steels	850 – 1150
Martensitic stainless steels	1100 – 1250
Austenitic stainless steels	1100 – 1250
Titanium alloys	700 – 950
Iron-base superalloys	1050 – 1180
Cobalt-base superalloys	1180 – 1250
Tantalum alloys	1050 – 1350
Molybdenum alloys	1150 – 1350
Nickel-base superalloys	1050 – 1200
Tungsten alloys	1200 – 1300



Kovácsolási technológiák felosztása

- Szabadon alakító kovácsolás

- Méretpontosság kicsi



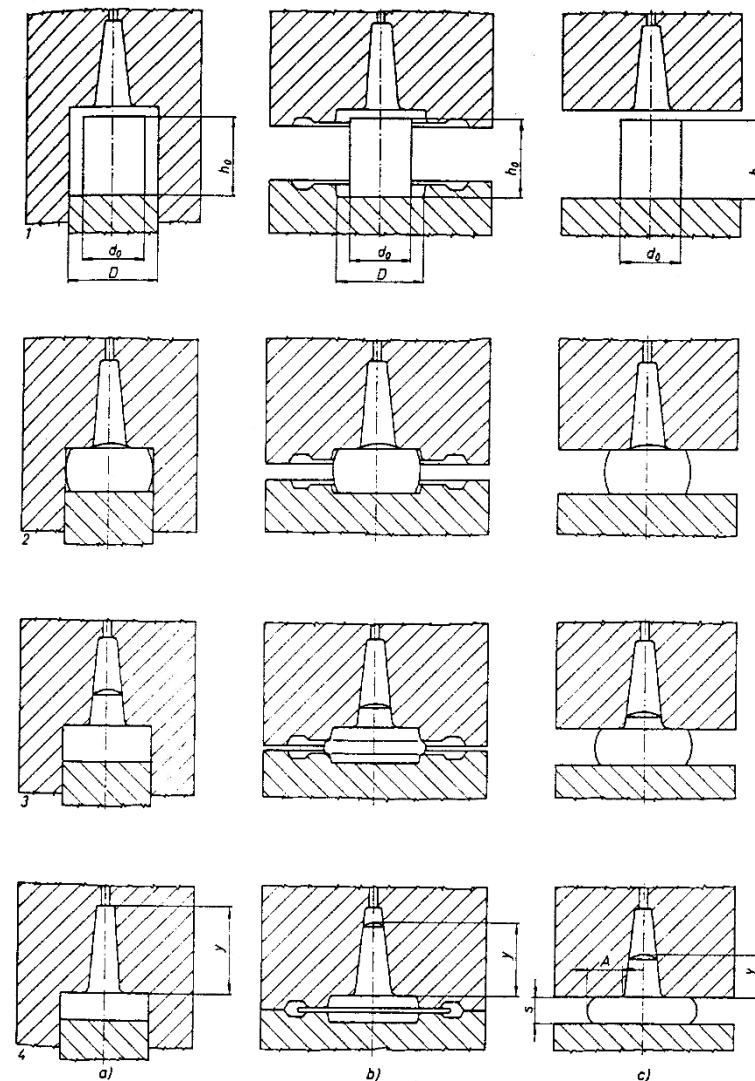
előgyártmány

- Süllyesztékes kovácsolás

- Zárt süllyesztékben

- Sorja nélkül
- Sorja csatornás

- Nyitott süllyesztékben



A süllyesztéses kovácsolás alapformái
a) zárt süllyeszték sorja nélkül b) sorjacsatornás süllyeszték c) nyitott süllyeszték

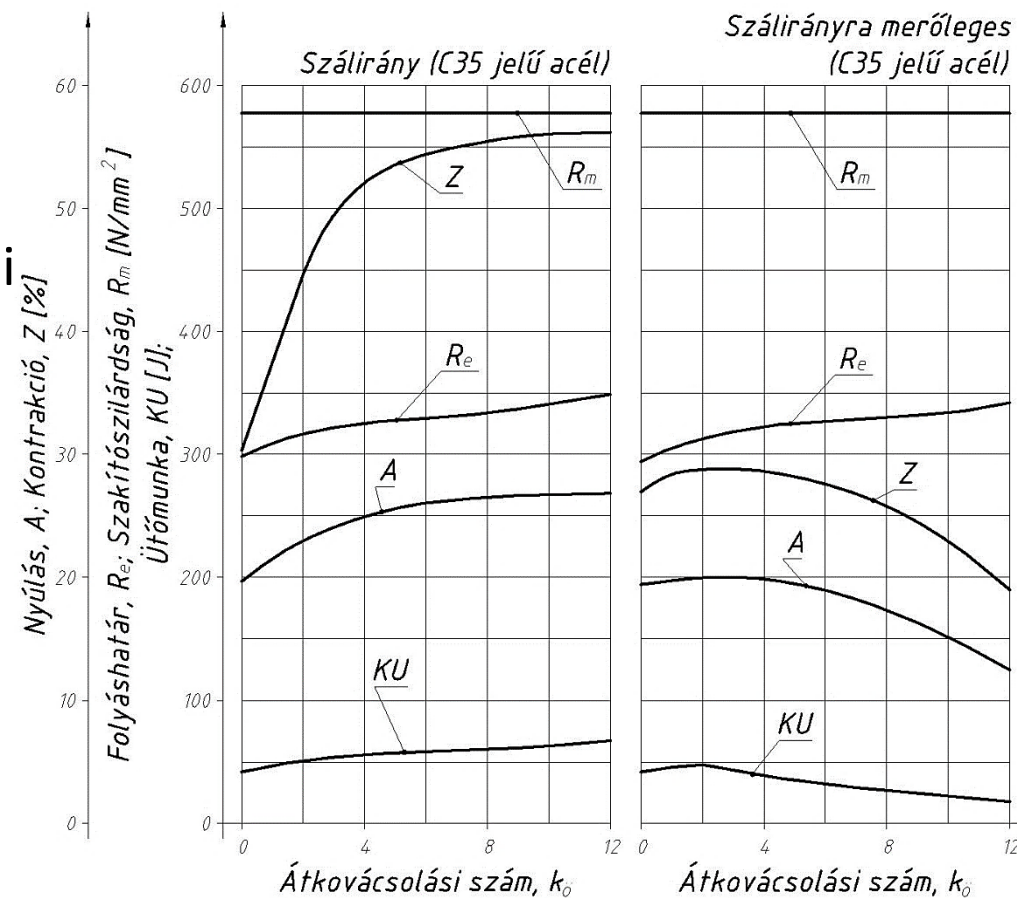
Süllyesztékes kovácsolás

- Alkalmazás feltételei:
 - Darab alakja bonyolult
 - Nagy darabszám
 - Méret és alakpontosság követelmény
- Kovácsdarabok mérete:
 - néhány kg –több száz kg
- Alakító szerszámgép
 - Kalapács → 3-5 ütés
 - Sajtó → 1 ütés



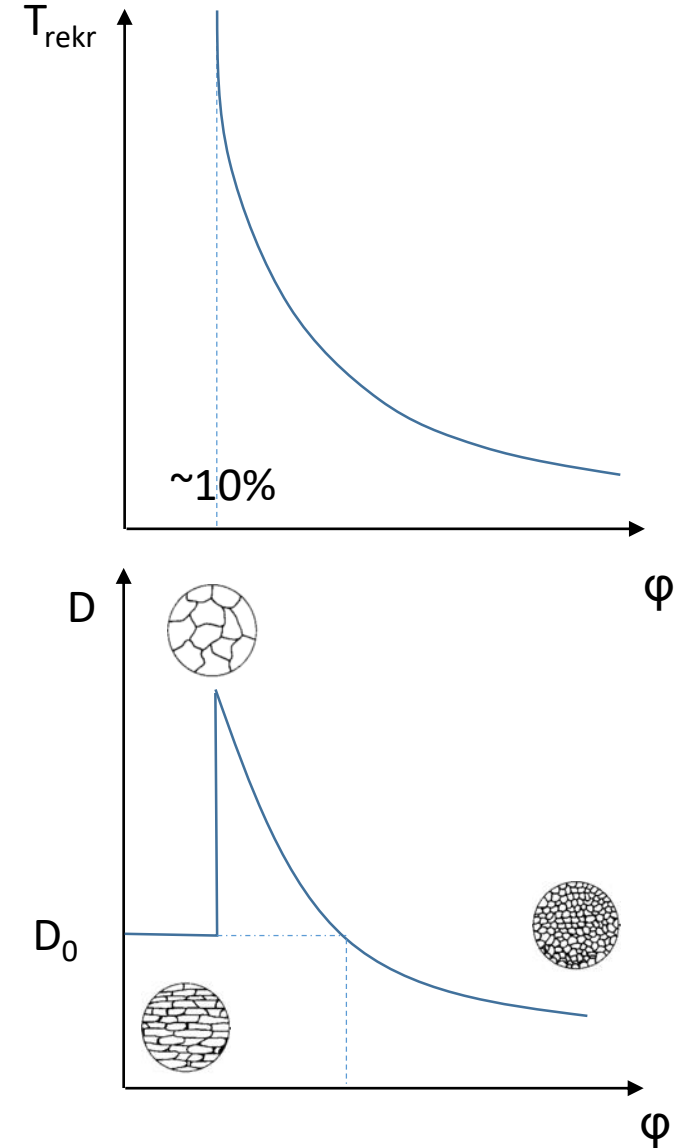
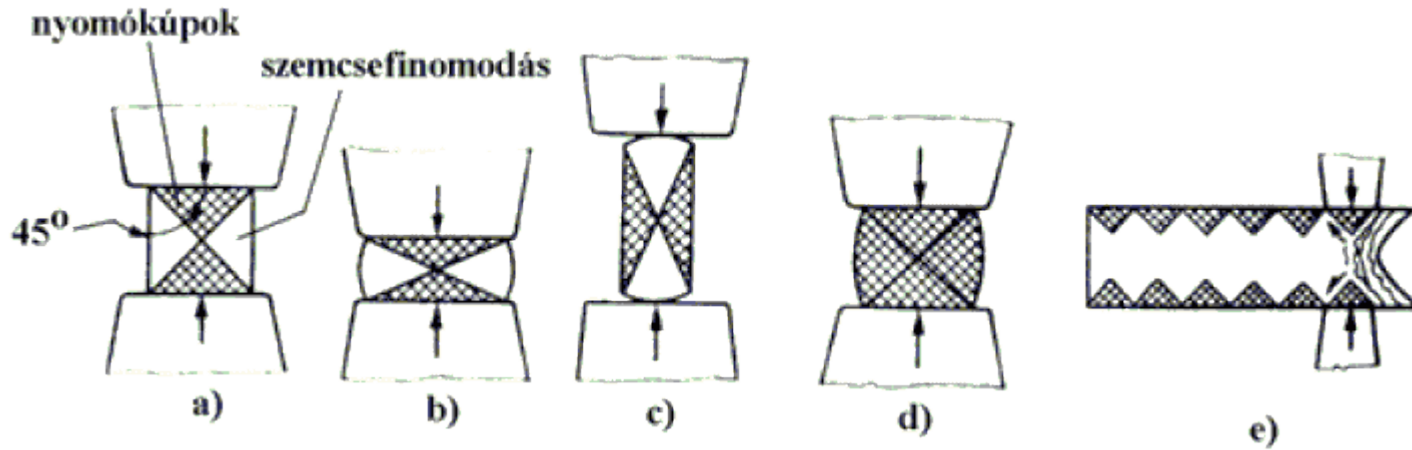
Alakváltozás kovácsoláskor

- Képlékenység függ a feszültségi állapottól
 - Minél nyitottabb a szerszám, annál kisebb a képlékenység
 - Zárt szerszámban ugyanazt az alakváltozást nagyobb munkával lehet megvalósítani (alakítási ellenállás nő)
 - Az alakítási ellenállás növekedése lényegesen nagyobb, mint a képlékenység növekedése. (2x képlékenység 10-15x alakítási ellenállás)
- Az alakváltozást az átkovácsolási számmal jellemzik
 - $Y = \frac{A_{kezd}}{A_{végső}}$ nyújtáskor
 - $Y = \frac{A_{végső}}{A_{kezd}}$ zömítéskor
 - $Y=2-12$ közötti érték

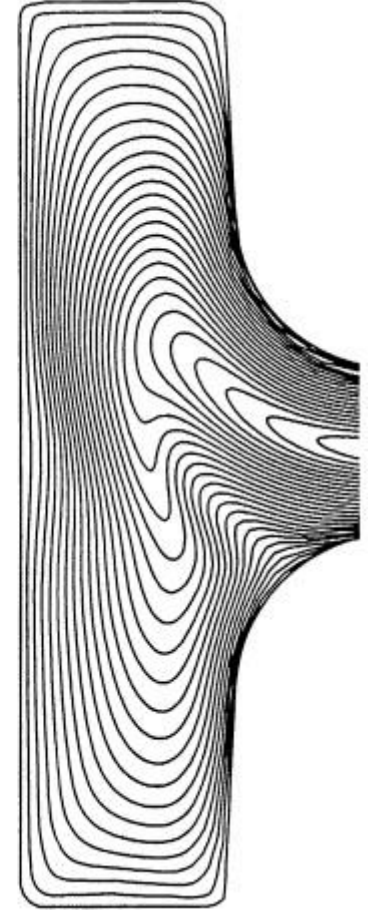
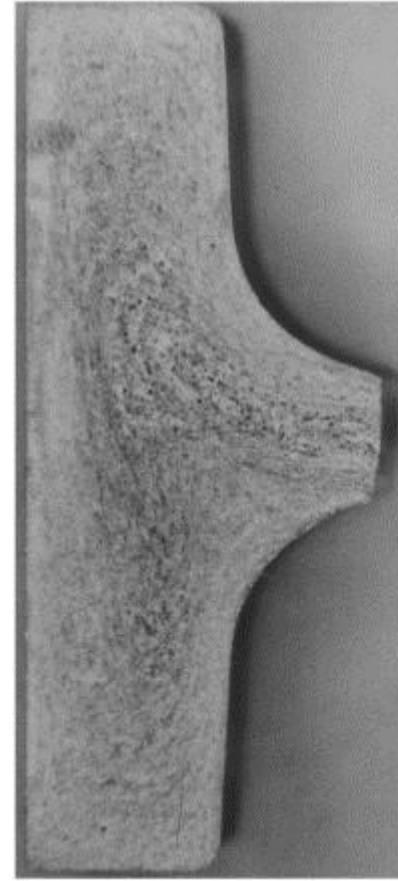


Az alakváltozás hatása a szövetszerkezetre

- Az alakváltozást nyomókúpokkal lehet jellemezni

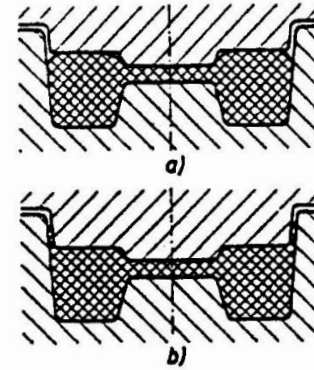


Kovácsoláskor kialakuló textúra

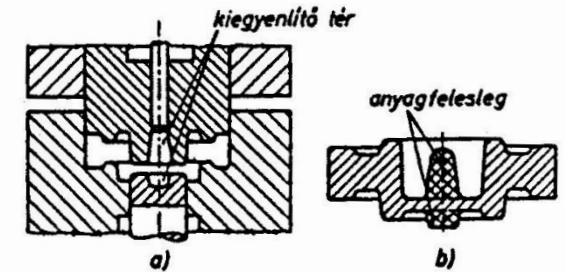


Zárt süllyeszték sorja nélkül

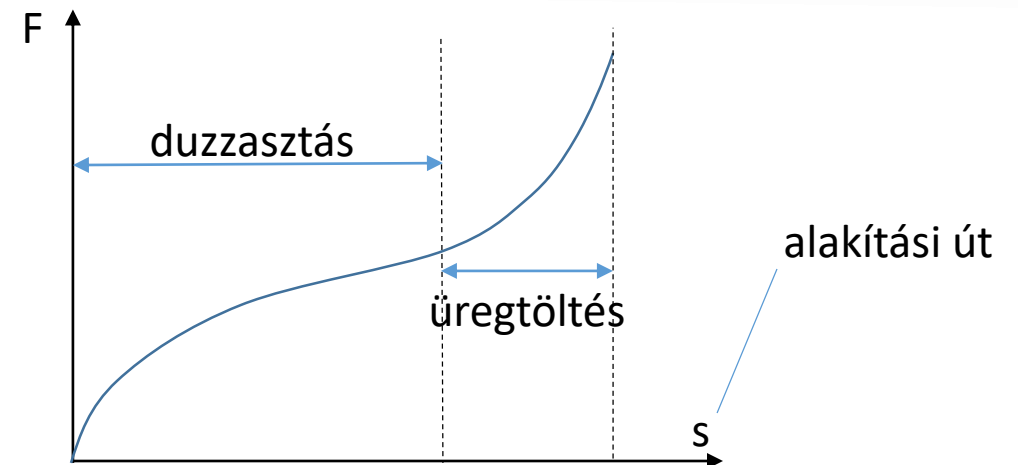
- Előnyei
 - 10-30% anyagmegtakarítás a sorjához képest
 - Darabok méretpontossága jobb
 - Erő és munkaszükséglet kisebb → nincs sorja alakítás
 - Jobb szál elrendeződés → jobb mechanikai tulajdonságok
 - Bonyolultabb alak érhető el, mint a sorjás kovácsolással
- Hátrányai:
 - Szűk tűréssel gyártott előgyártmányt igényel
 - Pontatlan előgyártmány
 - Üregteltelenség
 - Homloksorja
 - Az alakítást azonos hőmérsékleten kell befejezni, különben a magassági méretek szórni fognak
 - Nagyobb szerszámigénybevétel és kisebb élettartam a sorjához képest



A pontatlan darabolás hatása sorja nélküli kovácsoláskor
a) töltetlenség, b) túltöltés

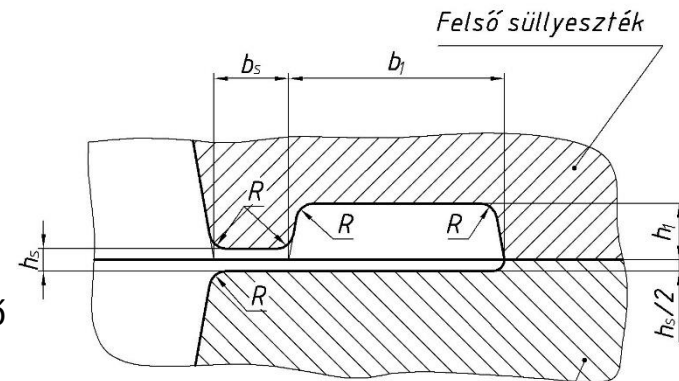


Kovácsolás kiegyenlítő térrel
a) a szerszám vázlat, b) a kovácdarab



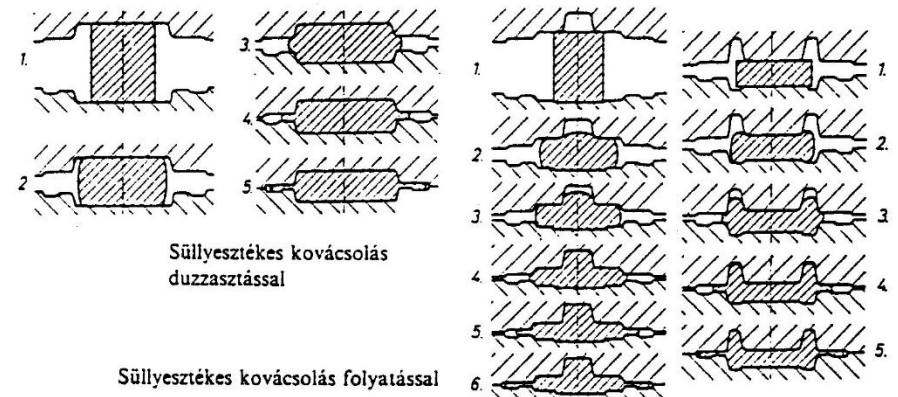
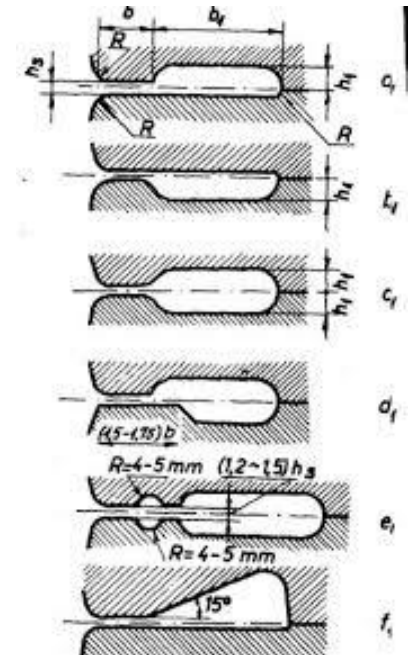
Zárt süllyeszték sorjacsatornával

- A legelterjedtebb módszer
- A sorja szerepe:
 - Elősegíti a pontos üregtöltést.
 - A sorjahídban az anyag gyorsabban hűl, ezért nő k_f .
 - A sorjahídban lévő anyag nehezebben mozdul el kifelé, így nő a nyomás a süllyesztékben.
- Előnyei:
 - Előgyártmány pontossága kisebb lehet.
 - Jó méretpontosság biztosítható
 - Jó az üregtöltés
 - Állandó a sorja vastagsága.
- Hátrányai
 - Nyitott süllyesztékhez képest
 - nagyobb az alakítási munka
 - Kisebb a szerszám élettartama
 - Mechanikus kovácssajton nem alkalmazható



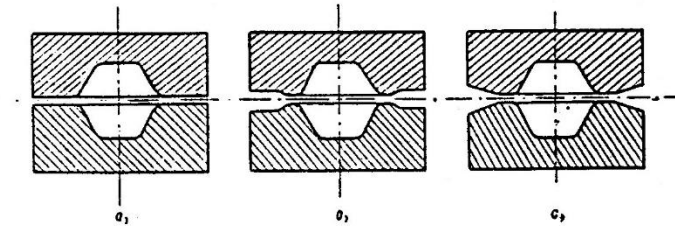
h_s : sorjahíd magasság
 b_s : sorjahíd szélesség
 h_f : sorjazseb magasság
 b_f : sorjazseb szélesség

Alsó süllyeszték

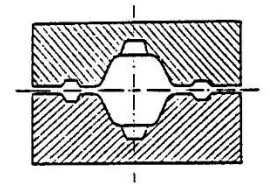


Nyitott süllyeszték

- Mechanikus kovácssajtó esetén és kalapácsok esetén is alkalmazható
- Kovácssajtó esetén a lökethossz határolt, a szerszámok nem érhetnek össze
- Előnyei:
 - Kisebb alakítási munka
 - Nagyobb szerszám élettartam
- Hátrányai:
 - Darabok magassági méretei erősen szórnak
 - Sorja vastagsági méretei szórnak
 - Kisebb bonyolultságú munkadarabok



Nyitott sőrjacsatorna típusok

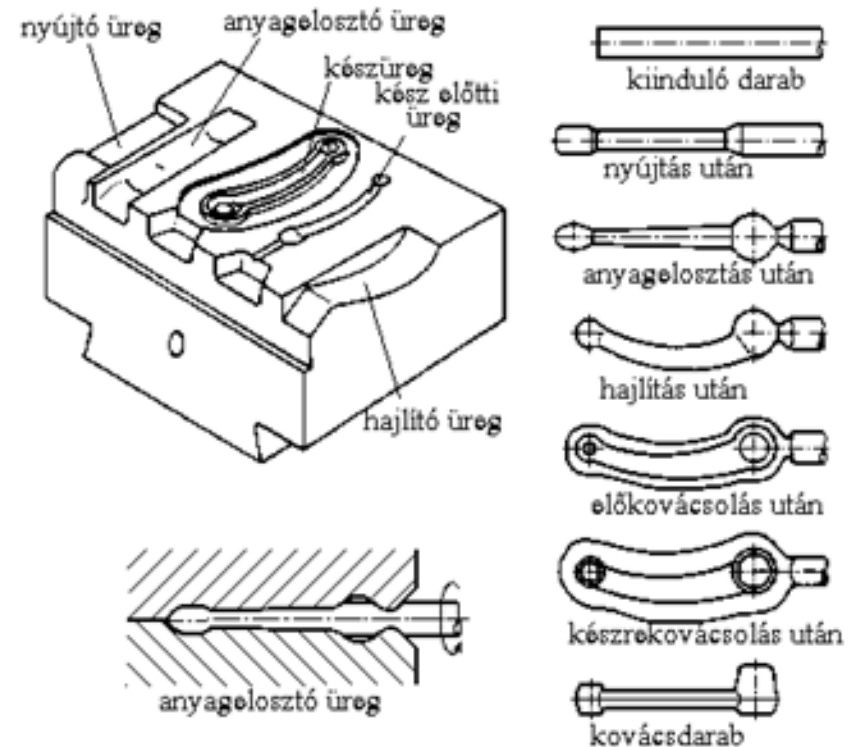


Hornyos nyitott sorjacsatorna

Süllyesztékes kovácsolás

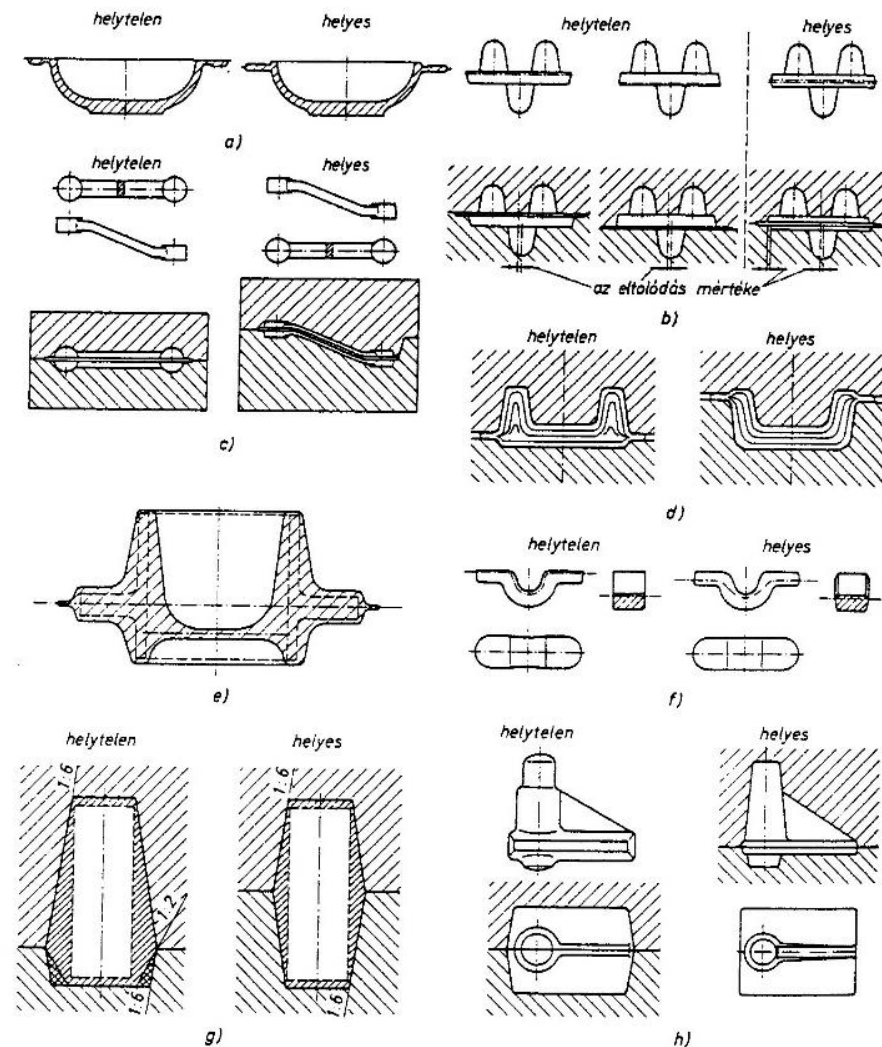
- Megmunkálás fázisai:

1. Darabolás
2. Hevítés
 - Gázfűtésű kemence
 - Indukciós hevítés
 - 500-700 Hz nagy munkadarab
 - 10 kHz kis munkadarab
3. Előalakítás
4. Készre alakítás
5. Sorjázás
6. Kalibrálás
7. hőkezelés



Süllyeszték szerszámok kialakítása

- A kovácsdarabok méreteit és tőréseit az MSZ EN 10243-1:2000 szabvány tartalmazza
- Gépkalapácsokhoz alkalmas süllyeszték
 - Kis tömegű, lapos alkatrészekhez.
 - Felső szerszámfél üregtöltése jobb
- Sajtológépekhez alkalmas süllyeszték
 - Nagy tömegű, nagy keresztmetszetű mdb
 - Az alsó szerszámfél üregtöltése jobb
- Osztás megválasztásának szempontjai
 - A kész munkadarabot a süllyesztékből ki lehessen venni
 - Az osztó felület felé minden üregnek bővülni kell
 - Vagy további osztás szükséges
 - Az osztó felület lehetőleg egyetlen sík legyen
 - Az osztás ne fusson a darab élén
 - Sorjázáskor repedések keletkezhetnek
 - Szerszámfelek oldalirányú beállítási hibái jobban láthatók
 - Az osztás elhelyezésével a szálfutást befolyásoljuk
 - A darab nagy sík felületei legyenek párhuzamosak az osztás síkjával
 - Az osztás befolyással van a sorjázó szerszámra is



Példák a süllyesztéküreg helyes és helytelen osztására

Süllyeszték szerszámok kialakítása

- Oldalferdeség

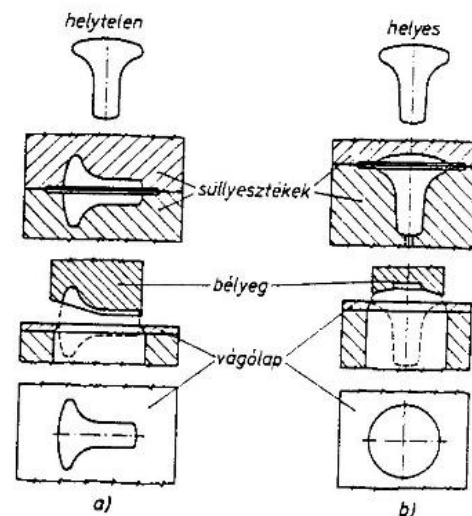
- Kiemelés megkönnyítése
- Jó üregtöltés biztosítása
- Anyag áramlását elősegíti
- Szerszám élettartamát növeli

Kalapácson vagy sajton	Külső felületre α	Belső felületre β
Kilökő nélkül	5-10°	7-12°
Kilökővel	1-3°	1-4°

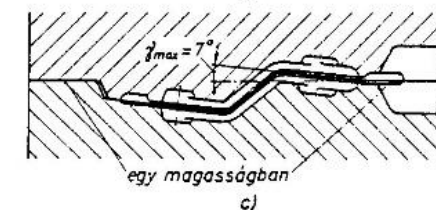
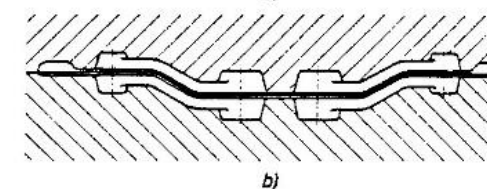
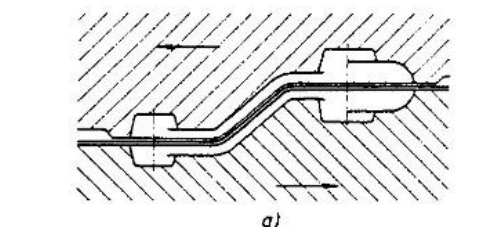
A kovácsdarab magassága		A kovácsdarab hossza vagy átmérője					
-tól	-ig	100		100 400		400	
		R_k	R_b	R_k	R_b	R_k	R_b
0	25	2	4	3	5	4	6
25	40	2	5	3	6	4	8
40	63	3	6	4	8	5	10
63	100	3	8	4	10	6	16
100	160	4	10	5	16	7	25
160	250	5	16	6	25	8	40
250	400	5	25	7	40	10	63

- Lekerekítési sugarak

- Kis rádiuszú éleket, sarkokat kerülni kell
- A szerszám élein gyorsabb a felhevülés
- Darab kiemelése után gyorsabb a hűlés



Példa a süllyesztéküreg megmunkálási költségeit befolyásoló helyes és helytelen osztásra



Tört osztófelülettel osztott üregek

Süllyeszték szerszámok kialakítása

- Lyukak, üregek
 - Süllyesztékes kovácsolással átmenő lyukat készíteni nem lehet
 - A maradó fenékvastagság függ az üreg átmérőjétől és mélységétől
- Legkisebb munkadarab falvastagság
 - Bizonyos falvastagság alatt az alakító erő jelentősen megnő
 - Függ az alakítási szilárdságtól, súrlódási viszonyoktól, munkadarab alakjától
- Tűrések
 - A gyártási pontosság lehetővé teszi, hogy csak a működés szempontjából fontos felületeket munkálják meg.
 - A felületen 0.3-0.5 mm vastag oxidált, dekarbonizált réteg van
 - A megmunkálendő helyeken a ráhagyás 1-1.5 mm
 - A nagyobb pontosságú elemeket az osztási síkban kell elhelyezni.

Tengelyszimm.		Nem tengelyszimmetrikus										
Átmérő d		Fenékvast. s	Szélesség b		Hosszúság l							
-tól	-ig		-tól	-ig	25	25 40	40 63	63 100	100 160	160 250	250 400	400 630
0	20	2 (1.5)	0	16	2 (1.5)	2.5 (1.5)	2.5 (1.5)	3 (2)	3 (2)	-	-	-
20	50	4 (2)	16	40	-	4 (2)	4 (2)	4 (2)	5 (2.5)	5 (2.5)	7 (4)	7 (5)
50	80	5 (3)	40	63	-	-	5 (3)	5 (3)	6 (4)	7 (5)	8 (5)	10 (7)
80	125	7 (5)	63	100	-	-	-	7 (5)	8 (5)	10 (7)	10 (7)	13 (9)
125	200	11 (7)	100	160	-	-	-	-	11 (7)	11 (7)	13 (9)	16 (11)
200	315	16 (11)	160	250	-	-	-	-	-	16 (11)	18 (13)	22 (16)
315	500	22 (16)	250	400	-	-	-	-	-	-	22 (16)	25 (18)
500	800	32 (22)	400	630	-	-	-	-	-	-	-	32 (22)

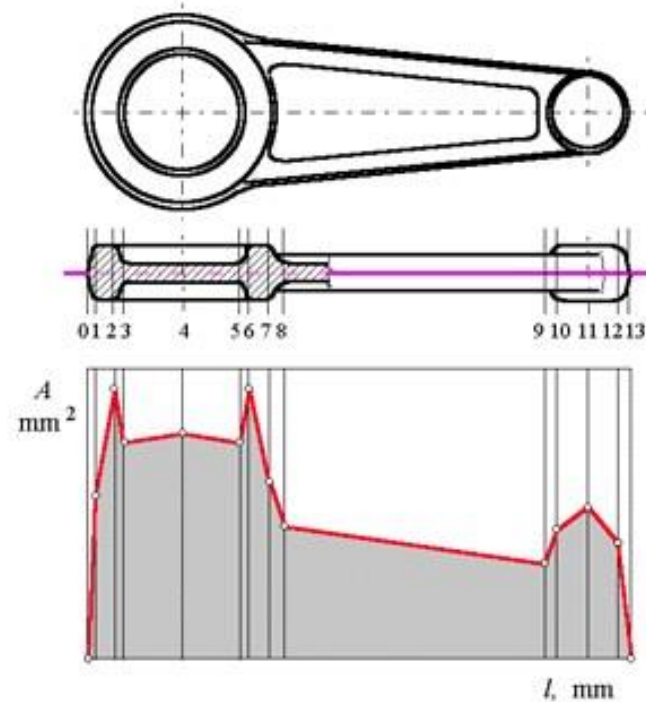
Fal- vagy bordamagasság h_{fb}		Falvastagság s_{fal}	Bordaszélesség b_{bo}	Bordavég lekerekítési sugara r_{bo}
-tól	-ig			
0	16	4 (2)	4 (2)	2 (1)
16	40	8 (4)	8 (4)	4 (2)
40	63	12 (8)	12 (8)	6 (4)
63	100	20 (12)	20 (12)	10 (6)
100	160	32 (20)	-	-

Süllyeszték szerszámok kialakítása

- A süllyesztékek és az üregek méretei
 - Befolyásoló tényezők
 - Munkadarab méretei (beleértve a sorját is)
 - Munkadarab anyaga
 - Az egyes üregek közti legkisebb távolság
 - Az üregek felújításának feltételezett száma
 - A süllyesztékek vezetése és felfogása
 - Ráhagyások
 - Leégési veszteség
 - Hőtágulás hatása
 - Sorja -25-30%

Süllyeszték szerszámok kialakítása

- Keresztmetszeti diagram
 - hőtágulást figyelembe véve
$$l_{\ddot{u}} = l_{0\ddot{u}}(1 + \alpha_{sz}\Delta T_{sz})$$
$$l_m = l_{0m}(1 + \alpha_m\Delta T_m)$$
$$l_{\ddot{u}} = l_m$$
$$l_{0\ddot{u}} = \frac{l_{0m}(1 + \alpha_m\Delta T_m)}{1 + \alpha_{sz}\Delta T_{sz}} \approx 1.01l_{0m}$$



Süllyeszték szerszámok anyagai

- Követelmények:
 - Nagy keménységű – alakítás körben nem deformálódhat
 - Rugalmassági határa nagy
 - Szívós
 - Kopásálló
 - Hőálló
 - Korrózióálló
 - Nagy melegszilárdságú
 - Szövetszerkezete egyenletes – jól átedzhető

Szabv. jel	Ötvözet jellege	Felhasználás	Ötvözők, %									
			C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	W	V	Mn
-	C-acél	Kis és közepes méretű és igénybevételelű süllyeszték	0,55-0,65	< 0,3	0,5-0,9	< 0,05	< 0,05	-	-	-	-	-
NK	Ni-Cr-Mo	Közepes és nagy méretű és igénybevételelű süllyeszték	0,5-0,65	< 0,4	0,5-0,7	< 0,04	< 0,04	0,6-1,0	1,3-1,8	-	-	0,2-0,4
-	Ni-Cr-Mo	Nagyon nagy méretű és teljesítményű süllyeszték	0,4-0,45	< 0,45	0,5-0,75	< 0,04	< 0,04	1,2-1,5	2,0-2,5	-	0,1-0,2	0,6-0,8
W3	W-Cr-Si	Melegszerszámacél	0,3-0,45	< 1,2	< 0,7	< 0,035	< 0,035	0,8-1,5	-	2,0-3,0	-	-
W2	W-Cr-V	Nagy teljesítményű süllyeszték betét	0,2-0,4	< 0,4	< 0,5	< 0,035	< 0,035	1,0-3,0	-	3,0-6,0	0,2-0,5	< 0,4
W1	W-Cr-V-Ni	Nagy teljesítményű süllyeszték betét	0,2-0,4	< 0,4	< 0,5	< 0,035	< 0,035	1,5-2,5	1,5-2,5	8,5-12,0	0,1-0,3	-
W6	W-Cr-Si	-	0,4-0,5	0,7-1,3	< 0,4	< 0,035	< 0,035	1,5-1,8	-	1,8-2,2	-	-