

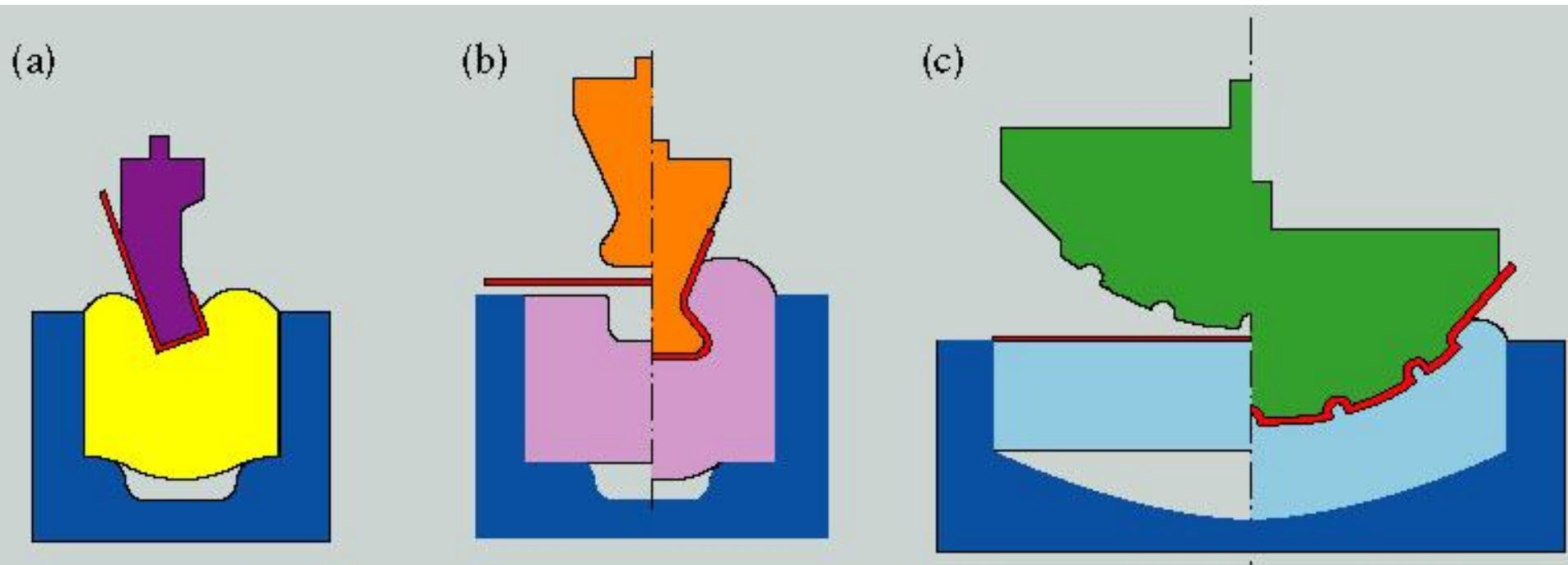
Képlékenyalakítás 3.

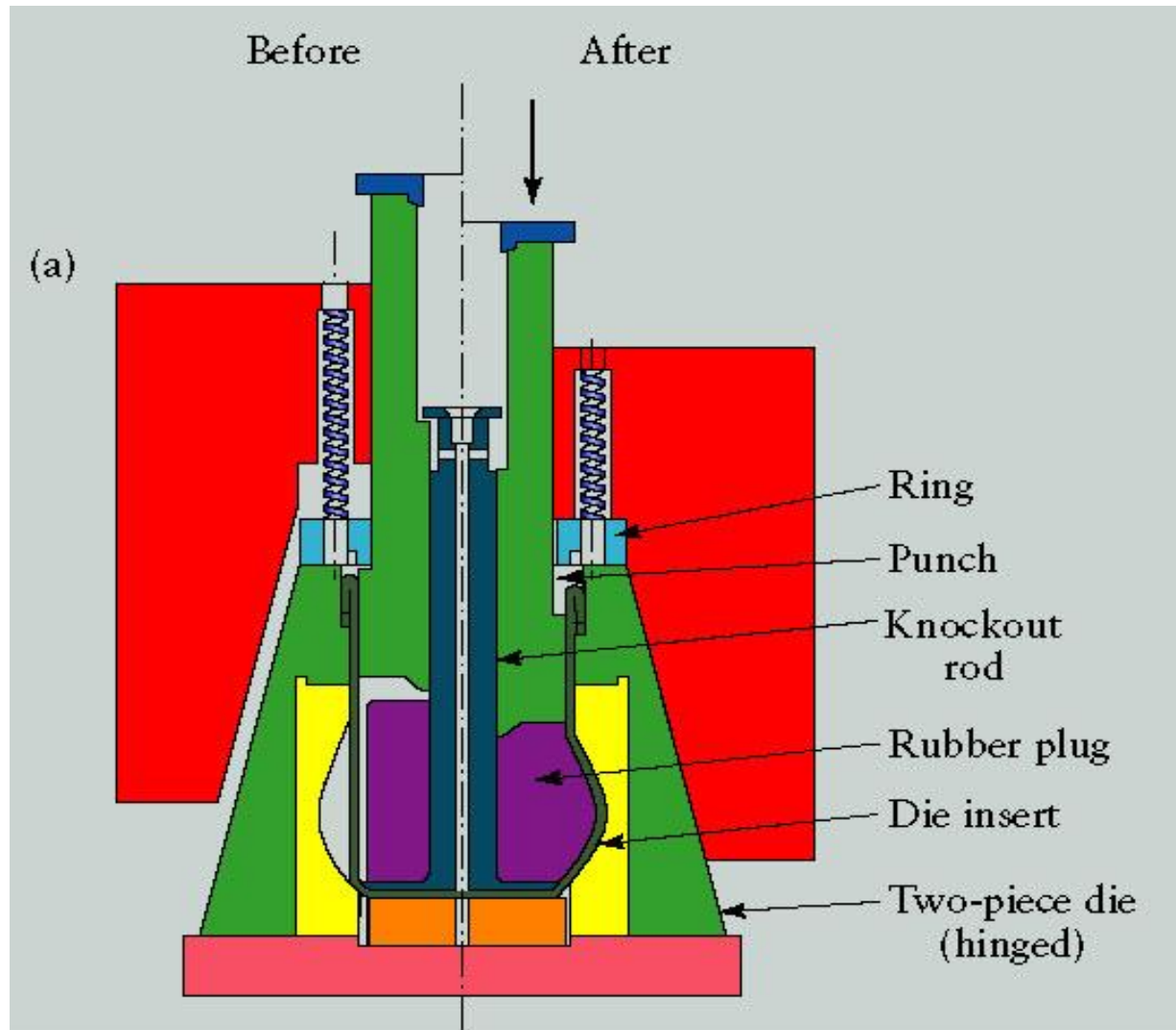
Fémek technológiája

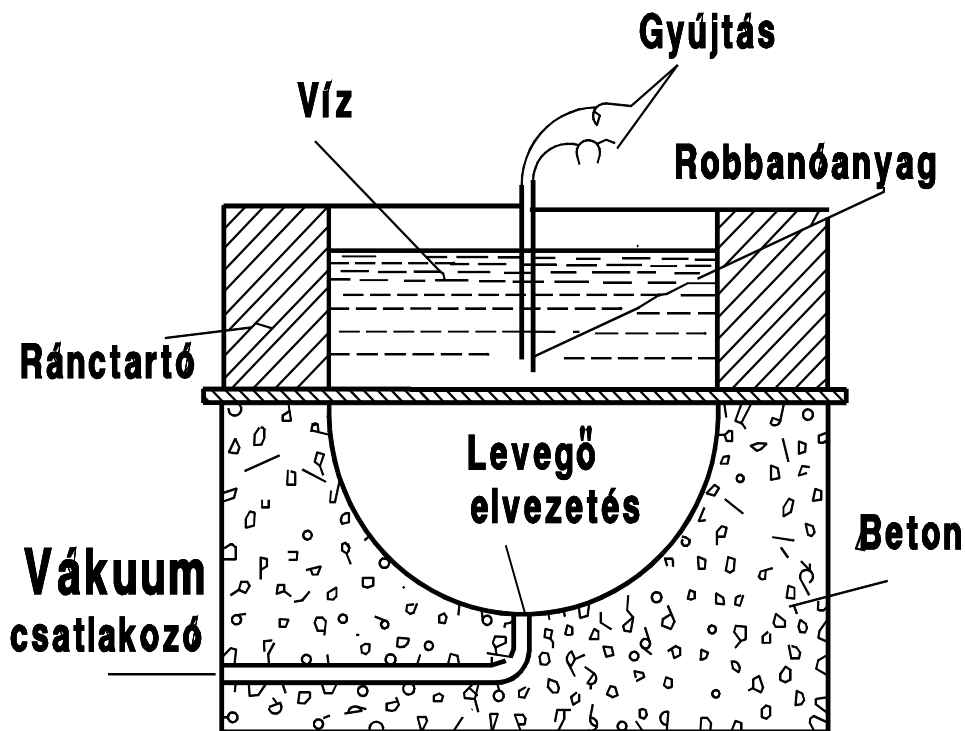
Dr. Orbulov Imre Norbert
Anyagtudomány és Technológia Tanszék

- Képlékenyalakítás technológiái, például
 - Speciális alakító technológiák
- Képlékenyalakítás gépei
 - Energia karakterisztikájú gépek
 - Elmozdulás (löket) karakterisztikájú gépek
 - Erő karakterisztikájú gépek

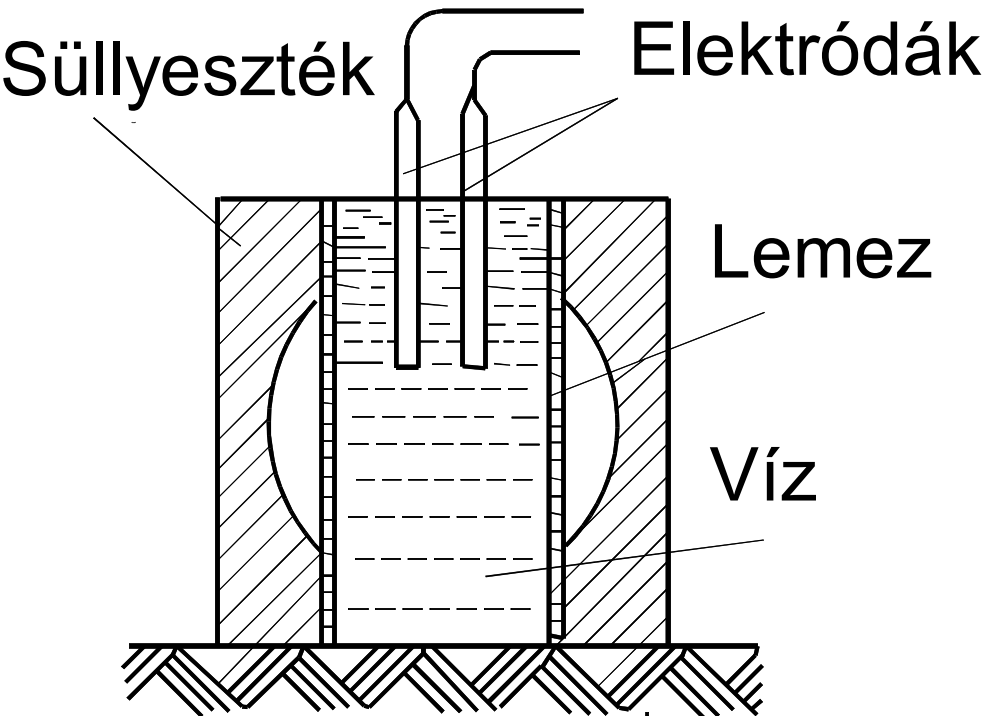
- Rengeteg alforma létezik
- Alakítás rugalmas szerszámmal
- Robbantásos alakítás
- Elektrohidraulikus alakítás
- Nyújtvahúzás
- Szuperképlékeny anyagok alakítása
- Hidroforming
- Stb.





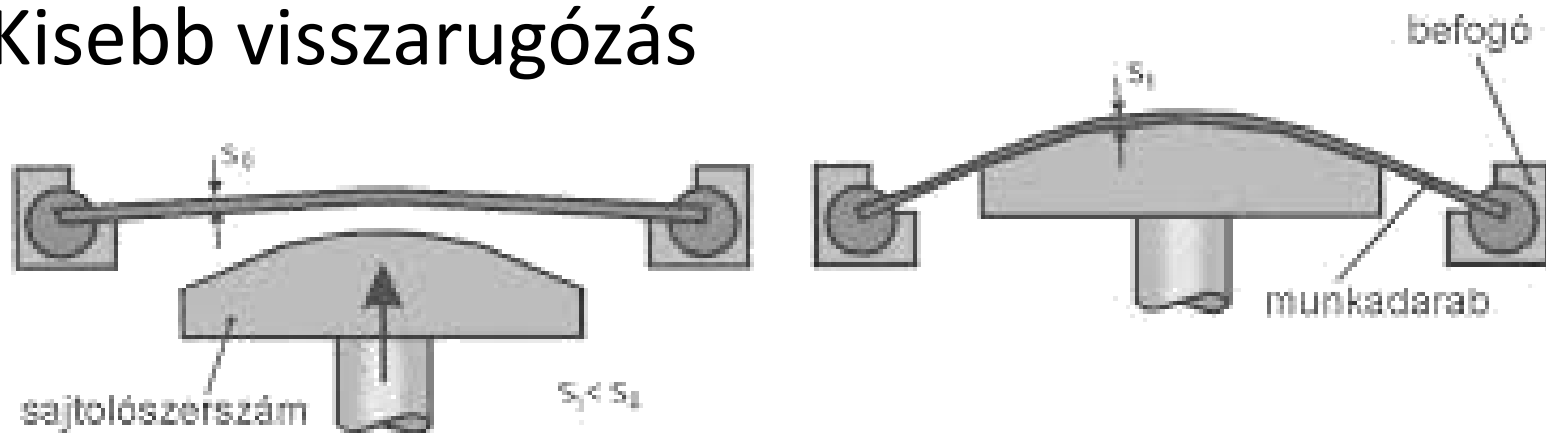


- Levegő kiszivattyúzva
- A robbanás vízben terjedő lökéshulláma végzi az alakítást
- Kis darabszám
- Nagy lemezvastagság (25 mm)
- Nagy átmérő (3,6 m)



- Kisebb méret
- Kisebb falvastagság
- Gyorsan változó, nagyenergiájú mágneses tér végzi az alakítást
- Akár 400 MPa nyomás

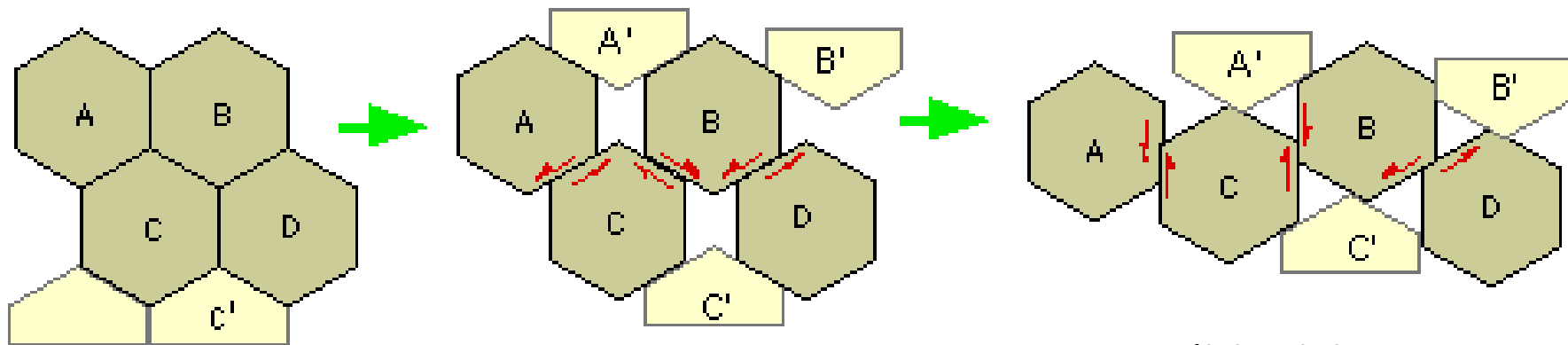
- A lemezt alakítás előtt kis mértékben meghúzzák
- A kialakuló feszültségmező hatására kisebb erővel alakítható a darab
- Az alakváltozás egyenletesebb
- Kisebbs visszaruugózás





- Kis szemcseméret
 - $<10 \mu\text{m}$
- Kis alakváltozási sebesség
 - $10^{-5} \dots 10^{-1} \text{ s}^{-1}$
- Kis folyási feszültség
- Nagy alakváltozó képesség
- Alakváltozási sebesség érzékeny
 - $m > 0,5; 0,4 \dots 0,8$
 - $$\sigma = k \dot{\epsilon}^m$$

Szemcsehatármenti elcsúzás

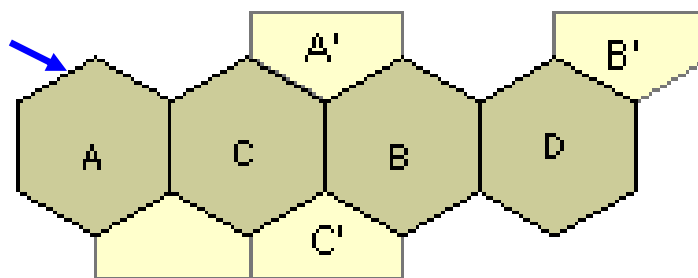


$$\varepsilon = \bar{\Pi}$$

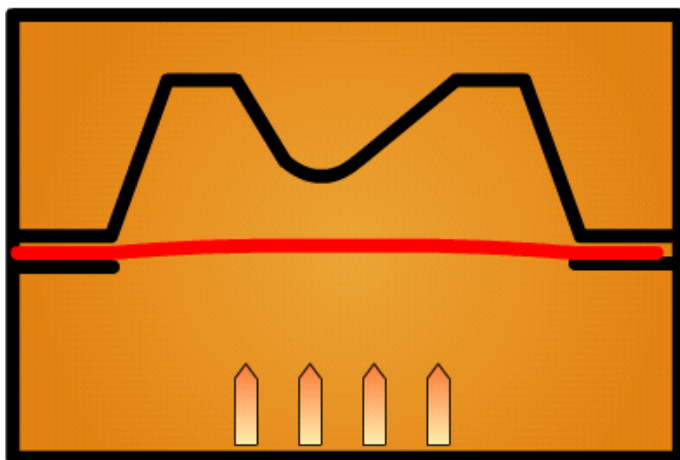
A szemcsék elcsúzásával helyreáll az eredeti szerkezet, majd a folyamat ismétlődik

A szemcsék kitöltik a kialakuló üregeket

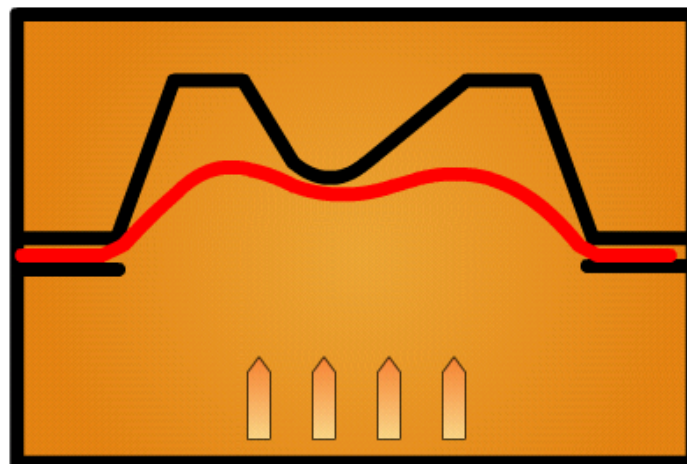
$$\varepsilon = 0.5$$



1

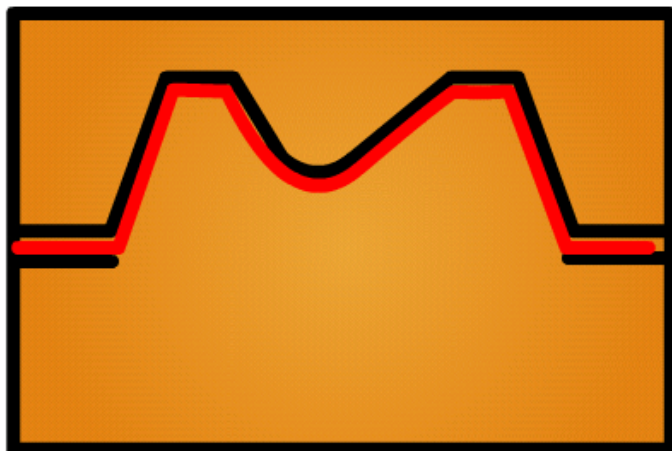


2



A levegő nyomása az üregbe nyomja a lemezt

3



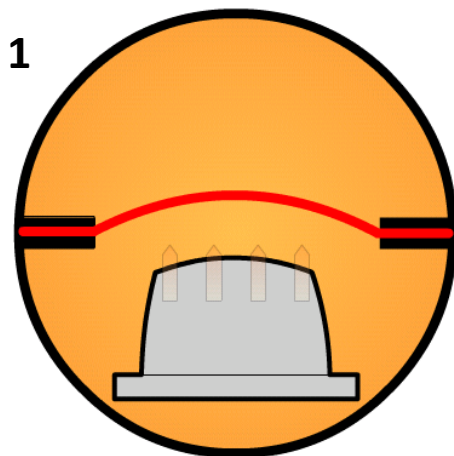
A levegő nyomása a szerszámhoz préseli a lemezt

Az eljárás ideális nagyméretű komplex alkatrészek gyártására.

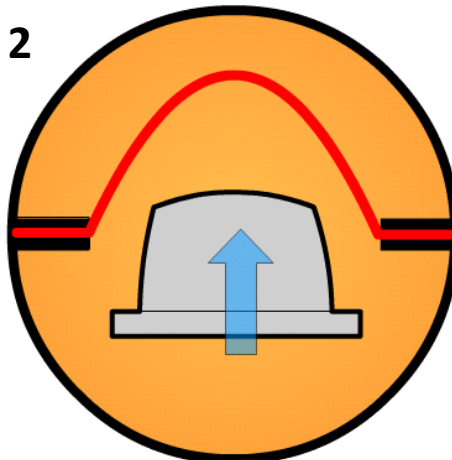
Maximális alkatrészméret:

3 x 2 x 0,6 m, 6 mm vastagsággal.

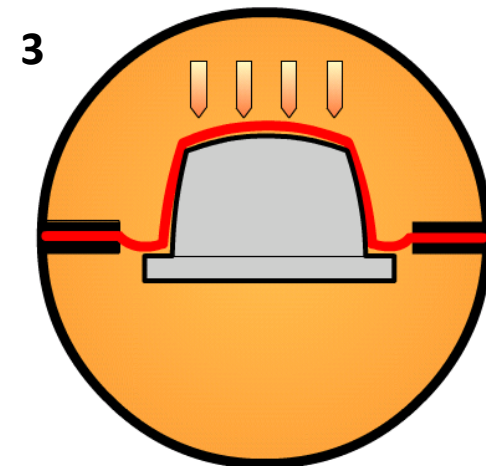
Levegő, vagy más gáz alkalmazható.



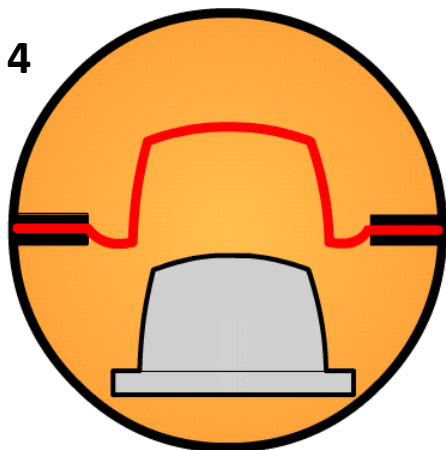
Buborékforma kialakítása
levegő befúvással



Szerszám mozgása
a buborék üregbe



Ellennyomás alkalmazása
az üregtöltésre

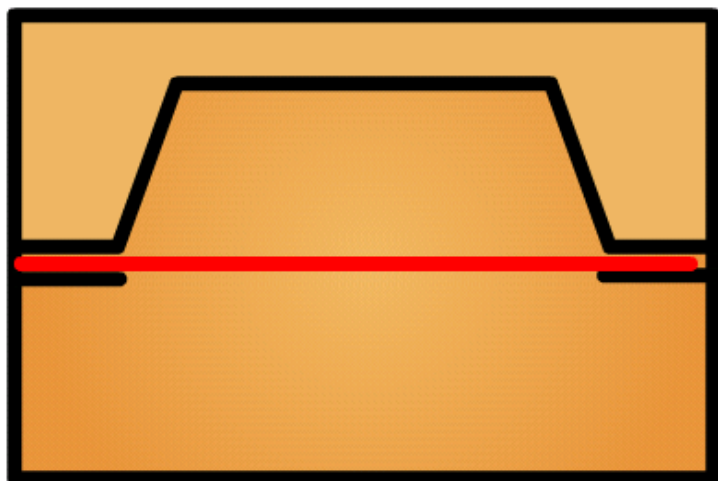


Szerszámeltávolítás

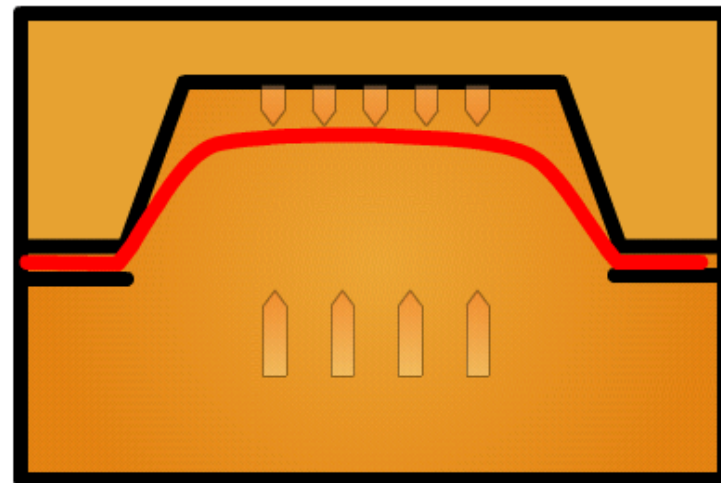
A buborékos alakítás ideális módszer mély, összetett alakú alkatrészek gyártására, különösen akkor, ha a falvastagságnak állandónak kell maradni.

Az eljárás olyan geometriai alakok előállítását biztosítja, amelyeket más módszerrel nem lehet előállítani.
Maximális alkatrész méret:

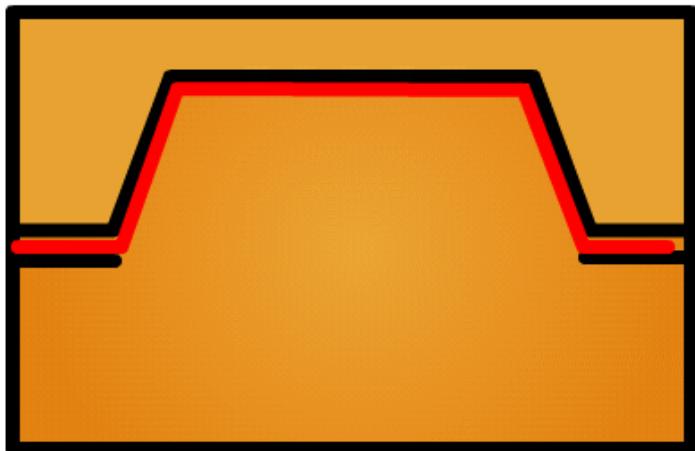
950 x 650 x 300 mm, 6 mm vastagságig.



Az alakító kemence nyomás alatt,
500°C-ra hevítve

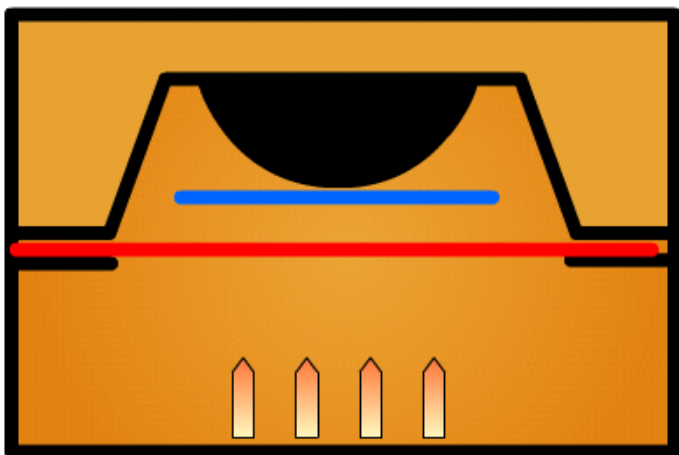


Az alakítási sebességet az
ellennyomással állítják be

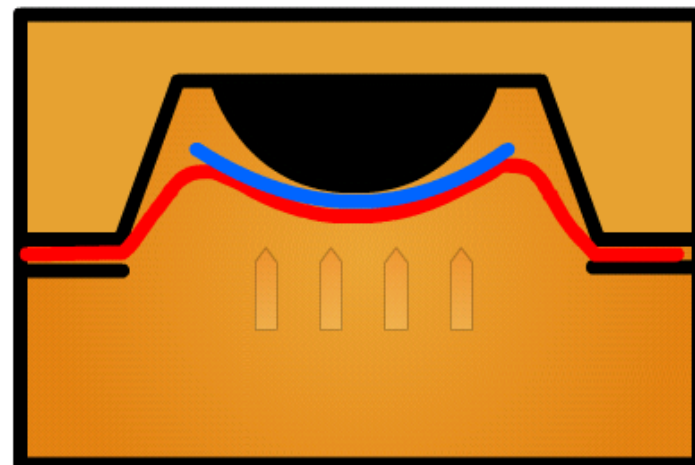


A levegő nyomása a szerszámhoz préseli a
lemezt

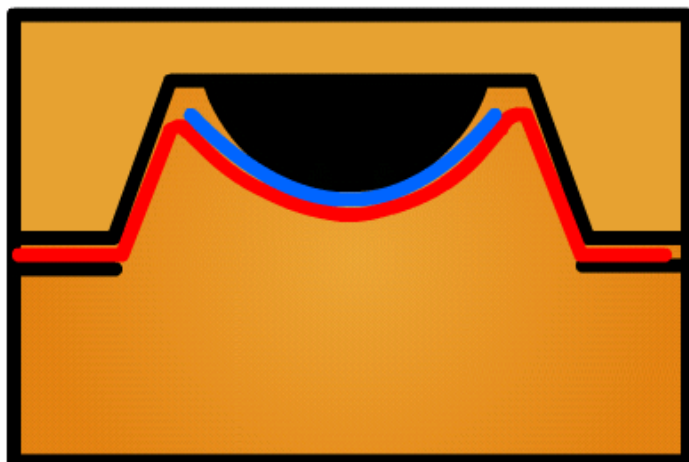
Az eljárás hasonló az üreges alakításhoz, de ebben az esetben a lemez mindkét oldalán nagy gáznyomást alkalmaznak. A nyomás-különbség fokozatos alakítást eredményez. Ez az elrendezés nehezebben alakítható anyagok feldolgozását is lehetővé teszi. Maximális feldolgozható lemezterület: 4,5 m².



A piros lemez szuperképlékeny anyagú, a kék az alakítandó lemez



A levegő nyomása a piros lemez révén az üregbe préseli a kék lemezt



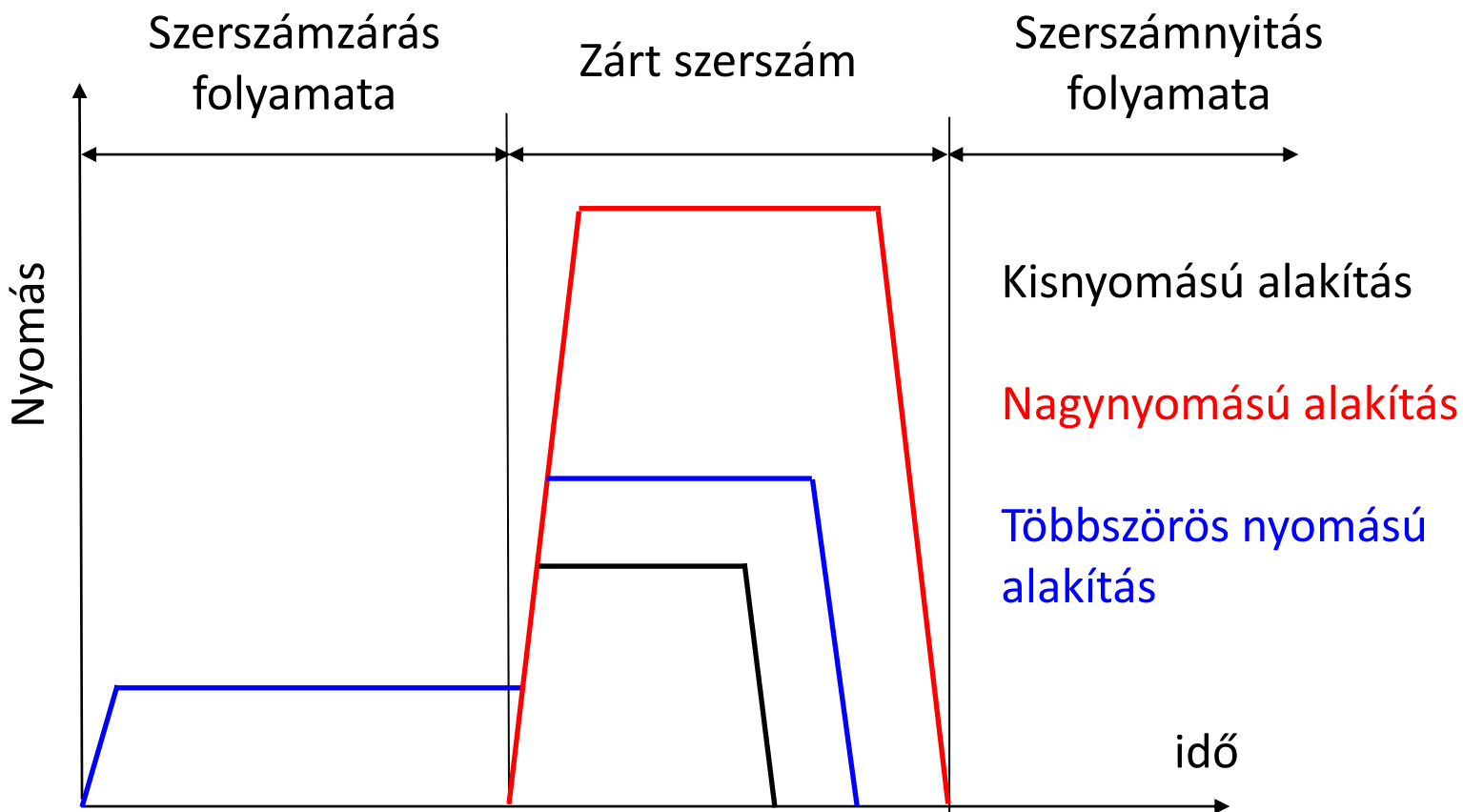
A levegő nyomása a szerszámhoz préseli a lemezt

Az eljárással nem szuperképlékeny állapotú anyagok bonyolult 3D formára való alakítását lehet megvalósítani. Repülőgép alkatrészek ideális gyártó eljárása. Maximális alkatrész méret: 2800 x 1600 x 600 mm.

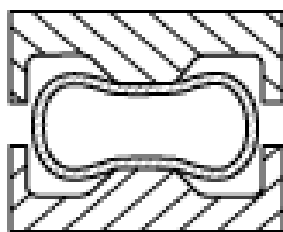


- Kis szerszámozási költség
 - Egyszerű, öntött szerszámok, kis szerszámterhelés
- Nagy panelek
 - $3000 \times 2000 \times 600$ mm
- Utólagos alakítás
 - Továbbra is lehetséges az alakítás
- Kiváló felületi minőség
 - Van amelyiknél nincs is érintkezés a szerszámmal
- Nincs maradó feszültség, visszarusítás, hosszú szerszámélettartam, elemszám csökkentés, súlycsökkentés, bonyolult geometria

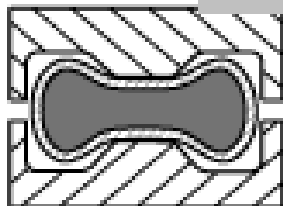
- Olyan alakító eljárás, ahol hidraulikus folyadék nyomása révén (80-450 MPa) alakítunk
- Bonyolult, szerkezetileg merev darabok létrehozására alkalmas
- Autógyártás, kerékpárgyártás, csővázak
- Csövek alakítása
 - Kis-, nagy-, többszörös nyomású alakítás, duzzasztóalakítás, harmonikaszerű alakítás
- Lemezek alakítása



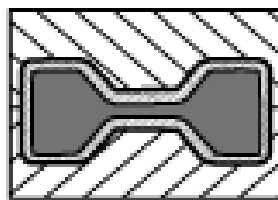
Kis nyomás, súrlódás
 Könnyű anyag elmozdulás
 Állandó falvastagság
 Kisebb berendezés



A szerszám nyitott ($p=0$)

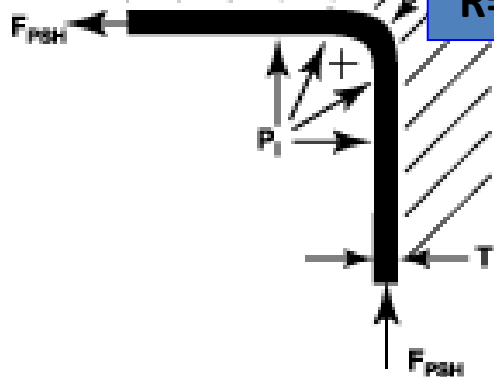


A szerszám zárul
 $p=p_1$



A szerszám zár
 $p=p_2$

$R=3 \times T$



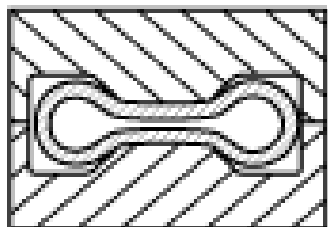
$p_{max} = 48 \text{ MPa}$



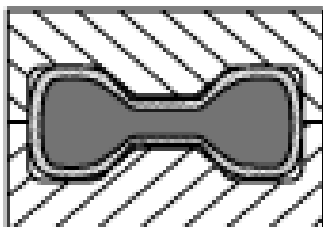
Alakítás hatására a
 kiinduló cső
 kerülete
 néhány %-ot nő.

A szerszámzárás és nyomásnövekedés folyamatos.

Nagy nyomás, súrlódás
Minimális anyag elmozdulás
Nagyméretű berendezés

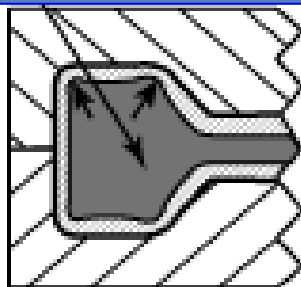


$p=0$



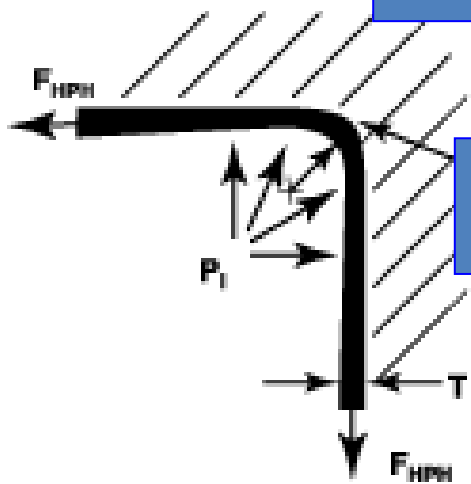
A nyomás nő

Vastagság csökkenés



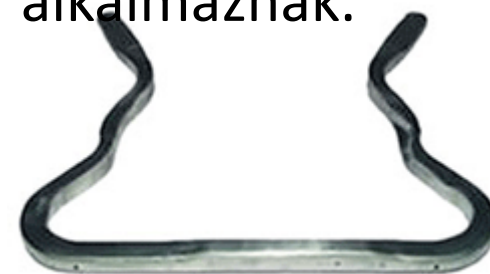
Max. nyomás

A nagyobb nyomás miatt fontos az alakváltozás. Kenőanyagot alkalmaznak.

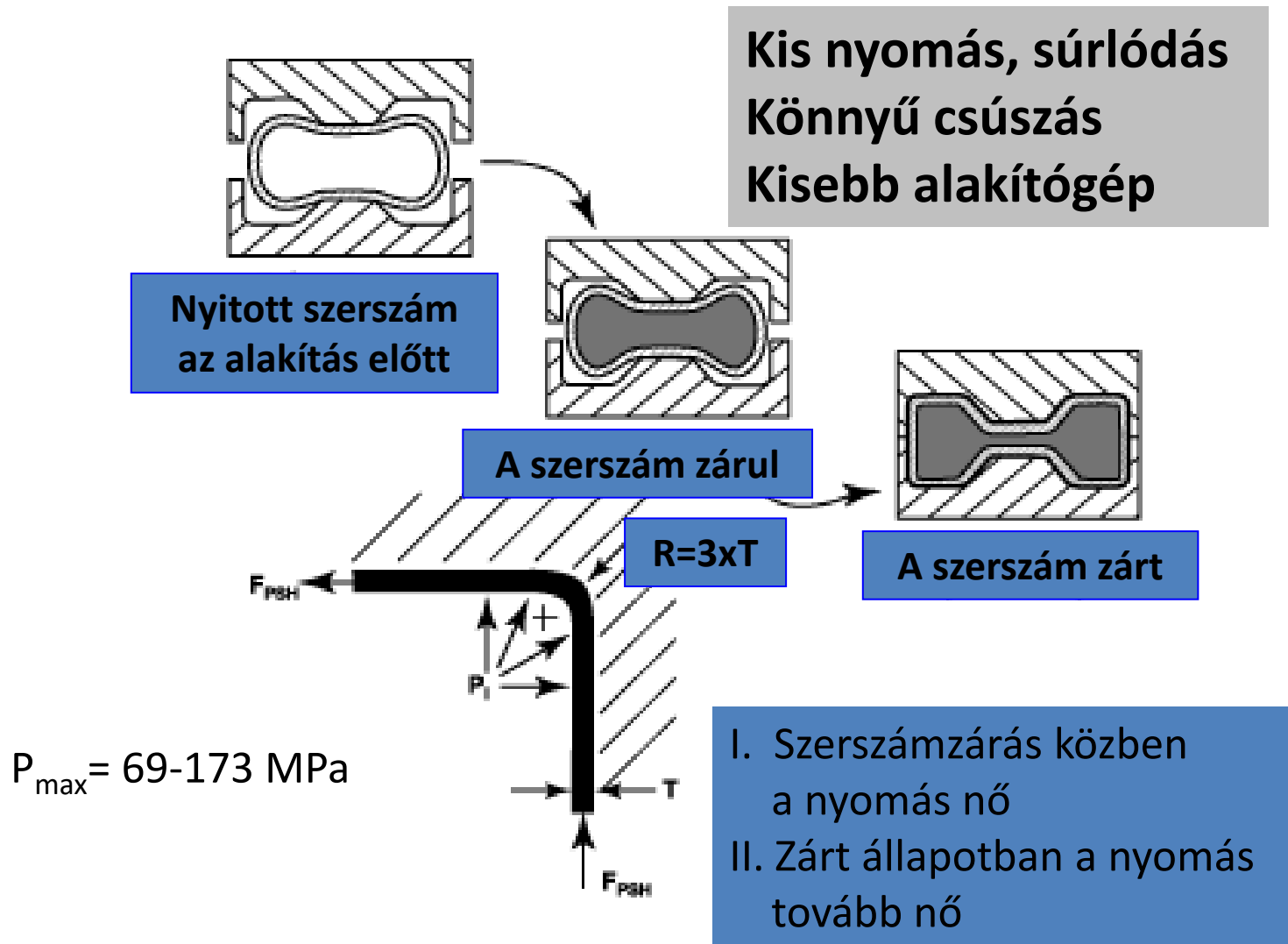


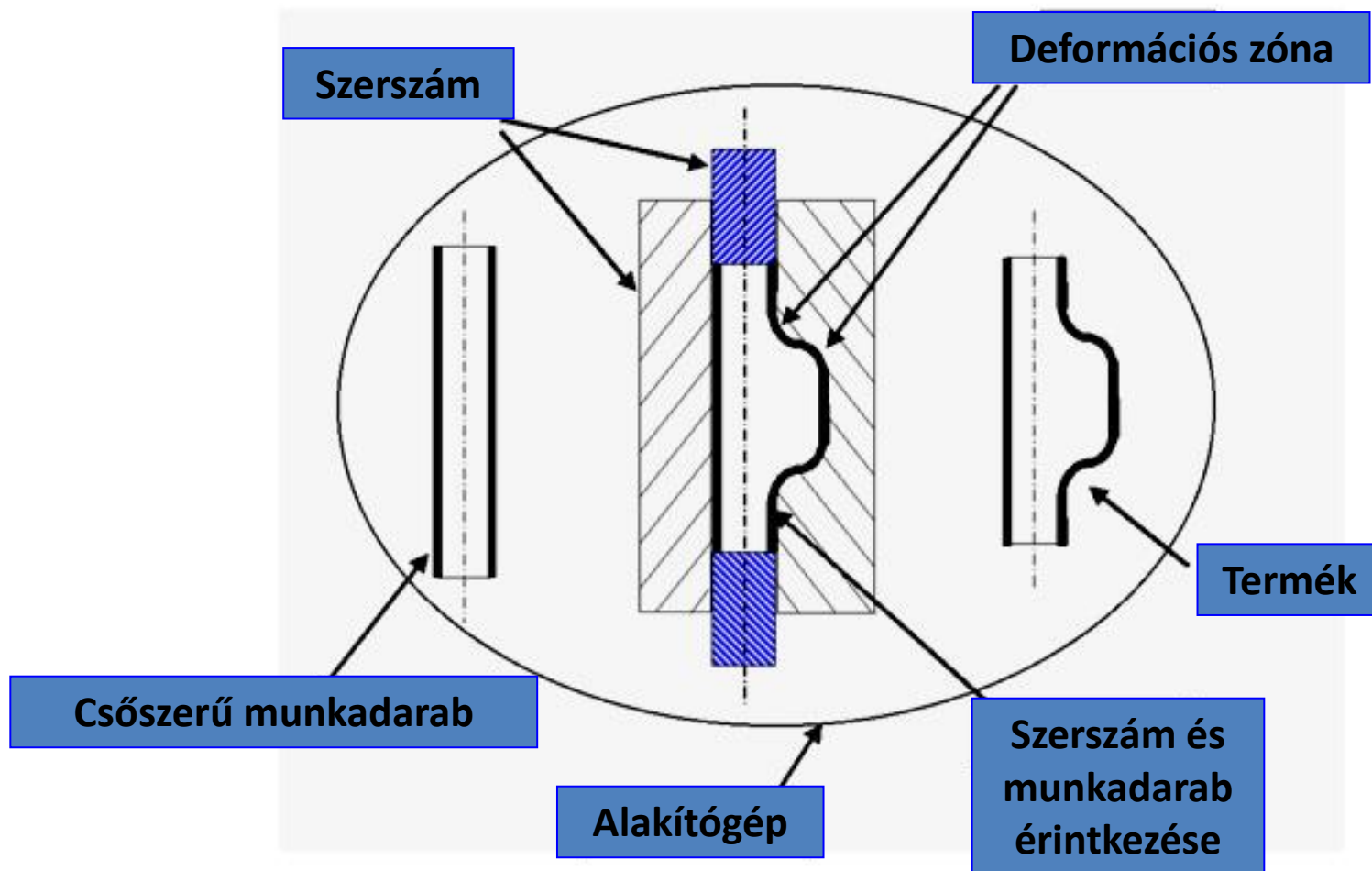
Vastagság csökkenés

$p_{max} = 140-690 \text{ MPa}$

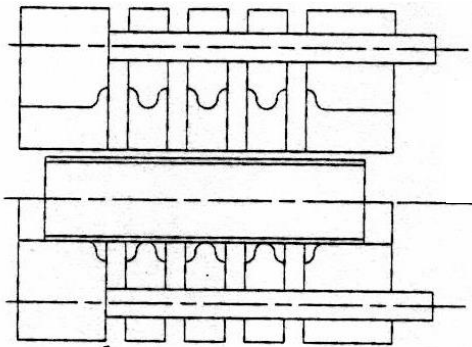


A szerszám a folyamat közben zárt.

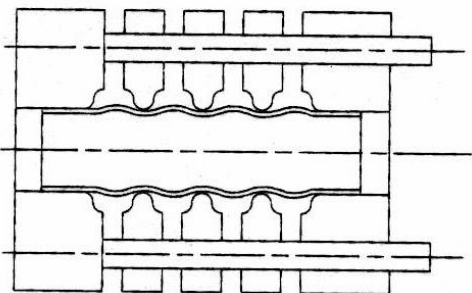




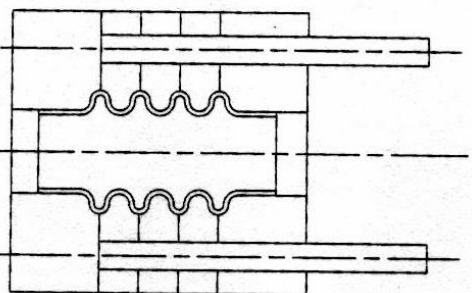
- Kevés szerszámelem
- Egyszerű alakítási művelet



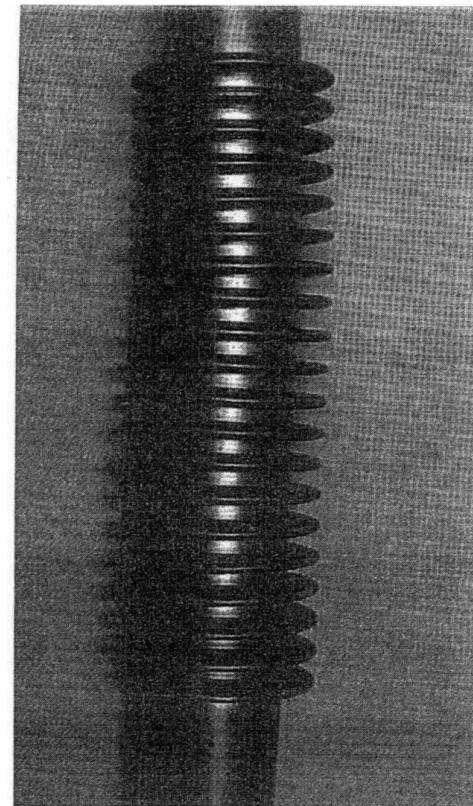
A szerszám nyitott



A szerszám zárt
A szegmensek nyítván
Kis nyomás a csőben

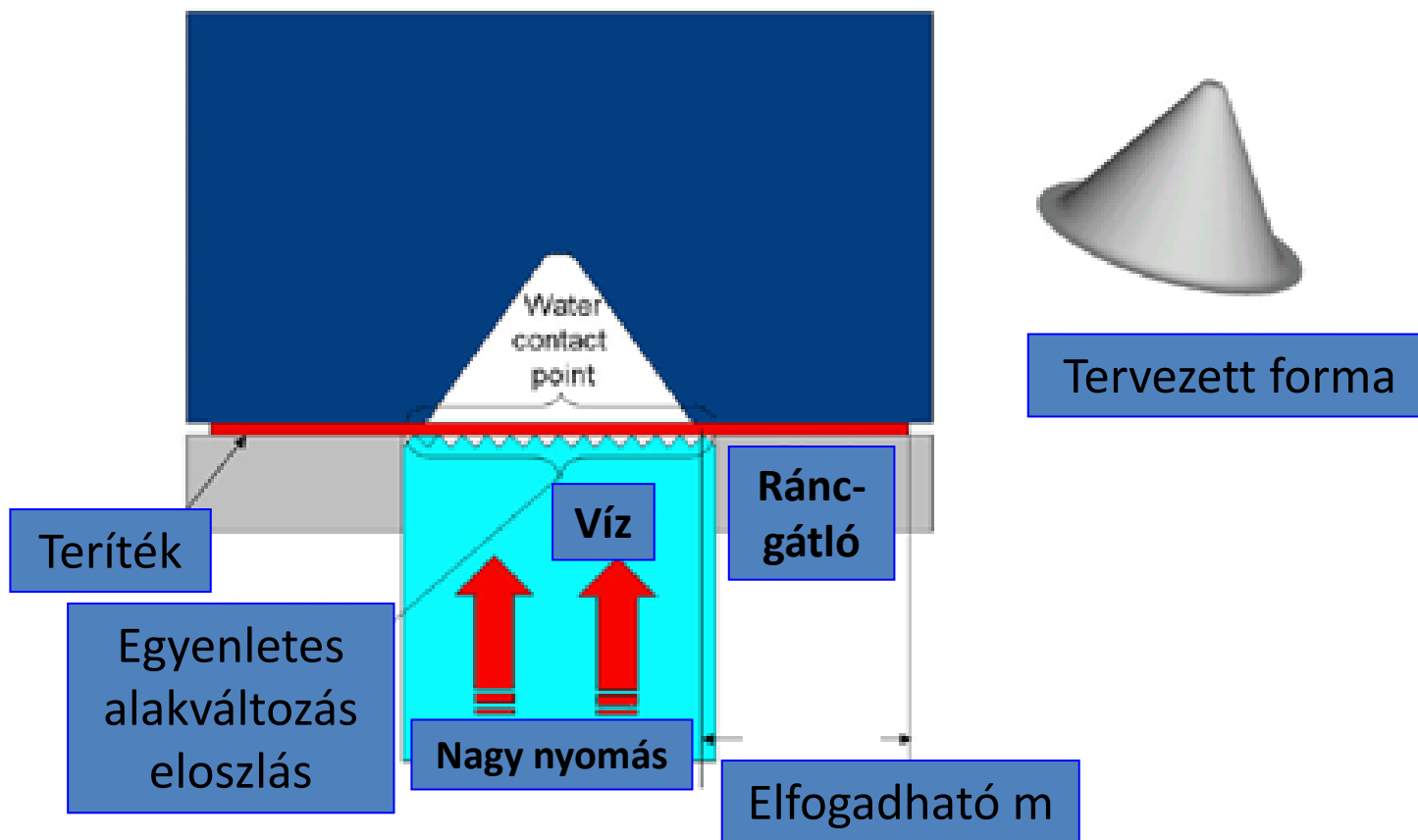


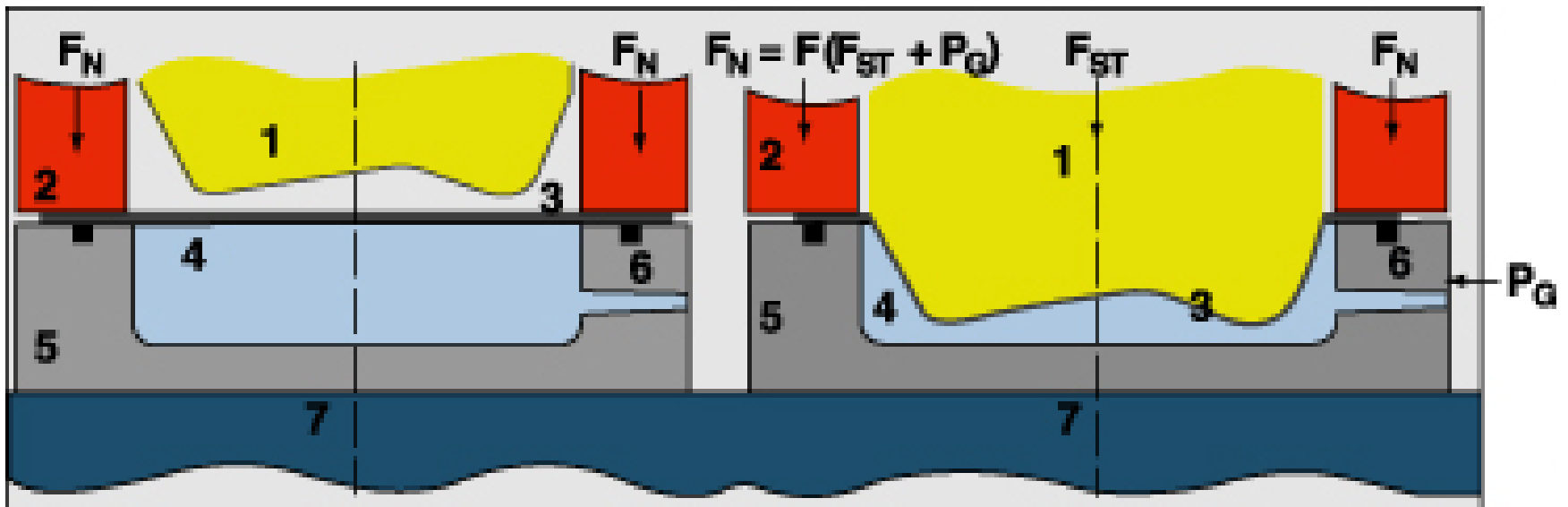
A szerszám zárt
A szegmensek zárva
Nagy nyomás a csőben

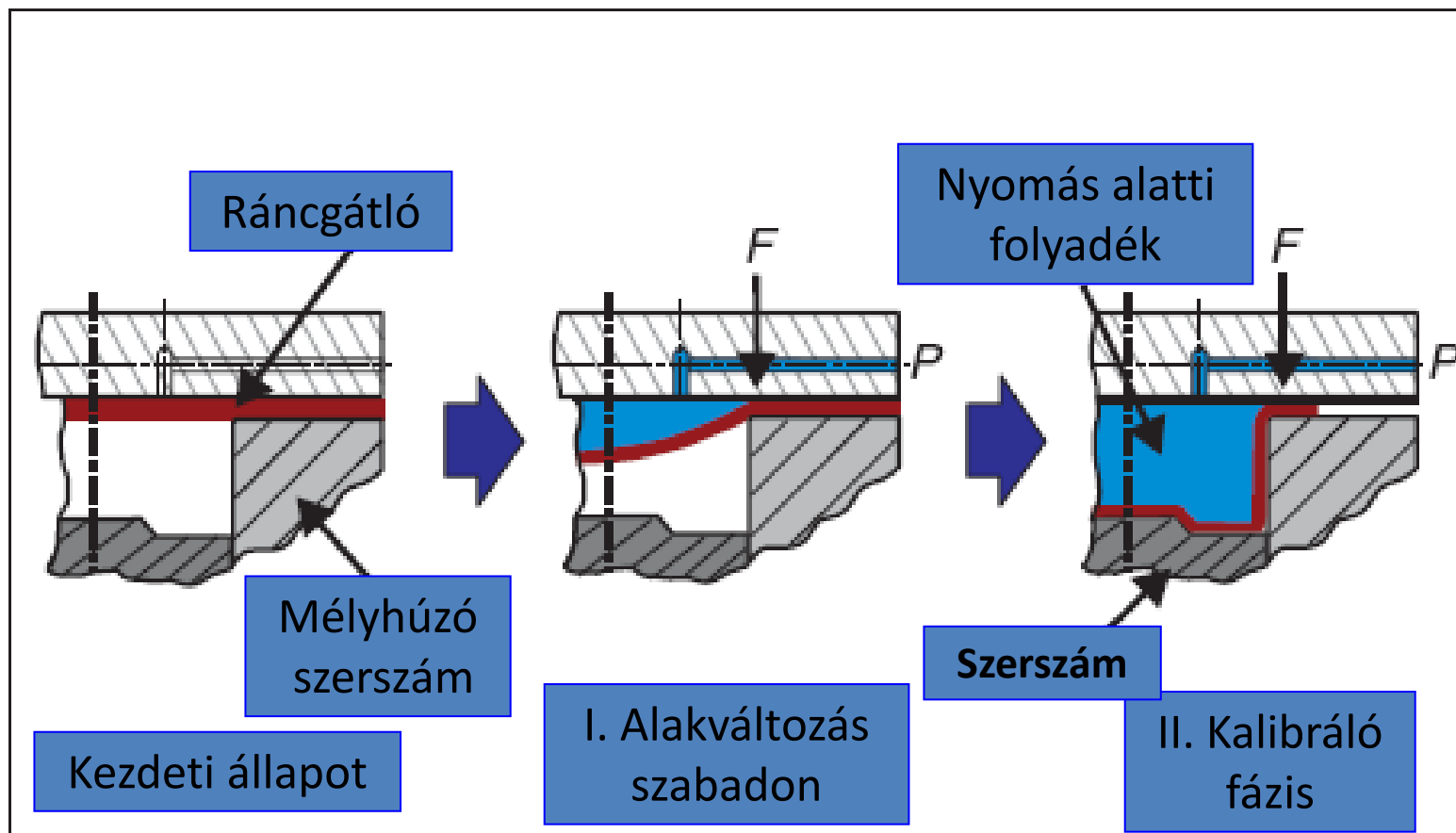


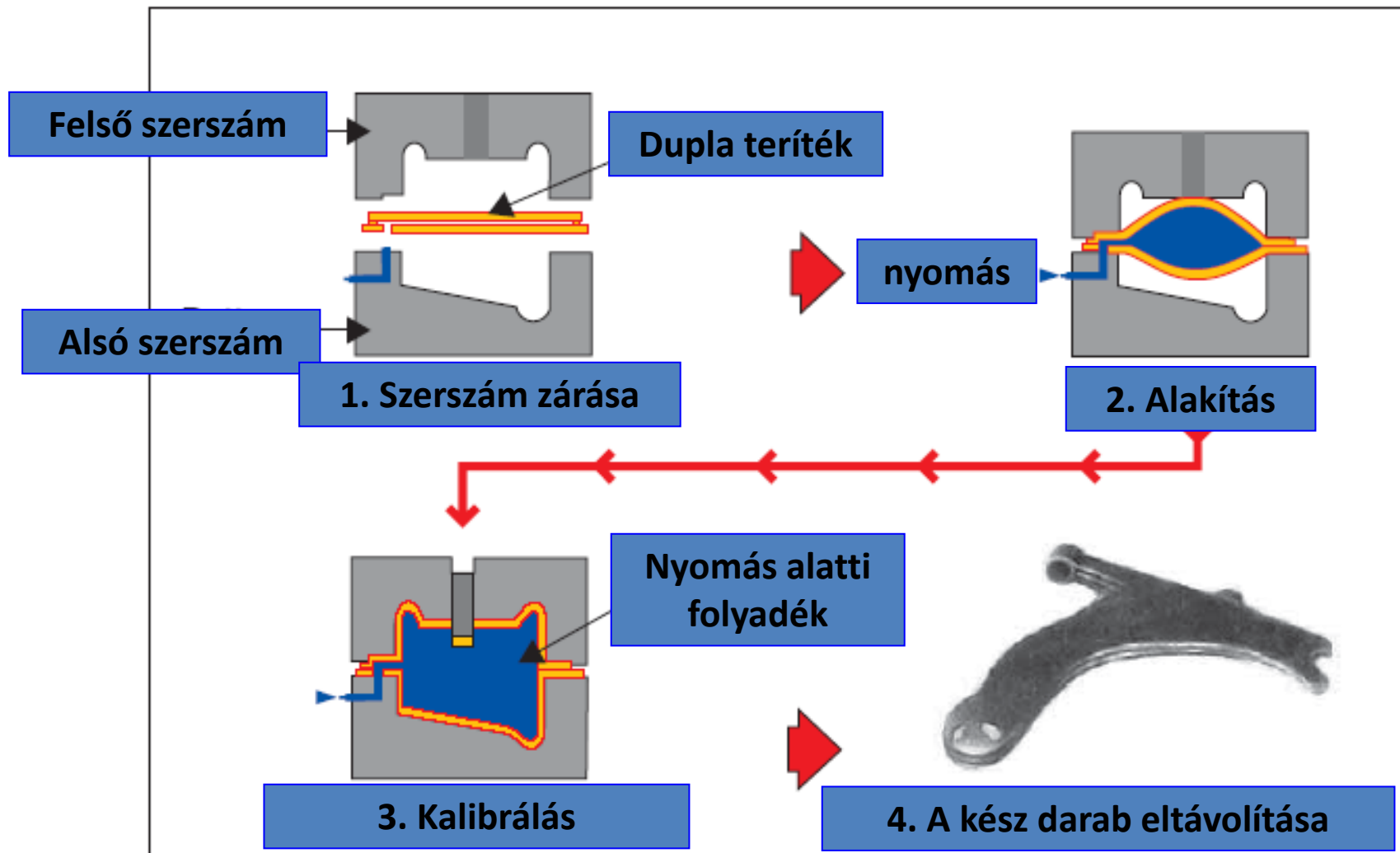
- Kevesebb művelet egy alkatrészhez
- Egy szerszám megspórolható
- Víz, olaj, vagy más folyadék
- Egyenletes alakváltozás
- Kisebb visszazugózás
- Kisebb anyagfelhasználás
- Nagyobb szilárdságú anyagok is alakíthatók

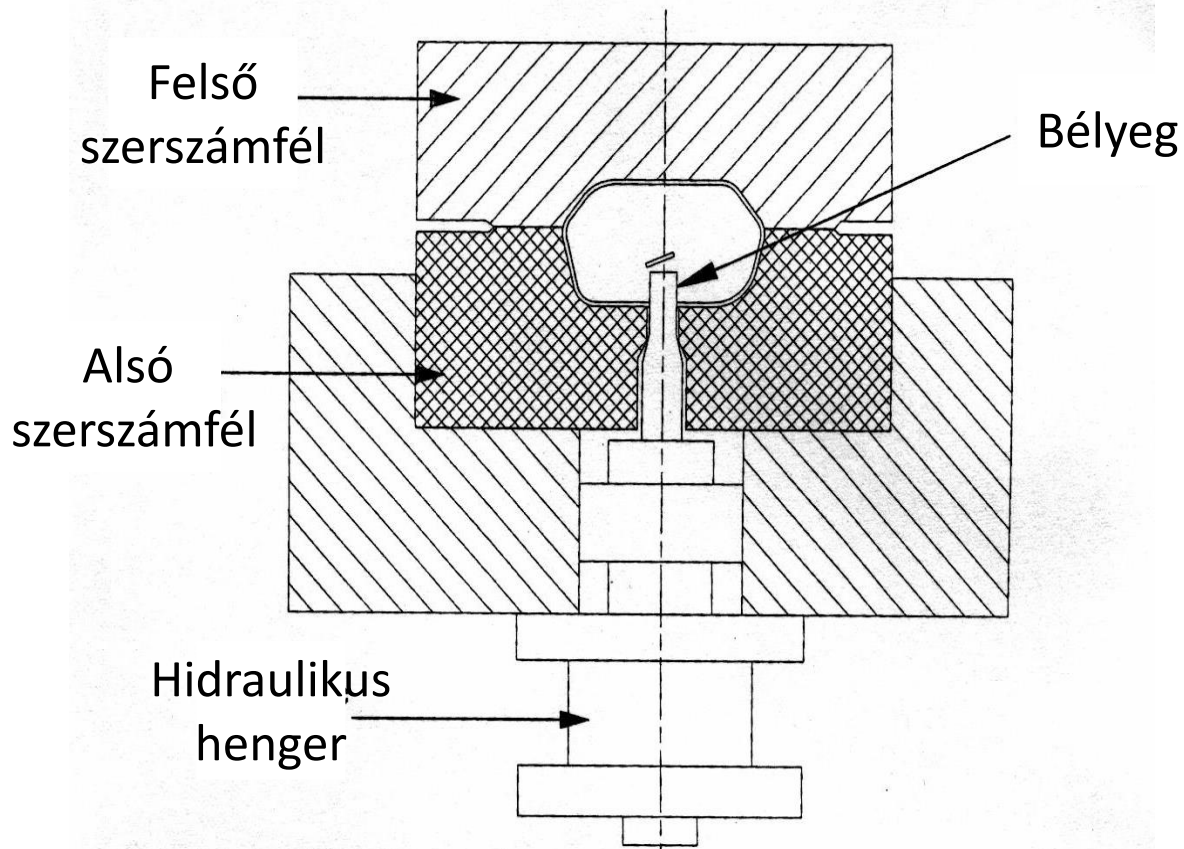
- Drága berendezés
- Ciklusidő viszonylag hosszú
- Nedves környezet

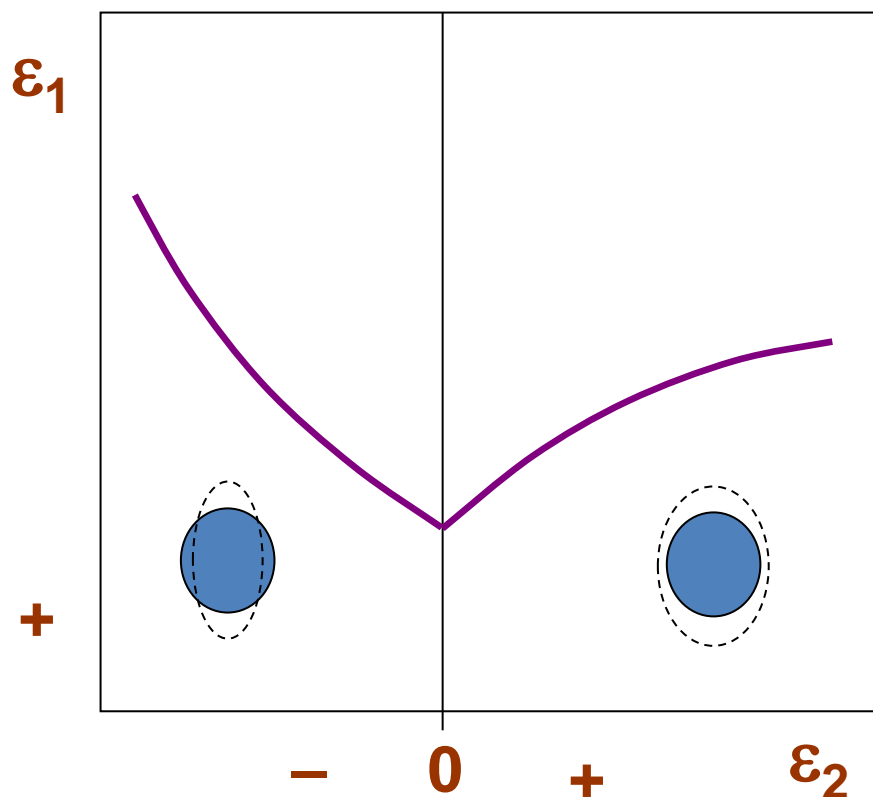




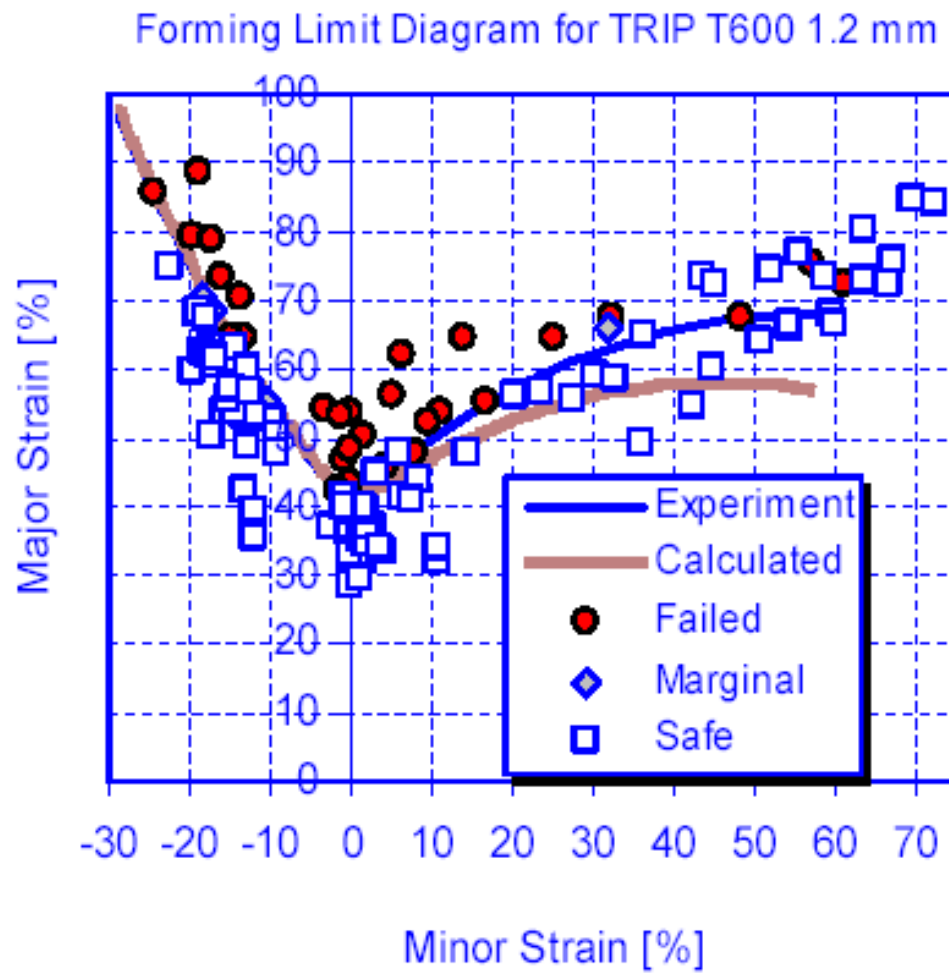
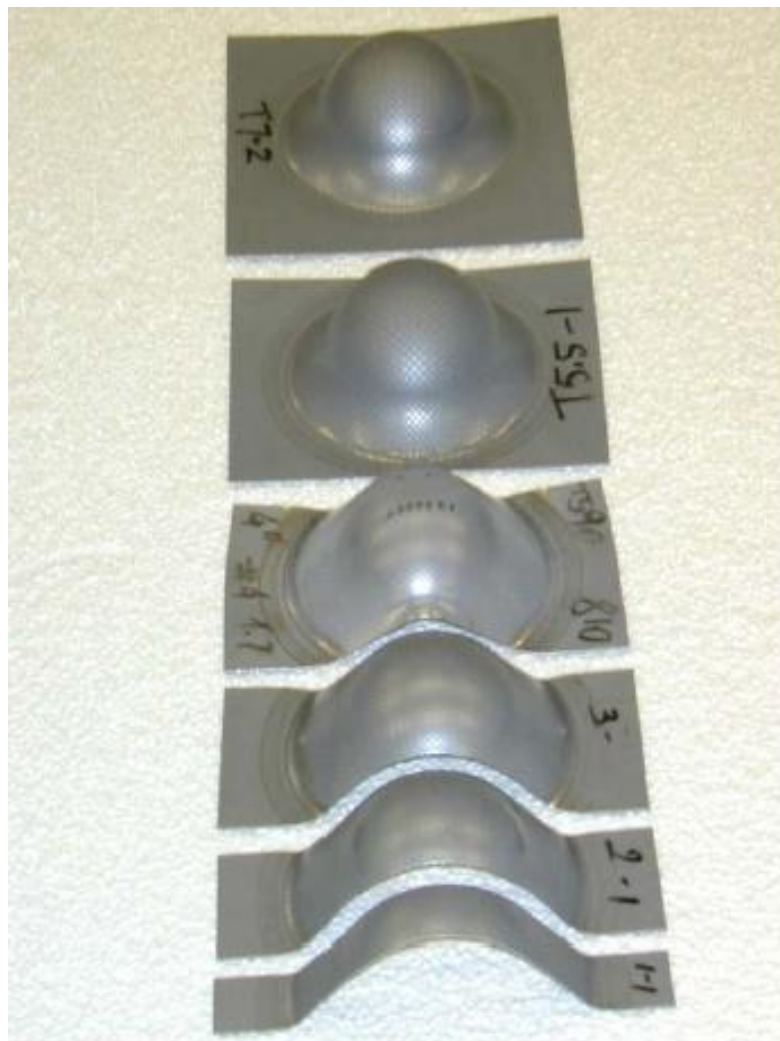


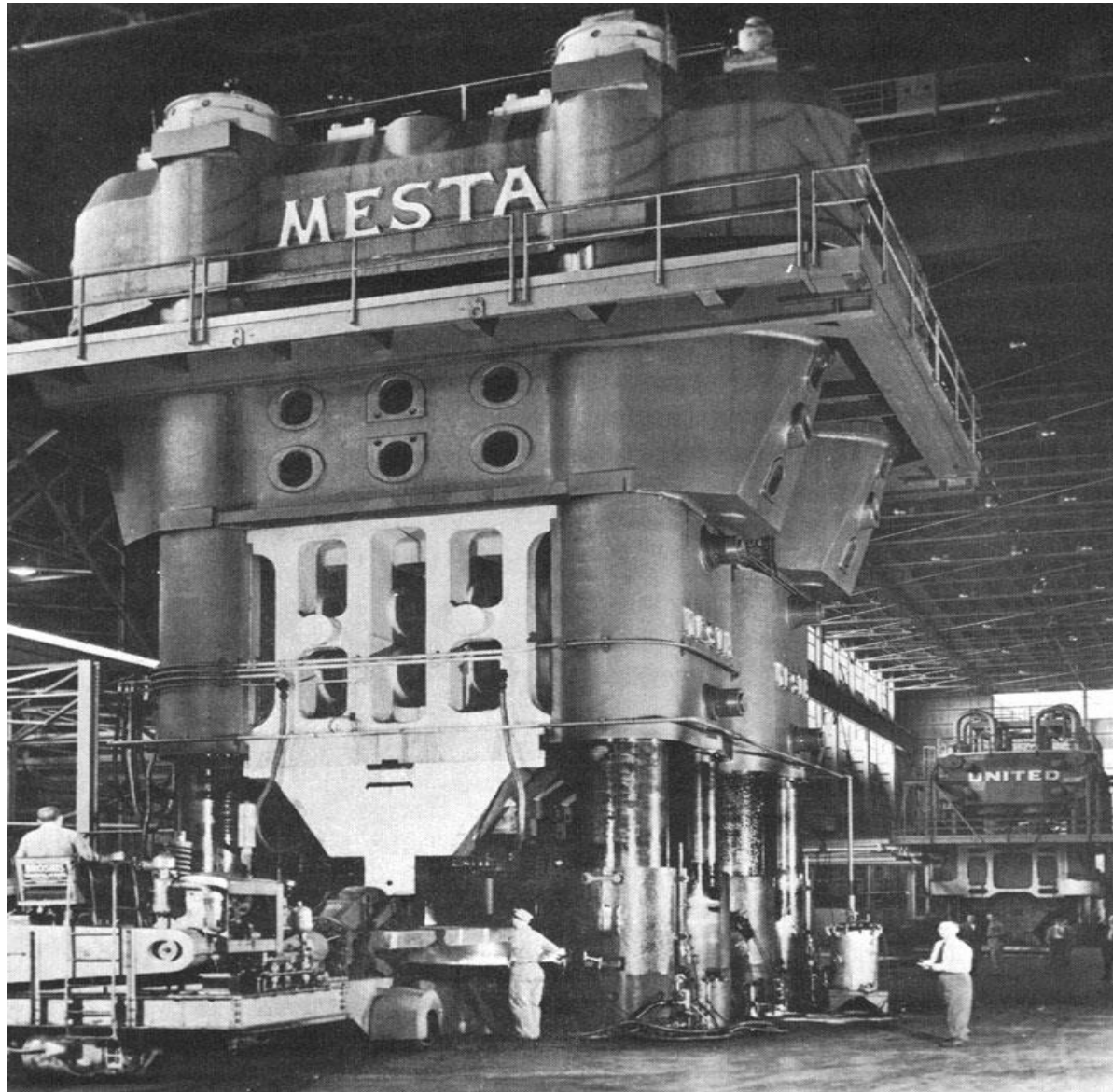






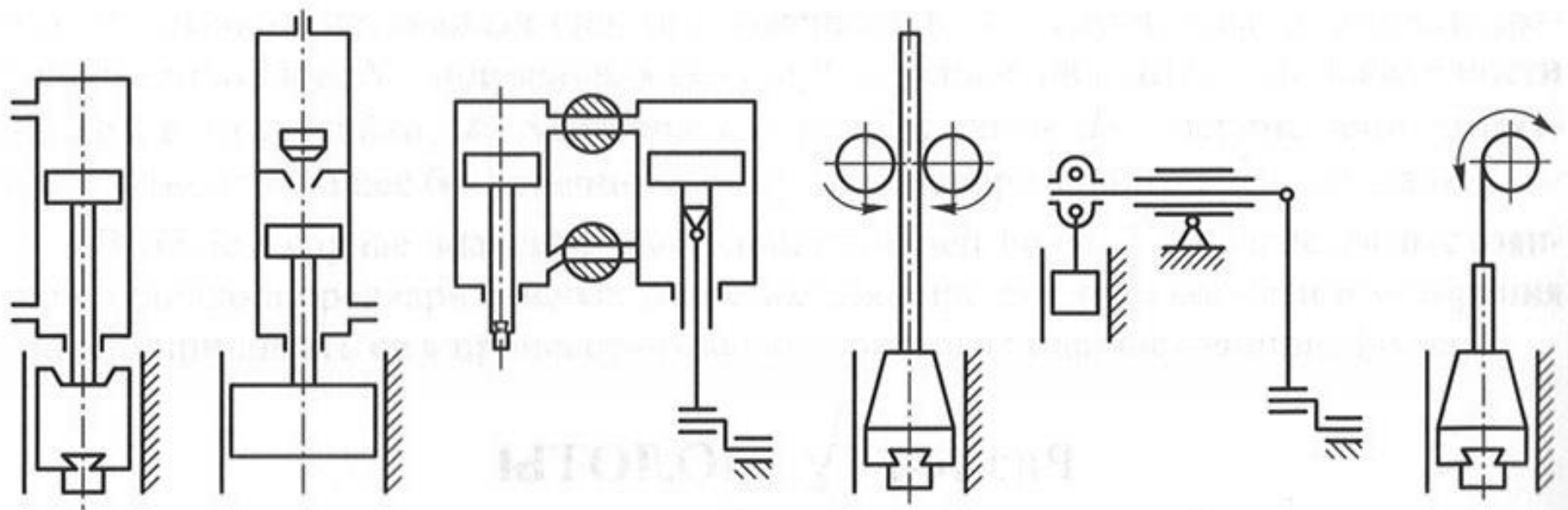
- FLD diagram
- Keller-Goodwin diagram
- Alakíthatósági határgörbe
- Görbe felett törés
- Görbe alatt biztonságos

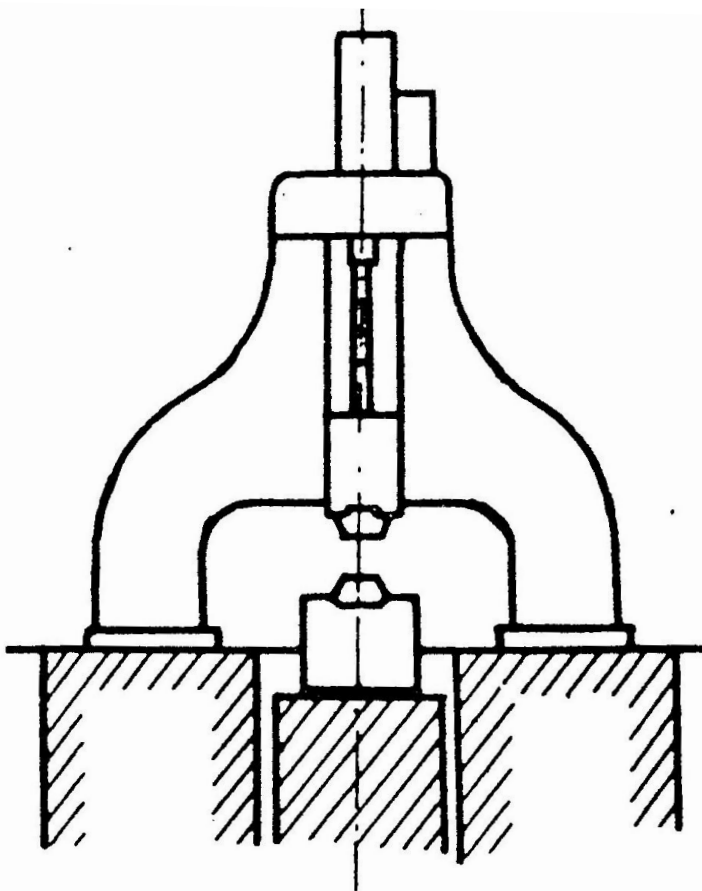




- Az alakítógépek szolgáltatják az alakításhoz szükséges
 - Erőt
 - Energiát
- Általában alternáló, egyenes vonalú mozgásra van szükség
- Karakterisztikák alapján
 - Energia karakterisztikájú (az „energiacsomagot” el kell használni – alakítás, hő, szerszám...)
 - Elmozdulás (löket) karakterisztikájú
 - Erő karakterisztikájú

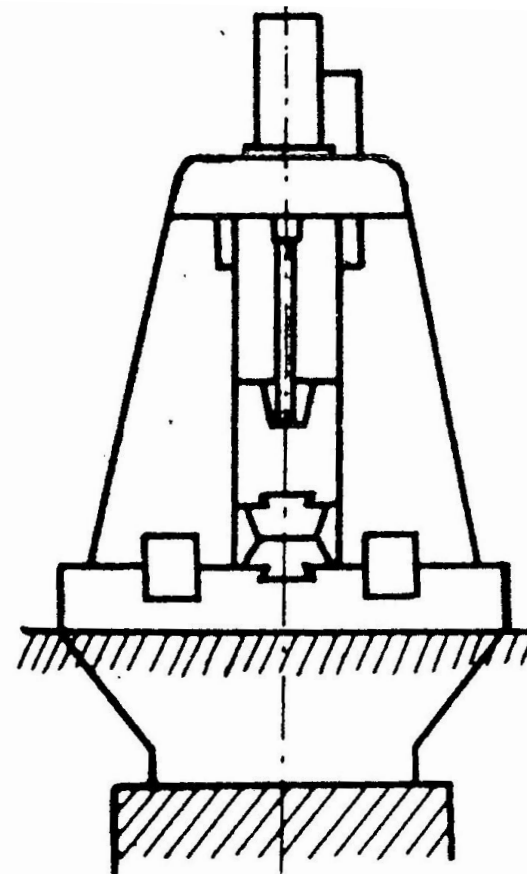
- Különböző kalapácsok tartoznak ide
- Számos működési elv
- Jellemző az ütési energia és a megengedett maximális erő





Szabadalakító kovácsolás

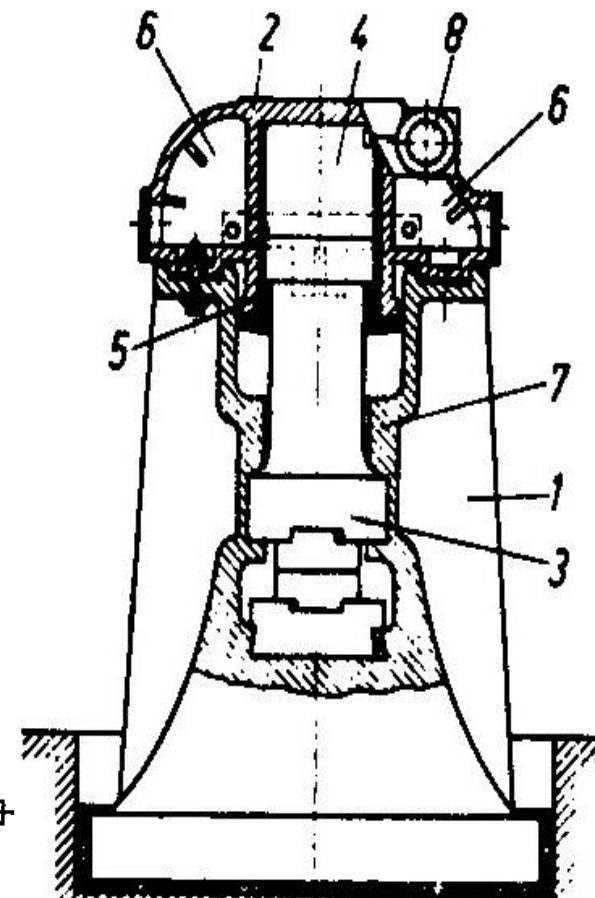
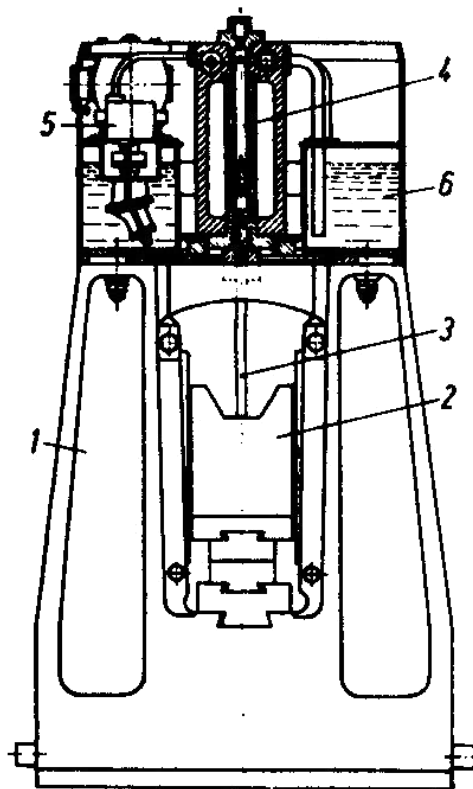
Nyitott gépkeret, jó körüljárhatóság, a medve és az üllő külön van alapozva.



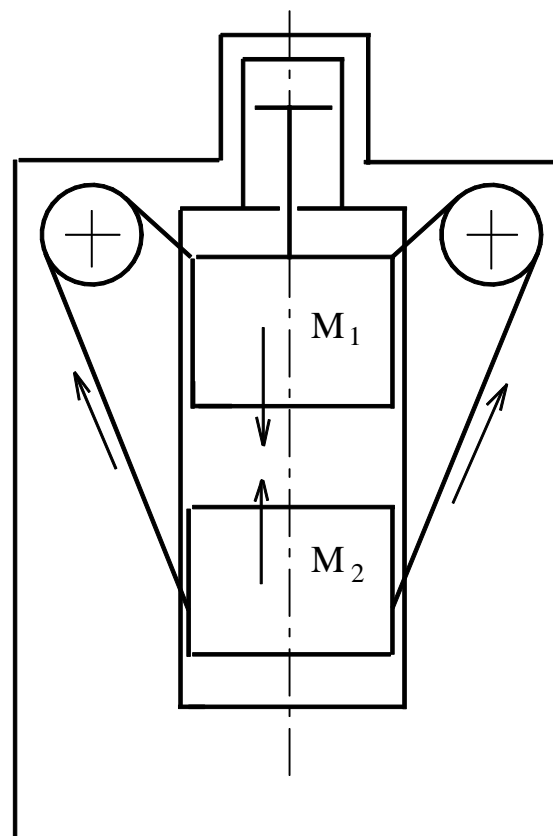
Süllyesztékes kovácsolás

Zárt gépkeret, pontos összevezetés, egységes rendszer.

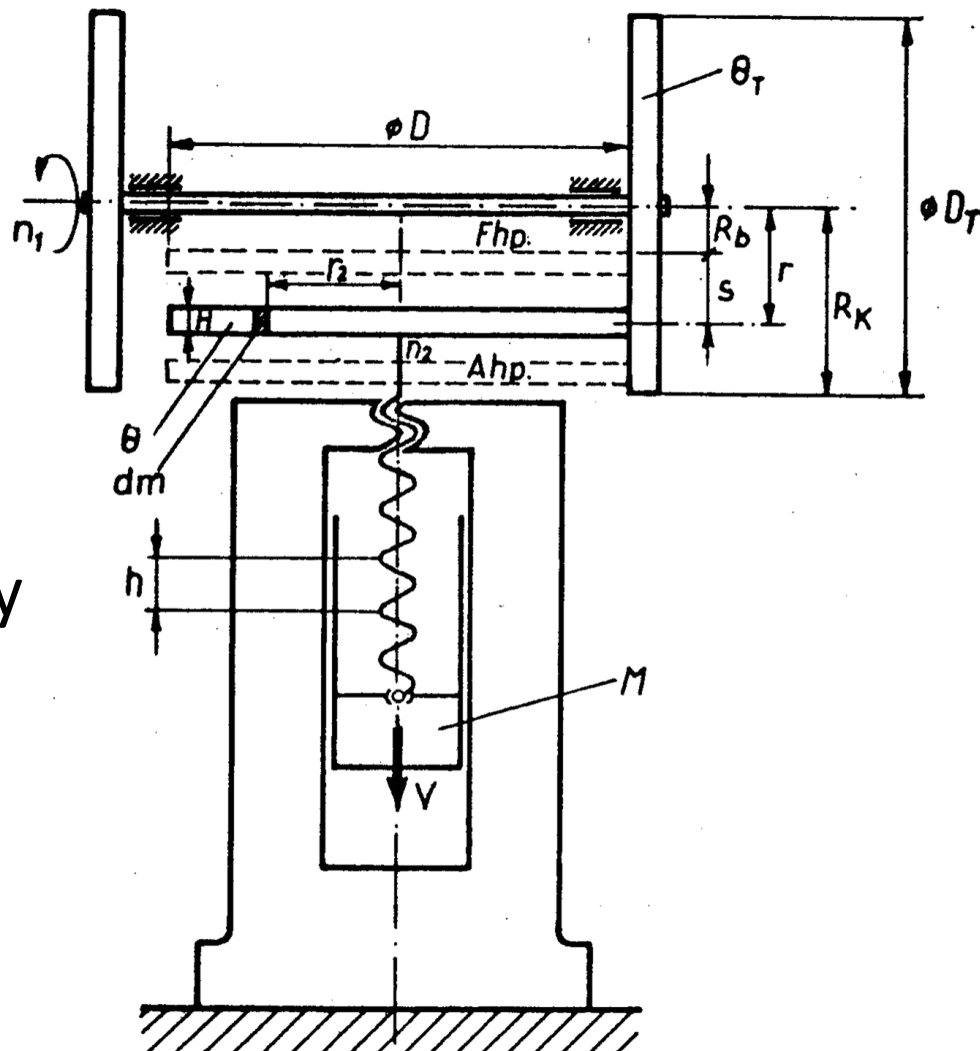
- Hosszú és rövidlöket
 - 1000, illetve 300 mm
- Kis mennyiségű olaj
- Nagy hidraulikus nyomás
- Nitrogénpárna expanziója gyorsít
- Nagy löketség
- 7 ms^{-1} beütés



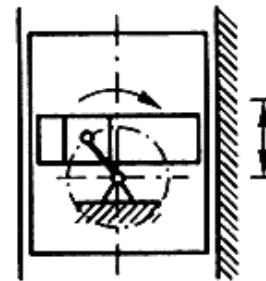
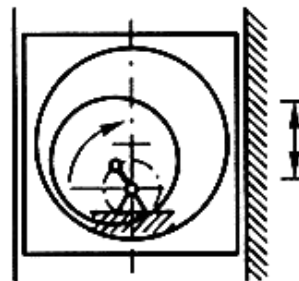
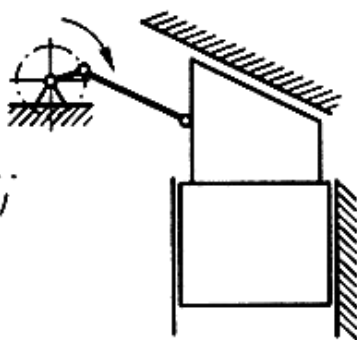
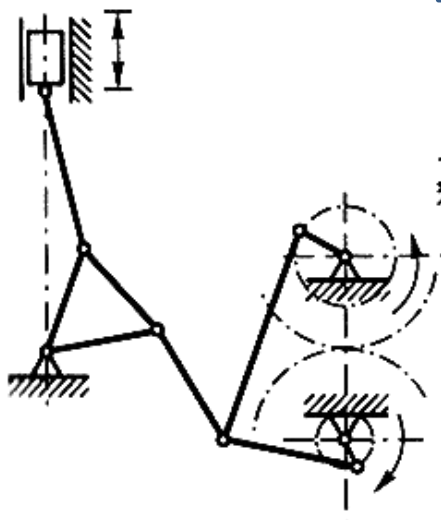
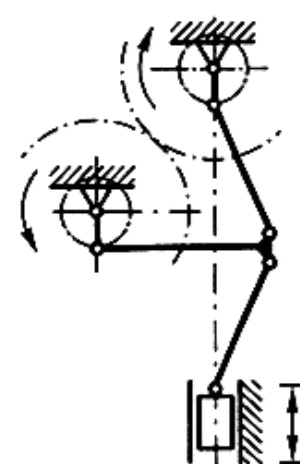
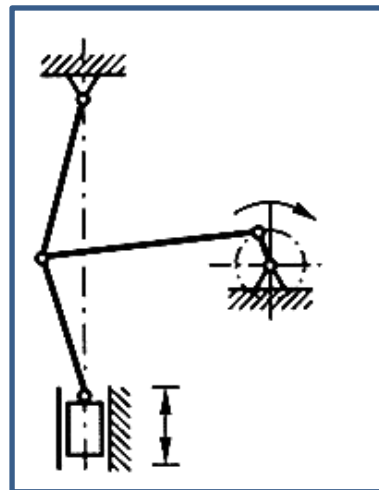
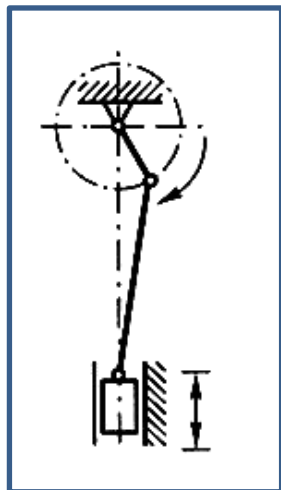
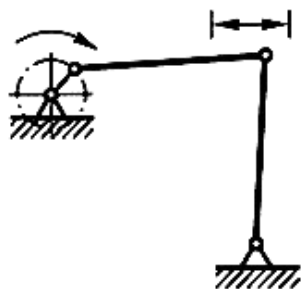
- Nagy darabok süllyesztékes kovácsolása
- Ütközés a levegőben
- Környezetet kevésbé terheli
- Közvetlen mozgatás
 - Gőz, levegő, gáz
- Közvetett mozgatás
 - Acélheveder



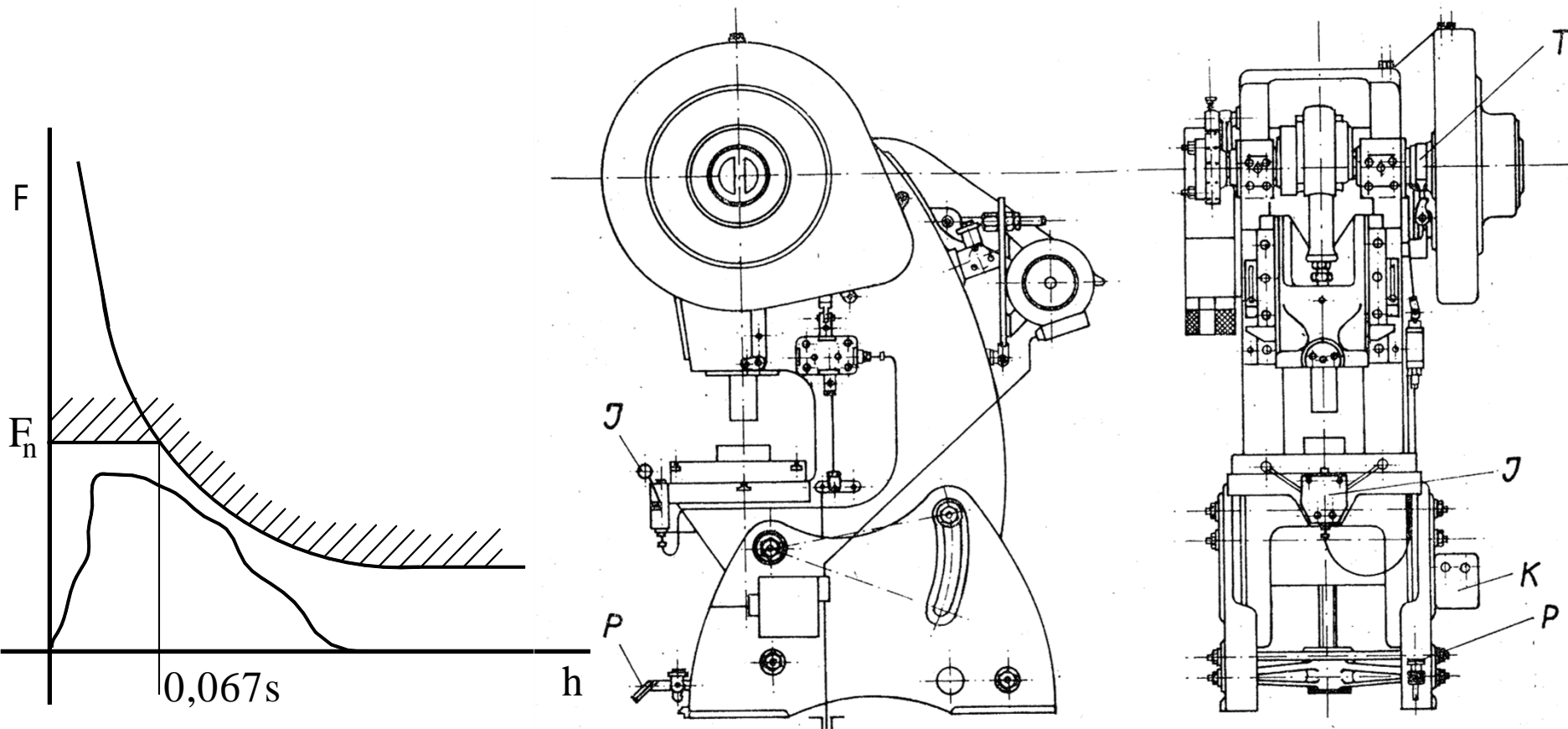
- Frikciós sajtó
- Lendkerekes, vagy direkt hajtás
- Több bekezdéses, nem önzáró menetes orsó
- A gépszerkezetben, vagy a medvében rögzített anya
- $0,1-1 \text{ ms}^{-1}$ beütési sebesség



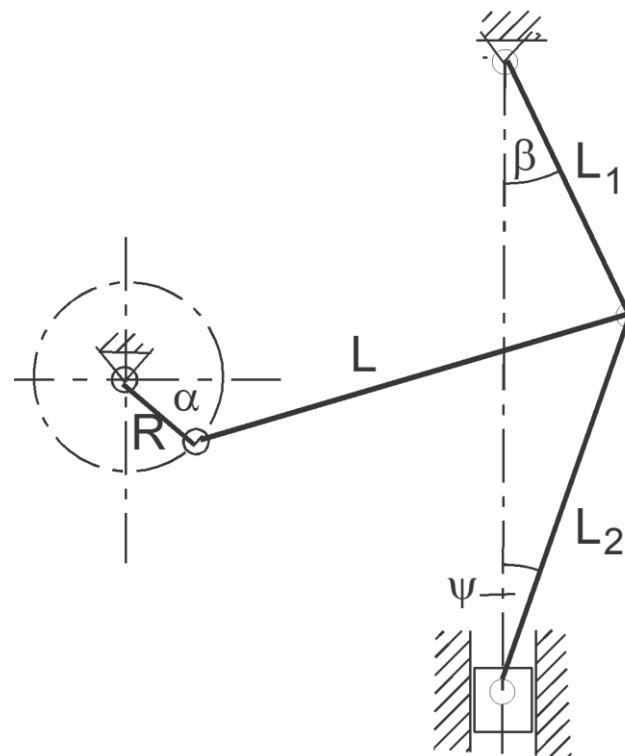
- Számos kinematikai megoldás



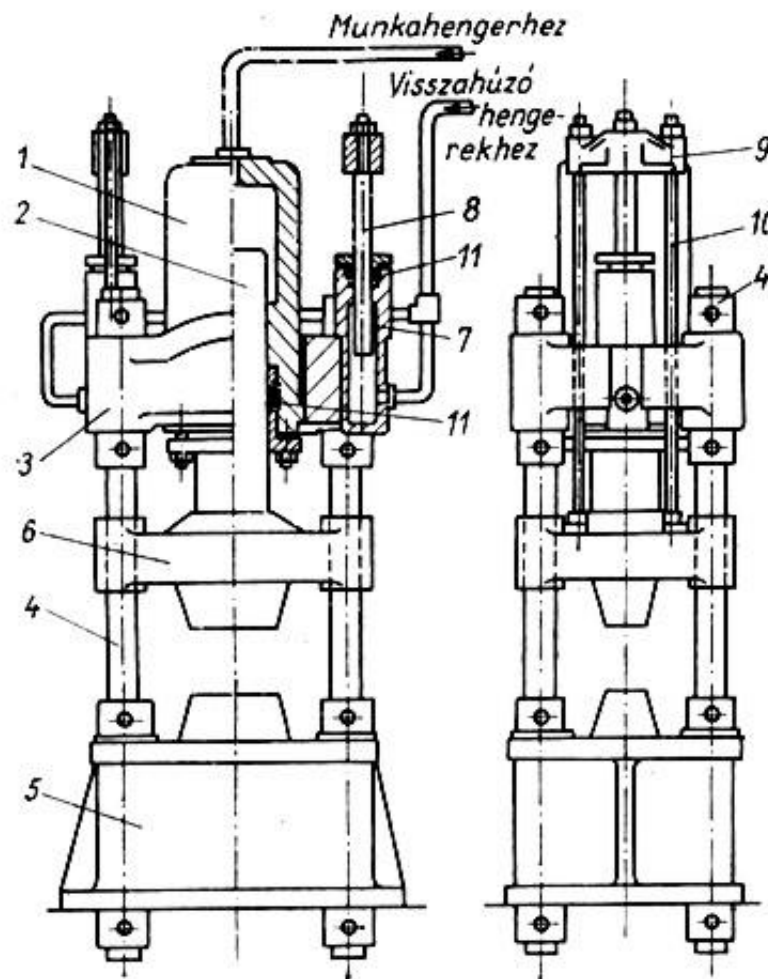
- Lehetséges folyamatos üzemmód és egyedi löketek alkalmazása is



- Rövid úton nagy erő szükség esetén
 - Tubusfolyatás, érme dombornyomás
- Sokféle elrendezés lehet a karoktól függően
- Lehet vízszintes és függőleges kivitelű is



- Tipikusan hidraulikus sajtó
 - Kovácssajtó: GN erő nagyságrend, emulzió, 1000 bar nyomás
 - Extrudáló sajtó: ~10 MN, egy munkahenger, olaj
- Jól vezérelhető
- Akkumulátorok
- Kis erő – nagy sebesség, vagy nagy erő – kis sebesség
 - Két tápegység: csavarszivattyú, fogaskerék szivattyú



Dr. Orbulov Imre Norbert – orbulov@eik.bme.hu

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!