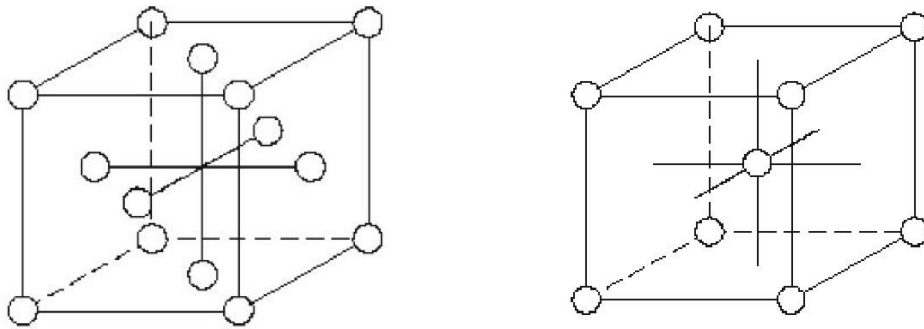


## Hidegalakítás

### Képlékeny alakváltozás és mechanizmusa a fémekben

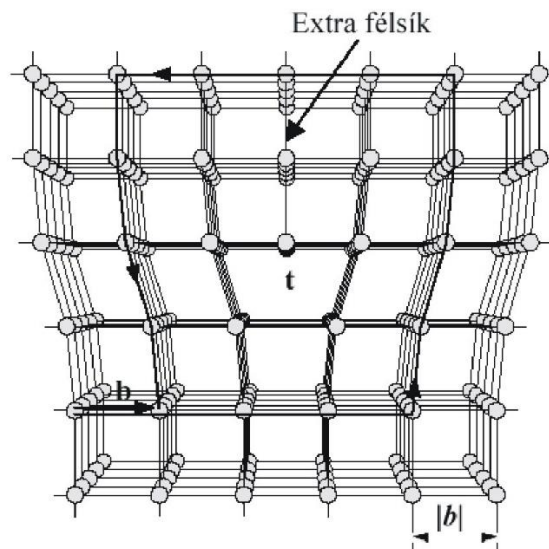
Képlékeny alakváltozásról beszélünk, amikor a testre akkora terhelés hat, hogy az az anyag mikroszerkezetében vissza nem fordítható változásokat okoz, a test a leterhelés után nem tér vissza az eredeti alakjára, hanem maradó alakváltozást szenved. Ennek a mikroszerkezeti oka, hogy a testet alkotó atomok a terhelés hatására átrendeződnek.



1. ábra. Felületen (bal) és térben (jobb) középpontos köbös elemi cella

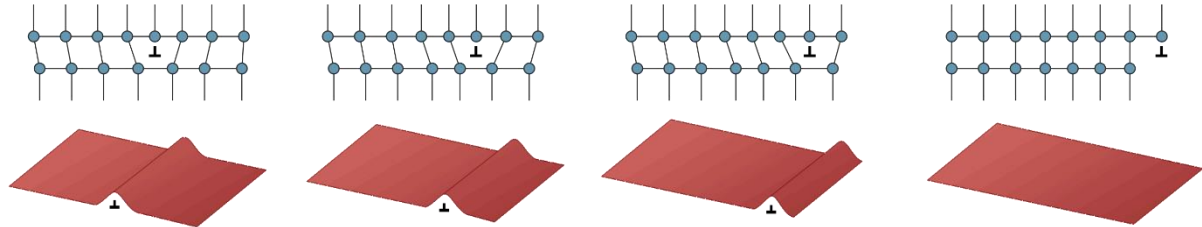
A mérnöki gyakorlatban alkalmazott fémek és ötvözetek kristályos szerkezetűek. Ez azt jelenti, hogy a kristályszerkezetre jellemző térrács ideális esetben a tér mindhárom irányában szabályosan ismétlődik: a kristályszerkezet rácspontjaiban minden egyes helyen megtalálható az adott anyagot felépítő atom.

A valódi kristályokban az ideális rácselempítést különböző rendezetlenségek, rácshibák zavarják meg. Ezek közül a képlékeny alakváltozás szempontjából a diszlokációk szerepe kiemelkedően fontos.



2. ábra. Éldiszlokáció sematikus ábrája primitív köbös rácsban.

A képlékeny alakváltozás jellemzően úgy megy végbe, hogy egy bizonyos atom réteg a szomszédos atomréteghez képest elcsúszik. Ez az elcsúszás nem egy lépésben történik, hanem a diszlokációknak a kristálysíkon történő csúszása által, amit az alábbi ábra szemléltet:



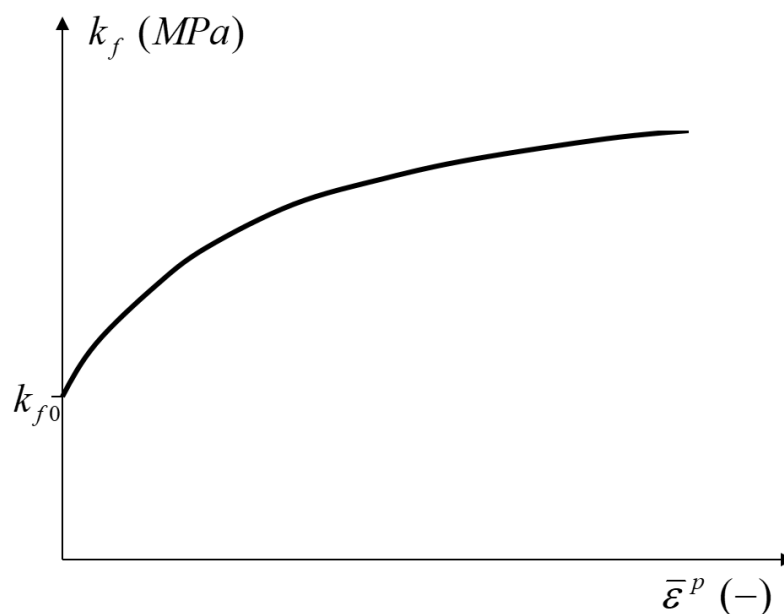
3. ábra. Diszlokációs elcsúszás - A képlékeny alakváltozás mechanizmusa.

Ahogy a képlékeny alakváltozás egyre nagyobb mértékű, egyre több és több diszlokáció keletkezik.

### A hidegalakítás szilárdságnövelő hatása

Abban az esetben, ha nem zajlik le semmilyen lágyulási folyamat (pl. újrakristályosodás, ld: melegalakítás), a képlékeny alakváltozás mértékének növekedésével az anyag szilárdsága nő. Ennek az oka az, hogy az egyre nagyobb mértékű makroszkopikus alakváltozáshoz egyre több és több diszlokáció szükséges, sűrűségük nő az alakváltozási folyamat során és mozgásuk egyre inkább gátolt a többi diszlokáció miatt. Ebből következően a képlékeny alakváltozás megindításához vagy fenntartásához egyre nagyobb feszültség szükséges, ezért az anyag szilárdsága és keménysége nő. A 4. ábrán egy hidegalakításra jellemző folyásgörbe látható: az alakítási szilárdság növekedését mutatja a képlékeny alakváltozás függvényében.

A hidegalakítási folyamattal együtt csökken a szívósság és a további alakíthatóság mértéke. Túlzott mértékű alakítás az anyag károsodásához vezet (pl.: törés).



4. ábra. Hidegalakításra jellemző folyásgörbe: Az alakításhoz szükséges egyenértékű feszültség a képlékeny alakváltozás függvényében

## A hidegalakítás hőmérsékleti tartománya

A hidegalakítást minden esetben az újrakristályosodási hőmérséklet alatt kell végezni. Efölött már melegalakításról beszélünk. Általánosságban azt mondhatjuk, hogy az adott fémre jellemző olvadáspont 60%-a alatti hőmérsékleten (K mértékegységgel számolva) végezzük az alakítást, akkor már nem játszódik le újrakristályosodás. Tehát:

$$T_{hideg} < 0,6 \cdot T_{olv}$$

## A hideg alakítási eljárások előnyei és hátrányai

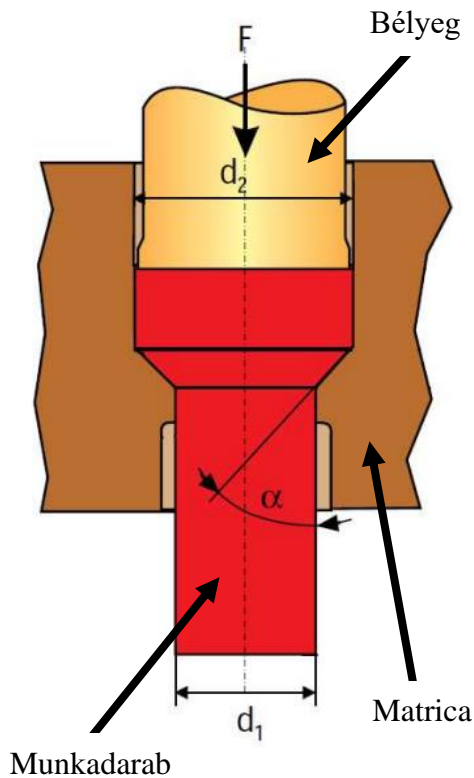
- *Jó felületi minőség.* Mivel az alakítás szoba- vagy kis hőmérsékleten történik, ezért a munkadarab felülete nem oxidálódik, jó felületi minőség érhető el.
- *Alakító erők.* meleg alakításhoz képes fajlagosan nagyobb alakító erők szükségesek.
- *Nagy pontosság.* Hidegalakító technikákkal nagyobb pontosságú darabokat lehet készíteni, mint melegalakítással.
- *Alakíthatóság.* Az alakváltozás mértékének növekedésével csökken a szívósság és a további alakíthatóság, túlzott mértékű alakítás az anyag károsodásához vezet.
- *Szilárdságnövelés.* Hidegalakítással növelhető az anyag szilárdsága.

## Hidegalakító technológiák

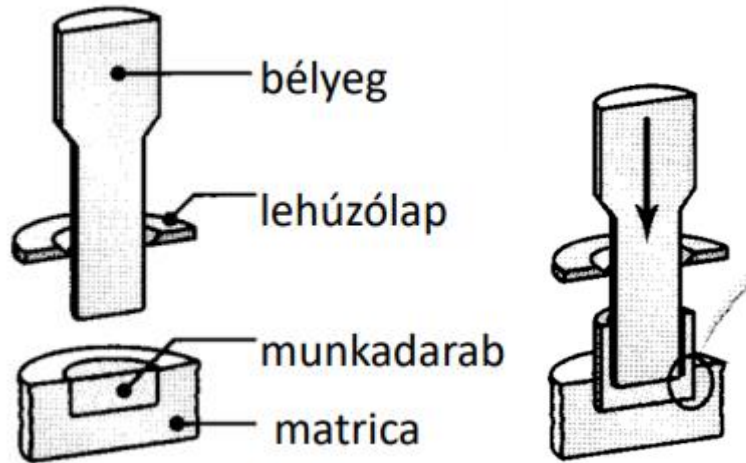
Két fő csoportra oszthatók a hidegalakító technológiák a megmunkált alapanyag formája szerint: térfogati valamint lemezalakítások. A térfogati technológiák közé tartoznak az előre, hátra valamint kombinált folytatási technológiák, a fejezés valamint a cső és rúdhúzás technológiái. A lemezalakításhoz pedig a mélyhúzás, a hajlítás, valamint a vágás és lyukasztás.

### *Előre, hátra és kombinált folytatás*

Az előre folytatás során a tömbi anyagot egy szűkülő csatornán nyomjuk keresztül egy bélyeg segítségével, mely során a munkadarab oldala végig meg van támasztva. Ezzel az eljárással általában hengeres termékeket gyártanak, de akár profilos és üreges termékek is kialakíthatók vele a matrica és bélyeg kialakításától függően. A hátrafolyatás során egy zárt szerszámba helyezük a tömbi kiinduló anyagunkat majd egy bélyeg segítségével alakítjuk. A bélyeg átmérője kisebb, mint a matrica belső átmérője, így az anyag csak egy irányba tud áramlani: hátrafelé. Ebből következik az elnevezési is, mivel a bélyeg előre felé halad addig az alakított darab hátrafelé folyik ki. Ezzel szembe az előrefolyatás során a munkadarab és a bélyeg mozgása megegyező irányú volt. A kombinált folytatás esetén a kétféle technikát egyszerre alkalmazzuk. Ezekkel az eljárásokkal gyárthatunk vékonyfalú üreges termékeket, különböző átmérőjű rudakat, vagy például fogkrémestubust is.



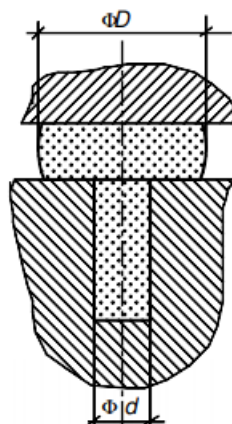
5. ábra. Az előrefolytatás sematikus ábrája



6. ábra. A hátrafolytatás sematikus ábrája

## Fejezés

A fejezés során egy rúd termékből indulunk ki, melynek csak egy kis részét alakítjuk. Ebben az esetben a nem alakított részt meg kell támasztanunk, hogy ne alakváltozzon. Ezzel az eljárástechnikával gyártják a csavarok nagyrészét. A következő ábra egy példát mutat erre az eljárásra.



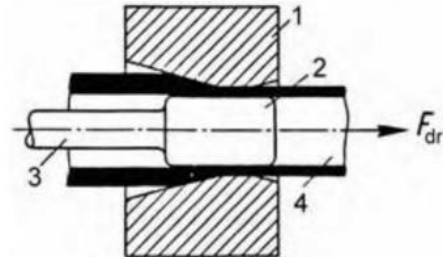
7. ábra. Csavar fejrészének elkészítése folyatással, majd fejezéssel.

## Cső vagy rúdhúzás

Az anyag ebben az esetben is egy kúpos szerszámon halad keresztül, mint az előrefolytatás esetében, azonban itt sokkal kisebb átmérő változások történnek mint az előrefolytatásnál, így az alakítandó anyag, csak a kúpos részen van megtámasztva. Valamint az alakításhoz szükséges erő bevitelének pontja, nem a darab hátulján lesz, hanem az elején. Tipikusan ezzel gyártják a vékony huzalokat és csöveket, egymás után akár 10-20 húzáslépésen keresztül egyetlen gépben. A 8. ábra a csőhúzásra mutat be egy példát, rögzített dugós elrendezéssel.

Csőhúzás rögzített dugóval

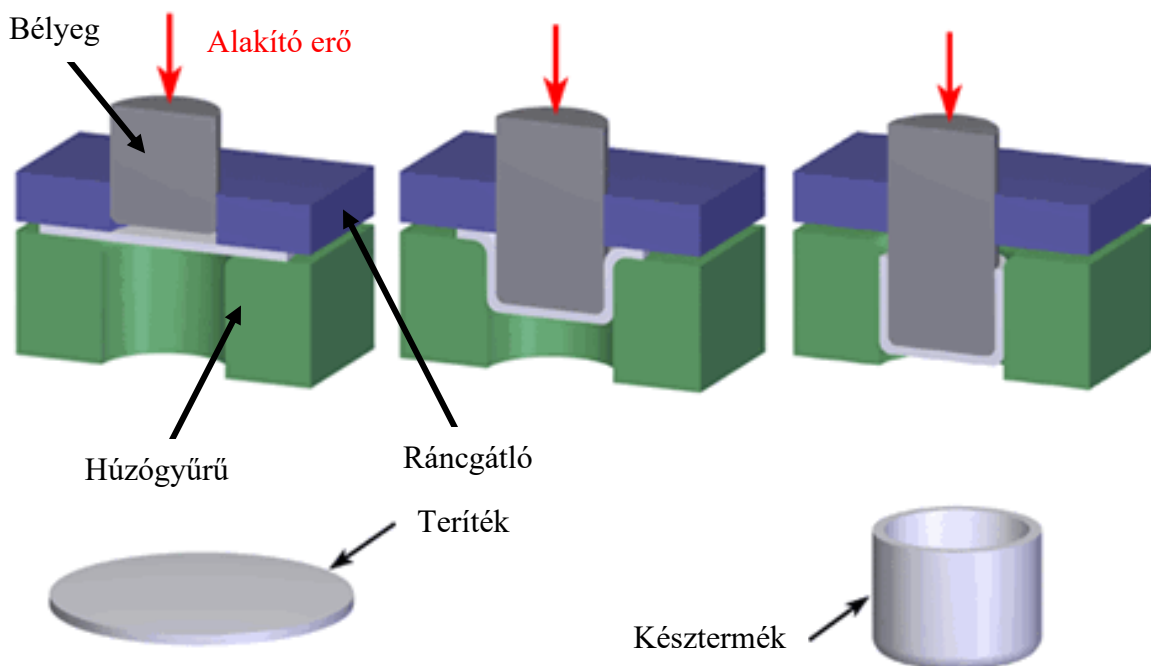
- 1) Húzógyűrű
- 2) Dugó
- 3) Szár
- 4) Cső



8. ábra. Csőhúzás rögzített dugóval.

## Mélyhúzás

A mélyhúzás technológiájával lemez kiinduló darabokat alakítunk valamilyen üreges terméké. Az eljárás során a húzógyűrűn átnyomja a bélyeg a lemezt, mely felveszi a húzógyűrű alakját, és az extra anyagrész pedig a kialakuló termék falát fogja alkotni. Ahhoz, hogy a gyártás során a munkadarab ne ráncosodjon, tehát a fala ne gyűrődjön fel, ráncgátlót kell alkalmazni. Ez a szerszámelem leszorítja a lemez azon részét mely még nincs a húzógyűrűn áthúzva, ezáltal gátolva meg a lemez felhajlását és gyűrődését. Mivel ezáltal nagy felületen súrlódik a lemez a szerszámhoz ezért a megfelelő kenés biztosítása kulcsfontosságú.



9. ábra. Mélyhúzás lépései

## Mérés

### Mérés ismertetése

A mérés célja, hogy kimérjük, hogy az anyag keménysége hogyan változik a hidegalakítás hatására. Az alakítás hideghengerléssel történik, amelynek során folyamatosan mérjük az anyag keménységét. A mérés eredményeként a keménységet ábrázoljuk az lemezvastagság relatív csökkenésének függvényében.

A mérés eszközei: duó hengermű, Rockwell keménységmérő, tolómérő

### Mérés menete

A lágyított alumínium hasáb kezdeti méreteit és keménységét lemérjük. Ezt követően több lépésben, az elején kis, majd nagyobb fogyásokkal hengereljük, miközben lépésenként mérjük a darab keménységét és vastagságát. A keménységméréshez Rockwell berendezést használunk, az anyagnak keménységének megfelelő nyomótesttel és skálán (B, E, F, vagy szabványtól eltérő, tetszőleges beállításokkal).

### Mérés kiértékelése

A mért vastagság értékekből kiszámoljuk a lépésenkénti redukción az alábbi képlet szerint, majd ezek függvényében ábrázoljuk a mért keménységértékeket. A mérési pontokra görbét illesztünk.

$$q = \frac{h_0 - h}{h_0} \cdot 100\%$$

### Felkészülést segítő kérdések:

- Hogyan változnak a mechanikai tulajdonságok a hidegalakítás hatására?
- Milyen előnyei vannak a hidegalakításnak?
- Milyen hátrányai vannak a hidegalakításnak?
- Rajzoljon fel egy hidegalakításra jellemző folyásgörbét.
- Mi a hidegalakítás hőmérsékleti tartománya?
- Soroljon fel hidegalakító eljárásokat. Melyikkel milyen termékek készíthetők?

### Felhasznált és ajánlott irodalom:

- Ziaja György: Alakítástechnika előadásjegyzet