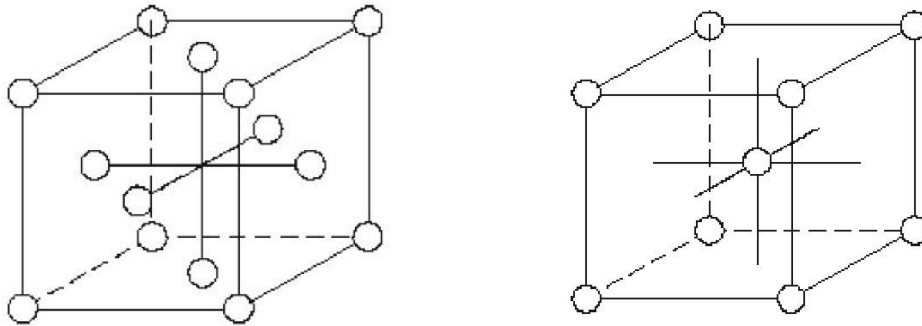


Melegalakítás

Képlékeny alakváltozás és mechanizmusa a fémekben

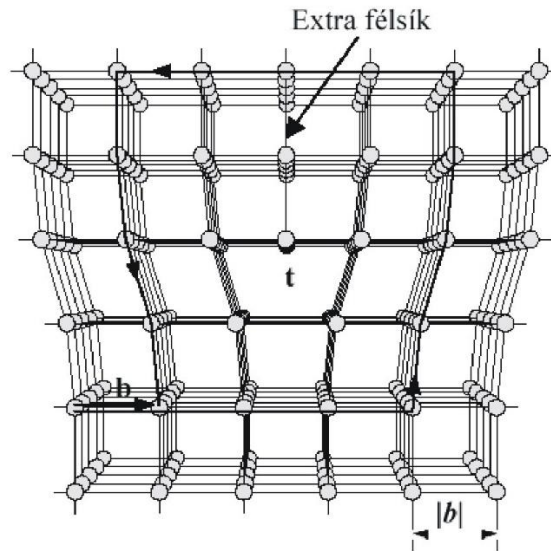
Képlékeny alakváltozásról beszélünk, amikor a testre akkora terhelés hat, hogy az az anyag mikroszerkezetében vissza nem fordítható változásokat okoz, a test a leterhelés után nem tér vissza az eredeti alakjára, hanem maradó alakváltozást szenved. Ennek a mikroszerkezeti oka, hogy alkotó atomok a terhelés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



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

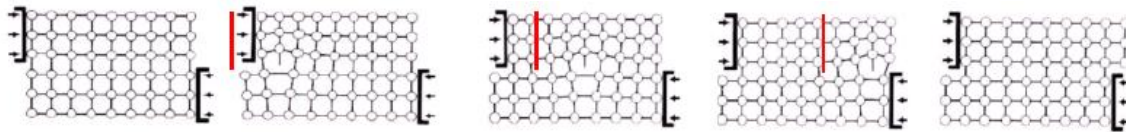
A mérnöki gyakorlatban alkalmazott fémek és ötvözetek kristályos szerkezetűek. Ez azt jelenti, hogy a kristályszerkezetre jellemző térrács ideális esetben a tér mindhárom irányában szabályosan ismétlődik: a kristályszerkezet rácspontjaiban minden egyes helyen megtalálható az adott anyagot felépítő atom.

A valódi kristályokban az ideális rácsfelépítést 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.

Ha a feszültség eléri az anyag folyáshatárát, akkor megindul a diszlokációk elcsúszása és ezáltal a képlékeny alakváltozás. Egy diszlokáció az atomi síkoknak csupán kismértékű elmozdulását okozza. Ahogy a képlékeny alakváltozás egyre nagyobb mértékű, egyre több és több diszlokáció keletkezik.

Melegalakítás, újrakristályosodás

Képlékeny alakításakor a végzett munka egy része hővé alakul másik része az alakváltozásra, azaz diszlokációk létrehozására és azok mozgására fordítódik, ezáltal növeli a kristályrác energiáját. Ha az alakított fémet megfelelően nagy hőmérsékletre hevítjük, akkor lágyulási folyamat fog beindulni, aminek hatására az anyag szilárdsága és keménysége csökken, szívóssága és alakíthatósága nő. Melegalakítás esetében ez a folyamat jellemzően az újrakristályosodás.

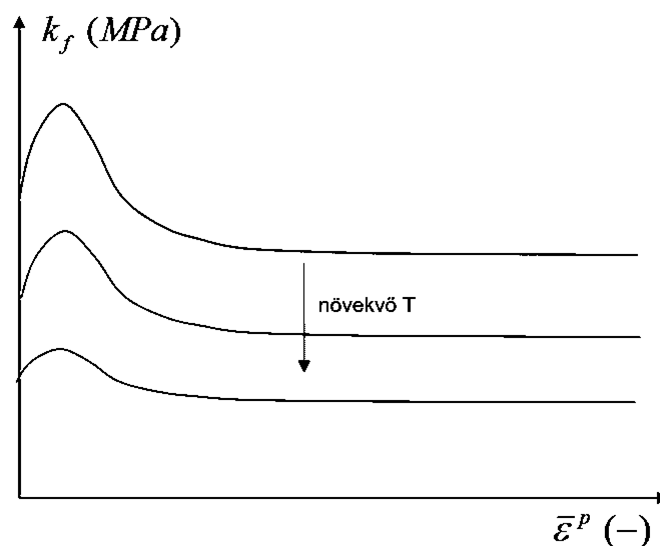
Az újrakristályosodás hajtóereje hogy a rács energiája – ami a képlékeny alakítással, azaz a diszlokációsűrűség növelésével megnőtt – csökkenjen. A folyamat során új kristálycsírák keletkeznek, majd nőnek. A folyamat végére a régi szemcsék eltűnnek, helyettük új, kis diszlokáció sűrűségű szemcsékből álló mikroszerkezet alakul ki.

Az újrakristályosodás hőmérséklete az anyagtól, illetve az alakítottóság mértékétől függ. Egy erősen alakított ötvözetben kisebb hőmérsékleten megindul az újrakristályosodás mint egy közepes mértékben alakítottban. Ezért az újrakristályosodás nem egy kifejezett hőmérséklet értékhez, hanem egy hőmérsékleti tartományhoz köthető. E szerint beszélünk hidegalakításról, ahol nincs lágyulási folyamat, melegalakításról, ahol jellemzően újrakristályosodás történik, illetve a kettő között a félmeleg alakítás tartományáról, ahol a lágyulási folyamatok csak részben mennek végbe. A hideg, félmeleg és melegalakítás hőmérséklet tartományát az alábbiak szerint szoktuk definiálni:

$$T_{hideg} < 0,3 \cdot T_{olv} \quad 0,3 \cdot T_{olv} < T_{félmeleg} < 0,6 \cdot T_{olv} \quad T_{meleg} > 0,6 \cdot T_{olv}$$

ahol T_{olv} az olvadáspont K-ban.

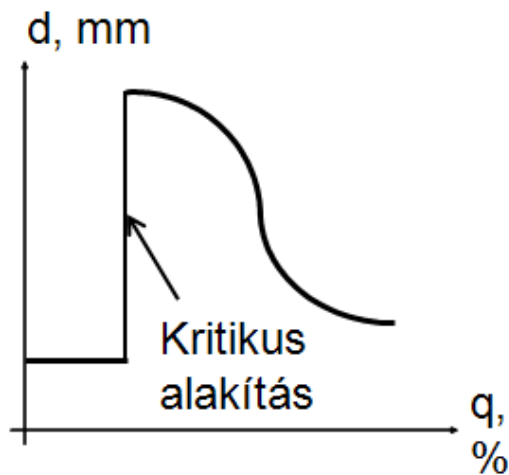
Melegalakítás közben a keményedés (diszlokációk keletkezése) és az újrakristályosodás egymással párhuzamosan megy végbe. A két folyamat között – egy kezdeti szakasz után – egyensúly áll be, ami a meleg folyásgörbéken megfigyelhető (4. ábra). Ennek köszönhetően az anyagot nagymértékben lehet alakítani annak károsodása nélkül. A folyásgörbét a hőmérséklet növelése lefele tolja el, egyre kisebb erővel lehet ugyanazt az alakítási műveletet végrehajtani.



4. ábra. Melegalakításra jellemző folyásgörbe: Az alakításhoz szükséges egyenértékű feszültség a képlékeny alakváltozás függvényében, és a hőmérséklet növelésének hatása.

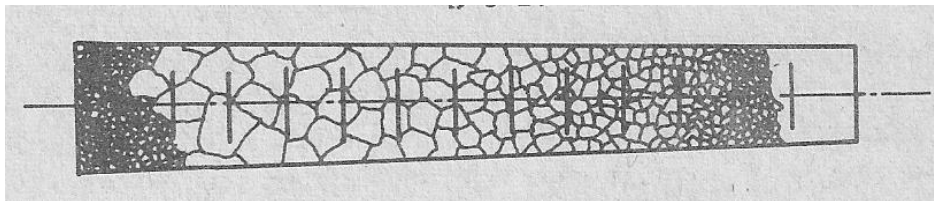
Az ábrán látható első csúcserték abból fakad, hogy ahhoz hogy az újrakristályosodás beinduljon egy bizonyos mértékű alakításra szükség van. Ezt kritikus alakításnak szoktuk nevezni. Az

újonnan kialakuló szemcsék mérete nagyban függ a bevitt alakváltozás mértékétől. Ezt mutatja be az 5. ábra.



5. ábra. Az újrakristályosodás során kialakuló szemcseméreték a bevitt alakítás függvényében

Az ábráról az is látható, hogy egy bizonyos alakváltozás fölött már homogén kisméretű szemcsék fognak képződni, ami előnyös a mechanikai tulajdonságok szempontjából. Az újrakristályosodás során kialakuló szemcsedurvulásra az alumínium különösen érzékeny. A 6. ábra egy újrakristályosodott alumíniumlemezt mutat be, mely a hossza mentén különböző mértékű alakítást szenvedett az újrakristályosodás lejátszódása előtt.



6. ábra. Különböző mértékben alakított lemez újrakristályosodása.

A meleg alakítási eljárások előnyei és hátrányai

- *Felületi minőség.* Ha az alakítás hőmérsékletén a munkadarab anyaga oxidálódik, akkor az rontja a felület minőségét. Példa: acél kovácsolásakor a darab felületén reve (vas-oxid) képződik
- *Alakító erők.* Mivel az alakítás során az anyag újrakristályosodik, szilárdsága nem, vagy csak kis mértékben nő a hidegalakításhoz képest, ezért az alakító erők fajlagosan kisebbek a hidegalakításhoz képest.
- *Kisebb pontosság.* Melegalakító technikákkal a hidegalakítókhöz képes pontatlanabbak. Ennek oka az, hogy az alakítás hőmérsékletéről lehűlve a darab változtatja a térfogatát, alakját, illetve a hűlés során deformáció is felléphet.

- *Alakíthatóság.* Mivel melegalakításkor az anyag újrakristályosodik, ezért az alakíthatósága elméletileg nem korlátolt.

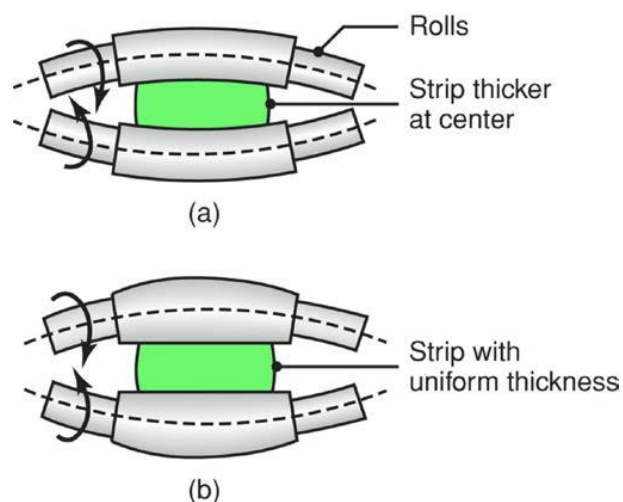
Melegalakító technológiák

Kovácsolás

A kovácsolásnak két nagy fajtája van. Az egyik a szabadalakító kovácsolás, mely esetén egyszerű szerszám típusokkal alakítunk ki viszonylag egyszerű formákat. Ide tartozik a kézi kovácsolás is. A szabadalakító kovácsolás tipikus lépései a nyújtás, zömítés, csavarás, hajlítás, nyakazás, lyukasztás, áttolás. A süllyesztékes kovácsolás ezzel szemben speciális szerszámmal rendelkezik. Általában két szerszámfél közösen alakítja ki a bonyolult alakot a munkadarabból. A gép típusából fakadóan készülhet a termék egy vagy több ütésből is. Az út és erő karakterisztikájú gépek esetén egy ütésből, míg az energia karakterisztikájú gépek (pl. ellenütős kalapács) esetén több ütésből készül el a kívánt forma.

Meleghengerlés

Meleghengerlés folyamata nagyban hasonlít a hideghengerléshez, tehát két egymással szemben forgó hengerrel végezzük az alakítást. A napjainkban alkalmazott folyamatos öntési technológia össze van kötve a meleghengerléssel, mely során az öntött vastag lemezeket alakítjuk tovább későbbi felhasználásra. A hengerlés során az alakító hengerek rugalmasan deformálódnak mely által egyenlőtlen vastagságú lemezeket gyártanánk. Ezt a hibát támasztó hengerekkel, vagy a hengerek bombírozásával szokták kiküszöbölni. A bombírozást mutatja be a következő ábra, melyen látszik, hogy a henger közepe felé növekszik a henger átmérője.



7. ábra. (a) hibás kialakítása a hengerlésnek, mivel így nem egyenletes lesz a lemezvastagság,
(b) bombírozott hengerekkel egyenletes vastagságú lemez kialakítása

Mérés: melegalakítás

Mérés ismertetése

A mérés célja, hogy megismerjük az anyag viselkedését különböző hőmérsékletű alakítás során, valamint hogy meghatározzuk a melegalakítás hőmérséklettartományának. Az alakítás zömítéssel történik több különböző hőmérsékleten. A darab keménységét és magasságát mérjük az alakítás előtt és után. A mérés eredményeként a keménységet, valamint a darab magasságát ábrázoljuk az alakítás hőmérsékletének függvényében, és meghatározzuk a melegalakítás tartományát.

A mérés eszközei: zömítőszerszámmal felszerelt excenter prés,
Rockwell keménységmérő, tolómérő, kemence

Mérés menete

A lágyított alumínium henger kezdeti méreteit és keménységét lemérjük. Ezt követően több 4 különböző hőmérsékleten (20°C , 200°C , 300°C és 400°C) zömítjük. A zömítés után mérjük a darab keménységét és magasságát. A keménységméréshez Rockwell berendezést használunk, az anyagnak keménységének megfelelő nyomótesttel és skálán (B, E, F, vagy szabványtól eltérő, tetszőleges beállításokkal).

Mérés kiértékelése

A mért keménység és magasság adatok diagramon ábrázoljuk a hőmérséklet függvényében. Meghatározzuk a melegalakítás tartományának a kezdetének (ahol az alakítás hatására már nem vagy csak kis mértékben keményedik a darab).

Felhasznált és ajánlott irodalom:

- Dr. Szabó László: Szabadalakító kovácsolás
- Dr. Szabó László: Süllyesztékes kovácsolás
- Kurt Lange: Handbook of Metal Forming