FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

Atomsíkok elcsúszásakor bekövetkező hőmérséklet változás felületen középpontos kristályrács esetén

Dr. Szabó Ottó, Gurzó József

Bevezetés

A forgácsoló megmunkálás azon alakadó megmunkálások közé tartozik, amelyeknél az alakadás (forgácsleválasztás) során rendkívül nagy hő fejlődik az alakítás közvetlen közelében.

Ismeretes, hogy a hőmérséklet keletkezésének egyértelműen az az oka, hogy az alakítás során kristálytani síkok elmozdulnak, elcsúsznak egymáson. A gázok kinetikai vizsgálata során láttuk, hogy annál nagyobb az atom "hőmérséklete" minél nagyobb a sebessége, vagyis a képlékeny alakítás során az egymáson elcsúszó kristálytani síkok közvetlen közelében meg kell nőnie az atomok rezgési sebességének [1, 2, 3].

Kristálytani síkok elcsúszásának vizsgálata

A [4] publikációban a kristálytani síkok elcsúszásához az 1. ábrán látható modellt használtuk fel.

1. ábra Kezdeti állapot

A 1. ábra egy csúszási síkra merőleges metszetet mutat, mely metszet tartalmazza az elcsúszás irányát. Az ábrán három atomsor látható, melyek közül az alsó atomsort állónak képzeljük el, a felső atomsort pedig az elmozdulónak, elcsúszónak. A 1. ábra segítségével a középső atomsor atomjaira jellemző mennyiségeket (potenciál, erő, sebesség, rezgési amplitúdó, stb.) vizsgáltuk. A 1. ábrán a vékony vonalak a középső atomok közvetlen szomszédait tüntetik fel. "S"-sel jelöltük az elemi csúszási távolságot. Az elemi csúszási távolság minden csúszási síkra jellemző mennyiség és azt a távol

ságot adja meg, amellyel el kel csúsznia az egyik atomsíknak (elcsúszó atomsor) a másikhoz képest (álló atomsor) ahhoz, hogy ugyanaz a potenciál tér alakuljon ki, mint az eredeti állapotban.

A [4] publikációban láttuk, hogy ha az "S" távolság felével elcsúszik a mozgó atomsor, akkor érdekes jelenségnek lehetünk szemtanúi, mely megmagyarázza az atomsíkok egymáson való elcsúszásakor bekövetkező hőmérsékletnövekedést. A 2. ábra a jelenség körüli potenciál tér alakulását, változását mutatja. Az 1. és 2. számú görbék esetén a vizsgált atom egyensúlyi helyzete 4,4 nm körüli, addig a 3. számú görbe (S/2-nél nagyobb elcsúszás) esetén az egyensúlyi helyzet 6 nm körüli, nem pedig 4,2 nm körüli, mint ahogyan azt várnánk.

2. ábra A vizsgált atom potenciális energiájának a változása az elcsúszás során

Ez annak köszönhető, hogy - az ábrából látható - a 4,2 nm körüli helyzet nagyon instabil (a potenciális energia kicsi), ezért az atom a stabilabb 6 nm körüli egyensúlyi helyzetbe fog kerülni, ahol bár nem hat túl nagy erő a kezdeti állapothoz képest (1. ábra), mégis igen nagy sebességre tehet szert, mivel "hosszú" távolságon keresztül gyorsul az újabb egyensúlyi helyzete (6 nm) eléréséig.

A 3.a ábra az "átugrás" előtti, míg a 3.b ábra az "átugrás" utáni atomok közötti kapcsolatot mutatja.

3.a ábra "Átugrás" előtti szomszédok

3.b ábra "Átugrás" utáni szomszédok

Természetesen minden egyes további "S" értékkel való elcsúszáskor egyre nagyobb sebességre tesz szert az álló és elcsúszó atomsor közötti atomok mindegyike és így a hőmérsékletük is egyre nagyobb lesz.

Megállapítottuk, hogy:

- A képlékeny alakítás során bekövetkező hőmérsékletváltozás oka, hogy az elcsúszó atomsor és álló atomsor közötti atomsor mozgási energiája minden egyes S távolsággal való elcsúszás során megnő.
- A vizsgált atom síkjában lévő atomok az elcsúszás során könnyebben változtatják meg a szomszédaikat, könnyebben tudnak vándorolni a kristályrácsban - különösen akkor, ha valamely szomszédjuk rácshiba miatt hiányzik - , mely megkönnyíti magát az alakváltozást.
- Minél nagyobb mértékben alakítjuk az anyagot, annál nagyobb hőmérséklet növekedést kell tapasztalnunk.

A felületen középpontos kristályrács csúszási rendszere

A [4] publikációban egy felületen középpontos kristályrács (réz) csúszási rendszerét megvizsgáltuk abból a szempontból, hogy hogyan változik a hőmérséklet és a csúszáshoz szükséges erő az

$(1\ 0\ 0)$ sík $[1\ 0\ 1]$ iránya, az $(1\ 1\ 0)$ sík $[\bar{1}\ 1\ 0]$ és az $(1\ 1\ 1)$ sík $[\bar{1}\ 0\ 1]$ és $[\bar{1}\ \bar{1}\ 2]$ irány mentén.

Megállapítottuk, hogy a felületen középpontos köbös kristályrács elsődleges csúszási rendszere az $(1\ 1\ 1)$ sík $[\bar{1}\ 0\ 1]$ iránya, majd az $(1\ 1\ 0)$ sík $[\bar{1}\ 1\ 0]$ iránya, majd az $(1\ 0\ 0)$ sík $[1\ 0\ 1]$ és végül az $(1\ 1\ 1)$ sík $[\bar{1}\ \bar{1}\ 2]$ csúszási irány. Ezek az eredmények tökéletesen egyeznek az eddigi ismeretekkel.

Közelítő számítási példa

Vizsgáljuk meg a 4. ábrán látható egyszerű forgácsolási modellt, pontosabban a forgácstövet.

4. ábra Egyszerű forgácsolási modell

Az $L_1 \times L$ területű, egyszerűség kedvéért síknak feltételezett csúszási síkban összesen:

$$Q = N \cdot M \cdot \frac{\Delta L_1}{S} \cdot \Delta U \quad (1)$$

hőenergia keletkezik, ahol N az L_1 , M az L egyenes mentén elhelyezkedő atomok számát jelöli - vagyis $N \times M$ megadja a csúszási síkban lévő atomok számát -, ΔL_1 az Δt idő alatt megtett távolságot, míg S a csúszási távolságot jelöli. ΔU az átbillenéskor nyert mozgási (hő-)energiát jelenti.

Jelöljük az egységnyi távolság ("S") megtétele után az átugrások számát D -vel, vagyis:

$$Q = D \cdot \Delta L_1 \cdot \Delta U \quad (2)$$

Írjuk fel a csúszáshoz szükséges teljesítményt:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{D \cdot \Delta L_1 \cdot \Delta U}{\Delta t} = D \cdot \Delta U \cdot \frac{\Delta L_1}{\Delta t} = D \cdot \Delta U \cdot v_{cs} \quad (3)$$

ahol, v_{cs} a csúszási sebességet jelenti a csúszósíkban.

A forgácsoló erő a következő képlettel számítható:

$$F = \frac{P}{v} = D \cdot \Delta U \cdot \frac{v_{cs}}{v} \quad (4)$$

Ha a fogásmélység (L) 1 mm, az előtolás (a) 0,1 mm a homlokszög (γ) 5° és a csúszási sík hajlásszöge (Φ) 30° , akkor a D értéke kb.: 10^{22} 1/m. A csúszási sebesség és a forgácsoló sebesség aránya ezekkel az adatokkal legyen közelítőleg 1,1, ekkor a forgácsoláshoz szükséges erő a következő lesz:

$$F_{\{1\ 1\ 1\}, \langle \bar{1}\ \bar{1}\ 2 \rangle} = 10^{22} \cdot 1,1 \cdot \Delta U_{\{1\ 1\ 1\}, \langle \bar{1}\ \bar{1}\ 2 \rangle} = 10^{22} \cdot 1,1 \cdot 5,15 \cdot 10^{-20} = 567\text{ N} \quad (5)$$

$$F_{\{1\ 0\ 0\}, \langle 1\ 0\ 1 \rangle} = 10^{22} \cdot 1,1 \cdot \Delta U_{\{1\ 0\ 0\}, \langle 1\ 0\ 1 \rangle} = 10^{22} \cdot 1,1 \cdot 2,23 \cdot 10^{-21} = 24,5\text{ N} \quad (6)$$

$$F_{\{1\ 1\ 0\}, \langle \bar{1}\ 1\ 0 \rangle} = 10^{22} \cdot 1,1 \cdot \Delta U_{\{1\ 1\ 0\}, \langle \bar{1}\ 1\ 0 \rangle} = 10^{22} \cdot 1,1 \cdot 1,91 \cdot 10^{-21} = 21\text{ N} \quad (7)$$

$$F_{\{1\ 1\ 1\}, \langle \bar{1}\ 0\ 1 \rangle} = 10^{22} \cdot 1,1 \cdot \Delta U_{\{1\ 1\ 1\}, \langle \bar{1}\ 0\ 1 \rangle} = 10^{22} \cdot 1,1 \cdot 8 \cdot 10^{-22} = 8,8\text{ N} \quad (8)$$

Annak a statisztikai valószínűsége, hogy a csúszás az $\{1\ 1\ 1\}$ síkcsalád $\langle \bar{1}\ \bar{1}\ 2 \rangle$ iránycsalád csúszási rendszerben következik be 13%, annak, hogy $\{1\ 0\ 0\}$ síkcsalád $\langle 1\ 0\ 1 \rangle$ iránycsalád csúszási rendszerben következik be 22%, annak, hogy csúszás az $\{1\ 1\ 0\}$ síkcsalád $\langle \bar{1}\ 1\ 0 \rangle$ iránycsalád csúszási rendszerben következik be 22% és végül annak, hogy az $\{1\ 1\ 1\}$ síkcsalád $\langle \bar{1}\ 0\ 1 \rangle$ iránycsalád csúszási rendszerben következik be 43%.

Ha súlyozzuk ezekkel a számokkal az (5, 6, 7, 8) képletek eredményeit, akkor azt kapjuk, hogy átlagosan közelítőleg **88 N** forgácsoló erőre lenne szükség. A valóságban egy ilyen keresztmetszet forgácsolása réz esetében kb. **100 N** körüli.

Megállapíthatjuk, hogy ez 10% körüli különbség első közelítésben jó eredményt ad. A kutatómunka az F19105. és 1960014. sz. OTKA támogatásával készült

Irodalom

- [1] SZABÓ, O. - GURZÓ, J.: Computer Modelling of Microcutting Process, CAMP'94, Budapest, September 13-15, 1994, pp. 130-137.
- [2] SZABÓ, O.: Színesfémek forgácsolási folyamatának vizsgálata mikron közeli tartományban. OTKA 2361/91. sz. munkában: GURZÓ, J.: "Egykristályok ultraprecíziós forgácsolásának számítógépes szimulációja" fejezet.
- [3] SZABÓ, O. - GURZÓ, J.: Variation of Temperature Due to the Glinding of Atomic Planes, IX. Nemzetközi Szerszámkonferencia, Miskolc-Egyetemváros, 1996. szeptember 3-5. pp. 307-312.
- [4] SZABÓ, O. - GURZÓ, J.: Jellemző kristálytani síkok elcsúszásakor bekövetkező hőmérséklet változás felületen középpontos kristályrács esetén, microCAD '97 Nemzetközi Számítástechnikai Tudományos Konferencia, Miskolc-Egyetemváros, 1997. február 26. pp. 7-12.

Dr. Szabó Ottó egy. docens, műszaki tudomány kandidátusa, Ph.D., Miskolci Egyetem, Gépgyártás-technológiai Tanszék, Miskolc-Egyetemváros, Magyarország, E-mail: ggytso@gold.uni-miskolc.hu
 Gurzó József okl. gépészmérnök, doktorandusz, VAMAV Vasúti Berendezések Kft., Gyöngyös, Magyarország, E-mail: gur1102@freemail.c3.hu