FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2003. március 21-22.

DINAMIKUS ÚJRAKRISTÁLYOSODÁS SZIMULÁCIÓJA

Barkóczy Péter, Roósz András, Geiger János

Abstract

During the hot plastic deformation the softening (recrystallization and recovery) and the deformation take place at the same time. As in rolling, the materials in the rolling pass get more and more deformation. This process increases the dislocation density in the materials. Higher dislocation density means higher stored energy in the metals, and when this stored energy exceeds a value (meaning the critical deformation) the recrystallization begins. The newly appeared nuclei growing while they are continuously deformed. When the stored energy of the growing nuclei exceeds the mentioned value, the growing stops, and the recrystallization begins in this volumes too. This means that the rolling pass a recoverable process take place. The measuring of this process is hardly possible. In spite of this, the processing with planned microstructure needs the aforementioned knowledge. The effects of the technological parameters can be revealed but this is an expensive procedure. The optimal value of the technological parameters can be calculated from few planned measurements when a microstructural simulation is used. In this presentation a mentioned simulation will be introduced.

Bevezetés

Meleg képlékeny alakításnál a szerszámüregben a képlékeny alakváltozás és a lágyulás (megújulás és újrakristályosodás) időben egymás mellett megy végbe. Az irodalom szerint [1] hengerlésnél ez úgy történik, hogy a hengerrésbe lépő anyag folyamatosan egyre nagyobb alakítást kap. Ennek hatására benne diszlokációk keletkeznek, azaz a tárolt energiája növekszik. Amikor a diszlokációsűrűség eléri azt az értéket, hogy az újrakristályosodás számot tevő mértékben végbe mehet (a kritikus alakításhoz tartozó diszlokációsűrűség) akkor a szerkezetben megjelennek az újrakristályosodás csírai. Ezek a csírok növekednek, miközben folyamatosan alakváltoznak a még nem újrakristályosodott térfogatrészekkel együtt. Ha a növekvő csírok is elegendő alakítást kaptak, akkor a növekedésük megáll, és bennük is elkezdődik az újrakristályosodás. A fentiek alapján a hengerrésben egy dinamikus újra és újra induló folyamatosan történő újrakristályosodás megy végbe. A mérése ennek a jelenségnek szinte lehetetlen. Ennek ellenére a tervezett mikroszerkezetű lemezek gyártásakor rendkívül fontos ennek a folyamatnak a pontos ismerete. Természetesen a technológiai paraméterek

hatásai feltárhatók mérésekkel, de ezek hosszadalmas és drága eljárások. Egy mikroszerkezeti szimulációval tervezett kevés mérésből megállapíthatjuk a kívánt technológiai paraméterek optimális értékeit. Jelen előadásba egy ilyen szimuláció kerül bemutatásra.

A dinamikus újrakristályosodás szimuláció

A bevezetőben olvasható, hogy egy egységbe kell foglalni egy újrakristályosodás, és egy képlékeny alakváltozás szimulátort. Mind az újrakristályosodás [2] mind a képlékeny alakváltozás szimuláció [3] cella automata algoritmussal működik. A cella automata módszer lehetővé teszi, hogy a két folyamat egymás mellettségét egyszerűen érzük el.

A számolás nem ér véget akkor, amikor a vizsgált térfogatelem elhagyja a hengerrést, hanem tovább folytatódik a számolás. Természetesen a hengerrés után már további alakváltozást nem szenved az anyag, csak egy statikus újrakristályosodás és a szemcsedurvulás szimuláció [4] változtatja a mikroszerkezetet. A szimuláció eredménye a mikroszerkezet maga.

Eredmények

A 2. ábra az átalakult hányad és a fajlagos felület időbeli változását mutatja. Szimulációs paraméterek az 1. táblázatban olvashatók. Az átalakult hányad görbe futásából látható, hogy a dinamikus

1. táblázat. A szimulációs paraméterek.

Csiráképződés aktiválási energiája:	50 kJ/cella
Csira növekedés aktiválási energiája:	30 kJ/cella
Dőlt határ maximális energiája:	2,5 kJ/cellaoldal
Csavart határ maximális energiája:	2,5 kJ/cellaoldal
Maximális tárolt energia:	10 kJ/cella
Tárolt energia konstansa:	1
Kritikus alakításhoz tartozó tárolt energia:	1 kJ/cella
Hőmérséklet:	1000°C

újrakristályosodás valóban egy újra és újra induló folyamat. Ahogy a lemez halad előre a hengerrésben egyre jobban közelíti az átalakult hányad a teljes átalakulást. Ez szemléletünkkel egyezik, hiszen a hengerrés elején kapja a nagyobb alakításokat a lemez, amíg a hengerrés végén a lokális alakítás nullához tart. A henger geometriájának ez a tulajdonsága

egy másik fontosabb következménnyel is jár. Mivel kezdetben nagyobb alakításokat szenved a lemez, gyakrabban képződik egy új populációja az újrakristályosodó szemcséknek. A sok csírának

2. ábra. Az átalakult hányad és a fajlagos felület változása a hengerrésben.

köszönhetően kicsi az átlagos szemcse terület, amit a növekvő fajlagos határfelület mutat. A hengerrésben tovább haladva a lemez egyre kisebb alakításokat kap, azaz lassabban gyűlik össze akkora tárolt energia, hogy új csíra képződjön. A kevesebb csíra kevesebb szemcsét hoz létre, amelyet a csökkenő fajlagos felület görbe mutat. Ennek a következménye az, hogy a

hengerrés után végbemenő statikus újrakristályosodás csak kevés számú csírából gazdálkodva mehet végbe. Ebből következik, hogy a hengerrésből kifutó lemez szemcseszerkezete durvább is lehet, mint azt várnánk.

A fenti gondolatmenetet alátámaszthatjuk a 3. ábrán látható szövetszerkezetekkel. A futtatás, ahogy látható, az irodalommal összhangban egy homogén szerkezetből indul, amelyben nincsenek szemcsék. A képeken szürke szín jelzi az alakváltozott szemcséket, amelyekben az újrakristályosodás végbe mehet. Fehér színnel jelölt szemcsék újrakristályosodottak, ez által bennük új csíra nem képződhet. A szemcseszerkezeteken jól látható, hogy a csírák növekedése egyszer csak abba marad. És új csírák keletkezésével folytatódik az újrakristályosodás.

Összefoglalás

A bemutatott szimuláció jellegében jól közelíti a dinamikus újrakristályosodás jelenségeit. A szimuláció ellenben nem teljes. Egyelőre nem kezeli a megújulást a szimuláció, ami jelentősen befolyásolja az eredményeket. Továbbá a csíráképződés modellje nem tartalmazza a csíráképző hely és a csíra közötti orientációs kapcsolatot. További közelítés, hogy a képlékeny alakváltozás szimulációban minden szemcse azonos módon alakváltozik, azaz a kristálytani orientációban lévő különbségek nem okoznak eltérést az egyes szemcsék alakváltozásában.

Irodalom

1. R. Ding - Z. X. Guo, Acta Mater. Vol. 49, pp. 3163-3175, 2001
2. A. Roósz, P. Barkóczy, J. Geiger: Cellular automaton simulation of recrystallization and grain coarsening, Eutomat 2001, 2001 June 10-14., Rimini, Italy
3. Roósz A., Barkóczy P., Geiger J.: A szemcseszerkezet változása képlékenyalakítás és azt követő újrakristályosodás és szemcsedurvulás után, XIII. Képlékenyalakító Konferencia, 2000. szeptember 21-22., Salgótarján
4. P. Barkóczy - A. Roósz - J. Geiger, Materials Science Forum, Vols 414-415, pp. 359-364, 2003

Barkóczy Péter¹, Dr Roósz András², Geiger János³ /doktorandusz¹, egyetemi tanár², Egyetemi Adjunktus³

Miskolci Egyetem, Fémtani Tanszék^{1,2}, Ábrázoló Geometriai Tanszék³/ H-3515. Miskolc, Egyetemváros

Tel.: (36-46) 565-111/15-38 Fax.: (36-46) 365-924 E-mail: fembarki@uni-miskolc.hu

100 CAs

200 CAs

400 CAs

600 CAs

800 CAs

1000 CAs

1200 CAs

3. ábra. A 2. ábra görbéihez tartozó szemcseszerkezetek.