Kolozsvár, 1997, március 21-23

A SZEKUNDER DENDRITÁGAK DURVULÁSA

Rontó Viktória, Roósz András

Összefoglalás

A dendritesen kristályosodó szilárd oldat típusú ötvözetek szerkezete a dermedés során változik. Ez a folyamat a durvulással magyarázható. A durvulás során nő a szekunder dendritágak közötti távolság, ugyanis a kisebb átmérőjű dendritágak feloldódnak, a nagyobb sugarú ágak pedig "meghízhatnak". Háromféle kristályosítási kísérlettel vizsgáltuk a durvulás folyamatát: kristályosítás folyamatos hűtéssel, megszakításos kristályosítással és izoterm hőntartással. A különböző kristályosítási kísérlettel kialakult szekunder dendritág távolság a helyi megszilárdulási időtől, a kristályosodási időtől, ill. a hőntartási időtől függ.

A szekunder dendritágak durvulásának fizikai modellje

Az iparban felhasznált szilárdoldat típusú ötvözetek a gyakorlati lehűlési sebességtartományban általában dendritesen kristályosodnak. A dendrites szövetszerkezet fő tömegét a primer ágakból elágazó szekunder ágak adják. Ennek következtében a szekunder dendritág távolság jelentősen befolyásolja az öntött állapotú ötvözet mechanikai tulajdonságait.

A szekunder dendritág távolság a kristályosodás során nő, a dendritágak durvulnak. A durvulás a következőképpen játszódik le; a vékonyabb ágak feloldódnak, a vastagabb ágak átmérője pedig megnövekszik.

A durvulási folyamat oka, hogy az egyensúlyi koncentráció függ a fázisok határfelületének görbületétől. Az egyensúlyi fázisdiagram vonalai sík határfelülethez, azaz ∞ nagy sugarhoz, ill. nulla görbülethez tartoznak (1. ábra). Tehát kisebb sugarú dendritágaknál a határfelület koncentrációja egy adott hőmérsékleten kisebb, mint a nagyobb sugarú dendritágaknál. A koncentráció különbség diffúziót indít meg az ágak között. Az ötvözőfém atomok a nagyobb sugarú (R) dendritágtól a kisebb sugarú (r) ág felé diffundál. A diffúzió hatására a R sugarú dendritág határán a koncentráció az egyensúlyi

1. ábra

Koncentrációeloszlás különböző sugarú dendritágak határfelületén.

koncentráció alá csökken, míg a r sugarú dendritág határán az egyensúlyi koncentráció fölé emelkedik. Az egyensúlyi koncentrációk oly módon állnak vissza az eredeti értékre, hogy a R sugarú dendritágra rákristályosodik egy vékony réteg, ill. a r sugarú dendritágnak egy része feloldódik. A folyamat addig zajlik, amíg a rendszerben különböző sugarú dendritágak vannak.

A durvulási folyamat leírása

A dendrites szerkezet durvulásának vizsgálatát két nagy csoportra oszthatjuk:

I. Durvulás folyamatos hűtés esetén és

II. Izoterm durvulás.

A durvulás kinetikája a folyamatos kristályosítás esetére Kattamis, Flemings, Feurer és Wunderlin szerint a következőképpen írható fel:

$$\lambda_2 = 5.5 \left(M t_f \right)^{1/3}, \quad (1)$$

ahol λ_2 a szekunder dendritág távolság, M durvulási paraméter, t_f pedig a helyi megszilárdulási idő. A durvulási paramétert lehülési görbékből kaphatjuk meg oly módon, hogy a görbét kis izoterm szakaszokra bontjuk. Mivel egy-egy izoterm szakaszon ismerjük a $T(t)$ függvényt, így $M(T(t))$ meghatározható. A durvulás folyamatának vizsgálatához az egyik legcélszerűbb mód a DTA típusú vizsgálat, amikor a próbadarabot a kemencében szabályozott sebességgel hűtjük, és felvesszük az ötvözet lehülési görbét.

A DTA típusú vizsgálatot háromféle kristályosítási kísérlethez alkalmazhatjuk: a) kristályosítás folyamatos hűtéssel, b) megszakításos kristályosítással, c) durvulás izoterm hőntartással.

Folyamatos kristályosításkor a próbadarabokat különböző hűtési sebességgel hűtjük. A dermedés végére kialakuló szerkezet a helyi megszilárdulási időtől függ.

A megszakításos kísérletben szintén szabályozott sebességgel hűtjük a próbákat, majd néhány, a szilárd/olvadék tartományban kiválasztott hőmérsékleten megszakítjuk a kristályosodást úgy, hogy a próbákat vízben hűtjük le. Így a dendrites szerkezet a kristályosodási idő függvényében változik.

Hőntartáskor a próbadarabokat különböző ideig tartjuk a megszakításos kísérletben már megadott hőmérsékleteken. A hőntartási idő leteltével a próbákat szintén vízben hűtjük le. Egy-egy hőmérsékleten nem változik a szilárd fázis mennyisége, azt állandónak vehetjük. Így a dendrites szerkezet morfológiáját a hőntartási idő hossza szabja meg. Az izoterm durvulás kinetikájára felírhatjuk, hogy

$$\lambda'' - \lambda_0'' = k \cdot (t - t_0) \quad (2)$$

A $\lambda_{2,0}$, t_0 , n_0 értékeket a megszakításos kísérletből kapjuk; λ_2 a hőntartás végére kialakult szekunder dendritág távolság, t a kristályosodási idő és a hőntartási idő összege, k értékét pedig numerikus módszerrel határozzuk meg.

A kristályosítási kísérletek

A dendrites szerkezet változását Al-Cu-Si ötvözetrendszeren vizsgálta, a próba Cu tartalma 3.85%, a Si tartalma 0.95%. A hengeres alakú próbadarabokat egy Ni etalon próbával együtt egy kvarccsőben helyeztünk el, egymástól elszigetelve őket. A hőmérsékletüket NiCr-Ni termoelem mérte. A Ni etalon lehülési görbéje a kemence viselkedését mutatta.

- a) Folyamatos kristályosítás: az Al-Cu-Si próbadarabokat tehát megolvasztottam, majd a kemencét szabályozott hűtési sebességgel hűtöttük. Három hűtési sebességet alkalmaztunk: $7.5 \cdot 10^{-2}$ K/s, $15 \cdot 10^{-2}$ K/s és $28.7 \cdot 10^{-2}$ K/s.
- b) Megszakításos kristályosítás: a próbadarabokat a fent említett három hűlési sebességgel hűtöttük, majd a szilárd/olvadék tartományban meghatározott hőmérsékleteket elérve, vízben hűtöttük le.
- c) A hőntartásos kísérlet: a próbákat a megszakításos kísérletben már meghatározott hőmérsékleteken különböző ideig hőntartottuk, majd szintén vízben hűtöttem le. Az alkalmazott lehülési sebesség ebben az esetben $15 \cdot 10^{-2}$ K/s volt.

A termoelem segítségével felvett lehülési diagramokból leolvastuk, hogy az egyes kristályosodás mennyi ideig tartott, s a későbbiekben ezt használtuk fel a kiértékeléshez.

A próbadarabokból csiszolatok készültek, melyeknek a szerkezetét NEOPHOT típusú fénymikroszkópon vizsgáltuk.

Az eredmények kiértékelése

- a) Folyamatos kristályosítás:

2. ábra:

A folyamatos hűtessel kristályosított darabok szekunder dendritág távolságának változása a helyi megszilárdulási idő függvényében

b) Megszakításos kristályosítás:

3. ábra

A szekunder dendritág távolság változása a kristályosodási idő függvényében.
A hűlési sebesség: $15 \cdot 10^{-2}$ K/s

c) Izoterm hőntartás:

4. ábra

A szekunder dendritág távolság változása a hőntartási idő függvényében.
A lehűlési sebesség: $15 \cdot 10^{-2}$ K/s; a hőntartás hőmérséklete: 645°C .

Rontó Viktória, doktorandusz

Roósz András, Dsc egyetemi tanár

Miskolci Egyetem, Anyagtudományi Intézet, Fémtani Tanszék; H-3515. Miskolc,
Egyetemváros

Tel.: 36 46 365-924