FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XIX.

Kolozsvár, 2014. március 20–21.

ÚJRAKRISTÁLYOSODÁS VIZSGÁLATA MELEGKEMÉNYSÉG-MÉRÉSEL ÉS DSC TECHNIKÁVAL

INVESTIGATION OF RECRYSTALLIZATION WITH HOT- HARDNESS MEASUREMENT AND DSC TECHNIQUE

POVORAI Gábor⁽¹⁾, MUCSI András⁽²⁾

Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyag és Gyártástechnológiai Intézet, Anyag- és Alakítástechnológiai Szakcsoport, 1081 Budapest Népszínház út 8. Telefon/Fax: +0036-666-5386, (1)blackye_25@hotmail.com, (2)mucsi.andras@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

In this paper the recrystallization of pure copper has been investigated using hot-hardness and calorimetric methods. The relationship between the change of hot-hardness and heat flow during recrystallization of a continuously heated (heating rate: 10 °C/min) specimen has been presented.

Keywords: hot-hardness, DSC, recrystallization

Összefoglalás

A dolgozatban elektrolitrez próbatestek újrakristályosodását vizsgáljuk melegkeménység és DSC technikával végzett mérések eredményeinek összehasonlításával. Összefüggést keresünk a melegkeménység és a hőeffektus hőmérsékeltbeli viselkedése között lineáris 10°C/perc felfűtési sebesség mellett végzett hevítés esetén.

Kulcsszavak: melegkeménység, DSC, újrakristályosodás

1. Bevezetés

Az újrakristályosodás és annak kinetikája igen fontos szerepet játszik a mérnöki anyagok gyártástechnológiájában. Az itt közölt mérési eredmények célja a melegkeménység-mérés és a DSC technika újrakristályosodás vizsgálatára való alkalmazhatóságának bemutatása.

2. Kísérleti eszközök és anyag, a mérések menete

Vizsgálatainkhoz 80%-os mértékben hidegen hengerelt elektrolitrezet használtunk. A melegkeménység-méréshez egy átalakított Vickers típusú keménységmérő berendezést használtunk. A vizsgált mintát egy elektronikusan szabályozott fűtőelem használatával fűtöttük, állandó, 10°C/perc hevítési sebesség mellett. A berendezés az 1. ábrán látható. A próbatest keménységét lineáris felhevítés mellett bizonyos hőmérsékletek elérésekor mértük. A mérések során a terhelés mértékét 2.2 kg-ban állapítottuk meg, időtartama 5 másodperc volt. Ezzel az eljárással az újrakristályosodás a keménység (két lineáris szakasz közötti) intenzív csökkenéseként jelentkezik. A hőeffektus méréséhez egy teljesítmény-kompenzációs

elven működő, Perkin-Elmer DSC-8000 típusú berendezést használtunk, a melegkeménység-mérés során használt hevítési sebességgel (10 °C/perc). A DSC eljárás lényege, hogy az újrakristályosodás során keletkező hőeffektust regisztráljuk, melynek időbeli lefutásából következtethetünk az újrakristályosodás mértékére. Az újrakristályosodás a DSC görbéken egy exoterm csúcsként jelenik meg. A berendezés teljesen automata, a kapott eredményeket szoftveresen értékeltük ki.

1. ábra. A melegkeménység mérésére használt berendezés

3. Mérési eredmények és kiértékelésük

3.1 A Vickers-keménység és az átalakult hányad a hőmérséklet függvényében

A próbatest Vickers-keménysége a hőmérséklet függvényében monoton csökken. A kapott adatpontok 3 tartományra bonthatók: újrakristályosodás előtti lineáris szakasz, újrakristályosodás során fellépő nemlineáris, valamint újrakristályosodás utáni lineáris szakasz. Az újrakristályosodás során fellépő keménységcsökkenés relatív értékét a 2. ábrán látható módon határoztuk meg. A 2. ábra alapján, a $T[t]$ hőmérsékleten mérhető relatív keménységcsökkenés a következőképp számítható:

$$X = \frac{Y}{(Y + Z)} \quad (1)$$

ahol X a relatív keménységcsökkenés, Y és Z az adatpont távolságai az egyenesektől.

A 10 °C/perc hevítési sebesség mellett mért melegkeménység értékek, valamint a relatív keménységcsökkenés megállapításához használt egyenesek a 2. ábrán láthatók.

2. ábra. A relatív keménységcsökkenés kiértékelésének módszere, és a mérési eredmények

A relatív keménységcsökkenés a hőmérséklet függvényében a 3. ábrán látható.

3. ábra. A relatív keménységcsökkenés a hőmérséklet függvényében

A görbén jól megfigyelhető, hogy az átalakulás a 147-200°C közötti hőmérséklettartományban megy végbe. Ez összhangban van a DSC technikával mért eredményekkel, melynek értékelésére a következőkben térünk ki.

3.2 A DSC-görbe és az átalakult hányad a hőmérséklet függvényében.

A DSC mérésekkel az újrakristályosodás során felszabaduló hő mennyiségét mérjük. A hőeffektus ugyancsak a 140-200 °C-os tartományban jelentkezik, akárcsak a keménység intenzív csökkenése. A mintegy tizenkétezer mérési pontból álló adathalmazt a következőképpen dolgoztuk fel. Az alapvonal és a csúcs közti terület az átalakulás mértékéről ad információt. Amennyiben elfogadjuk, hogy ez a terület jelenti a teljes átalakulást, kiszámítása után az átalakulás hőmérséklettartományán a $T[t]$ hőmérséklethez tartozó átalakult hányad a $T[t]$ hőmérsékletig összegzett terület és a teljes terület hányadosaként adódik. A módszer ábrázolása a 4. ábrán látható.

4. ábra. Az újrakristályosodás hőeffektusa és az átalakulás mértékének származtatása

Látható, hogy a Vickers-keménységből származtatott relatív keménységcsökkenés görbékhöz hasonló eredményt kaptunk.

3.3 A Vickers-keménység és a DSC görbékből kapott átalakult hányad-görbék összevetése.

A Vickers-keménység adathalmazára illesztett függvénybe behelyettesítve a DSC mérés T ($^{\circ}\text{C}$) hőmérséklet értékeit, a DSC méréssel összevethető adathalmazt kaptunk. A 7. ábra a DSC technikával mért átalakult hányadokat mutatja a relatív keménységcsökkenés függvényében.

7. ábra. A hőeffektus mértéke a relatív melegkeménység-csökkenés függvényében

4. Következtetések, összefoglaló.

A réz próbatestenen végzett mérések eredményeit kiértékelve arra a megállapításra jutottunk, hogy szoros összefüggés van az újrakristályosodáskor mért Vickers-melegkeménység és a DSC technikával mért hőeffektus időbeli és hőmérsékletbeli lefolyása között. A cikkben bemutatunk egy olyan melegkeménység-mérésen alapuló eljárást és adatfeldolgozó módszert, mellyel az újrakristályosodás kvantitatív módon jellemezhető.

Irodalom

- [1] Mucsi András: *DSC mérési eredmények feldolgozása*, XVI. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, 2011. március 24–25.
- [2] G. Benchabane, Z. Boumerzoug, I. Thibon, T. Gloriant: *Recrystallization of pure copper investigated by calorimetry and microhardness*, Materials Characterization; 59(10):1425-1428. DOI:10.1016/j.matchar.2008.01.002