

ÚJRAKRISTÁLYOSODÁS VIZSGÁLATA FOLYAMATOS MELEGKEMÉNYSÉG-MÉRÉSEL

INVESTIGATION OF RECRYSTALLIZATION USING CONTINUOUS HOT-HARDNESS MEASUREMENT

Mucsi András¹, Povorai Gábor²

¹Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar; 1081 Budapest, Népszínház utca 8; telefonszám: +36-1-666-5300 email cím: mucsi.andras@bgk.uni-obuda.hu

²Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar; 1081 Budapest, Népszínház utca 8; telefonszám: +36-1-666-5300 email cím: blackye_25@hotmail.com

Abstract

Transformation processes of materials are widely used in modern industry. The mechanical properties of a given material is dependent on its structure, therefore it is important to know the nature of any process that changes the structure of the material. One instrument that can be used to investigate these processes, such as recrystallization is the hot-hardness measurement. In the literature the hot-hardness measurements are based on conventional hardness testing devices, which come with drawbacks (for example discrete measurement points, surface oxidation). In this paper a novel, yet very simple device is presented, along with a data processing method, with which the hot-hardness measurement of a given specimen can be implemented with relative ease. The results of this method are compared results of measurements with the DSC method, one, that is widely used in calorimetry.

Keywords: transformation, recrystallization, hardness, DSC, hot-hardness.

Összefoglalás

A modern mérnöki anyagok gyártástechnológiájában széles körben alkalmazzák az átalakulási folyamatok által nyújtott lehetőségeket. Az anyagok szerkezete, struktúrája szabja meg azok mechanikai paramétereit, ezért azok átalakulásainak ismerete elengedhetetlen. Ilyen átalakulási folyamat például az újrakristályosodás, melynek kvantitatív vizsgálatára használható egyik eljárás a melegkeménység-mérés, ám az irodalmi forrásokban fellelhető, hagyományos keménységmérésen alapuló módszereknek több szempontból hátrányosak (pl. diszkrét mérési pontok, felületi oxidáció). A cikk egy olyan újszerű, egyszerűen kivitelezhető és kvantitatív mérési eredményekkel szolgáló melegkeménység-mérő berendezést és mérési eljárást mutat be, mellyel a próbatestek melegkeménysége folytonos időben vizsgálható, továbbá az új módszerrel kapott eredmények összehasonlításra kerülnek egy széles körben bevált módszer, a DSC technika eredményeivel.

Kulcsszavak: átalakulás, újrakristályosodás, keménység, DSC, melegkeménység.

1. Hagományos melegkeménység-mérő eljárások.

A melegkeménység mérése magas hőmérsékleten igénybe vett ötvözetek fejlesztésénél,

vizsgálatánál hasznos, gyakran használják például az atomerőművekben használt különféle ötvözetek vizsgálatára [1]. A keménység sok egyéb anyagi jellemzővel korrelálható. A keménységet (H)

általánosságban nyomás jellegű mennyiségként értelmezzük, azaz a keménység egyelő erő osztva felülettel, az 1. egyenlet szerint.

$$H = \frac{F}{A} \quad (1)$$

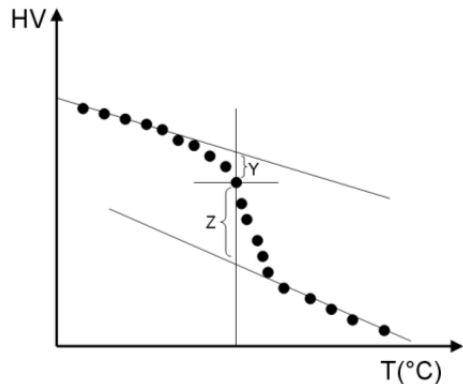
A hagyományos keménységmérő eljárások során egy szűrőszerszámot nyomnak a próbatest felületébe, ami lenyomatot hagy a próbatestben, ennek a lenyomatnak a felszíne a keménység számításához használt felület (A). A leelterjedtebb módszerek csupán a szűrőszerszám geometriájában, illetve anyagában különböznek. A Brinell eljárás során egy edzett acél gömböt nyomnak a próbatest felületébe, majd ennek lenyomatát mikroszkóp alatt vizsgálva az átmérők átlagából meghatározzák annak felületét. A Vickers eljárás hasonlatos a Brinell-eljáráshoz, de a szűrőszerszám egy gyémántgúla. A Rockwell C eljárás során gyémánt kúp szűrőeszközt használnak, de ennél az átlók meghatározása helyett közvetlenül a benyomódás mélységéből határozható meg annak felülete. A melegkeménység mérése az irodalomban fellelhető példák alapján eddig azon a módszeren alapult, hogy hőtartás közben végeznek keménységmérést valamely hagyományos módszert alkalmazva. Ezzel a módszerrel csak diszkrét pontokhoz juthatunk, a vizsgálati hőmérsékletre való felhevítés során történő változás ismeretlen, továbbá a vizsgált próbatest felületi oxidációja nehezíti a lenyomat geometriájának pontos meghatározását. Egy bizonyos hőmérséklet felett a kűszás befolyását is meg kell fontolni[4].

1.1 Újrakristályosodás vizsgálata hagyományos melegkeménység-méréssel

Az újrakristályosodás a keménység csökkenésével jár, a melegkeménység folyamatos hevítés alatti mérésével kimutatható. Kísérleteket végeztünk 80%-

ban hidegen hengerelt elektrolitréz próbatesteken, négy különböző hevítési sebességgel, hagyományos melegkeménység-mérő eljárásokkal, továbbá DSC (differenciális pásztázó kalorimetria) technikával [2]. Ezek alapján az újrakristályosodás a 130-200°C közötti hőmérséklet-tartományba esett. A hőmérséklet-melegkeménység görbe három részre bontható, két lineáris jellegű szakasz közrefog egy nemlineáris szakaszt, ez az újrakristályosodás tartománya. Az újrakristályosodás mértékének közelítésére egyszerűen meghatározható egy mérőszám: a két lineáris jellegű szakaszra egyenest illesztve a 3. ábrán látható módon meghatározzuk az Y és Z értékeket, ezekből a 2. egyenlet alapján számítható a relatív keménységcsökkenés (X) bármely hőmérsékleten.

$$X = \frac{Y}{Y+Z} \quad (2)$$



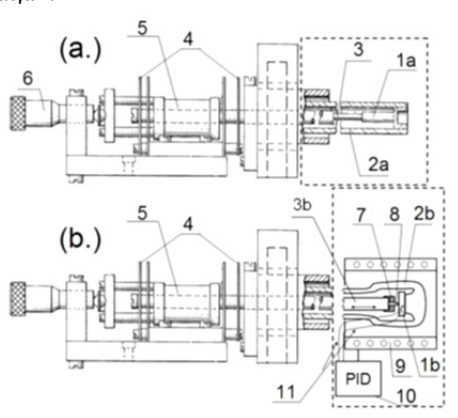
1. ábra. Az relatív keménységcsökkenés mértékének meghatározási módja.

2. Új típusú folyamatos melegkeménység-mérő berendezés

Az új típusú melegkeménység-mérő berendezés egy dilatométeren (2.ábra) alapszik, működése a következő: a próbatest tágulását egy merev kvarcüveg rúd(3) továbbítja egy induktív elmozdulásmérőbe (5)

mellyel a hőmérséklet függvényében regisztráljuk a próbatest tágulását. A próbatest hőmérsékletét termoelemmel mérjük. A próbatest fűtésére egy villamos kemencét (9) használtunk, melyet egy programozható PID szabályzóval láttunk el.

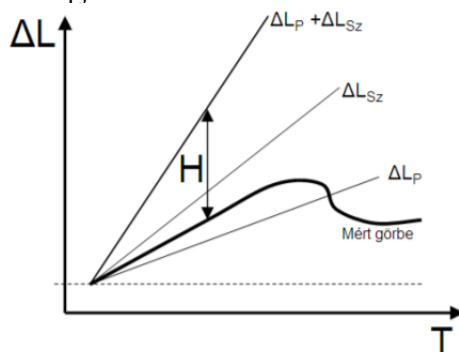
A dilatométeren a következő változtatást hajtottuk végre: a kvarcüveg rúd végére egy szabványos Rockwell C szűrőszerszámot (7) rögzítettünk, melyet a próbatest (1b) felületének terheltünk az előterhelő rugók segítségével (4), melyek a keménység számításához szükséges F terhelő erőt szolgáltatják.



2. ábra. A dilatométer (a.) és a folyamatos melegkeménység-mérő berendezés (b.) sematikus ábrája[3].

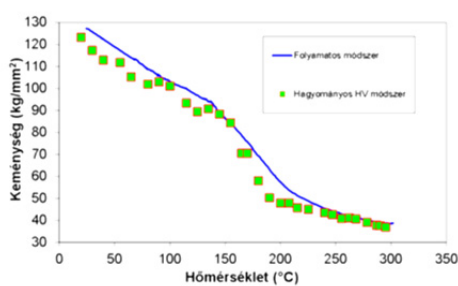
A próbatest hevítése során az elmozdulásmérő által adott jel értékét növeli a szűrőszerszám ill. a próbatest hőtágulása, csökkenti a szűrőszerszám próbatestbe történő behatolása. A pillanatnyi keménység kiszámításához szükség van a szűrőszerszám behatolási mélységére, ez a berendezéssel felvett görbékből meghatározható: A berendezés több folyamat együttes lejátszódása által okozott elmozdulást rögzíti (a próbatest ill. a szűrőszerszám hőtágulása, szerszám próbatestbe való benyomódása). A szerszám és a próbatest hőtágulásának összege ($\Delta L_p + \Delta L_{sz}$), valamint a mért görbe közötti különbség a szer-

szám próbatestbe való behatolásának mértéke (H), ebből a lenyomat felülete a szerzsám ismert geometriájából megkapható. A terhelő erő (F) és a lenyomat felületéből (A) számítható a melegkeménység az 1. egyenlet alapján.



3. ábra. A behatolás mélységének értelmezése a felvett görbéből.

Az új típusú melegkeménység-mérő berendezéssel felvett, és a hagyományos melegkeménység-mérések [2] eredményei egymással összehasonlítva a 4. ábrán láthatók.

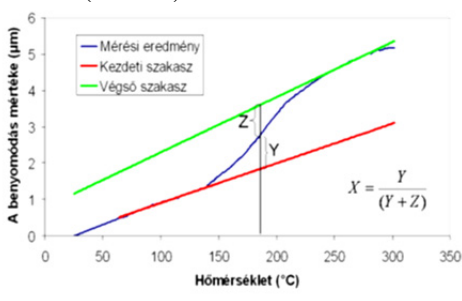


4. ábra. A folyamatos és a hagyományos melegkeménység-mérések eredményei.

A folyamatos görbe jól illeszkedik a hagyományos melegkeménység-mérés pontsorozatára, ezért a 2. egyenlettel ugyan úgy megállapítható belőle a relatív keménység-csökkenés.

Az átalakulás mértéke egyszerűbb módon is közelíthető. A behatolás (H) értékeket a hőmérséklet függvényében ábrázolva a kapott görbe jellegzetesen három részből

áll: egy nemlineáris részt (ez az átalakulás szakasza) közrefog két lineáris jellegű szakasz (5. ábra).



5. ábra. A relatív behatolásmérték-növekedés meghatározása.

A két lineáris jellegű szakaszra egyenest illesztve a 2. egyenlettel (ekkor természetesen Y és Z értéke más jelöl, mint a relatív keménységcsökkenés esetében) meghatározható a relatív behatolásmérték-növekedés (X), ami az átalakulási folyamat végbemenetelének közelítésére használható. Az új típusú berendezéssel végzett vizsgálatok eredményei jól illeszkednek a hagyományos mérések eredményeihez.

3. Következtetések

Az új típusú folyamatos melegkeménység-mérő és a hagyományos melegkeménység-mérő módszer eredményeinek összehasonlítása alapján elmondható, hogy az új módszer alkalmas a próbatetek melegkeménységének folytonos időbeli regisztrálására, elektrolitréz próbatetek

újrakristályosodásának vizsgálata esetén kimutatható vele a próbatest újrakristályosodása is, az átalakulás kvantitatív módon vizsgálható. Az új berendezéssel kiküszöbölhető a hagyományos eljárások hátrányai: a diszkrét mérési pontok illetve a felületi oxidáció leolvasásra gyakorolt negatív hatása. A vizsgálatok végrehajtása jelentősen egyszerűbb az új berendezéssel a hagyományos eljárásokhoz mérten, továbbá az eredmények kiértékelése nem munkai igényesebb, mint a hagyományos eljárásoknál. A berendezéssel a jövőben további kísérleteket tervezünk, melyek alumínium kiválasztott keményedésének, illetve edzett acél megeresztődésének vizsgálatát célozzák.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Surappa: *Hot hardness and indentation creep study on Al-5% Mg alloy matrix-B4C particle reinforced composites* Materials Science and Engineering A 427 (2006) 76.
- [2] Povorai Gábor, Mucsi András: *Hidegen hengerelt elektrolitréz újrakristályosodásának vizsgálata melegkeménység-méréssel és DSC technikával*. XIX. FMTÜ, Kolozsvár, 2014.03.20-22
- [3] Mucsi András-Óbudai Egyetem: *Berendezés és eljárás anyagok melegkeménységének vizsgálatára*, 114209-16805 FT/Ko - Magyar szabadalmi bejelentés, 2014.04.14.
- [4] Kirity Bhusan Khan, T.R.G. Kutty, M.K. Surappa: *Hot hardness and indentation creep study on Al-5% Mg alloy matrix-B4C particle reinforced composites*. Materials Science and Engineering A 427 (2006) 76-82.