FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1999. március 19-20.

FELÜLETI AUSZTENIT NÖVEKEDÉS FOLYAMATÁNAK KISÉRLETI VIZSGÁLATA

Dr. Tóth László

EXPERIMENTAL STUDY OF SURFACE AUSTENITE GRAIN GROWTH PROCESS (Abstract)

In this paper, an experimental technique destined for studying the surface transformation phenomena occurring in steels during heating and cooling is presented. The method is based on the use of a computerised system including a vacuum microscope and a digital image analyser. Experiments performed on a HSLA steel verified, that the developed system can be efficiently applied to study not only the surface transformation processes but to select the optimum heat treatment parameters as well.

Bevezetés

A legtöbb megalakítási, hőkezelési és hegesztési technológiánál az acél hevítés során ausztenites állapotba kerül, majd lehűléskor az ausztenit különböző átalakulási termékekké bomlik.

Az acél mechanikai, fizikai, kémiai tulajdonságait kémiai összetétele és szövetszerkezete határozza meg. Egy adott acél kémiai összetétele konstans, ezért tulajdonságait egyértelműen a szövetszerkezet szabja meg. A különböző technológiák során kialakuló szövetszerkezet az alábbiaktól függ:

- kiinduló szövetszerkezettől;
- a hevítés és hőntartás során keletkező ausztenit homogenitásától és szemcsenagyságától;
- az ausztenit lehűlése során végbemenő átalakulásától.

Ha az allotróp átalakulással rendelkező acélok tulajdonságait a megalakítási, hőkezelési és hegesztési technológiák során tudatosan kívánjuk megváltoztatni, illetve céljaink szerint optimalizálni, ismernünk kell a hevítéskor és hőntartáskor lejátszódó ausztenitesedést és a lehűléskor, illetve lehűlés közbeni hőntartáskor végbemenő ausztenit átalakulás folyamatát.

Az ausztenit szemcsemérete függ:

- az acél szemcsedurvulási hajlamától;
- a felhevítés és hőntartás hőmérsékletétől és idejétől;
- az ausztenit növekedését gátló ún. második fázis (nitridek, karbidok) feloldódási kinetikájától.

Az acél szemcsedurvulási hajlama alatt azt értjük, hogy adott túlhevítés esetén milyen mértékű a szemcsedurvulás. Ez lényegében attól függ, hogy az acél szerkezetében milyen mértékben vannak jelen "a diffúziót gátló" akadályok.

Az ausztenit szemcsemérete az ausztenitesítési hőmérséklet növelésével növekszik. A durvaszemcsés ausztenitből durva átalakulási termékek képződhetnek. Ezért az ausztenit szemcsedurvulása az acél mechanikai tulajdonságait, főleg szívósságát, ütőmunkáját, átmeneti hőmérsékletét és kifáradási határát erősen rontja. Ennek elkerülése végett általában finomszemcsés ausztenit elérésére törekszünk.

A szilárdság növelésére általában a C, Mn ill. más elemekkel (általában karbidképzőkkel) való ötvöztetést alkalmaznak. Ez a megoldás a hegesztett acélok esetében a hegeszthetőség korlátozása miatt csak korlátozott mértékben alkalmazható. Ezért ezeknél az acéloknál a szilárdság (főleg a folyáshatár) növelését az acél szemcsenagyságának csökkentésével lehet elérni. Ezeket a "finomszemcsésített" acélokat nitrid- illetve karbidképző elemek mikroötvöztetésével lehet elérni. A külföldi szakirodalom HSLA (high -strength low-alloy = nagy szilárdságú gyengén ötvözött) acéloknak nevezi. [1] . A hegesztett szerkezetek acéljait a tulajdonságok szórásának csökkentése érdekében leginkább normalizáló hőkezelésnek vetik alá. [2] .

A mikroötvöztetés azért növeli hatékonyan a szilárdságot, mert a létrejött nitridek a normalizálás ausztenítési hőmérsékletén gátolják az ausztenit szemcsedurvulást. A nitridzárványok útját állják a kristályhatár mozgásoknak. Hasonló hatásmechanizmust fejtenek ki az igen erős karbidképzők által létrehozott, nehezen oldódó diszperz karbidok is. Viszont a finomszemcsésítés hatása csak addig a hőmérsékletig érvényesül ameddig a blokkoló karbid, vagy nitrid nem megy. Ezt a kritikus hőmérsékletet meghaladva a finomszemcsés acél akár még jobban is eldurvulhat mind a hagyományos. [3] .

A finomszemcsésített acélok kedvező tulajdonságainak kihasználása tehát csak megfelelő technológiai fegyelem betartásával lehetséges. A hegesztett szerkezetek acéljai esetében például a kedvező átmeneti hőmérséklet csak optimális hőmérsékletű normalizálással érhető el.

Dolgozatomban egy HSLA típusu acélon egy speciális berendezés valamint képelemzési módszer felhasználásával a felületi ausztenit növekedés folyamatát vizsgáltam az optimális normalizálási hőmérséklet meghatározása céljából.

A berendezés ismertetése [4]

Az ausztenites átalakulás és az ausztenitszemcse növekedésének vizsgálatára szánt berendezés az alábbi képen látható.

A vizsgálandó próbatest egy dupla falú vízhűtéses "kemencébe" van behelyezve, mely két rozsdamentes acélból készült. A próbatest hevítése hőszugárzás útján történik wolfram fűtőszál segítségével. A kemence belsejében 10^{-7} Torr vákum található. A próbatest hűtését argon védőgáz befúvatásával oldottuk meg.

A kemence egy optikai mikroszkóphoz van csatlakoztatva melyen keresztül folyamatosan láthatók a vizsgálandó próbatest felületén történő szövetszerkezeti változások a termikus maratás segítségével. Ezeket a változásokat egy videokamerán keresztül videorekorderrel rögzítettük archiválás valamint további vizsgálatok és kiértékelés céljából.

A kívánt hevítési , hőntartási és hűtési ciklusok elérése érdekében számítógépes vezérlést alkalmaztunk. A vezérléshez gyakorlati úton meghatározott ún. jósló (PID) algoritmust készítettünk, mely segítségével nagy pontossággal tartható be a tervezett hőkezelési ciklus-diagram.

Vizsgálati módszer

A felületi ausztenit növekedés vizsgálatára a különböző hevítési ciklusok során kapott ausztenites szövethépeket egy IMAN és MATROX INSPECTOR szoftverrel valamint videokártyával rendelkező számítógépes rendszerbe vittem be. Ezután kidolgoztam egy több lépéses képelemzési módszert, mely segítségével a következő jellemzőket lehet meghatározni valamint elemezni:

- a szemcsék területe;
- a szemcsék kerülete;
- a szemcse átlagos Feret-átmérője.

A kapott mérési eredményekből kiszámítható például egy acél felületén levő ausztenit szemcsék átlagos Feret-átmérője, illetve különféle diagramok szerkeszthetők a kerület, terület valamint átmérő függvényében.

Gyakorlati alkalmazás, mérési eredmények

Egy hegeszthető HSLA típusú acél felhasználásával kísérleteket végeztem az optimális normalizálási hőmérséklet meghatározása céljából.

A vizsgált acél vegyi összetételét az alábbi táblázat tartalmazza:

Vegyi összetétel (%)										
C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	Al	Nb
0.12	1.18	0.41	0.012	0.012	0.14	0.26	0.32	0.22	0.10	0.10

A méréseket hat darab próbatesten végeztem, melyeknek kiinduló szövetszerkezete azonos volt. Mind a hat mérés esetében a hevítési sebesség 30°C/sec volt, valamint a hőntartási időt is változatlanul tartottam éspedig 30 percre. Kizárólag a normalizálási hőmérséklet értékét változtattam a vizsgálat során.

A mérések során regisztrált hat ausztenites szövethépet képelemző módszerrel vizsgálva, az alábbi táblázatban összesített adatokat kaptam eredményül:

Normalizálási hőmérséklet (°C)	Átlagos Feret- átmérő (µm)
940	35.21
960	35.40
980	35.84
1000	36.19
1030	60.71
1040	61.07

A szemcseátmérőnek a hőmérséklet függvényében való változásának számszerű jellemzésére az alábbi négy paraméteres empirikus matematikai függvényt használtam:

$$D(T) = D_{\min} + D_m \left\{ 1 + \tanh \left(\frac{T - T_m}{C} \right) \right\}$$

ahol:

- D - a szemcseátmérő µm-ben;
- T - a hőmérséklet °C-ban;
- D_{min}, D_m, T_m és C pedig célszerűen választott konstansok.

A szemcseátmérő számítására kiszemelt függvény ismeretlen paramétereit a MATLAB szoftver felhasználásával (numerikus módszert alkalmazva) határoztuk meg:

- $D_{\min}=35.1 \mu\text{m}$;
- $D_m = 13.05 \mu\text{m}$;
- $T_m = 1015 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $C = 8.7 \text{ }^\circ\text{C}$.

A választott függvény jól illeszkedik a mérési adatokra. Ezt igazolja aszámított totális korrelációs együttható 1-hez közeli értéke ($R_t = 0.98$), továbbá az alábbi diagram is, mely egyben az ausztenit szemcsedurvulási kinetikáját ábrázolja:

A választott függvénnyel, melynek értelmezési tartománya 940-1040 °C hőmérséklet intervallum, tetszőleges hőmérséklet esetén becsülhető az ausztenit szemcseátmérője. A fenti diagramból és a mellékelt táblázat adataiból megállapítható, hogy a vizsgált acél esetében 1000°C az a küszöbhőmérséklet, amely felett már megkezdődik a rohamos szemcsedurvulás és a duplex szemcseszerkezet kialakulása. Tehát e hőmérséklet fölötti normálizálás esetében szemcsedurvulás lép fel.

Összefoglalás

A dolgozatban egy olyan vizsgálóberendezést ismertettem, mely segítségével többek között tanulmányozható a fémek és ötvözeik felületén végbemenő szövetszerkezeti átalakulások, morfológiai és kinetikai változások. A kidolgozott képelemző módszer segítségével elemezhető a felületi ausztenit növekedés folyamata, mely gyakorlati alkalmazásként például az optimális hőkezelési hőmérsékletek meghatározásához nyújthat segítséget.

Felhasznált irodalom

- [1] P.L. Harrison, M.N. Watson, R.A. Farrar: How niobium influence SA mild steel weld metals, *Welding and Metal Fabrication*, , pg. 161-169, April 1981.
- [2] Gáti J., Horváth L., Kisfaludy A., Kovács M., Réger M., Tóth L.: *Anyagtechnológia II.*, pg. 274-286, B.D.M.F. Budapest, 1994.
- [3] Kisfaludy A., Réger M., Tóth L.: *Anyagtudomány II.*, pg. 4-7, B.D.M.F. Budapest, 1993.
- [4] Tóth L.: Acélok szerkezeti átalakulásainak "In Situ" vizsgálta számítógéppel irányított melegmikroszkóp segítségével, XVII. Országos Hőkezelő Konferencia, Sopron, 1997 október 14-17.

Dr. Tóth László főiskolai adjunktus

Bánki Donát Főiskola, Budapest 1081, Népszínház u. 8., Tel.:313-4094., E-mail :TTL@zeus.banki.hu