

EDZÉSHEZ ALKALMAZOTT HŰTŐKÖZEGEK MINŐSÍTÉSE

QUALIFICATION OF QUENCHING MEDIA

Kerekes Gábor*, Kocsiné Baán Mária**, Felde Imre***

ABSTRACT

The immersion quenching process, what is performed in two main steps viz. austenitization of workpiece and then rapid cooling by quenchant, is used to achieve the adequate strength and toughness in the possible largest part of geometry. The most critical stage of the process is the cooling, what affects the forming microstructure directly. The cooling rate is always changed as a function of temperature of continuously cooled workpiece. The shape of cooling curve, from where i.a. the cooling rate – temperature curve can be calculated depends on the type of cooling media, and parameters (e.g. temperature, agitation rate, concentration, etc.) describing the condition of quenchant as well. In this paper the influence of three parameters on the cooling rate will be shown, what is obtained in the course of examination of aqueous polymer solution.

1. Bevezetés

A bemelegítési edzési eljárás, mint ismeretes a munkadarab ausztenítéséből, valamint az ezt követő lehűtéséből áll, és alapvető célja a kívánt szilárdságú és szívósságú szövét létrehozása, lehetőség szerint a térfogat minél nagyobb hányadában. A hőkezelési folyamat kritikus részmuvelete az ausztenítés hőmérsékletéről való hűtés, mely mintegy meghatározza a szövetszerkezetet és a mechanikai tulajdonságokat a munkadarab keresztmetszetében. A bemelegítési edzéshez alkalmazott hűtőfolyadékok edzési teljesítménye az alkatrész sajátosságain (alapanyaga, előállapota, geometriája, felületi érdessége, stb.) kívül a közeg hőelvonási vagy hűtési képességének is függvénye. A közeg hőelvonásának karakterisztikáját a közeg típusa, hőmérséklete, áramlási viszonyai, koncentrációja, szennyezettsége határozza meg.

A hűtőközeg minősítése területén kifejtett kutatófejlesztő tevékenység az elmúlt három évtizedben csaknem napjainkig döntően két fő területre összpontosult:

1. Az egyik súlyponti terület az edzőközegek hűtőképességének, vagy hűtési teljesítményének (cooling power) mérésére és értékelésére alkalmas berendezések és módszerek kidolgozása. A hűtési teljesítményt a szakirodalom [1.] a hűtőközeg „hőtermi reakció”-jaként (thermal response), azaz az alkatrészből a hűtőközeg által elvont hő mennyiségének jellemzőjeként definiálja.

2. A másik terület a hűtőközegek „edzési teljesítményének” (hardening power) számszerű minősítésére alkalmas eljárások kifejlesztése. Az edzési teljesítmény [1.] a munkadarab „fémnyi reakcióját” (metallurgical response) jellemzi, azaz az edző közegek azt a képességét, mely az adott alapanyagú és geometriájú alkatrész edzés utáni mechanikai tulajdonságait (első sorban keménységét) minősíti.

Fontos megjegyeznünk, hogy a „hűtési teljesítmény” meghatározása csaknem kizárólag a hűtés folyamata során rögzített lehülési görbe karakterisztikájára koncentrál, annak bizonyos szakaszait, szélső értékeit veszi figyelembe és ezekből az adatokból generál jellemzőket, melyek alapján „erélyességi” (quenching severity) sorrendbe képes rendezni a vizsgált, edzésre alkalmas közegeket és eljárásokat.

Az „edzési teljesítmény” mérőszámai a „hűtési teljesítmény” adataiból indulnak ki és ezen származtatott adatokat az adott lehülési görbe felvételekor lejátszódó hőátadási viszonyok során – tehát például egy polimer adalékos közegben történt edzésekor – az adott próbatesten kialakult anyagtulajdonságokkal együtt jellemzik.

Az alábbiakban a Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszékén a TÁMOP 4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0029 kódszámú projekt keretében létrehozott új, a hőkezelési technológiát támogató kompetenciáról ejtünk szót.

2. Lehülési görbék elemzése az ivfSmartQuench berendezéssel

A lehülési görbe elemzés legelterjedtebb módszere az ISO 9950 szabványban előírt eljárás alapul.[2.] A méréshez egy nikkelbázisú ötvözetből készült (Inconel 600) $\varnothing 12.5 \times 60$ mm méretű hengeres próbatestet használnak, melynek a szimmetriatengelyében, a véglaptól 30 mm-re egy NiCr-NiAl típusú termoelem van.

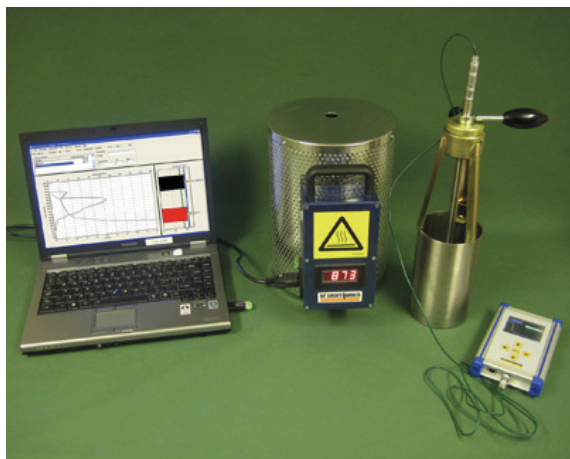
A szabvány pontosan definiálja a mérés körülményeit, úgy, mint, a próbatest felületének előkészítését, a hevítés idejét és atmoszféráját, a termoelem jelének mintavételi frekvenciáját stb. Ugyancsak szigorúan meghatározottak a nyugvó és a mesterségesen áramoltatott közegben való lehülési görbefelvétel kondíciói, a próbatest helyzete, az edzőfolyadék mennyisége és a kalibrálási eljárás. A próbatestet 850 °C-ról a 2000 ml térfogatú folyadékban hűtik le, miközben a szenzor jelét a teljes lehülési folyamat

* mérnöktanár

** egyetemi docens

*** egyetemi docens, Óbudai Egyetem-NJK

során rögzítik. Az ISO 9950 népszerűsége első sorban a mérések jó reprodukálhatóságának tulajdonítható. További előnye, hogy a próbatestet mobil műszerbe építve ipari környezetben is hatékonyan használható.



1. ábra Az ivfSMartQuench műszer és részei

Az ISO 9950 szabvány alapján működő ivfSmartQuench levezetési műszer az alábbi részekből áll (1. ábra):

- Hordozható kemence: ebben hevítjük fel a próbatestet
- Próbatest és adatgyűjtő: a lehűtés a lehülési görbék tárolására alkalmas egység
- Tartály, melyben a vizsgált hűtőközeget tároljuk
- *SQintegra* szoftver: a lehülési görbék elemzésére, a hőtadási együttható számítására és az edzés során kialakuló szövetelemek és keménység számítására alkalmas program

3. Polimer adalékos hűtőközegek hűtési és edzési teljesítményének mérése

Az alábbiakban a Houghton International PAG típusú, BW jelű polimer adalékos hűtőközeg vizsgálatát mutatjuk be. A lehűlést befolyásoló tényezők közül három paraméter, azaz a közeg hőmérsékletének, koncentrációjának és keringtetési sebességének a hűlési karakterisztikára való együttes hatását teszteljük. A vizsgálatainkat 5%, 10% és 20% -os koncentrációjú vizes oldatokban, 0,2, 0,4, 0,6 és 0,8 m/s keverési sebesség és 25, 35 és 50 °C közeghőmérséklet mellett végeztük. Az egyes hűtések során regisztrált lehülési görbéket a 2. ábra tünteti fel.

Az ISO 9950 szabvány előírásainak megfelelően a vizsgált közeg hűtési, edzési képességére vonatkozóan a lehülési görbékkel az alábbi értékeket számítottuk ki:

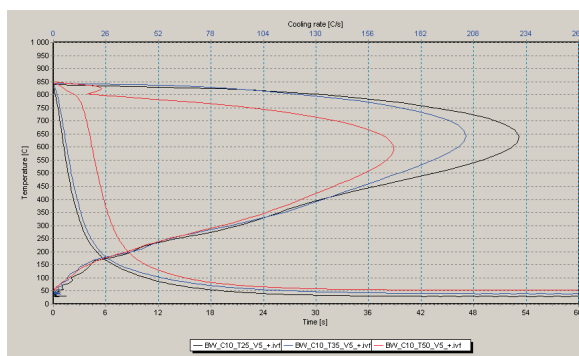
- CR_{max} – a hűlési sebesség maximuma
 - $HP_{Polimer}$ – Az IVF cég által kidolgozott empirikus formula, mely a hűtési erélyességre utal
- $$HP_{Polimer} = 3,54 \cdot CR_f + 12,30 \cdot CR_m - 168$$

ahol

CR_f a hűlési sebesség 550 °C-on

CR_m a hűlési sebesség 325 °C-on

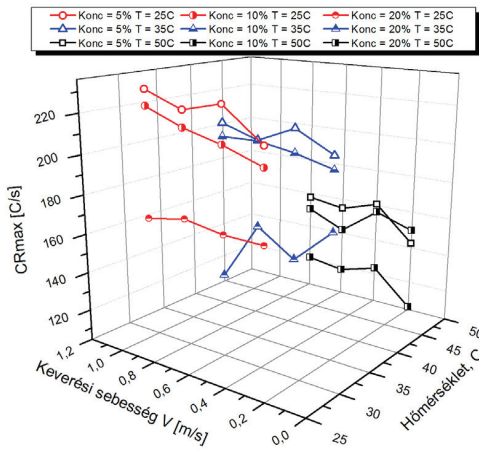
Ahogy az a 2. ábraan egyértelműen látszik, a közeg hőmérséklete jelentősen befolyásolja a hűlési sebesség karakterisztikáját. Minél kisebb ui. a folyadék hőmérséklete, annál nagyobb lesz a maximális hűtési sebesség (CR_{max}). A közeghőmérséklet növelése minden egyes áramoltatási sebesség mellett a maximális lehülési sebesség csökkenését vonja maga után. Továbbá az is szembe-tűnő, hogy a 25°C és 35°C-os polimer adalékos oldatok esetén, kis keverési sebesség mellett sem tapasztalható a gőzfázis jelenléte, azaz a lehülési görbe első szakaszában (0-5s) folyamatosan és intenzíven növekszik a lehülési sebesség a lehülési görbe inflexió pontjáig. Ezzel szemben az 50 °C-os közegnél már megfigyelhető gőzfátyol képződésével járó szakasz jelenléte; erre utal a lehülési sebesség függvényen a lehülési folyamat kezdeti szakaszában „kialakuló” lokális maximum.



2. ábra 10% koncentrációjú, 0,4 m/s sebesség mellett 25, 35 és 50 °C hőmérsékletű hűtőközegekben felvett lehülési görbék

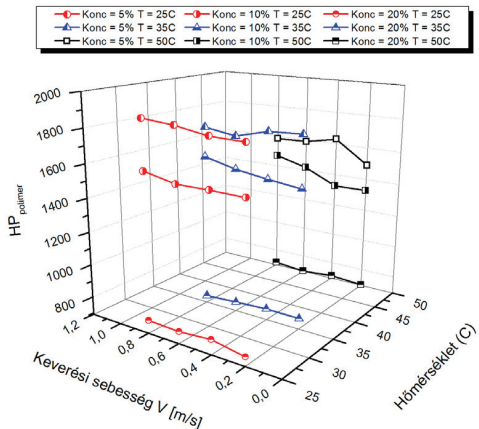
A mért hűlési görbék CR_{max} értékei a 3. ábrán figyelhetőek meg rendre a koncentráció, a keverési sebesség és a közeg hőmérsékletének függvényében. Az ábrán a maximális lehülési sebesség értékeit a különböző koncentráció (3db), közeghőmérséklet (3db) és keverési sebesség (4db) esetében összesen 36 pont szemlélteti.

Az ábra tanúsága szerint a legnagyobb lehülési sebesség a legkisebb hőmérsékletű (25 °C) és az 5 és 10% adalékos tartalmú hűtőközegekben alakult ki. A legnagyobb hűlési sebesség értéke 254 °C/s-ra adódott 0,6 m/s keringtetési sebesség mellett. Ennél kisebb (190-230 °C/s) CR_{max} érhető el a 35 °C-os oldatban, amelynek koncentrációja ugyancsak 5 és 10%-os volt. Amennyiben a közeg hőmérséklete 50 °C-os vagy a hűtőközeg 20% polimeradalékos tartalmú, akkor a legnagyobb lehülési sebesség értéke 150-200 °C/s nagyságú. A keverési sebesség hatása az egyes koncentrációk és hőmérsékletek alkalmazása esetén egyértelműen azt bizonyítja, hogy a közegmozgatás a hűlési sebesség növeléséhez járul hozzá. Ugyanakkor az is kitűnik a mérési adatokból, hogy az egyes esetekben (pl. 25 °C hőmérsékletű 10%-os oldatnál, vagy az 50 °C hőmérsékletű 10%-os oldatnál) a keverési sebesség növelésének nincs szignifikáns hatása a CR_{max} értékére.



3. ábra A CR_{max} értéke a keverési sebesség, hőmérséklet és koncentráció függvényében

Ebből a megfigyelésből az is következik, hogy a keverési sebességet egy bizonyos mértéken túl felesleges, értelmetlen alkalmazni, mert a lehűlés sebességére gyakorolt hatása nem jelentős. Továbbá az is szembevetendő, hogy a kis koncentráció esetén (azonos hőmérséklet és mozgási sebesség mellett) a CR_{max} értékei között nincs nagy eltérés. Jelentős különbség mutatkozik azonban kis koncentrációjú és a nagyobb, azaz 20%-os adalék alkalmazásánál kialakuló lehűlési sebesség között. A nagyobb mennyiségű adalék használatával tehát nagymértékben változtatható, „rontható” vagy „degradálható” a lehűlési sebesség.



4. ábra A CR_{max} értéke a keverési sebesség, hőmérséklet és koncentráció függvényében

A lehűlési görbékből származtatott, polimeradalékos közegekre vonatkozó HP értékek alakulását a 4. ábraán követhetjük nyomon. A legnagyobb HP_{polimer} értékek – a CR_{max}-ra vonatkozó elemzésénél tapasztaltakhoz hasonlóan – a legkisebb hőmérsékletű és kis adalékmennyiséget tartalmazó folyadék alkalmazásánál adódtak. Az 5 és 10%-os koncentrációjú közegekben jellemzően nagyobb a

számított HP_{polimer} szám, mint a 20%-os oldatokban. Továbbá érdekes, hogy amíg a lehűlési sebesség szélső értékei az 50 °C-os közeg esetében – annak a vizsgált összes koncentrációjú módozataira vonatkozóan – a legalacsonyabb tartományban helyezkedtek el, a HP_{polimer} értékek kis koncentrációnál a magasabb értéktartományba estek. A koncentrációnak a HP_{polimer} számra gyakorolt hatása egyértelműen leolvasható a 4. ábraáról, ahol is a legkisebb értékek a 20%-os koncentrációjú hűtőközeghez köthetőek, s a kisebb koncentrációkhoz rendre nagyobb HP_{polimer} érték társul. A hőmérséklet és a HP_{polimer} szám kapcsolata között szintén fordított arányosság figyelhető meg. A keverési sebesség hatása ugyancsak szembevetően detektálható a diagramok adatait elemezve, a közeg keringtetésének fokozása a HP_{polimer} értékek növelésével jár együtt.

A polimer adalék alkalmazásának előnye, mint ismeretes, elsősorban abban mutatkozik meg, hogy az egyes technológiai paraméterek bizonyos együttállásai esetén más és más lehűlési karakterisztika érhető el. Más szóval, az adalék mennyiségének, a közeg hőmérsékletének és a keverési sebességnek pontos beállításával különböző hűtési eljárások megvalósítására adódik lehetőségünk. A hűtőközeg karakterisztikájának „hangolásának” azonban gátat szabhat a technikai vagy gazdasági korlát. Tehát csak bizonyos keretek között lehet egy közeg hőmérsékletét beállítani, ha nincs megfelelő hűtési eszközzel felszerelve a hűtőkád, akkor a folyadék temperálásával egy bizonyos érték alá nem lehet hűteni a közeget. A hűtőkádban kialakuló keringtetési sebesség mind a beépített folyadékforgató berendezés, mind pedig a benne lévő tárgyak, azok elhelyezkedésének függvénye. Egy adalékos hűtőközeg koncentrációját általában igen költséges megváltoztatni, egyrészt amiatt, mert maga a polimer adalék drága, másrészt az elhasznált, veszélyes anyagnak számít és speciális módon kell megsemmisíteni (amely művelet igen költséges).

Az imént röviden bemutatott okok miatt is különösen érdekes a 4. ábraán látható 1600-1900 HP_{polimer} érték tartomány. A vizsgálatokból adódó gyakorlati fontosságú felismerés, hogy ugyanolyan (vagy kis mértékben eltérő) HP_{polimer} értékek különböző koncentráció, keverési sebesség és hőmérséklet együttállás esetén is előállítható, elérhető.

Azonos értékű HP_{polimer} szám (például, 1600) elérése a hűtőközeg állapotát befolyásoló paraméterek eltérő kombinációival is megvalósítható. A BW edzőfolyadékot alkalmazva például 1800 HP_{polimer} értékhez az 5-10 % adalékkoncentrációhoz a 25-50 °C közeghőmérséklet is választhatjuk. A becsült adatok arra utalnak, hogy e paraméter-kombinációk a hűtési teljesítmény szempontjából „ekvivalensek”. Hasonló jelenség a hőkezelési gyakorlatban is ismert, edzett acélok megeresztésekor az idő és hőmérséklet hatását egyenértékű paraméterekkel szokás jellemezni (pl. Hollomon-Jaffe paraméter alkalmazásával).

4. Összefoglalás

A Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszékén kialakított, a hűtőközegek kvantitatív elemzésére alkalmas kompetenciát mutattuk be röviden. Az ivfSmartQuench berendezés használatával az acélok bemelegítési edzéséhez használt közegek hűtési erélyességének, illetve a hőátadási során kialakuló termikus peremfeltételek analizésére nyílik lehetőség. A TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0029 jelű projekt keretében életre hívott kompetencia bevezetésére, a hazai iparban járatos hőkezelési eljárások támogatására a 2014. év folyamán kerül sor.

Köszönetnyilvánítás

A cikkben ismertetett kutató munka a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0029 jelű projekt részeként – az Új Széchenyi Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

5. Irodalomjegyzék

- [1.] *Quenching Media. Determination of Quenching Severity of an Industrial Facility*, Draft international standard submitted by Association Technique de Traitement Thermique France, to the International Federation for Heat Treatment and Surface Engineering (IFHT, 1988)
- [2.] *Industrial Quenching Oils - Determination of Cooling Characteristics - Laboratory Test Method*, Draft international standard ISO/DIS 9950, International Organization for Standardization (submitted 1988), Laboratory Test for Assessing the Cooling Characteristics of Industrial Quenching Media, Wolfson Heat Treatment Centre, Birmingham, England, 1982

PLAZMANITRIDÁLÁS A MISKOLCI EGYETEM ANYAGSZERKEZETTANI ÉS ANYAGTECHNOLÓGIAI INTÉZETÉBEN

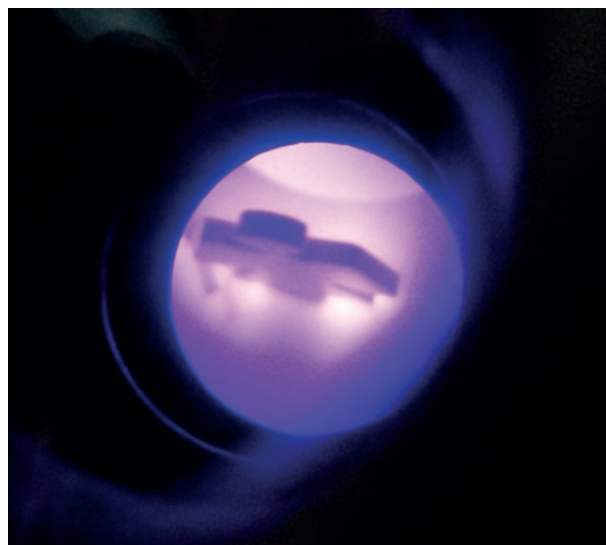
Az általánosabban alkalmazott tradicionális felületmódosító eljárások (indukciós edzés és betétedzés) mellett egyre gyakrabban alkalmazzák az alacsonyabb hőmérsékletű, ebből következően kisebb torzulást előidéző, gazdaságosabb gáznitridálást és a hazánkban még újszerűnek számító, a termokémiai felületmódosító technológiák legjelentősebb innovációjának tekintett plazmanitridálást. A plazmatechnológiák fokozottabb

elterjedését mindenekelőtt az energia-megtakarítás, a viszonylag rövid hőkezelési idő, a minimális gázfelhasználás és a környezetvédelem szempontjai indokolják. A felületi réteg kialakulása a technológiai paraméterek szabályozásával nagyon precízen befolyásolható, nemcsak a rétegmélység, hanem a réteg szerkezetének kialakítása, szabályozása vonatkozásában is. A kialakult felületi réteg közvetlenül megnövelheti a gépalkatrészek élettartamát, de akár fontos szerepet játszhat szerszámanyagok duplex felületkezelésében is.

A Miskolci Egyetem Anyagszerkezzetani és Anyagtechnológiai Intézetében idén telepített plazmanitridáló berendezésben maximálisan 400 mm átmérőjű és 1800 mm hosszúságú alkatrész kezelhető, de ezen térfogatrészen belül egyszerre több betétanyag plazmanitridálása is elvégezhető.



A plazmanitridáló berendezés a kiszolgáló sínáruval



Ionizált plazma a hőkezelt darab körül