

ÁTEDZHETŐ SZELVÉNYÁTMÉRŐ

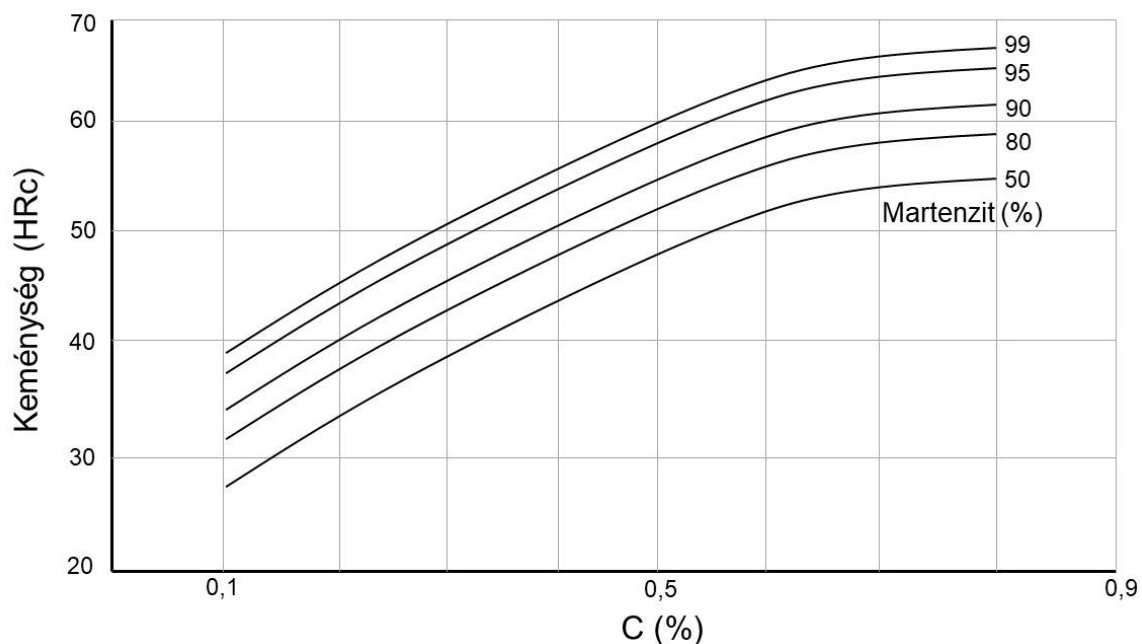
Edzhetőség

Az acél egyik jellemző hőkezelési technológiája az edzés. *Edzhetőségen* az acélnek azt a tulajdonságát értjük, melynél az A_3 fölötti hőmérsékletről a kritikusnál nagyobb sebességgel hűtve a szövetszerkezetében legalább 50 %-ban martenzit alakul ki, amelynek hatására a szilárdsága megnő, a szívóssága pedig romlik a lágyított állapothoz képest. A gyakorlatban arra törekszenek, hogy az edzett acél 100 %-ban martenzitet tartalmazzon, ilyenkor az edzést tökéletesnek nevezik.

Az edzés feltételei:

- Az acél széntartalma meghaladja a 0,2 %-ot $\rightarrow C > 0,2 \%$
- A szövetszerkezet a hűtés megkezdésekor ausztenites legyen $\rightarrow T > A_3 + 30 - 50 \text{ }^\circ\text{C}$
- A hűtés sebessége a felső kritikus sebességnél nagyobb $\rightarrow V_{\text{hűtési}} > V_{\text{krit}}$

A martenzit keménységét a benne oldott szén mennyisége határozza meg. Egy határon túl azonban a karbontartalom növelése már az edzett acél keménységét nem növeli, inkább csökkentő hatású. A nagyobb karbontartalmú (0,6 % felett) acéloknál a martenzit képződés befejezési hőmérséklete $0 \text{ }^\circ\text{C}$ alá kerül, így az ausztenit nem alakul át teljes egészében martenzitté, hanem maradék ausztenit marad az acélban. Ez lágyabb, mint a martenzit, ami az acél keménységét csökkenti. Emellett, ha az edzési hőmérséklet túl kicsi, a kialakult szövetszerkezet lágyabb, mint a martenzit keménysége. Az ötvözők a nem martenzites szövetelemek keménységét növelik, ami 50% martenzit mennyiség esetén kezd érvényesülni (1. ábra).



1. ábra. A martenzit mennyiségének és a széntartalomnak hatása a keménységre

Átedzhetőség

A széntartalom hatásától eltekintve az ausztenit csak akkor alakul át teljesen martenzitté, ha a lehülési sebesség meghaladja a felső kritikus lehülési sebességet. Ez néhány mm vastagságú alkatrészek esetén teljes egészében megtörténik, az ilyen darabokat nevezik átedzettnek. A nagyobb alkatrészek felülete azonban gyorsabban hűl, mint a középső része, nem is mindig lehet elérni a megfelelő hűtési sebességet. A magban (a munkadarab belsejében) emiatt a szövet csak részben lesz martenzites. Az elérhető legnagyobb keménység hiánya miatt az ilyen darabokat részlegesen edzettnek nevezik. Az *átedzhetőség* a nemesíthető acélok fontos tulajdonsága, mely kifejezi, hogy hengerszimmetrikus darab esetében mekkora átmérőben lehet elérni, hogy a szimmetriatengely vonalában is legalább 50 % legyen a martenzit mennyisége. Ezt a méretet nevezzük átedzhető szelvény-átmérőnek.

Az átedződés mértékét az ausztenit szemcsenagysága is befolyásolja. A durvaszemcséjű acélok nagyobb keménységre edződnek, ami egyben azt is jelenti, hogy az ausztenítés hőmérsékletének növelésével az acél nagyobb keménységre edzhető. Ez azonban, az alkatrész durvaszemcséssége miatt, könnyen további károsodáshoz vezethet. Befolyásoló tényező még a hűtéshez használt közeg, mely a kritikus lehülési sebességet befolyásolja. A folyadékba merített fém lehülési sebességét két tényező szabja meg: a hőátadási tényező (α [W/m²K]) - ami a hűtőközeg vezetőképességétől, viszkozitásától függ) és az edzeni kívánt darab hővezetési tényezőjétől (λ [W/mK]).

A hűtés erélyességét e két tényező viszonya határozza meg az 1. egyenlet szerint. Ez a H érték a relatív hőátadási szám.

$$H = \frac{\alpha}{2\lambda} \text{ (m}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

Ha a $H = \infty$, a hűtés ideális, tehát a munkadarab felülete azonnal felveszi a hűtőközeg hőmérsékletét.

Grossmann formula

Grossmann bevezette, hogy ha ideális hűtési körülmények mellett (végtelen nagy hűtési sebesség esetén) egy kör keresztmetszetű rúd magja min. 50% martenzitet tartalmaz, annak átmérőjét ideális kritikus átmérőnek (D_{idkrit}) nevezzük. Ennek az átmérőnek a szemcsefinomságát is figyelembe véve kapható az ideális átmérő (D_{id}). Számítása a 2. egyenlet szerint történik.

$$D_{id} = 8\sqrt{C} \cdot 1,08^{8-n} \prod_{i=1}^m (1 + f_{Me_i} Me_i) \quad (2)$$

ahol,

n – az ausztenit szemcsefinomsági tényező (ötvözetlen acélra: 9, ötvözött acélra: 8),

Me – az adott ötvözők mennyisége,

f_{Me} – szorzó értékek az acél kémiai összetételére,

Π – szorzatösszeg.

A relatív hővezetőképesség ismerete nélkül, a valódi, vagy másnéven reális átmérő a leggyakoribb hűtőközegekre egyszerűsített számítással, a 3. egyenlet alapján számolható, melyben a szorzótényezőket az 1. táblázat mutatja.

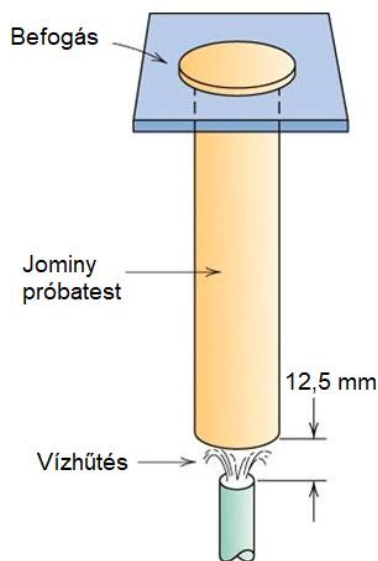
$$D_{re} = \eta D_{id} \quad (3)$$

1. táblázat. Reális átmérő kiszámításához szükséges sorozótényezők

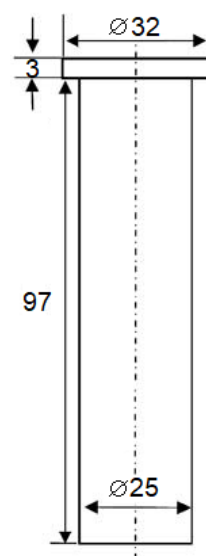
| Hűtőközeg | η |
|-----------|--------|
| víz | 0,75 |
| olaj | 0,50 |
| levegő | 0,25 |

Véglapedzőpróba – Jominy vizsgálat

A véglapedzőpróbát Walter E. Jominy vezette be 1937-ben a General Motors kutatólaboratóriumában. A mérési elrendezés (mely szabványosított, MSZ EN ISO 642:2000) a 2. ábrán látható. A kiinduló acél alapanyagból meghatározott méretű (3. ábra) próbatestet készítünk elő, melyet az edzési hőmérsékletre hevítünk, majd egyik véglapját, meghatározott körülmények között, vízsugárral hűtjük. Az ily módon edzett próbatest keménységét síkfelületre történő lemunkálást követően hosszirányban mérjük. A hűtött véglaptól távolodva a lehülési sebesség és ezáltal a keménység fokozatosan csökken.



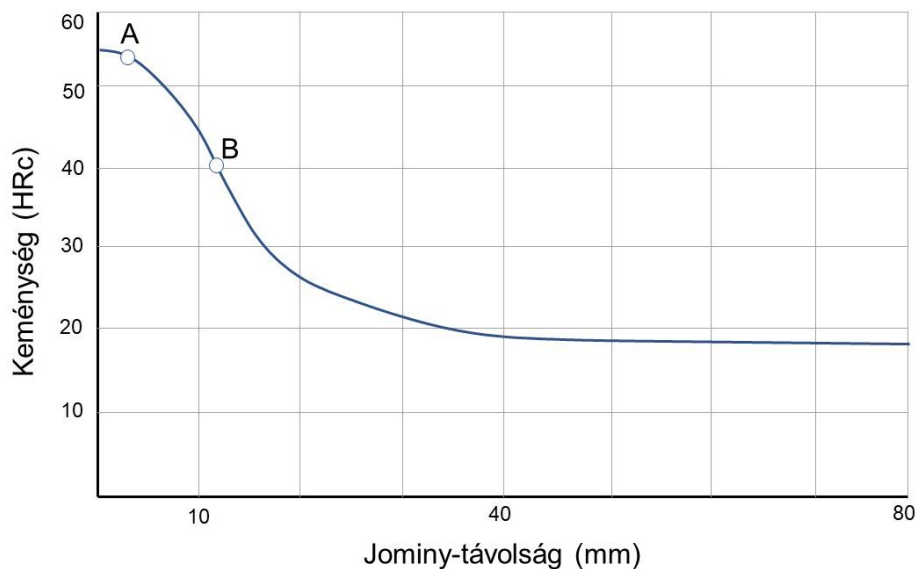
2. ábra. Jominy vizsgálat elrendezésének vázlatja



3. ábra. Jominy próbatest

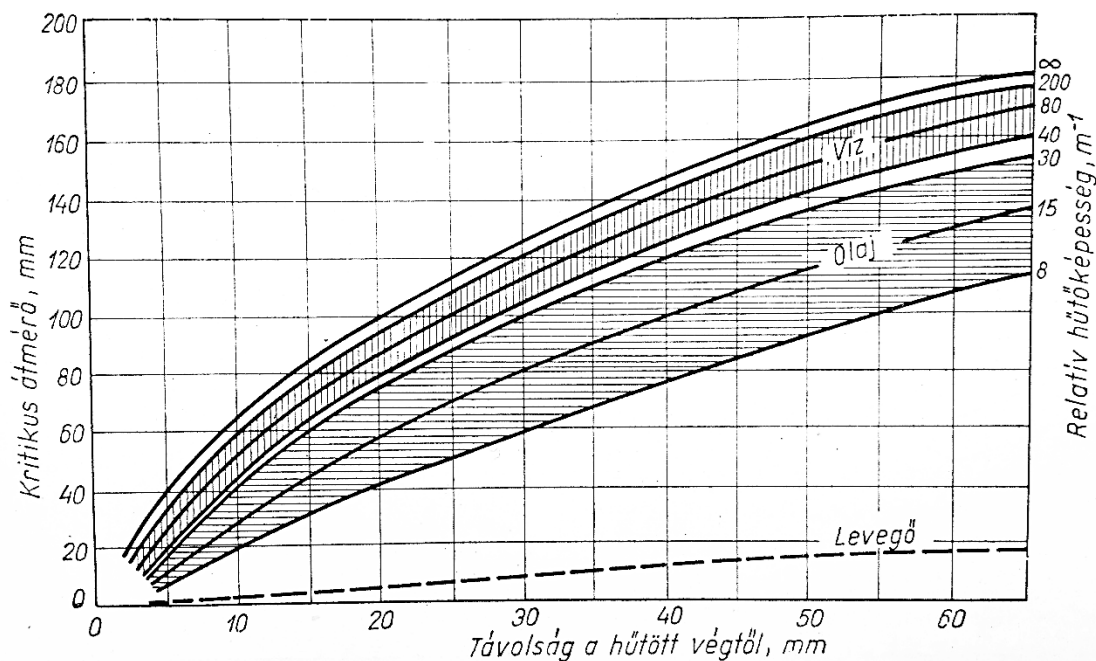
A próbatestet oxidációtól és dekarbonizációtól védve kell hevíteni az ausztenites hőmérsékletre, majd hűn tartani 20 percig. A felmelegített próbatestet a hűtőkészülék állványán, függőleges helyzetben a próbatesten kialakított perem segítségével rögzítik, majd a vízsugarat a véglap aljára irányítva a próbadarabot szobahőmérsékletűre hűtik.

A lehűtött próbatest oldalát alkotója mentén megköszörülnek, úgy, hogy kb. 10 mm-es sík felület legyen rajta. Köszörülés közben a darab nem melegedhet, mert az torzítaná a mérési eredményeket. A keménységmérést a hűtött végtől kezdve meghatározott lépésként, kezdetben 2 mm, majd 5 mm-ként kell elvégezni, figyelve arra, hogy a hűtött vég közelében a keménység rohamosan változik. A keménységet folytonos vonallal ábrázolják a véglaptól való távolság függvényében, melyet Jominy-görbének hívnak. Az 4. ábrán a görbe két jellegzetes pontja látható. Az A pontig a keménység nagyjából állandó, a B pontban található a görbe inflexiós pontja. Az A pontig a szövetszerkezet ideálisan 100 % martenzitet, a B pontban 50 % martenzitet tartalmaz.



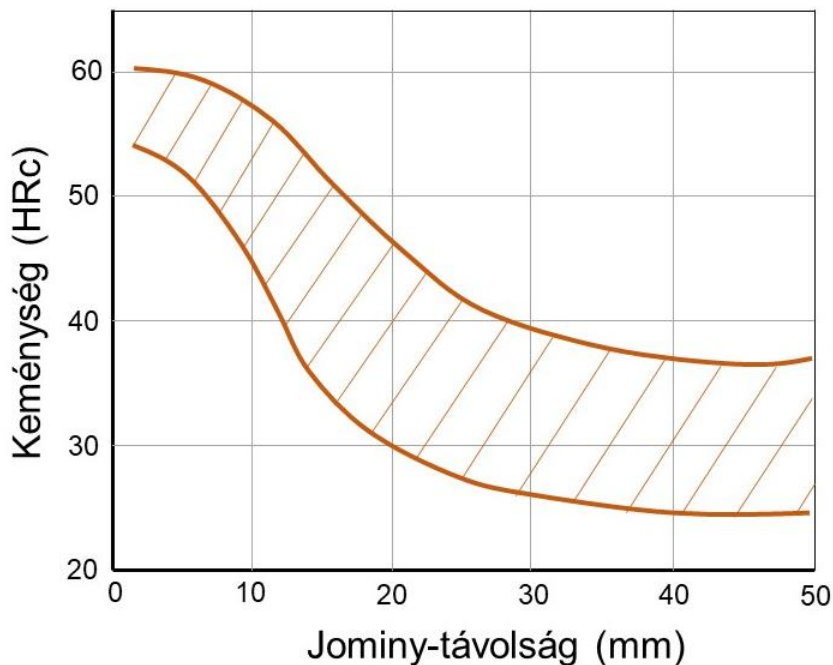
4. ábra. Jominy-görbe

A leolvasott A és B értékeket a 6. ábrán látható nomogramra visszahelyettesítve a valódi átedzhető szelvényátmérő kapható meg.



5. ábra. Reális átmérő meghatározása a különböző hűtőközegek ismeretében.

Azonos összetételű acélok Jominy-görbéi felső és alsó határvonallal, ezt nevezik Jominy-sávnak (6. ábra). A Jominy-görbe nem egy acélminőségre, hanem egy gyártási sorozatra vonatkozik. Azonos minőségű, de egymástól kissé különböző összetételű acélok Jominy-görbéi nem teljesen azonosak. Az acélok átedzhetősége, tehát az átedzhető szelvényátmérő, ötvözéssel növelhető. Erre alkalmas ötvözők: Ti, B, V, Mn, Cr, Ni. Egyes ötvöző- vagy szennyezőelemek, melyek mennyisége elképzelhető, hogy ki sem mutatható, jelentősen befolyásolja az átedzhetőséget. Ezért szükséges megkülönböztetni az azonos acélfajták különböző gyártási sorozatait.

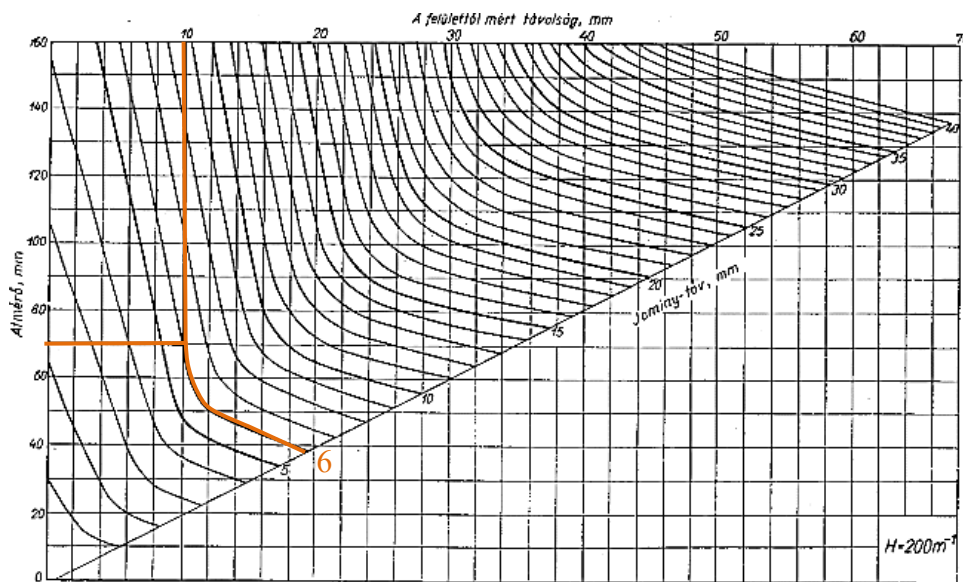


6. ábra. Jominy -sáv

Példa

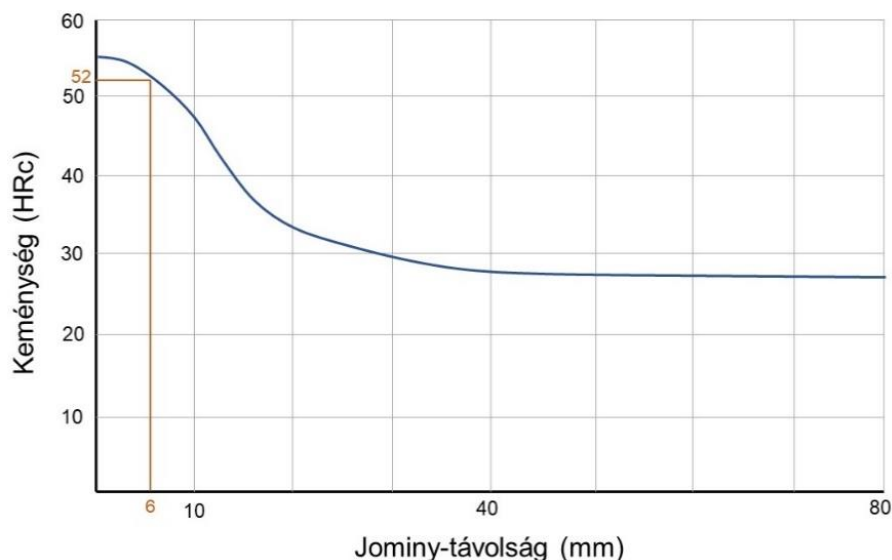
Egy meglévő nomogramról visszafelé is meghatározható egy adott pontban az acél keménysége, természetesen a Jominy próba elvégzése mellett.

A 7. ábrán látható nomogram a felülettől mért távolság, a kiindulási átmérő és a Jominy-táv kapcsolatát mutatja adott relatív, a hideg vízhez tartozó hőátadási számra vetítve.



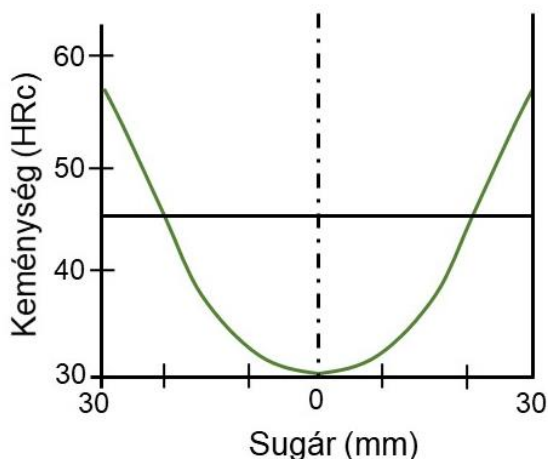
7. ábra. Vízben edzett rúd Jominy-görbéjének szerkesztésére szolgáló nomogram

Kiindulási átmérő jelen esetben 60 mm. A felülettől (azaz a keresztmetszet mentén a darab középpontja felé) 10 mm távolságban kíváncsiak vagyunk a Jominy-távolságra, hogy megtudhassuk a keménységet, a 8. ábrán látható diagramról leolvassa. A két értéket vízszintes és függőleges vonallal meghosszabbítva a találkozási pontjukban a meglévő görbékhez alkalmazkodva új görbét veszünk fel (jelen esetben ez éppen illeszkedik a 6 mm Jominy-táv vonalára), majd leolvassuk a Jominy-távolságot. Ezt az értéket visszavezetve a Jominy-görbére leolvashatjuk a kívánt pontban mért keménységet.



8. ábra. Keménység meghatározása a Jominy-görbén

A Jominy-görbéből a 9. ábrán látható keménység eloszlási görbe rajzolható fel a keresztmetszet mentén. Továbbra is vegyük a 60 mm kiindulási átmérőt, tehát az átmérő felénél le kell olvasni a Jominy-távolságot. Ezzel megkapjuk a legbelső pont keménységét. Ezt követően megnézzük az inflexiós ponthoz, tehát a min. 50 % martenzithez tartozó keménységet, melyet vízszintes vonallal ábrázolunk. A maximális keménységet az imént leolvasott két ponttal összekötve megkapjuk a keresztmetszet mentén a keménység eloszlást, melyből máris látható mi az átedződött területünk.



9. ábra. Keménységeloszlás a keresztmetszet mentén

Felhasznált és ajánlott irodalom:

- Dr. Szombatfalvy Árpád: Az acélok edzhetősége, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1967
- Dr. Artinger István – Szerszámacélok és hőkezelésük, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978
- Dr. Szombatfalvy Árpád: A hőkezelés technológiája. Franklin nyomda, Budapest, 1985.
- G.Kraus, Steels heat treatment and processing principles, ASM International, New York, 1990.
- Kandpal et al: A review on jominy test and determination of effect of alloying elements on hardenability of steel using jominy end quench test, International Journal of Advances in Engineering & Technology, India, 2011