

# ACÉLOK EDZHETŐSÉGÉNEK BECSLÉSE KÉMIAI ÖSSZETÉTEL ALAPJÁN

## ESTIMATING HARDENABILITY OF STEELS THROUGH CHEMICAL COMPOSITION

Cserjésné Sutyák Ágnes\*, Szilágyiné Biró Andrea\*\*

### ABSTRACT

Hardenability (which is defined as the ability of a ferrous material to acquire hardness after being austenized and quenched) has important rule in the industry. There are several methods of testing and calculating hardenability. The aim of this work to examine the reliability of calculation methods by comparison with experimental results.

### 1. BEVEZETÉS

E kutatás célja, hogy képet alkossunk az edzhetőség meghatározásának kísérleti és számítási módszereinek pontosságáról, és ezzel felfedjük alkalmazhatóságuk előnyeit és korlátait. Az elvégzett kísérletek bemutatása előtt röviden ismertetjük az általunk alkalmazott módszereket, majd az eredmények bemutatása mellett értékeljük azok eredményességét a kétféle módszer alkalmazásával kapott eredmények összehasonlításával.

#### 1.1. Acélok edzhetőségének fogalma

Az edzés és az edzhetőség a mai mérnöki gyakorlatban alapfogalomnak tekinthető. Az edzés, mint az acélok keménység-növelésének legegyszerűbb módja a mai hőkezelési gyakorlatban napi rutinfeladatnak számít.

Az edzhetőség komplex fogalom, amelynek legfőbb tényezője az acél martenzites átalakulásra való hajlama (anyagtulajdonság), valamint az alkalmazott hűtési mód (technológia oldal) [2][1].

Míg a martenzit keménysége csak az acél karbon tartalmától függ, addig az edzett acél (amely legalább 50% martenzitet tartalmaz) keménysége emellett a martenzit mennyiségétől és a maradék austenitből kialakuló szövetelem minőségétől is függ. Az oldott ötvözőelemek csak minimálisan változtatják meg a martenzit keménységét, mert az ötvözőelemek által okozott rácstorzulás, a karbonatomok által eredményezett rácstorzuláshoz képest jelentéktelenül kicsi. Azonban az acél ötvözőinek nagy szerepe van az átédzhetőség növelésében.

Az edzhetőség fogalma nemcsak az elérhető keménység-növelés mértéke miatt jelentős. Hiszen ha az edzést magas hőmérsékletű megeresztés követi, akkor az acél szivósnöveléséről (nemesítésről) beszélünk, amelynek elérhető eredményére az edzés közvetlen hatással van.

Ezért is fontos, hogy egy adott anyagminőség kiválasztásánál ismerjük annak edzhetőségét. A szabványban na-

gyon sok esetben megtaláljuk az adott anyagminőség edzhetőségére vonatkozó adatokat. Azonban a szabvány ismerete mellett több kísérleti és empirikus képletet felhasználó módszer áll rendelkezésünkre az edzhetőség, az átédződő átmérő becslésére. Egy döntés meghozatala előtt szükségünk lehet e módszerek használatára. Az alapvető különbség, hogy míg a kísérleti módszerek bizonyos mértékű költséggel járnak; addig a kifejlesztett képletek használata nem igényel lényegi anyagi ráfordítást. Ez utóbbi módszerek kevésbé pontosak, azonban vitathatatlannul kevés pénzt és időt igényelnek.

#### 1.2. Kísérleti módszer: a Jominy vizsgálat

Az edzhetőség meghatározásának legelterjedtebb kísérleti módszere a Jominy vizsgálat, amelynek vizsgálati körülményeit a MSZ EN ISO 642:2000 szabvány rögzíti. A módszer legnagyobb előnye, hogy adott acélból készült egyetlen mintadarabból tudjuk meghatározni az átédzhetőséget. A vizsgálat során a vizsgálandó acélból szabványos méretű, hengeres próbatestet munkálunk ki, amelyet az austenitesítési hőmérsékletre hevítjük. Az austenitesített próba véglapját meghatározott körülmények között vízszaggárral hűtjük. A próbatest felületén a középvonallal párhuzamosan síkfelületet készítenek, és a véglapedezett próbatest keménységét a hűtött véglaptól távolodva adott távolságokban megmérjük.

#### 1.3. A kritikus átmérő számítása

Az edzhetőség becslésére többféle módszer létezik, de alapvetően mindegyik a kémiai összetételt veszi alapul.

##### Grossman módszer

A Grossman módszerrel közvetlenül a kritikus átmérő határozható meg. Először ötvözetlen C-acélra számítva meghatározzuk az ideális kritikus átmérőt ( $C$  az adott acél karbontartalma):

$$D_{iC,8} = 8\sqrt{C\%}, \quad [\text{mm}] \quad (1.1)$$

A következő lépésben korrekciót alkalmazunk, figyelembe vesszük az austenit szemcseméretét ( $n$  az austenit szemcseméretének mérőszáma):

$$D_{iC} = 1,08^{8-n} D_{iC,8} \quad [\text{mm}] \quad (1.2)$$

\*mérnök tanár, \*\*tanársegéd,  
Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszék

1. táblázat A szemcsemérettől függő állandó Moser és Legat szerint

Szemcseméret (ASTM)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k értéke	32,5	31	29,5	28,2	26,8	25,5	24,3	23,1	22	21

2. táblázat A Just képlet változó szorzótényező alakjának együtthatói

l, mm	Konstans	C	Si	Mn	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	N
1,5	29,96	57,91	2,29	3,77						-2,65	83,33
3	26,75	58,66	3,76	2,16		2,86				-2,59	59,87
5	15,24	64,04	10,86		-41,85	12,29					-115,5
7	-7,82	81,1	19,27	4,87	-73,79	21,02				4,56	-176,82
9	-27,29	94,7	22,01	10,24	-37,76	24,82			38,31	8,58	-144,07
11	-39,34	100,78	21,25	14,7		25,39		6,66	52,63	7,97	
13	-42,61	95,85	20,54	16,06		26,46	30,41		54,91	9	
15	-42,49	88,69	20,82	17,75		25,33	38,97		47,16	8,89	
20	-41,72	78,34	17,57	20,18		23,85	26,95	7,51		9,96	
25	-41,94	72,29	18,62	20,73	-65,81	24,08	35,99	7,69		9,64	
30	-44,63	72,74	19,12	21,42	-81,41	24,39	27,57	10,75		9,71	

3. táblázat A Just képlet változó szorzótényező alakjának alkalmazhatóság határai, kémiai összetétel, tömeg%

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	N
Min.	0,22	0,02	0,59	0,005	0,003	0,8	0,01	0,01	0,012	0,02	0,006
Max.	0,47	0,36	0,97	0,037	0,038	1,24	0,09	0,28	0,062	0,32	0,015
Átlag	0,35	0,22	0,76	0,013	0,023	1,04	0,04	0,13	0,031	0,16	0,009

A harmadik lépésben szorzótényezőket alkalmazunk az ötvözők hatásának figyelembevételére:

$$D_i = D_{ic} \cdot (1 + 4,1 \cdot \text{Mn}\%) \cdot (1 + 2,33 \cdot \text{Cr}\%) \cdot (1 + 2,83 \cdot \text{P}\%) \cdot (1 + 0,64 \cdot \text{Si}\%) \cdot (1 + 0,52 \cdot \text{Ni}\%) \cdot (1 + 3,14 \cdot \text{Mo}\%) \cdot (1 + 0,27 \cdot \text{Cu}\%) \cdot (1 - 0,62 \cdot \text{S}\%) \quad [\text{mm}] \quad (1.3)$$

### Moser-Legat módszer

Moser és Legat tovább finomította a Grossman által kifejlesztett módszert. Első lépésben egyszerre veszi figyelembe a karbon-tartalmat és a szemcseméretet egy másik összefüggés alkalmazásával:

$$D_{ic} = k \cdot \sqrt{C\%} \quad [\text{mm}] \quad (1.4),$$

ahol a k szemcsemérettől függő állandó, lehetséges értékei az 1. táblázatban olvashatóak. Az ötvözők figyelembevételére Moser és Legat a következő összefüggést javasolja:

$$D_i = D_{ic} \cdot 2,21^{\text{Mn}\%} \cdot 1,4^{\text{Si}\%} \cdot 2,13^{\text{Cr}\%} \cdot 3,275^{\text{Mo}\%} \cdot 1,47^{\text{Ni}\%} \quad [\text{mm}] \quad (1.5)$$

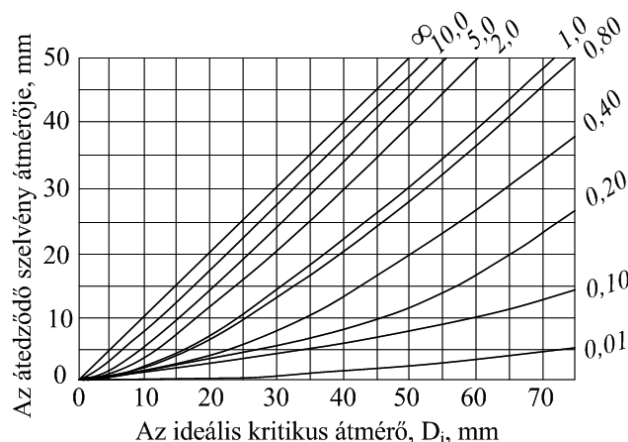
A Grossman és a Moser-Legat módszer eredményeképpen kiszámított ideális kritikus átmérő jelenti az adott anyag esetében ideális hűtési körülmények között az átedzhető (a tengelyvonalában legalább 50% martenzitet tartalmazó) átmérőt. Az adott hűtési viszonyok mellett nomogram segítségével lehet meghatározni (1. ábra), használatához ismerni kell az adott hűtőközeg hűtési erélyességét (pl. nyugvó levegő 0,02; nyugvó víz 1,0 mm<sup>-1</sup>).

### 1.4. A Jominy görbe számítása, Just módszer

Nemcsak a kritikus átmérő meghatározására van lehetőség, hanem a kémiai összetétel alapján számítható a Jominy görbe és így meghatározható az átedzhető szel-

vényméret. Just többféle képletet dolgozott ki a Jominy görbe számítására:

- általánosan acélokra (J<sub>6-80</sub>)
- acélsoportokra
  - betétben edzhető (J<sub>6-40</sub>)
  - nemesíthető
- 1% körüli Cr tartalmú acélokra (J<sub>változó szorzók</sub>)



1. ábra Nomogram az átedzhető szelvény méret meghatározásához

A felsorolt módszerek közül az első két esetben egy konkrét összefüggést ad meg Just, míg az utolsó esetben a véglaptól való távolság függvényében más az egyes ötvözők szorzótényezője (2. táblázat).

## 2. AZ ELVÉGZETT KÍSÉRLETEK ÉS SZÁMÍTÁSOK

A fent bemutatott számítási módszereket ismerve úgy gondoltuk, hogy érdemes ellenőrizni azok pontosságát. Egy adott helyzetben szükség lehet arra, hogy még anyagválasztás előtt képet kapjunk egy bizonyos anyagminőség edzhetőségéről. Ilyen helyzetekben még a pontos vegyelemzés eredményei sem állnak rendelkezésünkre, csak az adott anyag szabványos kémiai összetétele vagy annak tartománya.

Az adagelemzés eredményét nem ismerve a számításainkat minden esetben háromféleképpen végeztük el. A szabványos összetétel-tartományból kiindulva meghatároztuk minden módszer esetében az átedződő szelvényméretet három kémiai összetétel használatával, ezek voltak:

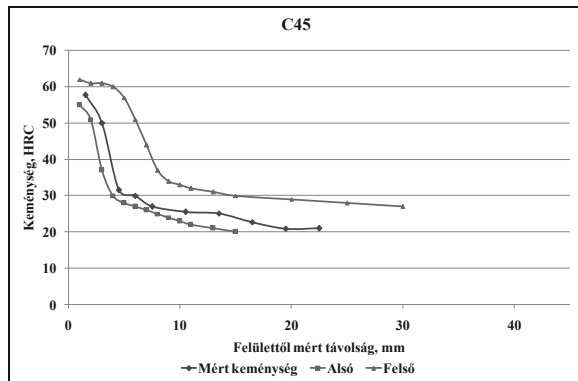
- a szabványos összetétel alsó határértéke,
- a szabványos összetétel középértéke,
- a szabványos összetétel felső határértéke.

### 2.1. Kísérleti eredmények - Jominy vizsgálat

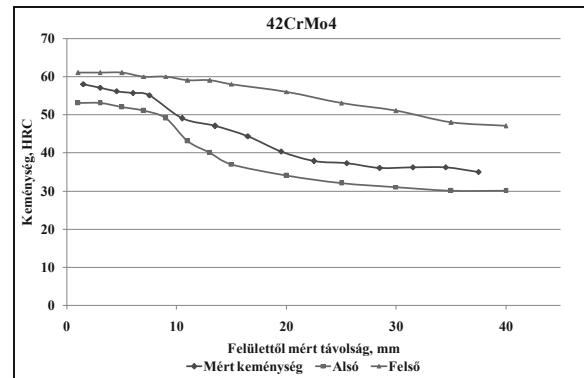
A kutatás célja az előzőekben leírtak alapján az volt, hogy három anyagminőség esetében végrehajtsuk a Jominy vizsgálatot, valamint a szabványos kémiai összetételt alapul véve alkalmazzuk a számítási módszereket. A kapott eredmények alapján megállapítható az egyes módszerek közelítési pontossága.

A kísérletek során használt anyagok kémiai összetétele a 5. táblázatban található. A Jominy görbét mindhárom esetben megrajzoltuk és összehasonlítottuk az adott anyag szabványos Jominy sávjával (2.-4. ábra). Jól látható, hogy a mért értékek a Jominy sávba estek, így az anyagminőségek megfeleltek a szabványnak.

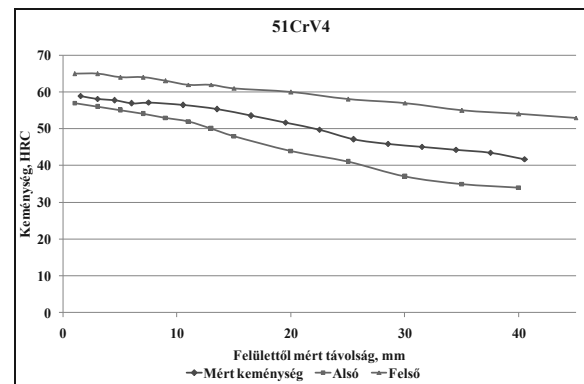
Az is megállapítható, hogy a mért eredmények inkább az alsó határértékhez vannak közelebb.



2. ábra C45 Jominy eredmények



3. ábra 42CrMo4 Jominy eredmények



4. ábra 51CrV4 Jominy eredmények

### Kritikus átmérő számítás a Jominy eredményekből

A Jominy vizsgálat után kiszámítottuk az eredmények alapján a kritikus átmérőt. Ennek meghatározásához először az 50% martenzithez tartozó kritikus keménységre van szükség (4. táblázat).

4. táblázat A kritikus keménység értékei

	C, %	HRC	HV
C45	0,42	44,5	440
	0,46	46,4	465
	0,5	48	485
42CrMo4	0,38	42,6	418
	0,415	44,3	438
51CrV4	0,45	46	460
	0,47	46,9	470
	0,51	48,5	492
	0,55	50	512

5. táblázat A kísérletek során használt anyagok szabványos kémiai összetétele, tömeg%

	C	Si	Mn	P, S	Cr	Mo	Ni	V
<b>C45</b>	0,42-0,50	≤0,4	0,50-0,80	≤0,035	≤0,40	≤0,10	≤0,4	-
<b>42CrMO4</b>	0,38-0,45	≤0,4	0,60-0,90	≤0,035	0,90-1,20	0,15-0,30	-	-
<b>51CrV4</b>	0,47-0,55	≤0,4	0,70-1,10	≤0,035	0,90-1,20	-	-	0,10-0,25

Ennek ismeretében meghatározható a kritikus távolság értéke a Jominy görbén, majd ezután a kritikus átmérő (6. táblázat). Az ily módon meghatározott értékek voltak a számítások során a viszonyítási pontok.

6. táblázat A kritikus távolság és átmérő értékei

	C, %	$l_{krit}$ , mm	$D_{krit}$ , mm		
			Víz	Olaj	Levegő
C45	0,42	3,45	16,90	9,20	-
	0,46	3,28	15,90	8,70	-
	0,5	3,13	15,20	8,30	-
42CrMo4	0,38	17,15	63,00	46,00	5,50
	0,415	15,83	60,00	42,00	5,00
	0,45	14,55	52,00	37,00	4,30
51CrV4	0,47	25,20	83,00	68,00	8,60
	0,51	23,18	76,00	62,00	7,60
	0,55	21,30	72,00	58,00	6,90

## 2.2. Számítási eredmények

A kísérletek elvégzése után kiszámítottuk a fent ismertetett módszerekkel a kritikus átmérőt. A számítási módszerek során további változó az austenit szemcseméret, amelynek két lehetséges értékével végeztük el a számításokat:  $n=6$  és  $n=7$ .

### Grossman módszer

A Grossman módszerrel meghatározott kritikus átmérők értékeit tartalmazza a 7-9. táblázat.

7. táblázat Grossman módszer, C45

Kémiai összetétel	$n$	$D_i$ , mm	$D_{krit}$ , mm		
			Víz	Olaj	Levegő
Alsó határérték	6	18,4443	10,17	5,05	2,29
	7	17,0780	9,11	5,00	2,05
Középső határérték	6	50,8617	40,00	28,82	8,00
	7	47,0942	36,79	26,17	7,35
Felső határérték	6	116,9539	106	86	35
	7	108,2907	99	79	33

8. táblázat Grossman módszer, 42CrMo4

Kémiai összetétel	$n$	$D_i$ , mm	$D_{krit}$ , mm		
			Víz	Olaj	Levegő
Alsó határérték	6	90,6691	81	64	25
	7	83,9529	76	58	22
Középső határérték	6	168,7088	156	136	65
	7	156,2119	143	125	57
Felső határérték	6	292,2612	-	-	-
	7	270,6122	-	-	-

9. táblázat Grossman módszer, 51CrV4

Kémiai összetétel	$n$	$D_i$ , mm	$D_{krit}$ , mm		
			Víz	Olaj	Levegő
Alsó határérték	6	76,6723	68	51	17
	7	70,9929	64	47	15
Középső határérték	6	126,1356	122	103	45
	7	116,7922	107	88	37
Felső határérték	6	195,4681	-	-	-
	7	180,9889	-	-	-

### Moser-Legat módszer

A Moser-Legat módszer eredményei a 10-12. táblázatban találhatóak.

10. táblázat Moser-Legat módszer, C45

Kémiai összetétel	$n$	$D_i$ , mm	$D_{krit}$ , mm		
			Víz	Olaj	Levegő
Alsó határérték	6	24,5675	15,8	9,5	3,5
	7	23,4114	15,0	8,9	3,2
Középső határérték	6	41,2952	31,1	21,2	7,2
	7	39,3519	29,0	19,7	5,9
Felső határérték	6	69,1497	61	45	15
	7	65,8956	58	43	14

11. táblázat Moser-Legat módszer, 42CrMo4

Kémiai összetétel	$n$	$D_i$ , mm	$D_{krit}$ , mm		
			Víz	Olaj	Levegő
Alsó határérték	6	59,6885	52	37	11
	7	56,8796	48	35	10
Középső határérték	6	92,0037	83	64	25
	7	87,6741	79	61	24
Felső határérték	6	141,3089	131	111	49
	7	134,6591	124	105	45

12. táblázat Moser-Legat módszer, 51CrV4

Kémiai összetétel	$n$	$D_i$ , mm	$D_{krit}$ , mm		
			Víz	Olaj	Levegő
Alsó határérték	6	60,1458	53	38	12
	7	57,3154	49	36	10
Középső határérték	6	87,9635	79	62	24
	7	83,8240	76	58	23
Felső határérték	6	128,2507	117	98	42
	7	122,2154	112	93	39

## Just módszer

A Just által megadott összefüggések mellett mindig szerepel egy alkalmazhatósági határérték a kémiai összetételre vonatkozóan (3. táblázat). Az általunk használt anyagminőségek közül a C45 nem felel meg az alkalmazhatósági határoknak, így ezt a módszert a 42CrMo4 és az 51CrV4 anyagminőségre alkalmaztuk. Mindkét anyag nemesíthető. Ezek figyelembevételével az alábbi számításokat végeztük el:

- az általános, acélokra vonatkozó képletet használtuk, kétféle ( $n=6, 7$ ) szemcsemérettel ( $J_{6-40}$ )
- a nemesíthető acélokra vonatkozó képletet ( $J_{6-80}$ )
- az 1% Cr tartalmú acélokra vonatkozó változó szorzótényezőket tartalmazó táblázatot (továbbiakban: változó szorzók).

13. táblázat Just módszer, 42CrMo4

C, %	D <sub>krit</sub> , mm			
	J6-80, n=6			
	l <sub>krit</sub> , mm	Víz	Olaj	Levegő
0,38	36,15	115,00	97,00	12,80
0,415	32,50	103,00	86,00	11,30
0,45	25,55	86,00	68,50	8,60
J6-80, n=7				
0,38	33,15	108,00	90,00	11,80
0,415	27,90	92,00	74,00	9,60
0,45	23,75	75,00	60,80	7,30
J6-40				
0,38	37,30	118,00	99,50	13,20
0,415	30,10	99,00	79,50	10,50
0,45	25,50	81,50	67,50	8,50
Változó szorzók				
0,38	18,45	65,50	48,00	6,00
0,415	17,20	63,00	46,00	5,50
0,45	15,90	59,50	42,00	4,90

### 2.3. A mérési és számítási eredmények összehasonlítása

A számítások után a munka legfontosabb része a kísérleti és a számítási eredménye összehasonlítása.

Az összehasonlításkor figyelembe kell venni, hogy kétféle módszercsoporttal próbáltuk megközelíteni a kísérleti eredményeket. Az egyik csoportba tartoztak a közvetlenül a kritikus átmérő meghatározására szolgáló módszerek: a Grossman valamint a Moser-Legat. Az elméleti módszerek másik csoportját a Just képlet különböző változatai alkotják. Ahol lehetséges volt, igyekeztünk kijelölni mindkét csoportból a kísérleti eredményeket legjobban megközelítő módszert.

14. táblázat Just módszer, 51CrV4

C, %	D <sub>krit</sub> , mm			
	J6-80, n=6			
	l <sub>krit</sub> , mm	Víz	Olaj	Levegő
0,47	23,70	78,00	65,00	7,90
0,51	20,50	70,00	55,00	6,80
0,55	17,94	64,50	47,50	5,90
J6-80, n=7				
0,47	22,00	73,00	59,00	7,10
0,51	19,05	68,00	51,00	6,20
0,55	16,64	61,00	48,00	5,20
J6-40				
0,47	31,00	99,90	81,00	10,80
0,51	26,35	87,00	70,00	9,00
0,55	23,06	77,00	62,00	7,60
Változó szorzók				
0,47	17,85	68,00	51,00	5,70
0,51	16,10	60,00	42,50	5,10
0,55	14,50	53,00	37,50	4,40

Abban az esetben, ha két módszer is megközelítette a módszercsoportból a kísérleti eredményeket úgy, hogy az egyik kisebb volt a másik pedig nagyobb, akkor a kettő közül a kisebbet választottuk. Ennek oka az volt, hogy ha egy adott felhasználó csak a számítási eredmények alapján dönti el, hogy melyik anyagminőséget válassza, ha az adott anyag esetében a ténylegesnél kisebb érték alapján hoz döntést, akkor a tényleges használat esetén nem fordulhat az elő, hogy az edzés során a számítás pontatlansága miatt nem edződik be a kiszámított keresztmetszet.

Először nézzük meg a C45 anyagminőség eredményeit. Bár a számításokat víz, olaj és levegő esetére is elvégeztük, azonban csak a víz és olaj eredmények használhatók fel, mivel a C45 acél nem edzhető levegőn. Az összehasonlítás eredményeként megállapítható, hogy a Moser-Legat módszer ebben az esetben jobban alkalmazható, mivel azok az eredmények állnak a legközelebb a vizsgálat eredményeihez. A két eredmény közül is a kisebb szemcsemérettel kapott eredmények közelebb állnak a mért értékekhez. Fontos azonban azt is megfigyelni, hogy a legközelebb az eredmények az ötvözőtartalom alsó határértékének használatával állnak. Ha összehasonlítjuk a különböző módszerek eredményeit olajhűtés esetén, akkor ebben az esetben is a Moser-Legat összefüggés bizonyul jobban alkalmazhatónak. Nem lehet azonban eldönteni egyértelműen, hogy melyik szemcseméret a megfelelőbb. A 42CrMo4 esetében mindhárom hűtési módnál a kapott értékeket a mért értékkel összehasonlítva elmondható,

hogy a Moser-Legat módszer ebben az esetben is jobbnak bizonyul, mint a Grossman módszer. A Just képletek közül egyértelműen a változó szorzók módszere a legjobb.

51CrV4 anyagminőség esetében a víz és olajhűtésre vonatkozó eredmények összehasonlításakor elmondható, hogy a Grossman módszer, és a Just képlet általános acélokra vonatkozó változata a két legmegfelelőbb. Mindkét esetben a 6-os szemcseméret számítási eredményei állnak legközelebb a vizsgálati eredményekhez. 51CrV4 anyagminőség levegőhűtésre vonatkozó eredményeit összehasonlítva elmondható, hogy ebben az esetben a Moser-Legat módszer valamint a Just képlet általános alakja adja a legjobb közelítést.

### 3. ÖSSZEFOGLALÁS

Az eredmények hasznosíthatóságának összefoglalásaként elmondható, hogy C45 anyagminőség esetében a Grossman módszer a legmegfelelőbb, míg 42CrMo4 esetében a Just képlet változó szorzótényezőket alkalmazó változata. 51CrV4 anyagminőség esetében pedig a Just képlet általános, acélokra vonatkozó alakja.

Meg kell jegyezni, hogy míg a Moser-Legat módszer csak az alsó határérték alkalmazása esetén közelítette meg a vizsgálati eredményeket, addig a Just képlet mindhárom esetben jó közelítést adott. Ez az eredmény azért is indokolt, mert a kohászatban általában az acélokat az alsó összetételi határnak megfelelően törekednek gyártani, hogy az esetleges eltérések esetében biztosan megfeleljen a szabványban előírt értékhatároknak. Ez abból adódik, hogy utólag ötvözöt még lehet hozzáadni, de kivenni már nem.

Fontos itt elmondani, hogy a számítási eredmények nagy intervallumban történő elhelyezkedésének legfőbb oka a pontos kémiai összetétel ismeretének hiánya. Az acél gyártásakor adagelemzéssel mért vagy utólagos anyagvizsgálati módszerekkel meghatározott kémiai összetétel ismeretében pontosabb eredményeket lehetett volna kapni. Tapasztalati tény, hogy egy empirikus módszer egy adott üzemben megfelelő pontosságú becslést nyújt, amennyiben az alkalmazott összefüggések a saját kísérleti, gyártási adatokra épülnek.

Az empirikus módszerek segítségével akár már az acél gyártási folyamatának során lehetőség van a beavatkozás-

ra, az átédzhetőség befolyásolására megfelelő ötvözőelemek adagolásával.

A fentiek alapján elmondható, hogy az anyagminőségek pontos kémiai összetételének ismeretében a számítási módszerek megfelelő közelítő információt adhatnak az anyag átédzhetőségéről. Az anyag kiválasztás után szükség lehet az acél átédzhetőségének pontos ismeretére. Ennek megállapításához a legpontosabb a kísérleti módszer, a Jominy vizsgálat.

### 4. IRODALOM

- [1] Dr Verő József - Dr Káldor Mihály: Vasötvözetek Fémtena, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, (1971), p113-123.
- [2] Lizák József: Hőkezelés Gyakorlati segédlet, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, (1996), p95-106.
- [3] Dr. Bagyinszki Gyula: Anyagtechnológia alapjai II., Budapest, (2010)
- [4] Dr Zorkóczy Béla: Metallográfia és Anyagvizsgálat, Hőkezelés, Anyagvizsgálat, Tankönyvkiadó, Budapest, (1965)
- [5] Dr Szombatfalvy Árpád: Az Acélok Edzhetősége (Műszaki Könyvkiadó, Budapest, (1967), p17-23.
- [6] University of Cambridge: The Jominy End Quench Test, April 2004
- [7] George Krauss: Principles of Heat Treatment of Steel, American Society for Metals, Metal Park, Ohio 44073, p136-160.
- [8] George E. Totten, Maurice H. Howes: Steel Heat Treatment Hand-book, 1997, Bozidar Liscic: Hardenability, publisher: Marsher Dekker, p93-156.
- [9] E. Just: Formel der Hartbarkeit, Härtereitechnische Mitteilungen 23(2), 1968, p85-100. 70
- [10] A. Moser, A. Legat: Die Berechnung der Härtebarkeit aus der chemischen Zusammensetzung, Härtereitechnische Mitteilungen 24 (2), 1969. p100-105.

### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

„A bemutatott kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.”