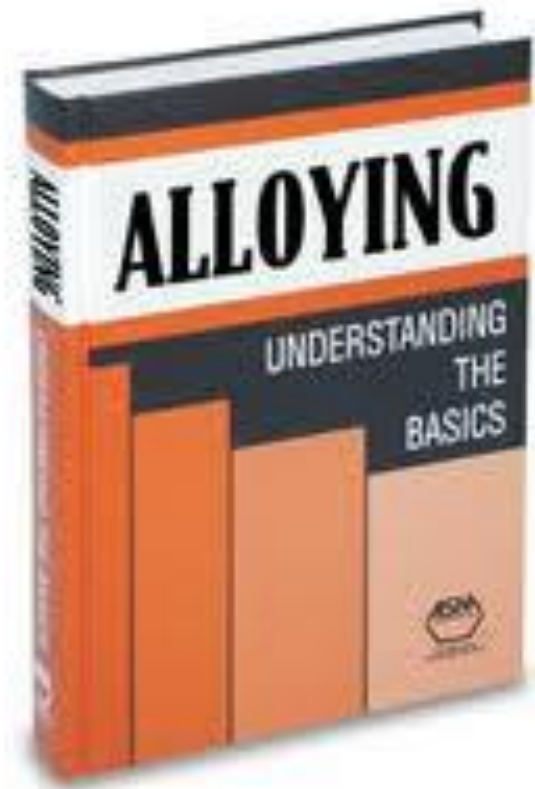


Az ötvözők hatása az acélok tulajdonságaira

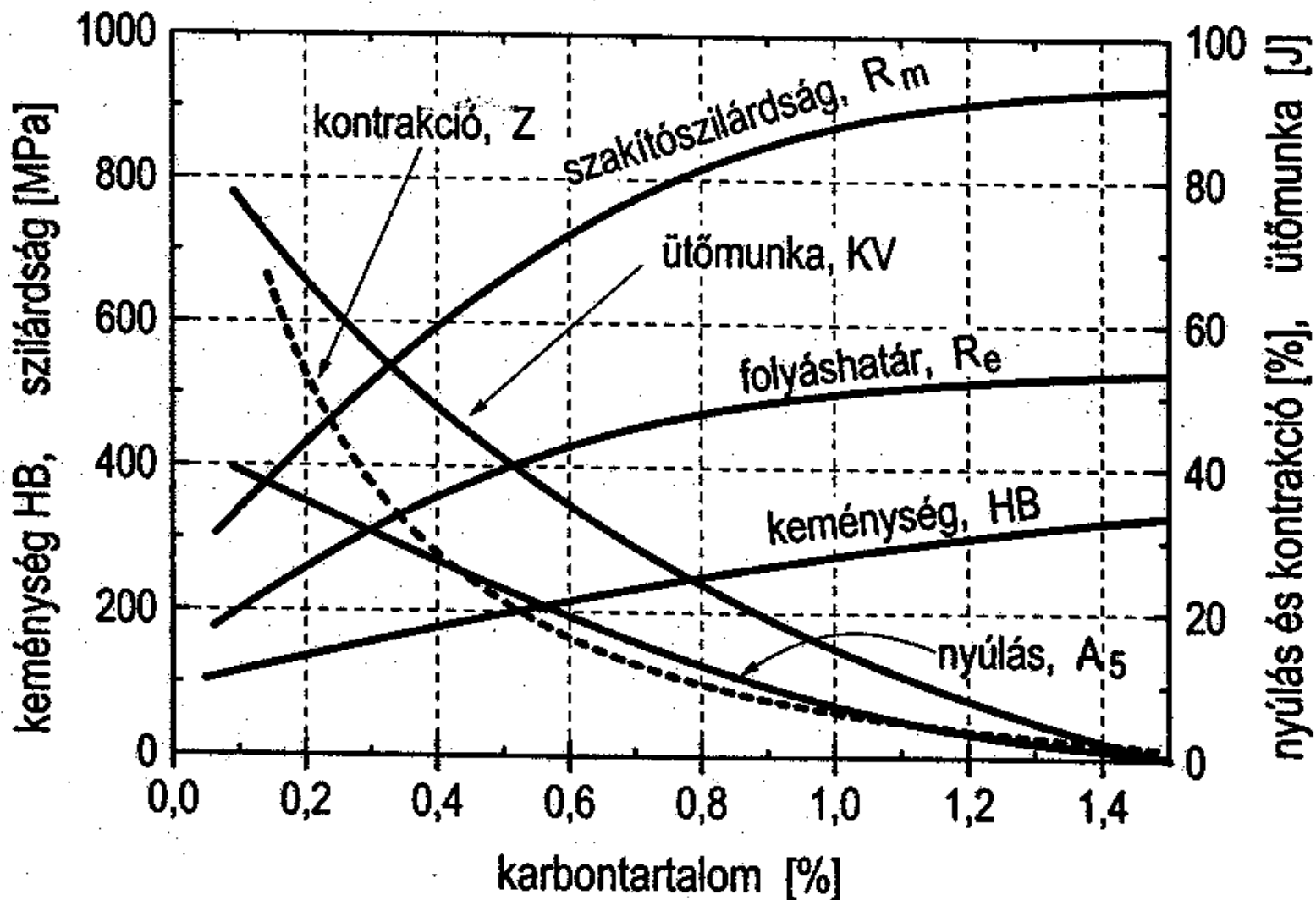
Fémek technológiája

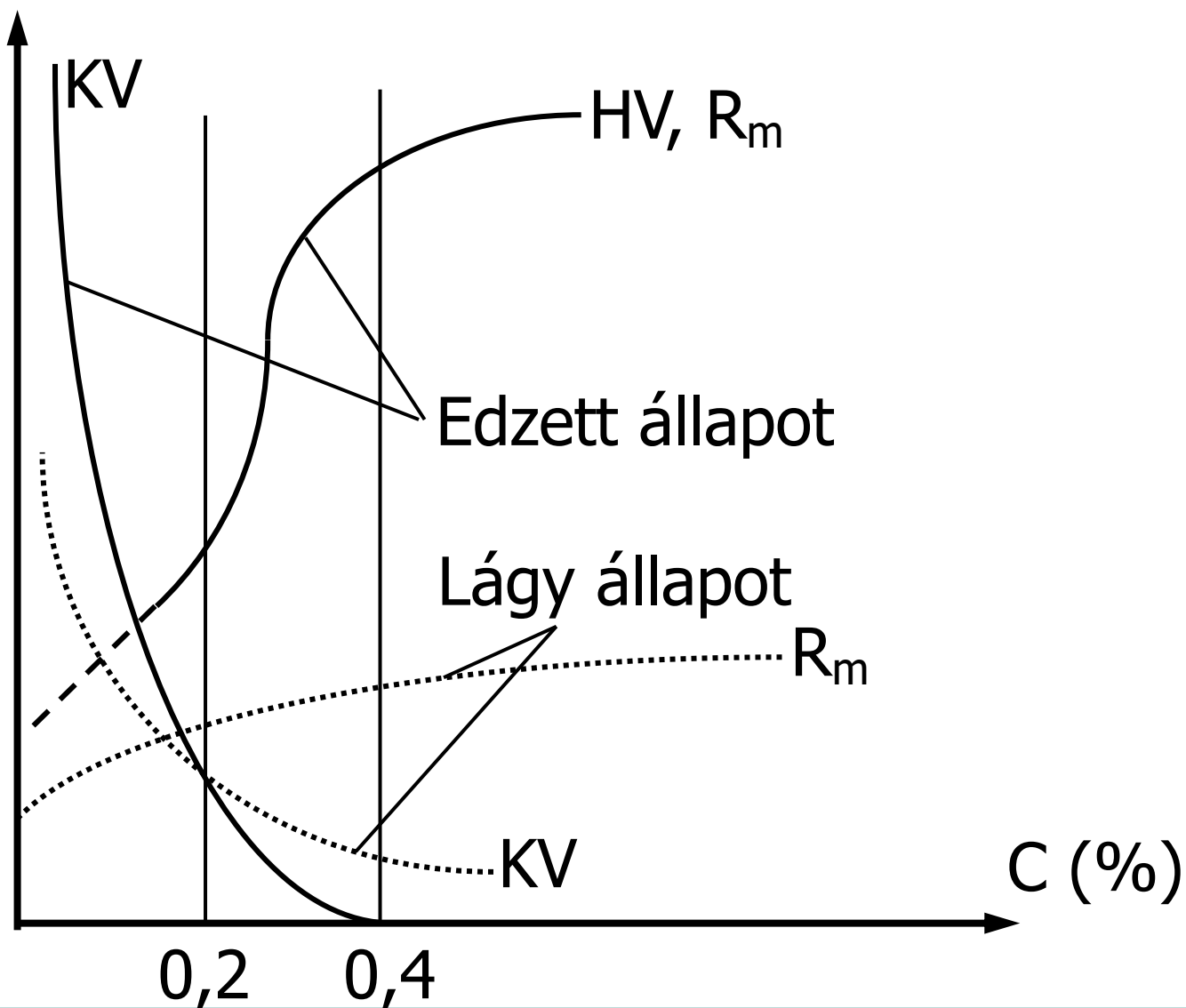
Dr. Orbulov Imre Norbert
Anyagtudomány és Technológia Tanszék

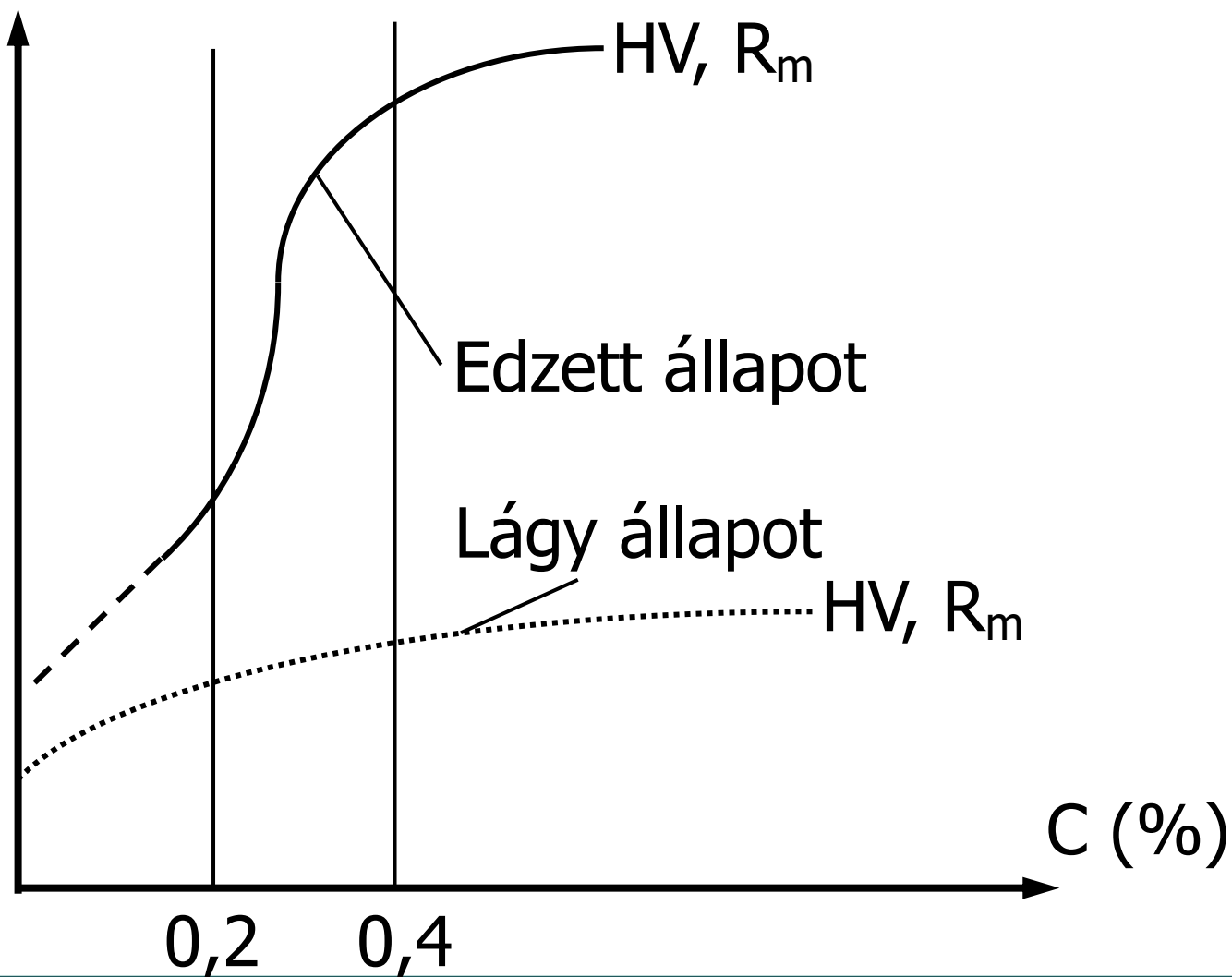
- Alapötvözők és ötvözők
- Szennyezők
- A karbon hatása
- Az ötvözők hatása a
 - Szövetszerkezetre
 - Szemcseméretre
 - Megeresztés állóságra
 - Megeresztési ridegedésre
 - Az átmeneti hőmérsékletre
 - A rekrisztallizációs hőmérsékletre
 - A ferrit mechanikai tulajdonságaira
 - A karbid- és nitridképződésre



- Alapötözők
 - C – elsődleges ötöző
 - Mn – ausztenitképző
 - Si – ferritképző
- Fő szennyezők
 - S – eutektikuma vöröstörékenységet okoz
 - P – eutektikuma vöröstörékenységet okoz
 - O – gázzárványképződést okoz (CO₂)
 - N – „öregít”, az ütőmunkát csökkenti

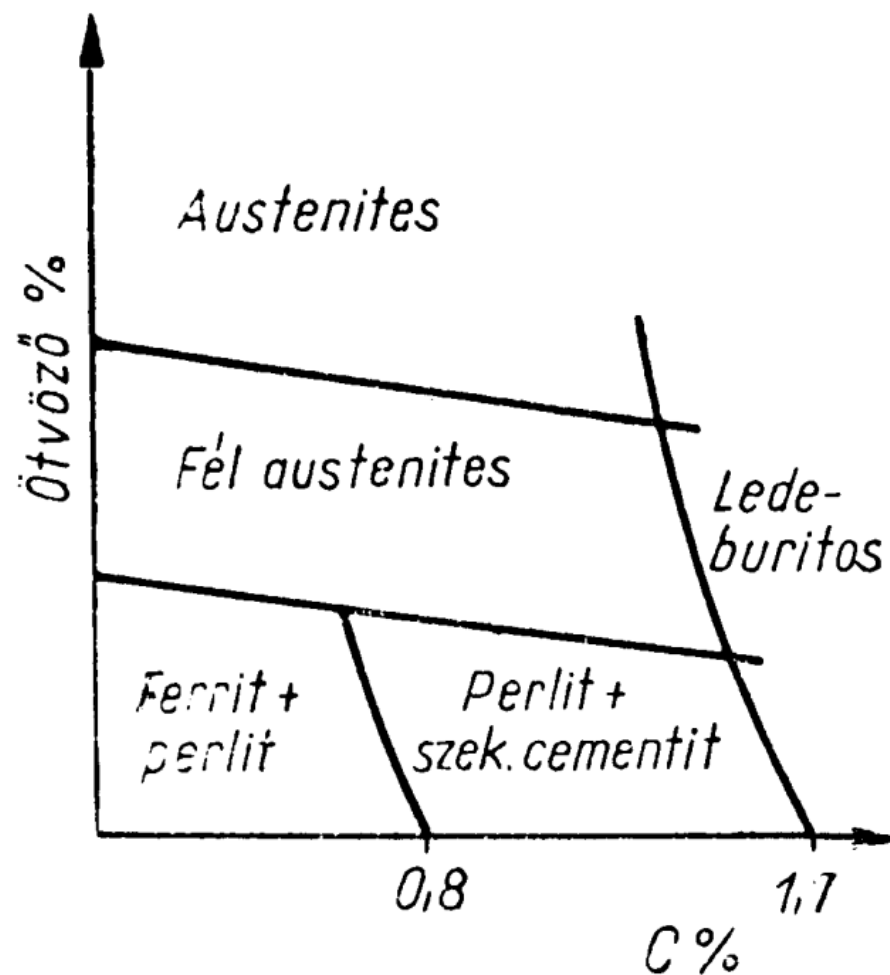
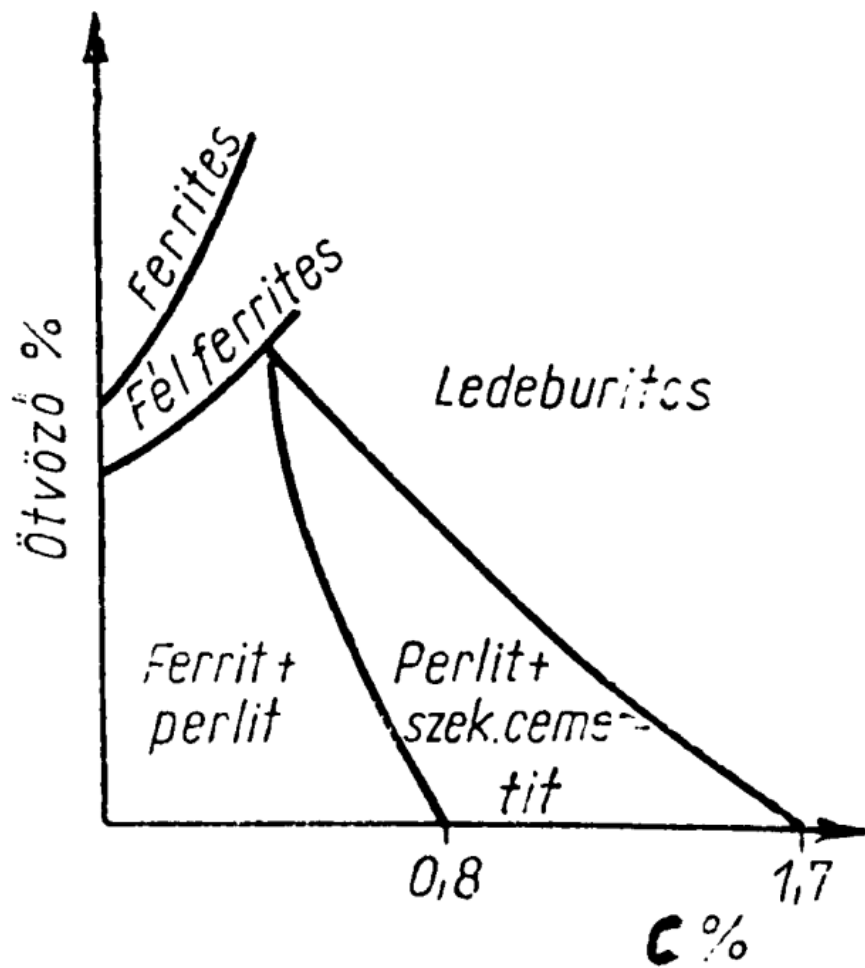


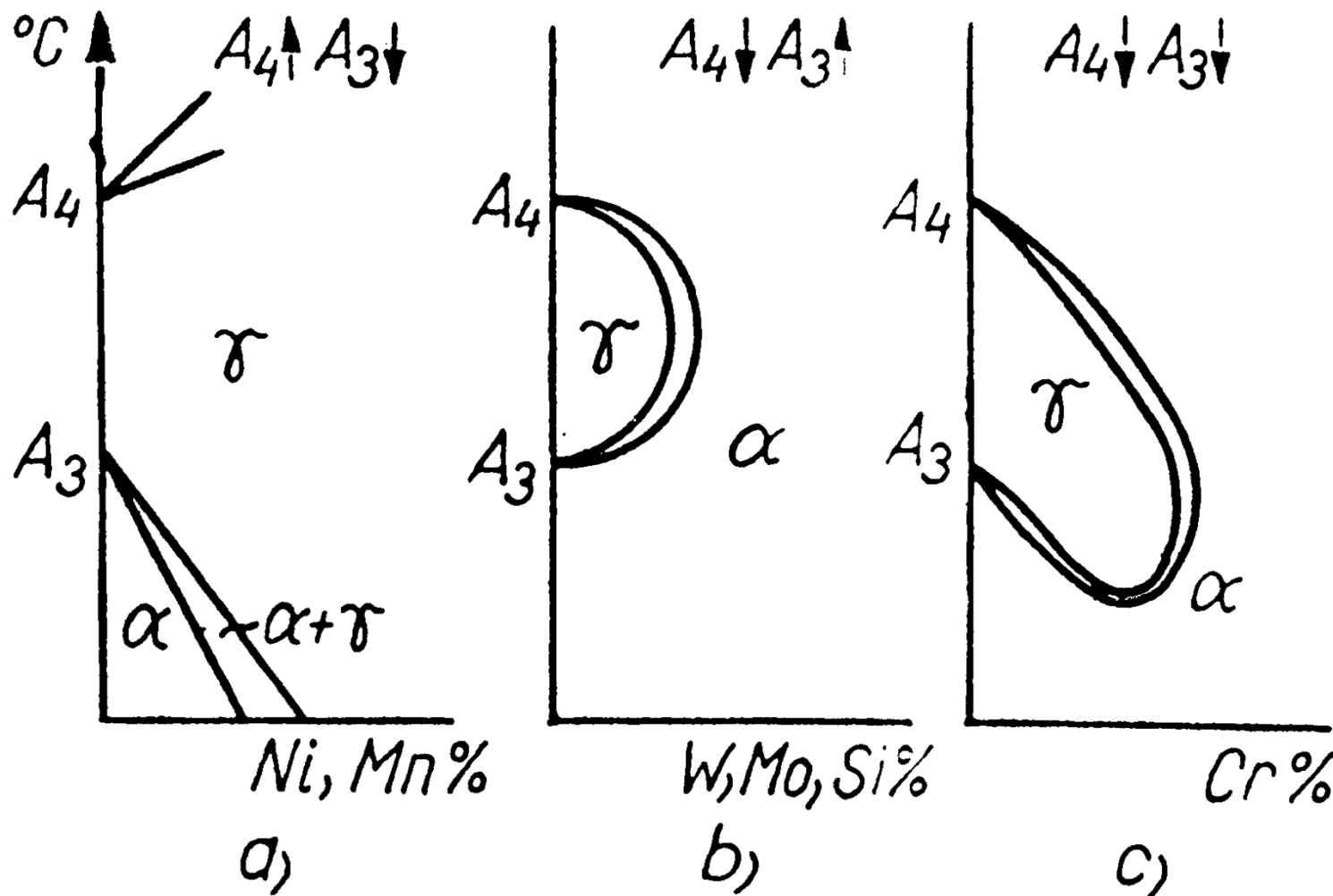




1. Oldódás – ferrit, vagy ausztenit képző
2. A nemegyensúlyi $\gamma \rightarrow \alpha$ átalakulásra
3. Ausztenit szemcsenövekedésre
4. Megeresztésállóságra
5. Megeresztési ridegedésre
6. Képlékeny-rideg átmeneti hőmérsékletre
7. Újrakristályosodási hőmérsékletre

- Nem oldódik
 - Zárvány lesz belőle, nem kedvező
 - S, As, Pb...
- Oldódik
 - Ferritben oldódik jobban – ferritképző
 - Cr, Al, Si, W, Mo, V, Ti
 - Ausztenitben oldódik jobban – ausztenitképző
 - Ni, Mn, C, N, Cu



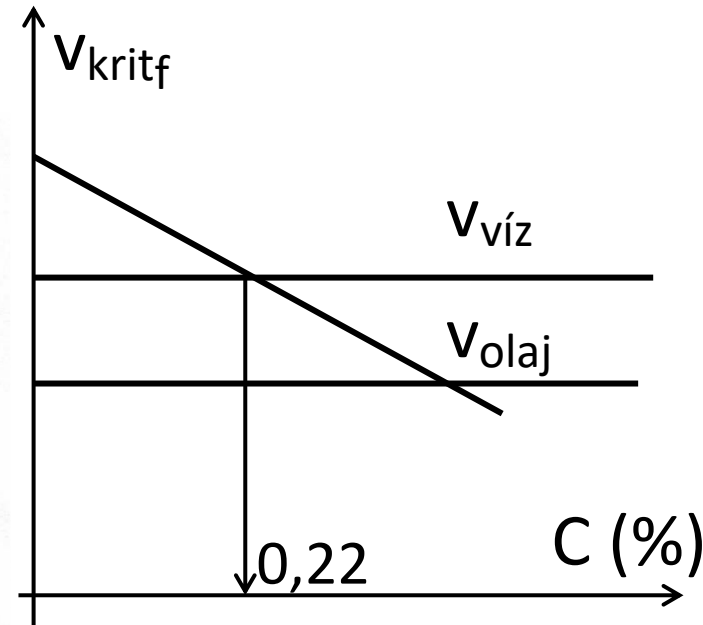


- A Co és Al kivételével minden ötvöző csökkenti az M_s és M_f hőmérsékletet
- A visszamaradó (reszt) ausztenit mennyisége nő
 - Szükség esetén mélyhűtés
- A nemegyensúlyi átalakulási görbék jobbra és lefelé tolódnak el
 - A kritikus lehűlés sebesség csökken
- Edzhetőség – átedzhetőség (kitérő)

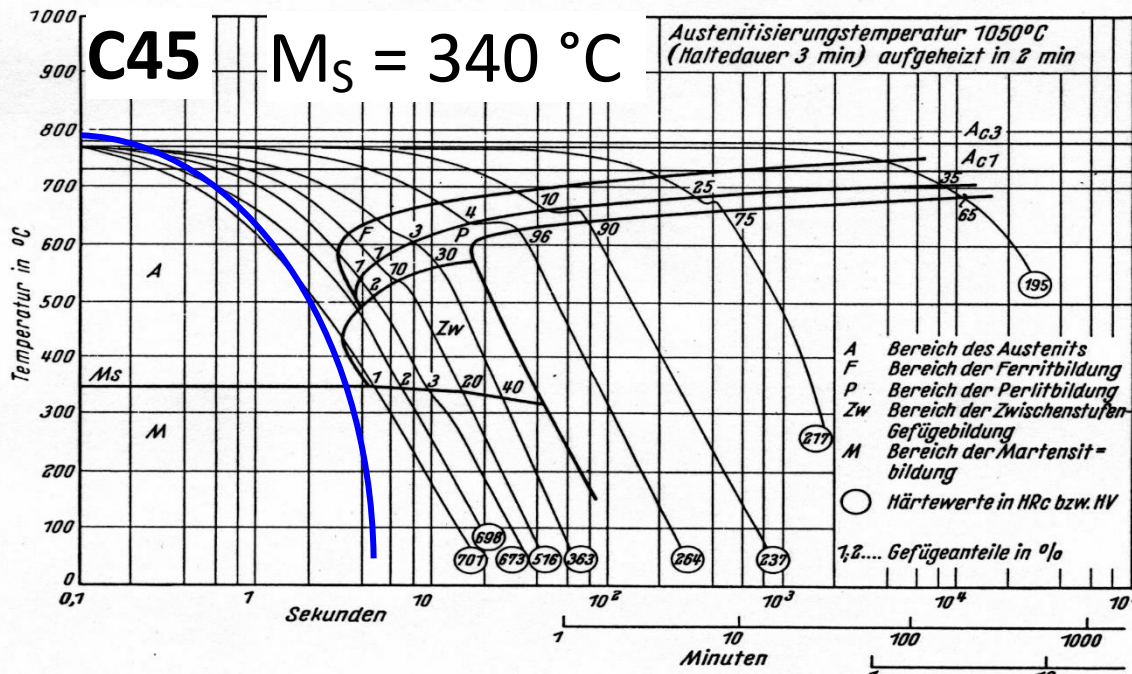
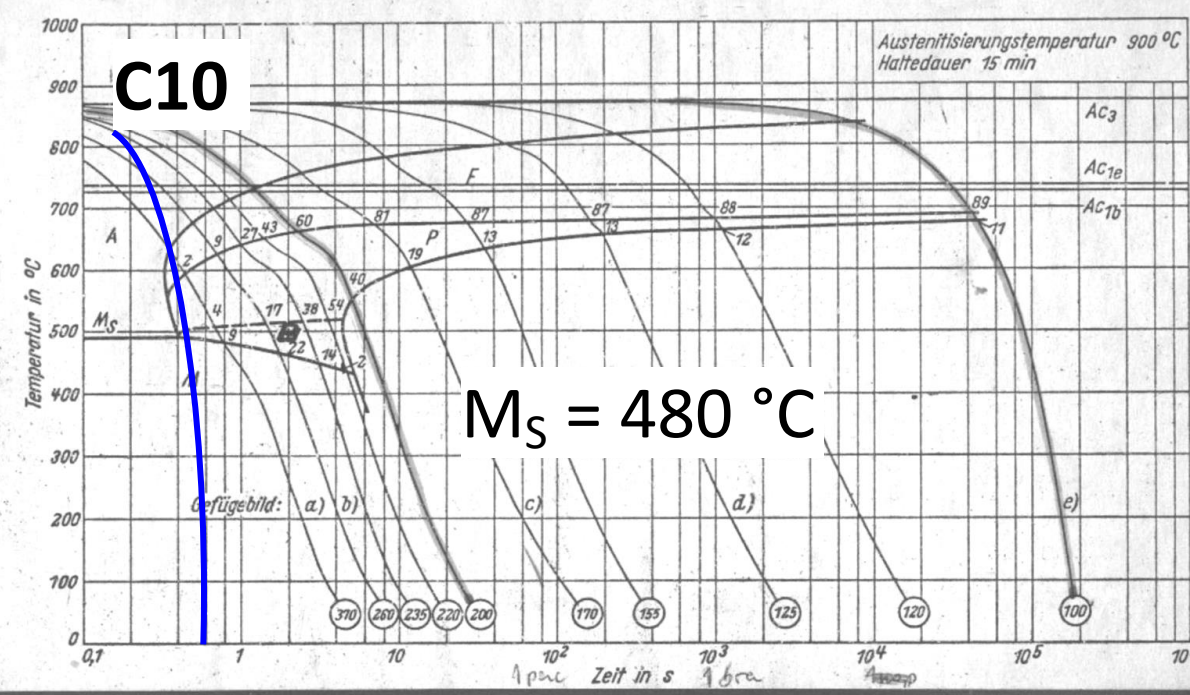
- Az edzés nagyon fontos, mert nemesítéssel (edzés+megeresztés), allotróp átalakulással a tulajdonságok tág határok között befolyásolhatók
- Feltételek
 - Hevítés A_3 + $\sim 50^\circ\text{C}$ hőmérsékletre
 - Hőntartás teljes ausztenitesítésig
 - Lehűtés a kritikus lehűtési sebességnél gyorsabban
 - Gyakorlati feltétel: $C > 0,2\%$

A gyakorlati feltétel

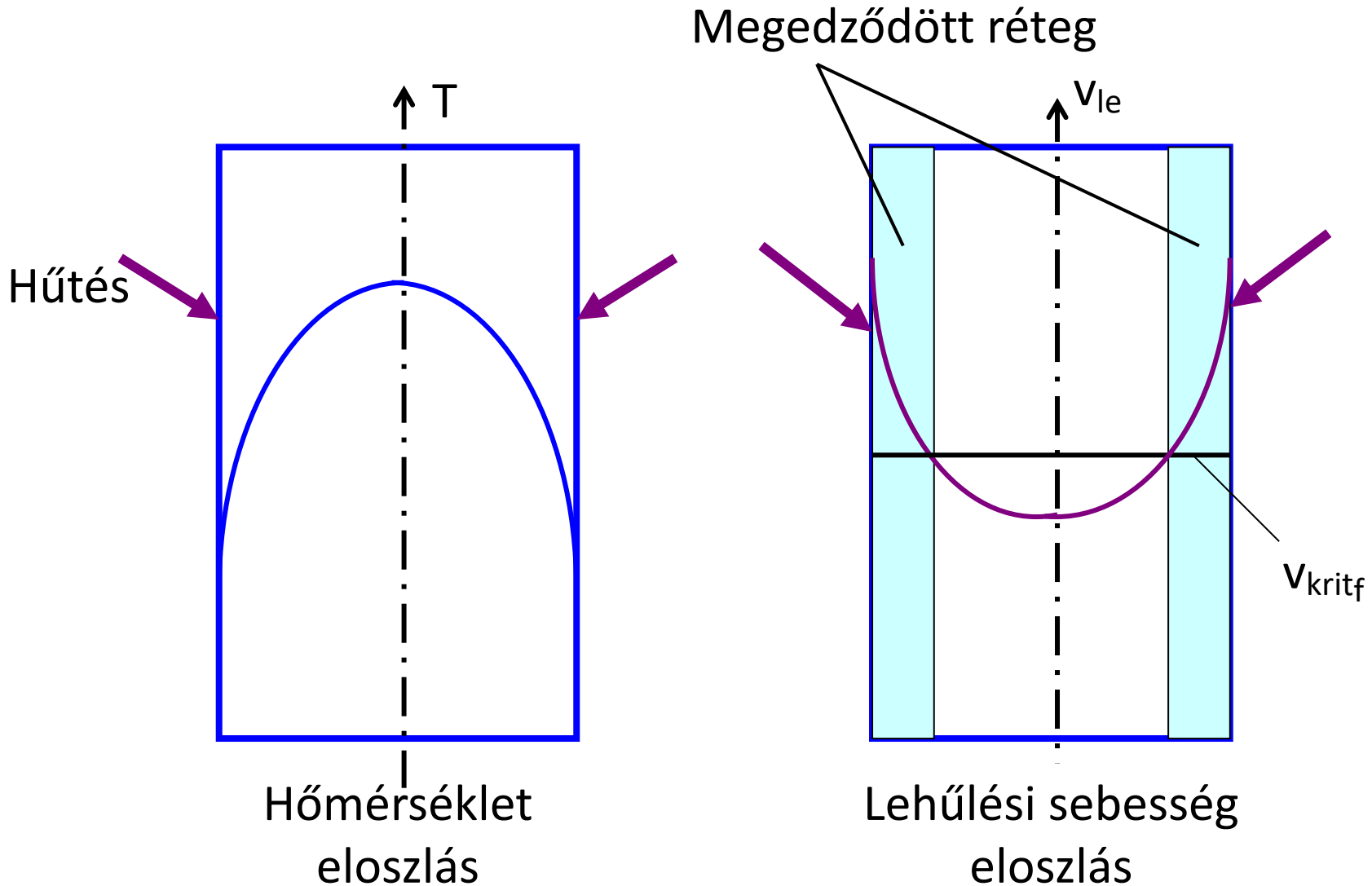
Az ötvözők csökkentik a kritikus lehűlési sebességet és a M_s hőmérsékletet

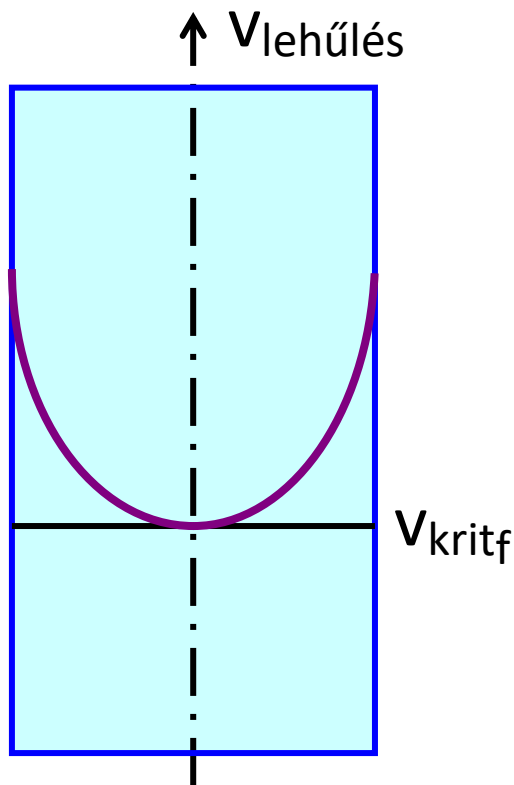


Az edzhetőség gyakorlati határa



- Fontos kérdés, hogy az acél milyen mélységben, milyen átmérőben edződik meg?
 - Az eltéréseket a hővezetés jelensége okozza
- Ha a hűtési sebesség a darab minden pontjában nagyobb a kritikus hűtési sebességnél, akkor a darab teljes egészében átedződik
 - Martenzit + bainit, a gyakorlatban 50% martenzit
- Mérés és számítás

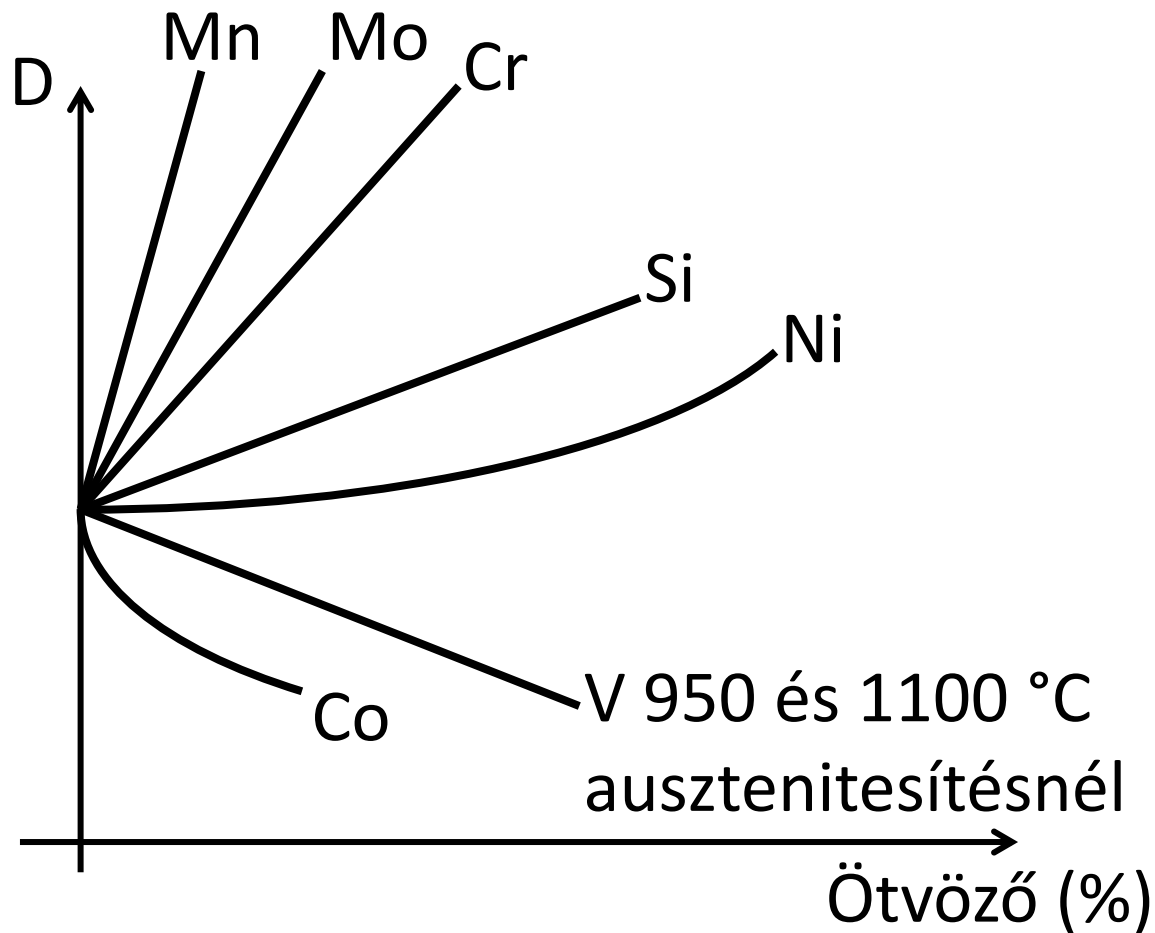




- Az átedzhető szelvényátmérő az az átmérő, amelynél az adott hűtőközeg esetében, a darab legbelső pontja is legalább a kritikus (felső) lehűlési sebességgel hűl le.

Adott hűtőközegré

- $D = D(\text{kémiai összetétel, hűtőközeg, szemcseméret, kívánt martenzit mennyiség})$



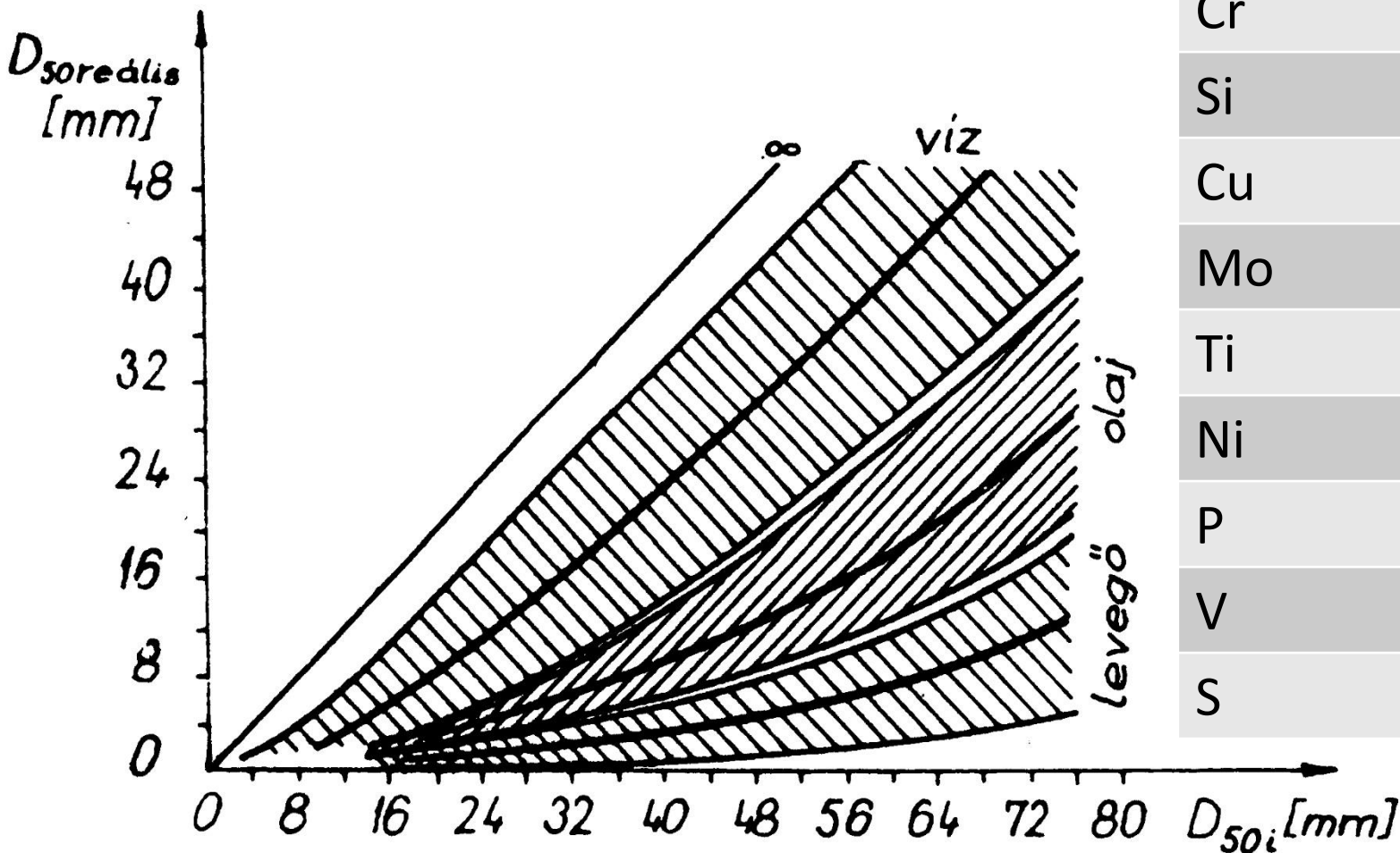
- Grossmann szerint az ideális átedzhető szelvényátmérő 50% martenzit tartalomnál

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

- Ahol:
 - C a karbontartalom (t%)
 - n: szemcsefinomsági mérőszám
 - Me_i : az i-dik fém mennyisége (t%)
 - f_{Me_i} : az i-dik fém állandója
- A reális átedzhető szelvényátmérő

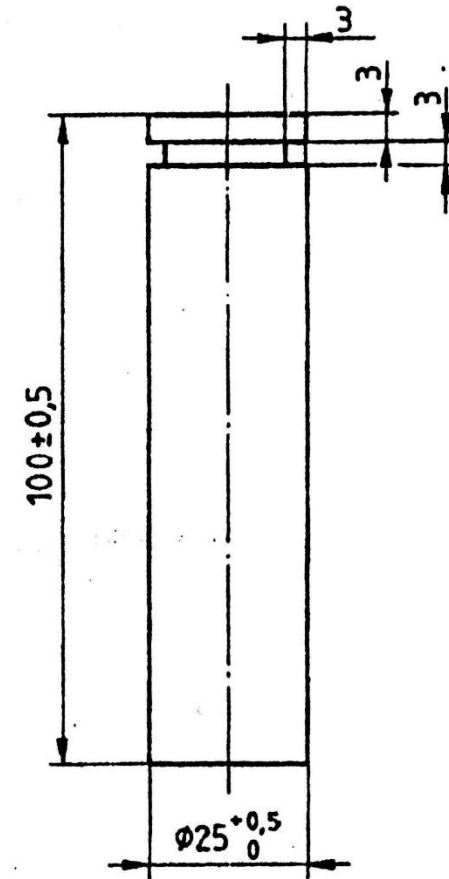
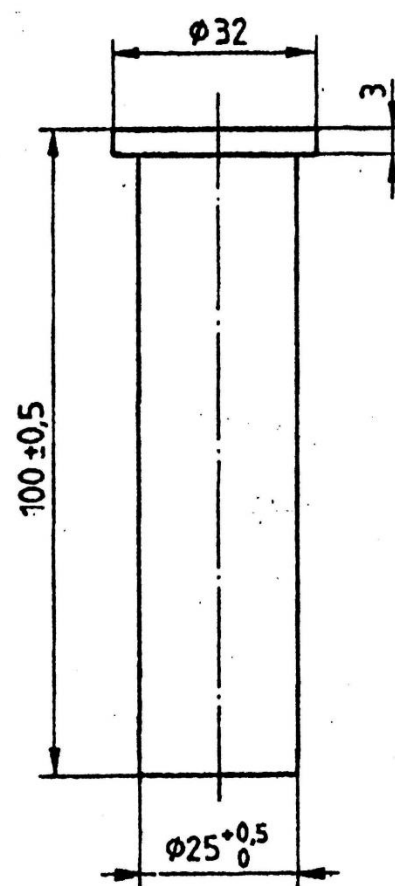
$$D_{re} = D_{id} \eta_{közeg}$$

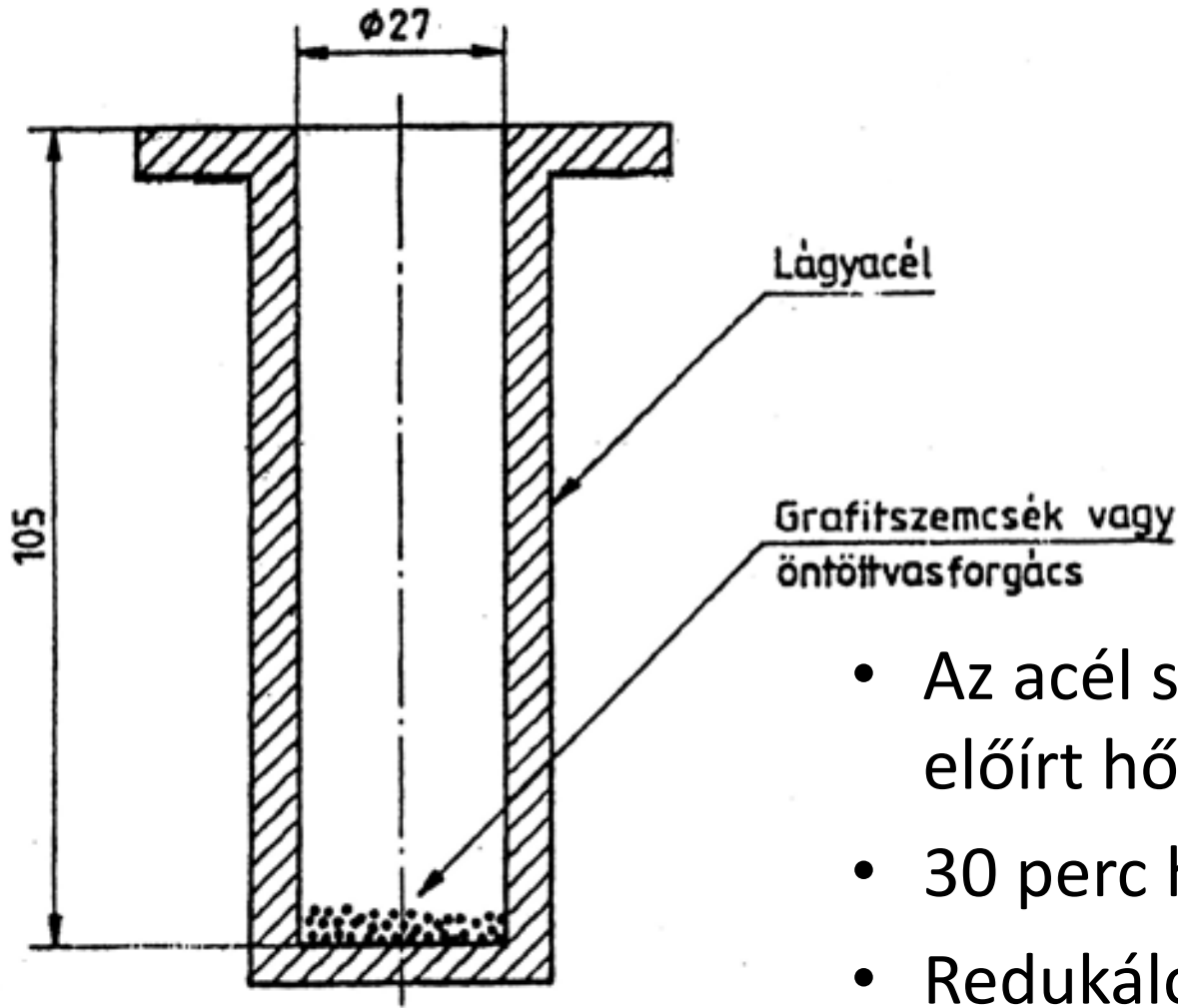
- $\eta_{víz} = 0,75$
- $\eta_{olaj} = 0,5$
- $\eta_{levegő} = 0,25$



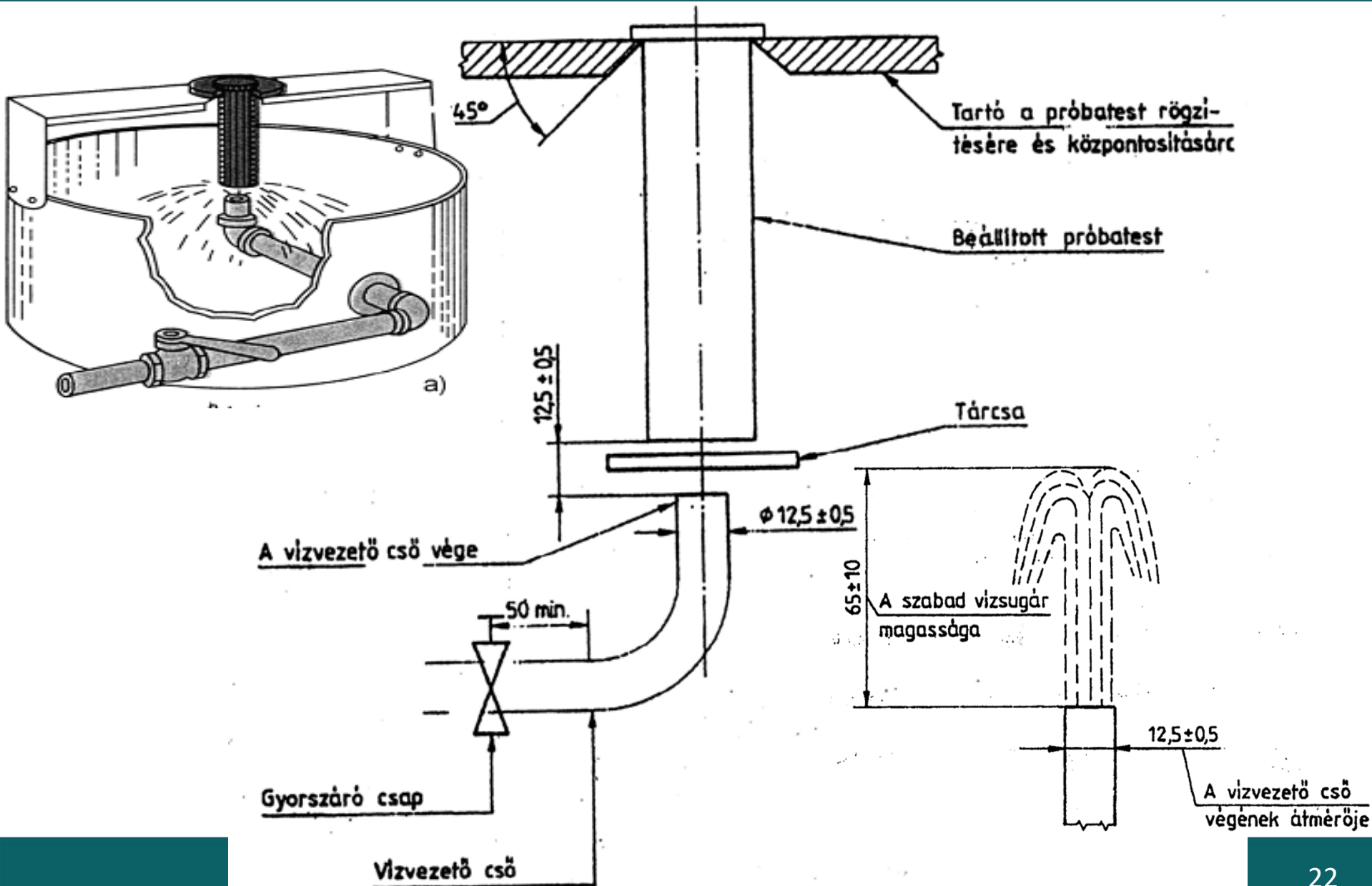
Elem vegyjele	f_{Mei}
Mn	4,10
Cr	2,33
Si	0,64
Cu	0,27
Mo	3,14
Ti	5,70
Ni	0,52
P	2,83
V	1,73
S	-0,62

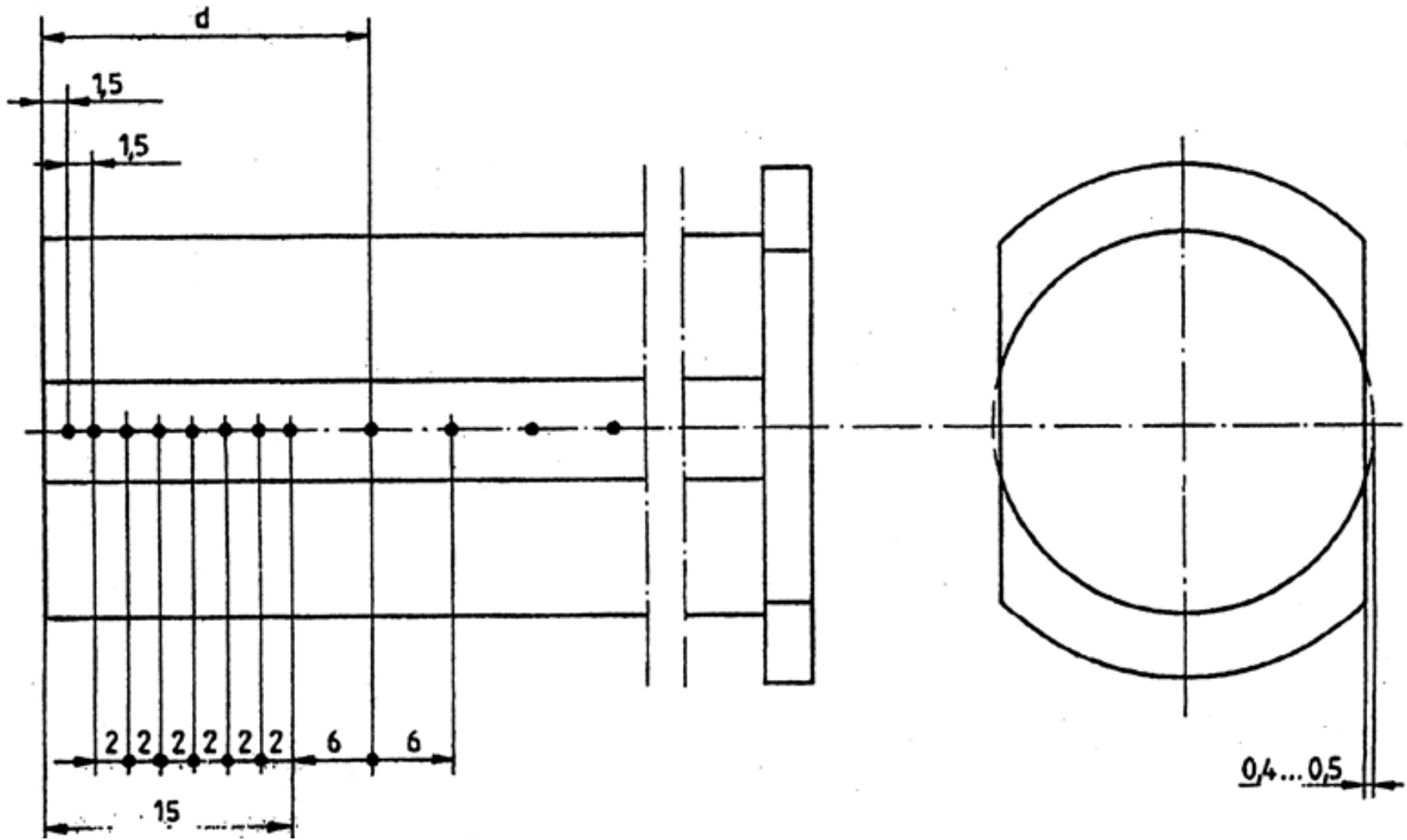
- Véglapedzési próba, vagy Jominy-próba
- Szabványosított
 - Próbatest
 - Hűtési feltételek
- Menete
 - Ausztenitesítés
 - Hűtés véglapról
 - Keménységmérés
 - Kiértékelés

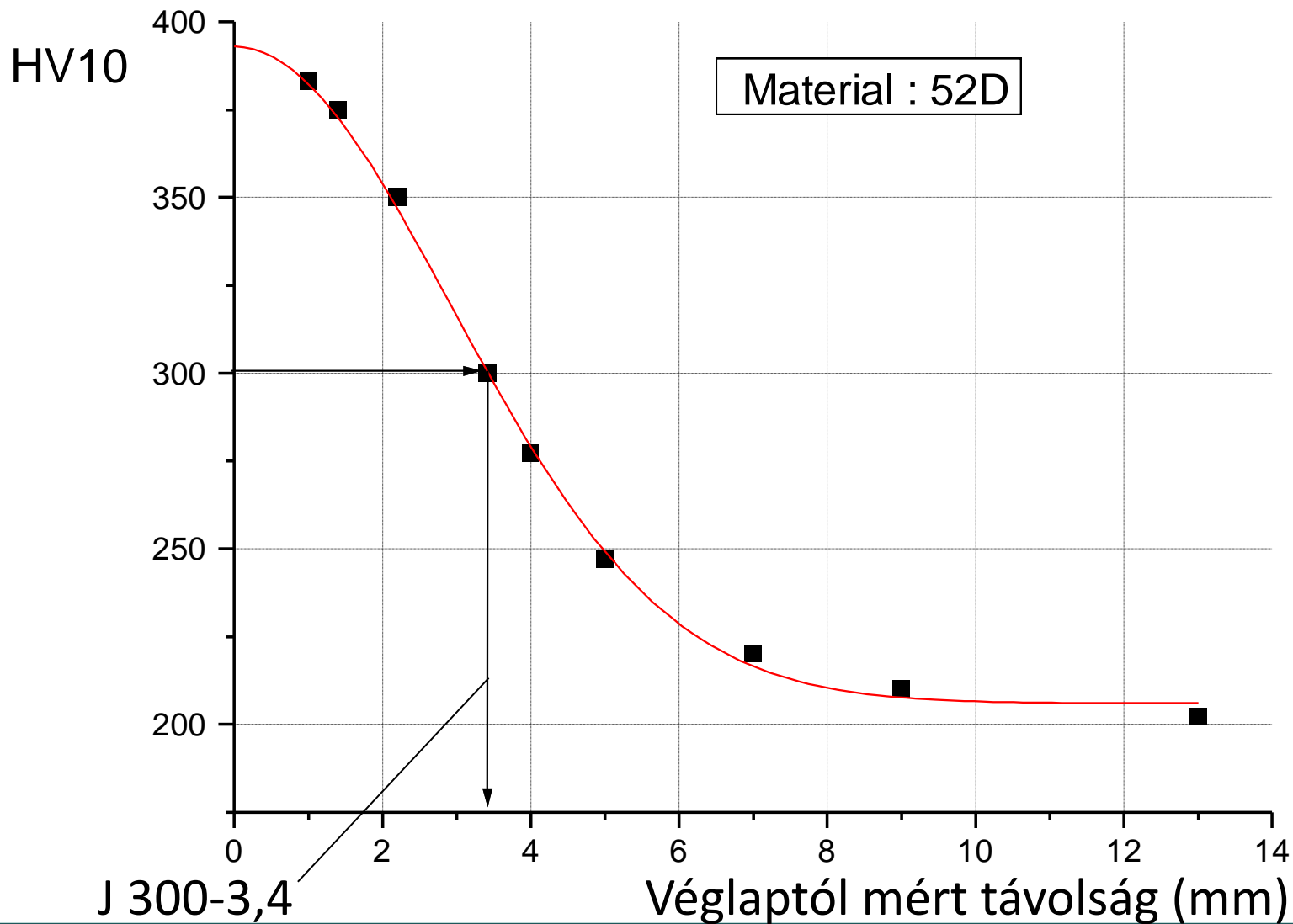


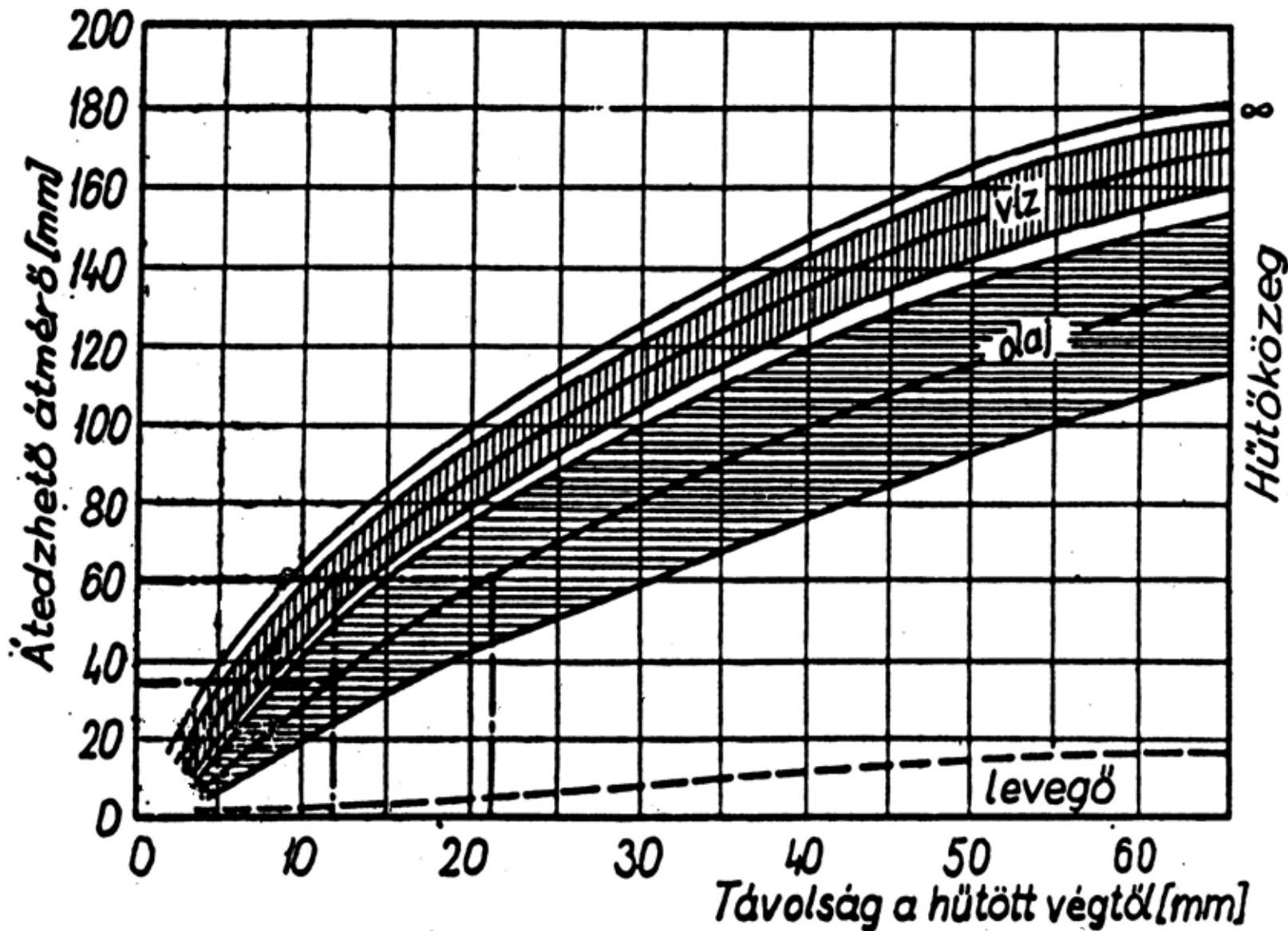


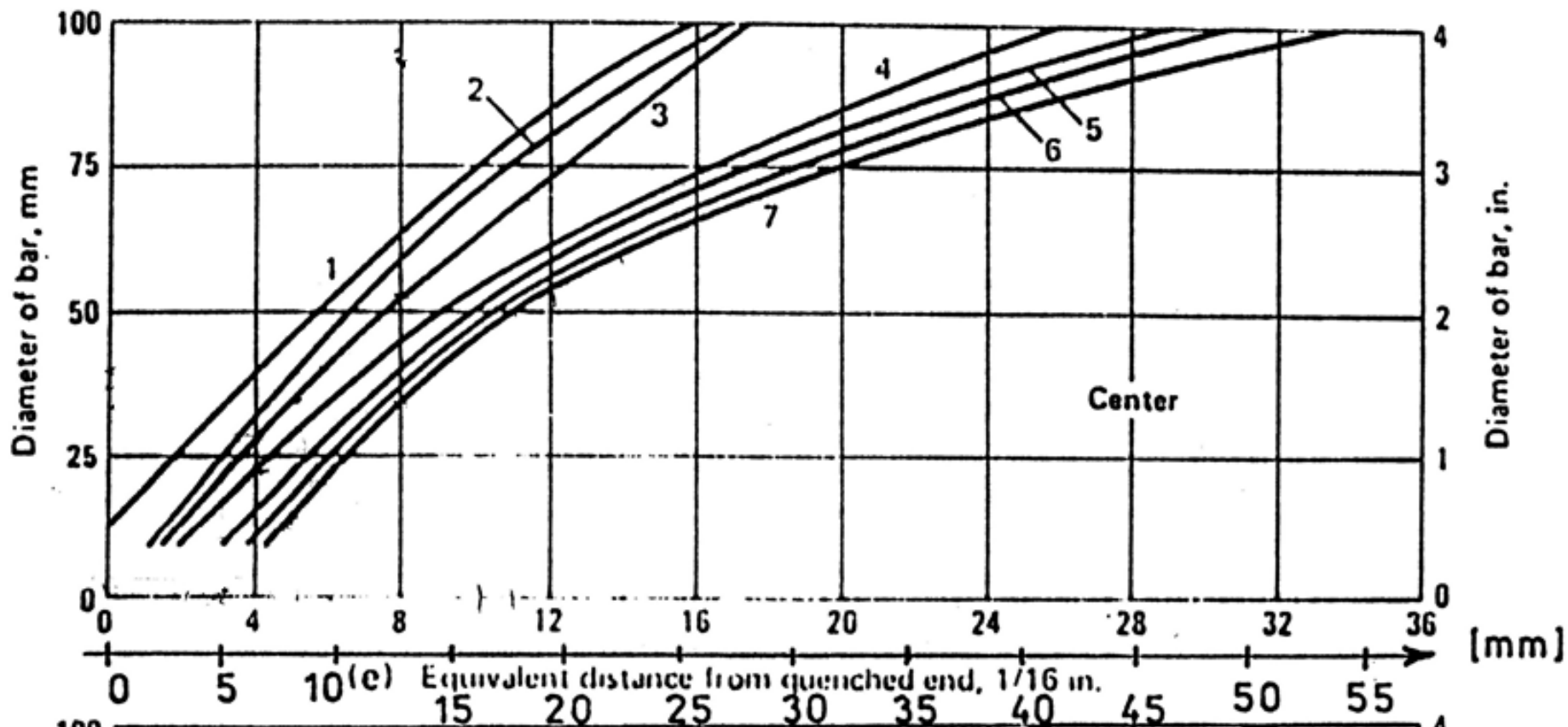
- Az acél szabványában előírt hőmérsékleten
- 30 perc hőntartással
- Redukáló atmoszférában



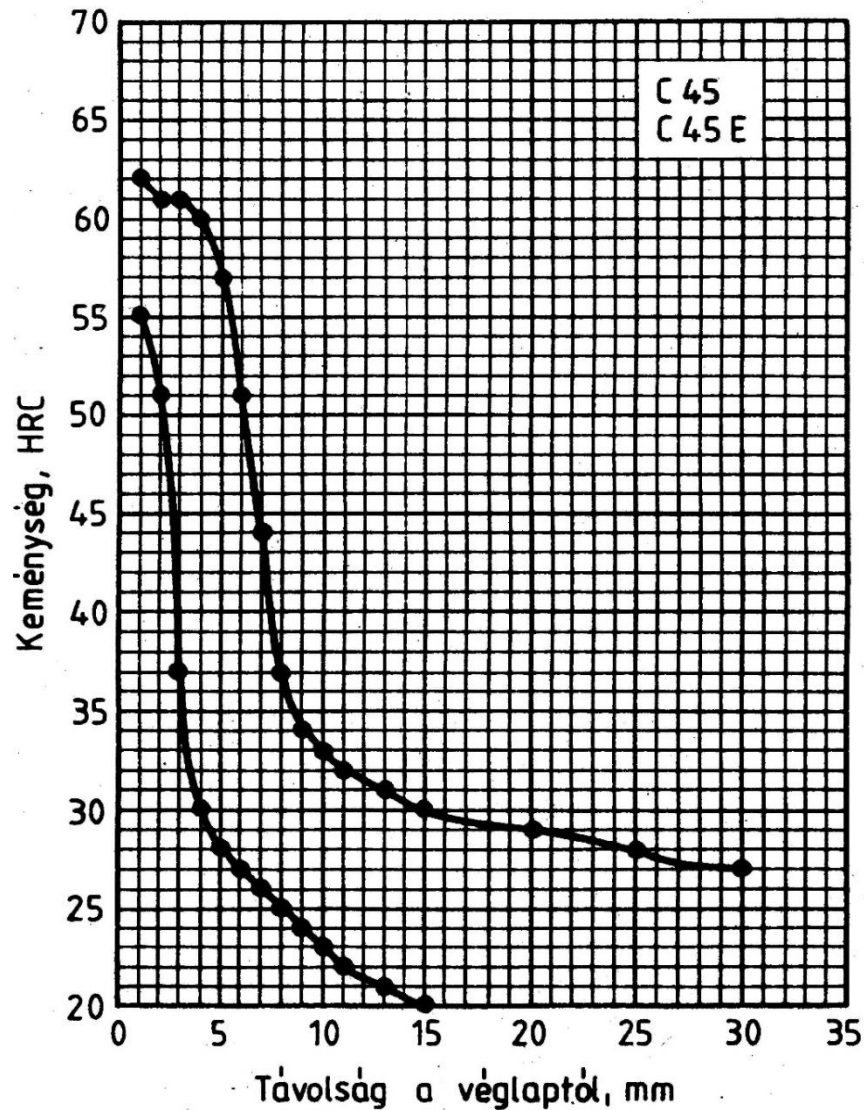


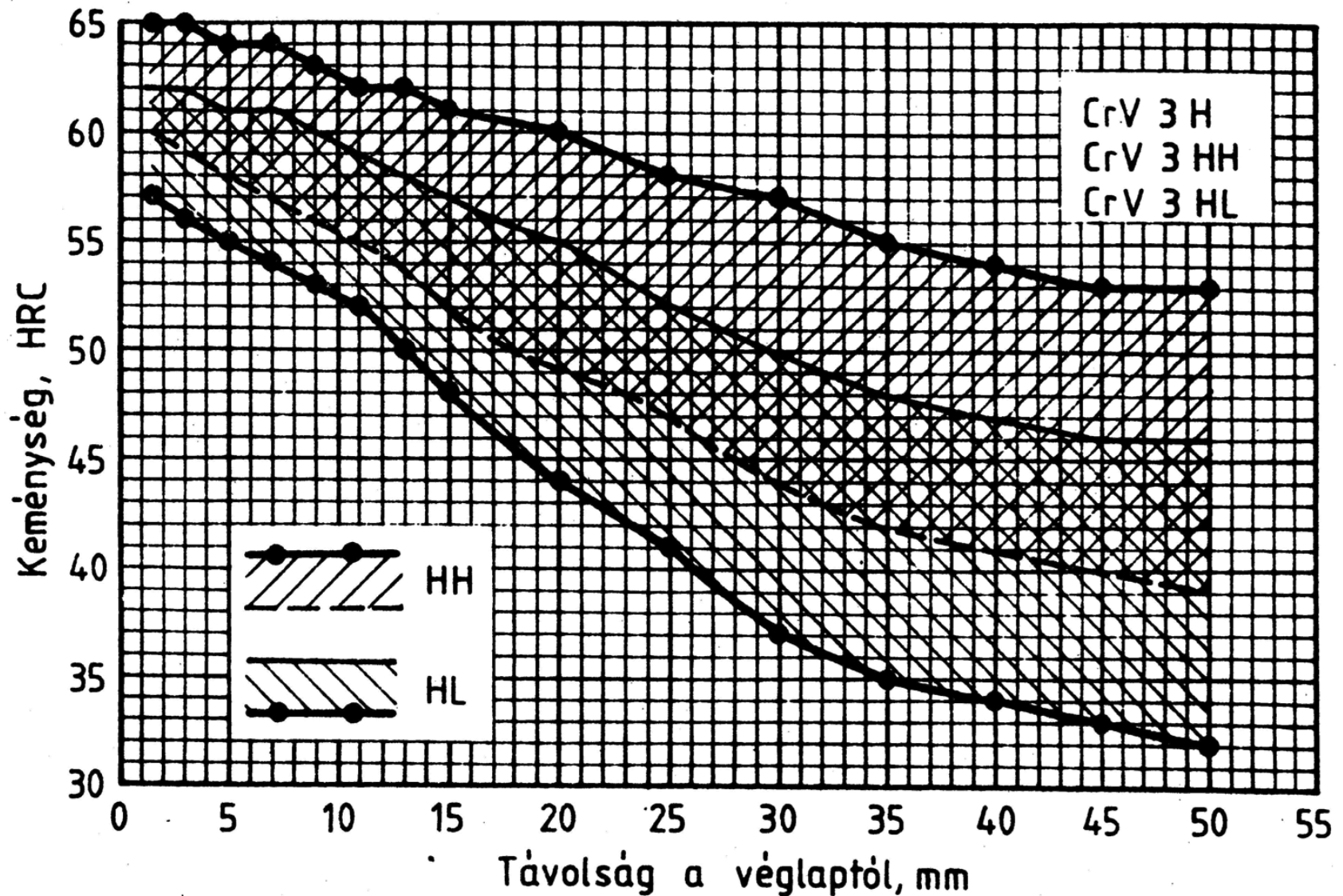




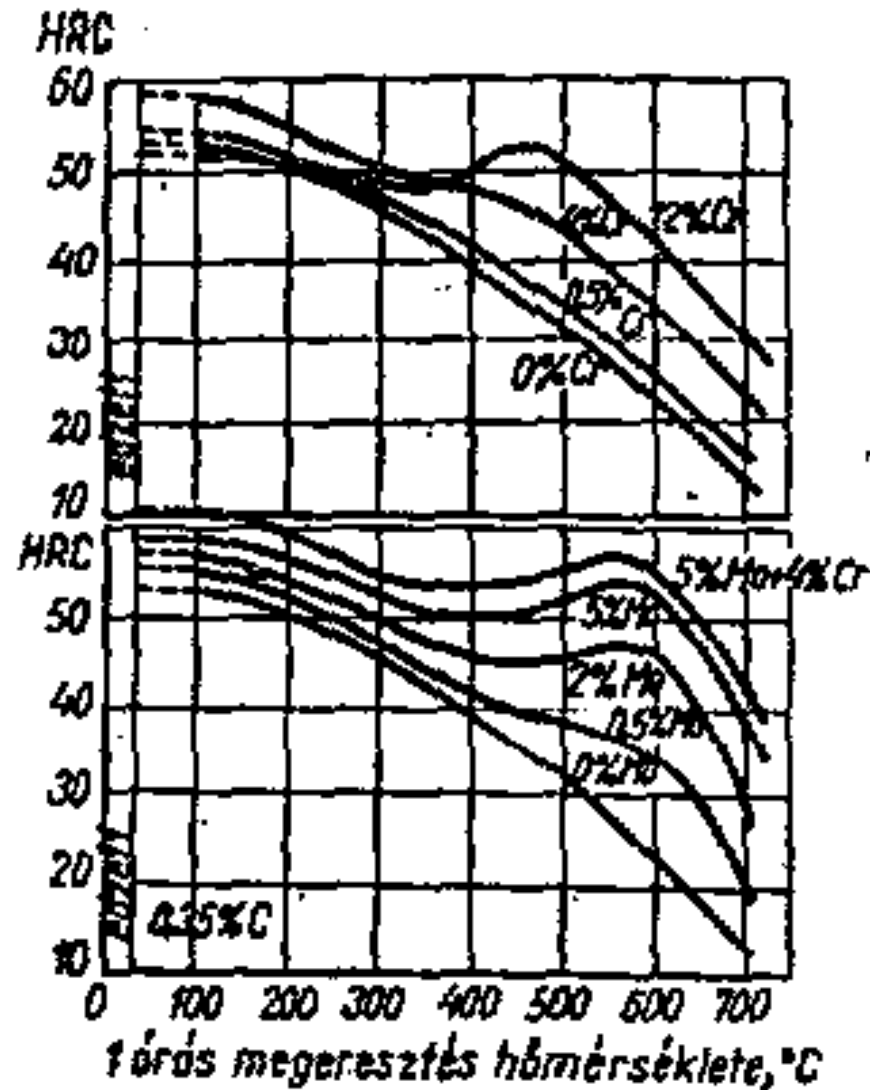
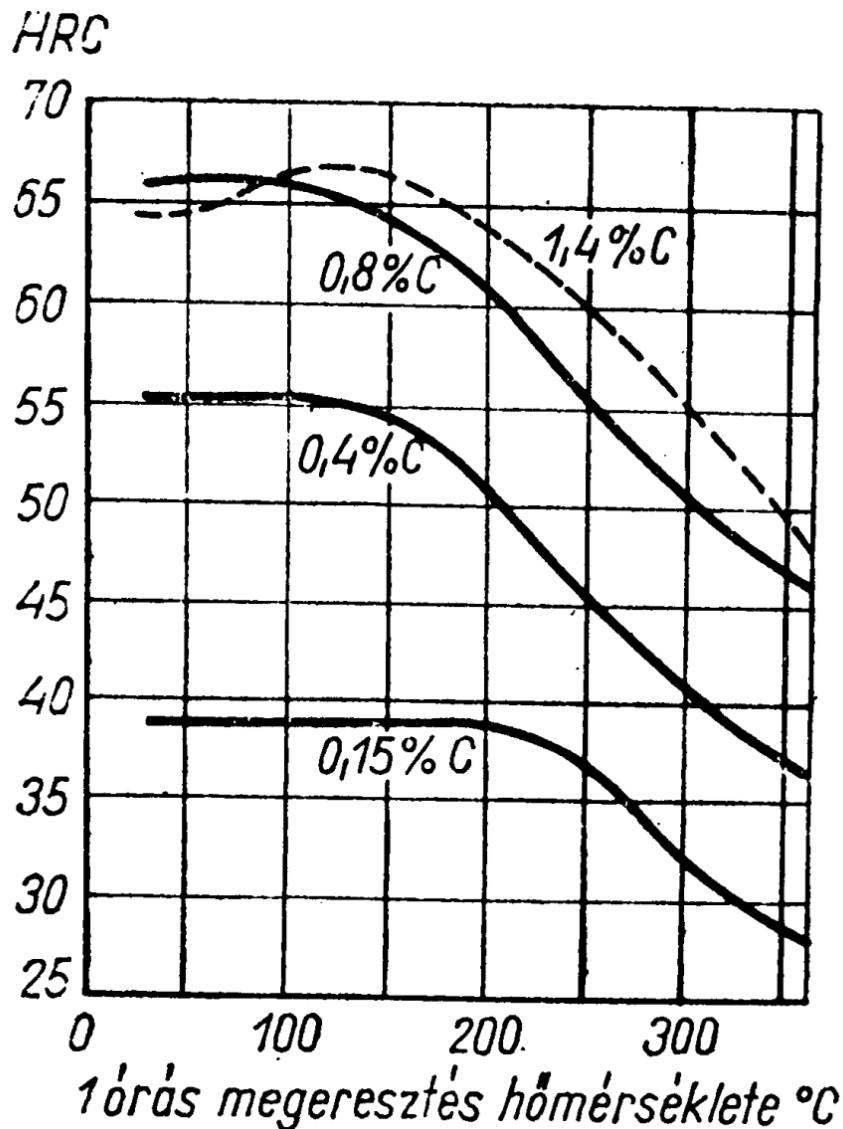


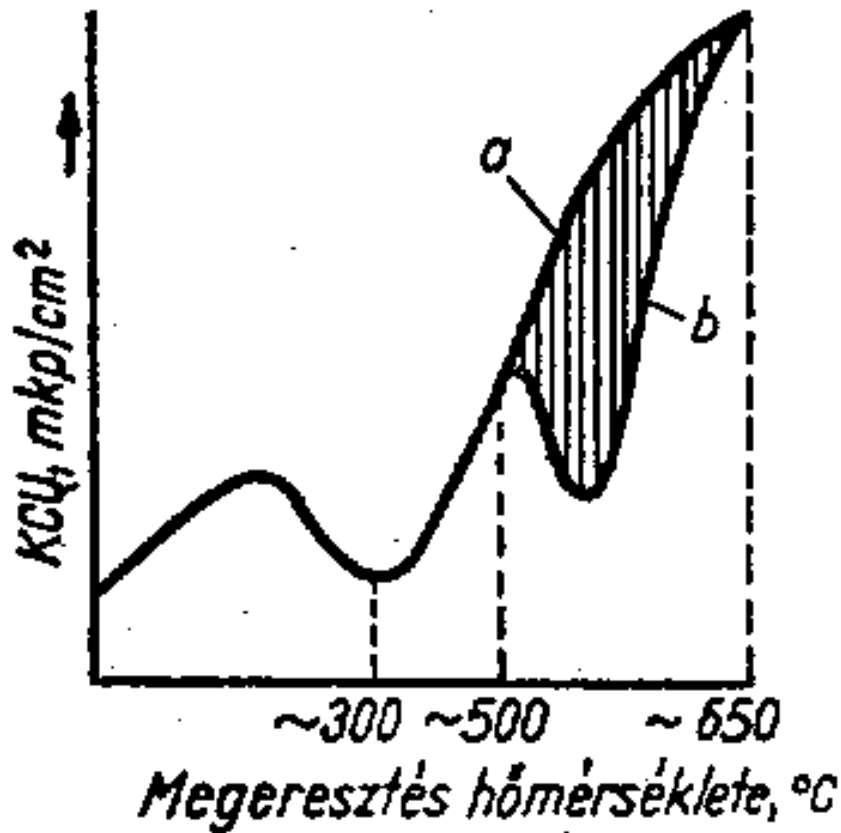
- Alapanyag ellenőrzés
 - Adott keménységnél a mért távolságnak a szabvány szerinti sávba kell esnie
 - Pl.: J45-6/18, vagy J350-6/18
 - Adott távolságnál a szabvány szerinti keménységértékek közé kell esnie a mért keménységnek
 - Pl.: J38/45-15, vagy J340/590-15
- Technológiai információk
 - Edzéssel elérhető maximális/minimális keménység
 - Keménységeloszlás a keresztmetszetben





- Mn, Si és B növeli a szemcsedurvulási hajlamot
- Szemcsefinomító hatásúak a Ti, V, Nb, Al, Zr
 - Finom, egyenletes karbonitrideket alkotnak, amelyek szemcsecsíráként funkcionálnak, növelik a szemcsehatár mozgás energiaigényét is
- A többi ötvöző lényegében nincs hatással a szemcsedurvulásra





- Cr, Mn 500-650°C-on megeresztve, lassan hűtve ridegséget (ütőmunka csökkenést) okoz
- Más tulajdonságok nem változnak
- Ok: karbidok, nitridek, foszfidok, ötvöző elemek dúsulása a szemcsehatáron
- P ront a helyzeten
- Ni önmagában nem gond, de Cr és Mn-nal nem jó
- 0,2...0,3% Mo vagy 0,5-0,7% W és gyors hűtés segít

- A Ni ötvözés a KV(T) diagramot balra tolja
 - 1% Ni ötvözés $\sim 20^\circ\text{C}$ eltolás
- A komplex szemcsefinomítás is segítséget jelent
 - Nb, V, Ti, Al, Zr, N mikroötvözés $\sim 40^\circ\text{C}$ hatás
- A KV(T) diagramot jobbra tolja (ront)
 - C, 0,1% C $\sim 25^\circ\text{C}$
 - P, 0,1% P $\sim 55^\circ\text{C}$
 - N, 0,01% N $\sim 300^\circ\text{C}$ (oldott állapotban)
 - O, 0,01% O $\sim 200^\circ\text{C}$ (oldott állapotban)

- A melegszilárdságot, az újrakristályosodási hőmérsékletet az ötvözők növelik
 - W, Mo $\sim 110^{\circ}\text{C}/\text{at}\%$
 - V $\sim 55^{\circ}\text{C}/\text{at}\%$
 - Cr $\sim 30^{\circ}\text{C}/\text{at}\%$

Dr. Orbulov Imre Norbert – orbulov.imre.norbert@gpk.bme.hu

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!