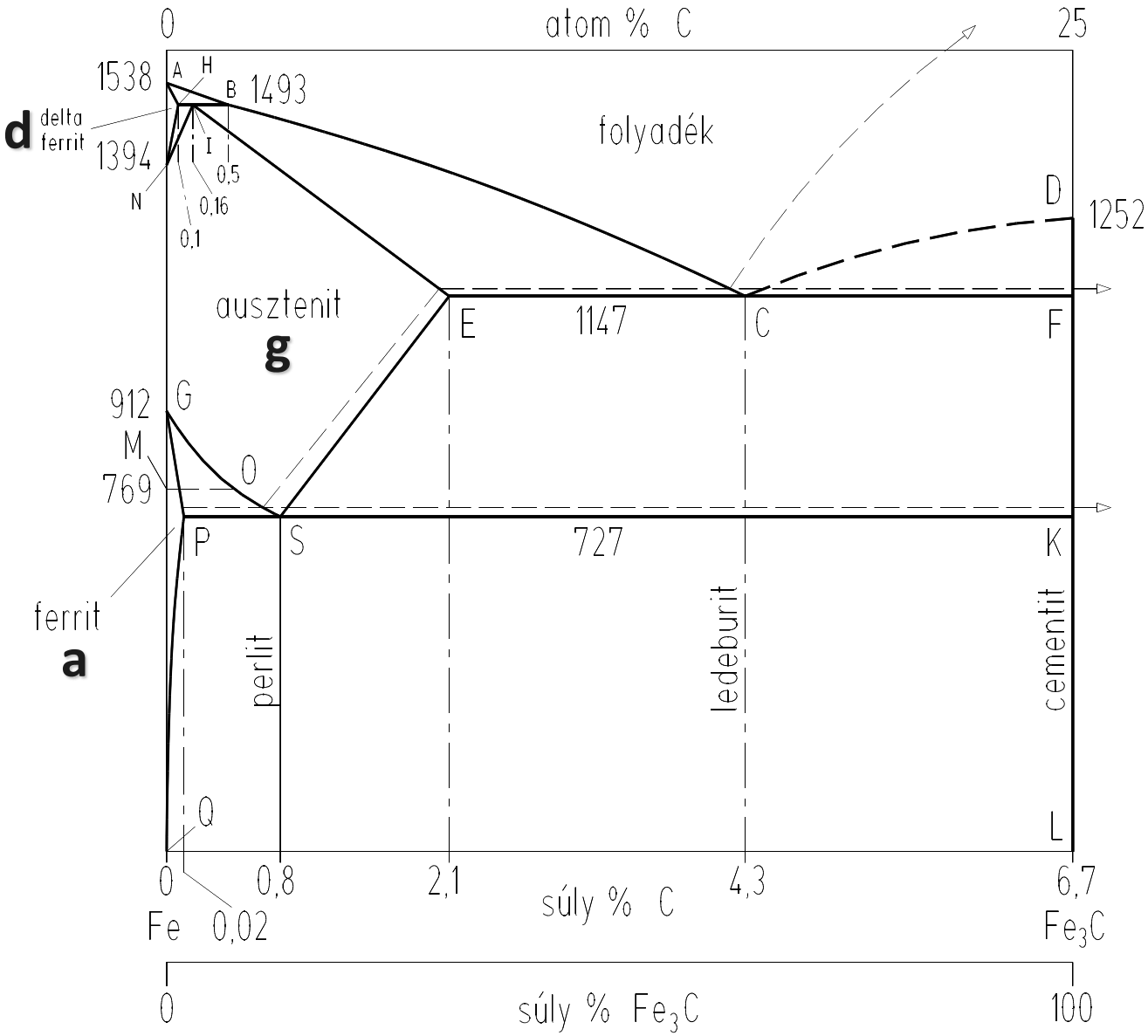
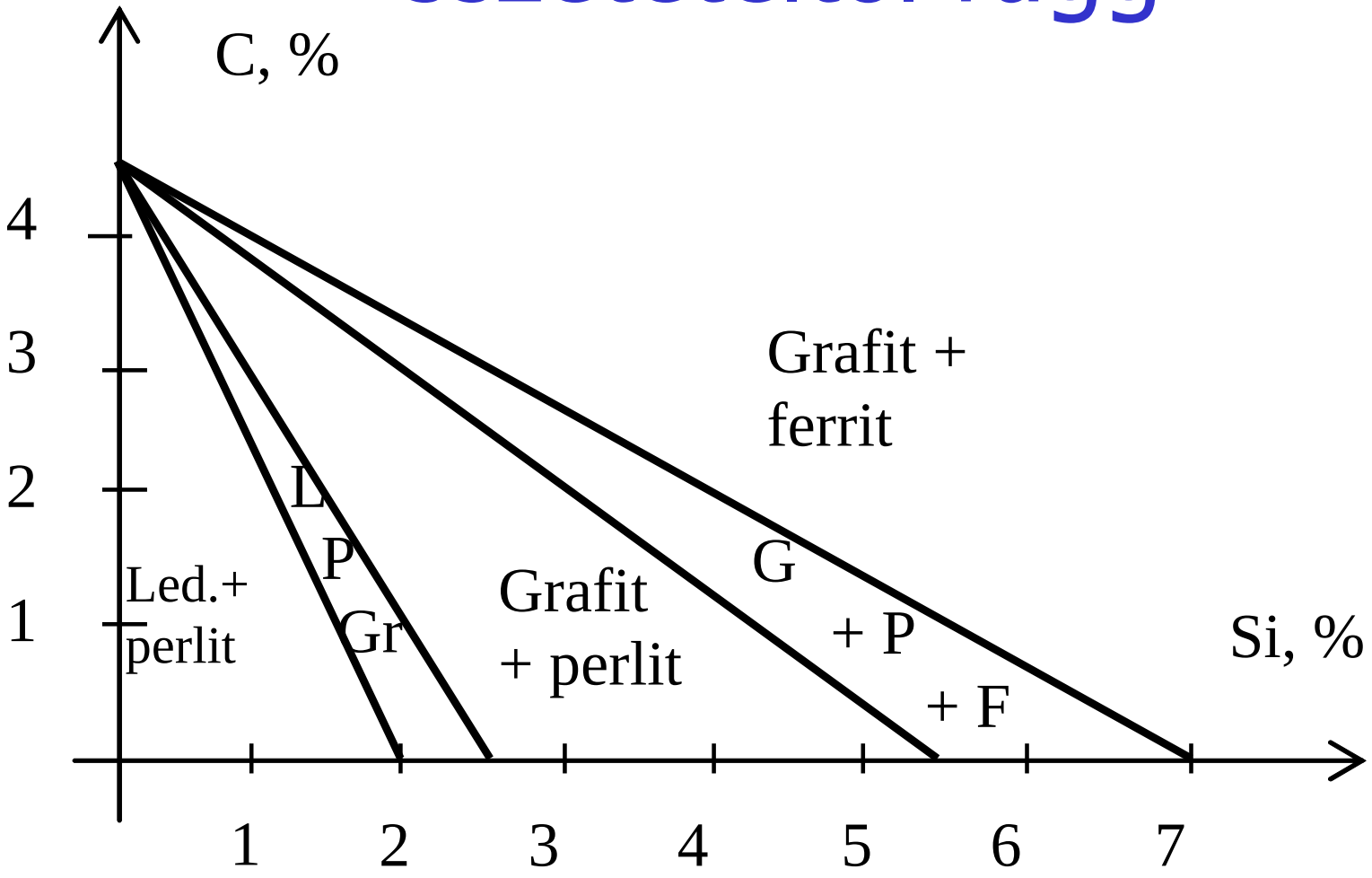
Öntöttvasak hőkezelése

dr Németh Árpád
arpinem@eik.bme.hu

Fe-C ikerdiagram

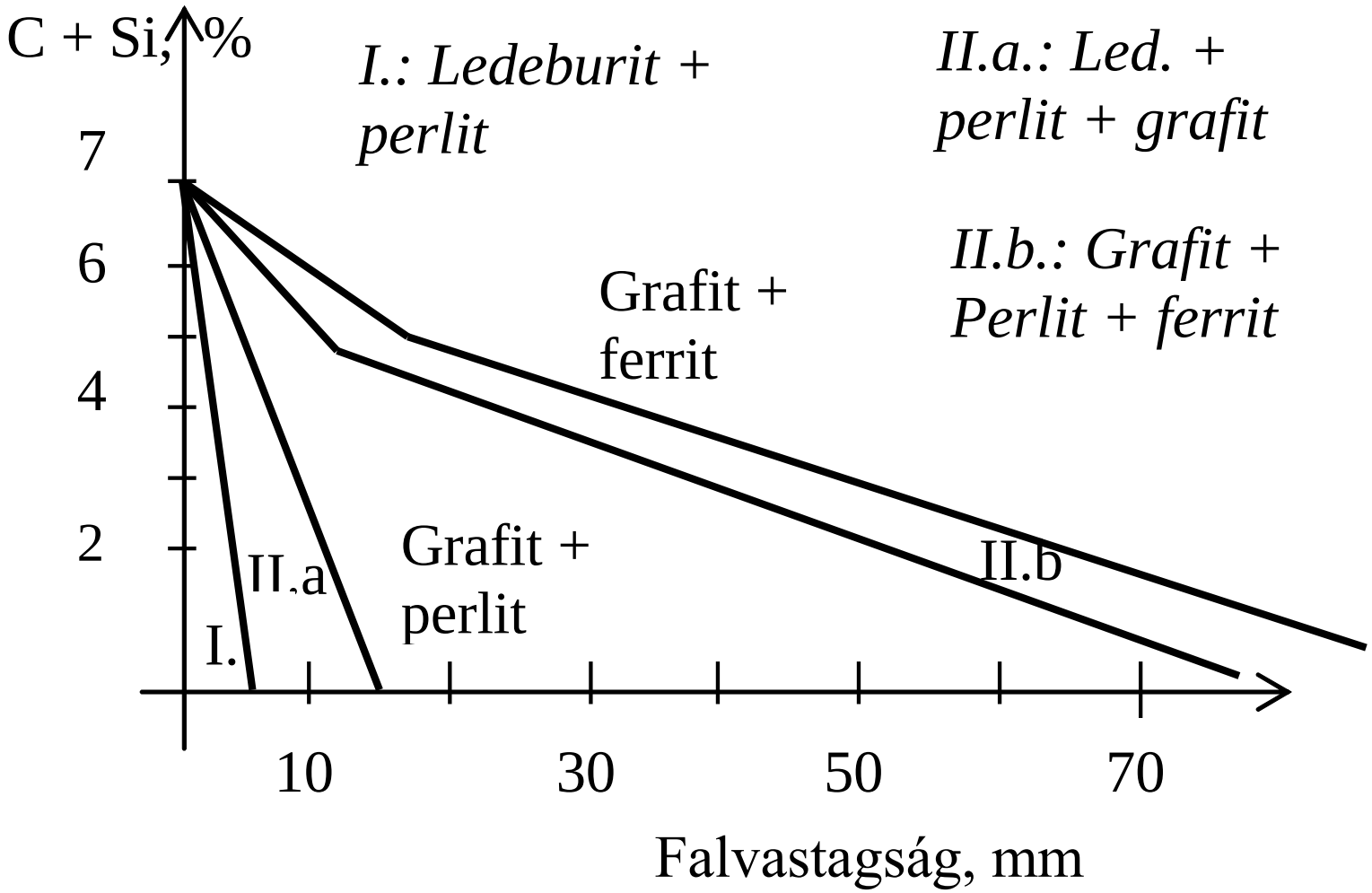


A szövetszerkezet a kémiai összetételtől függ



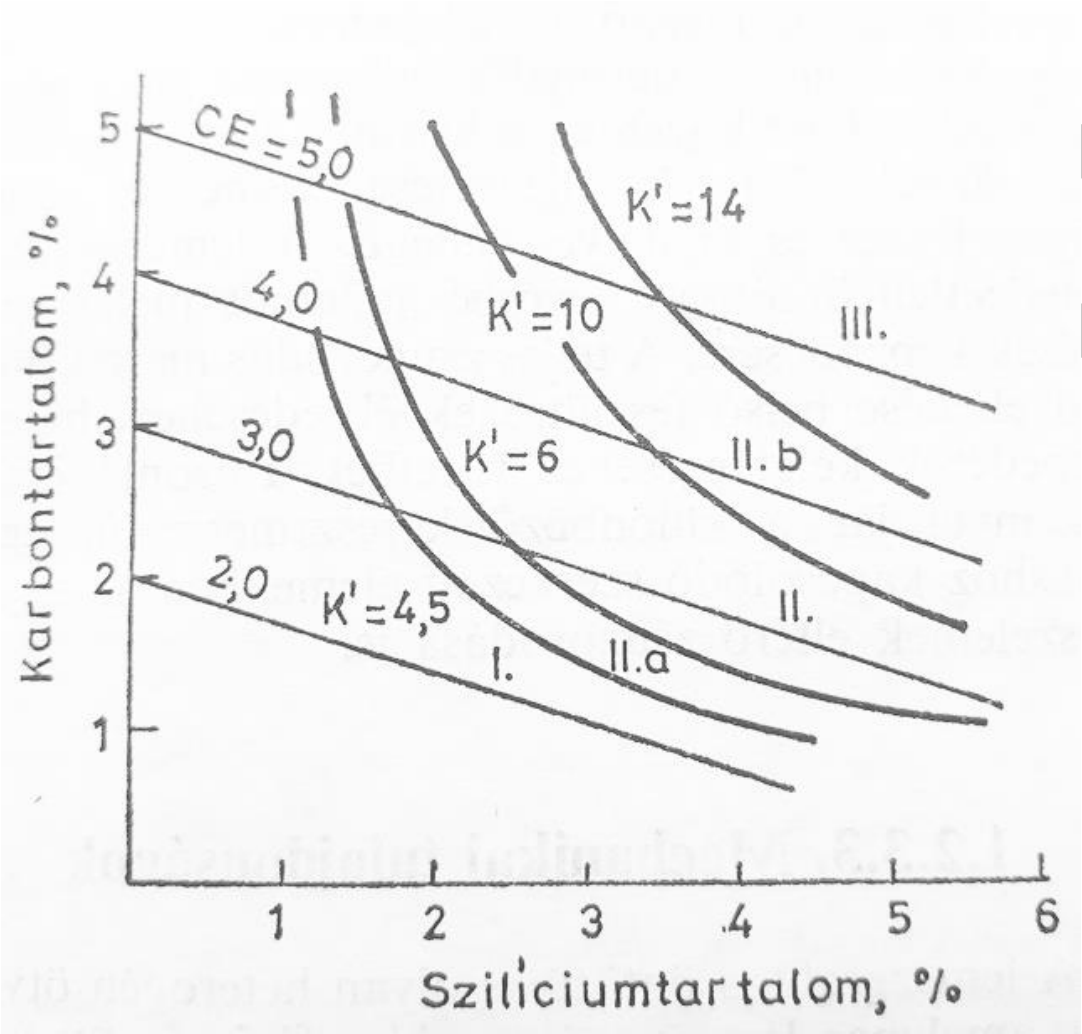
Mauer diagram

A falvastagságtól is függ a szövetszerkezet



Greiner - Klingenstein diagram

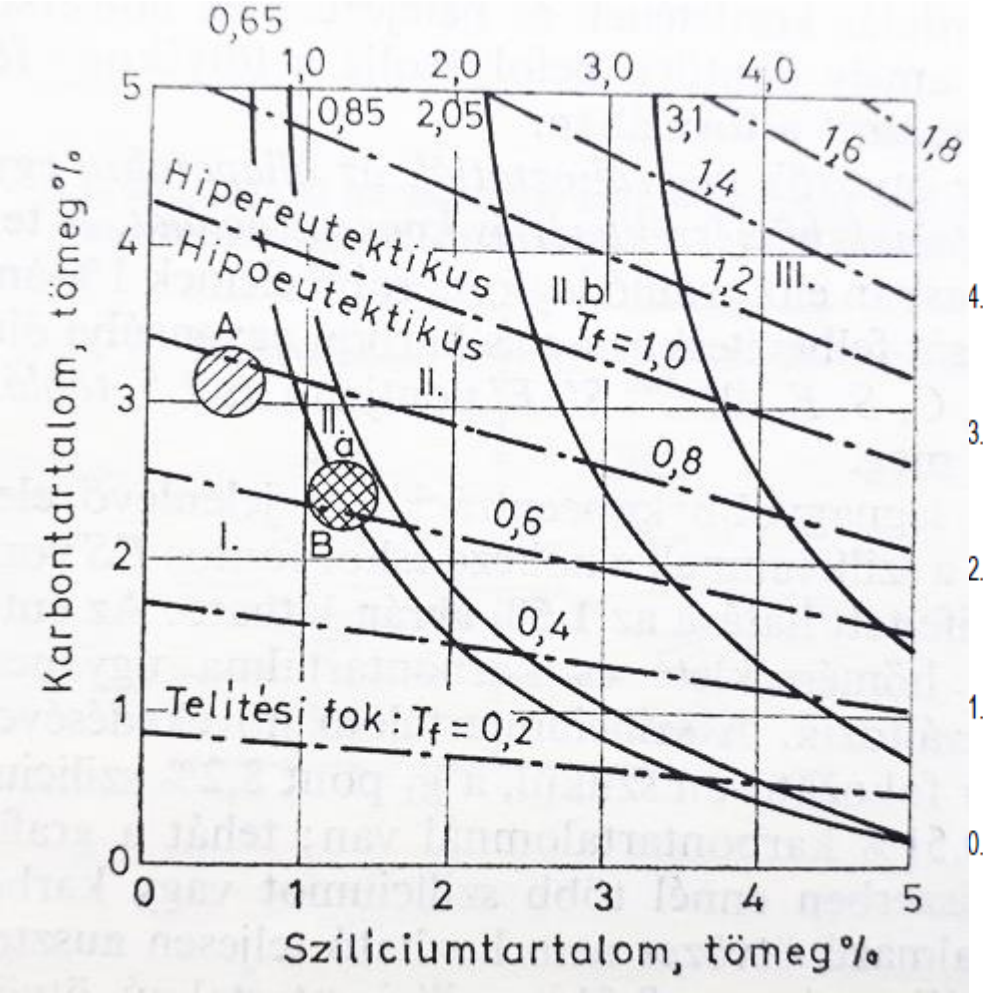
Girsovics szövetelem diagramja

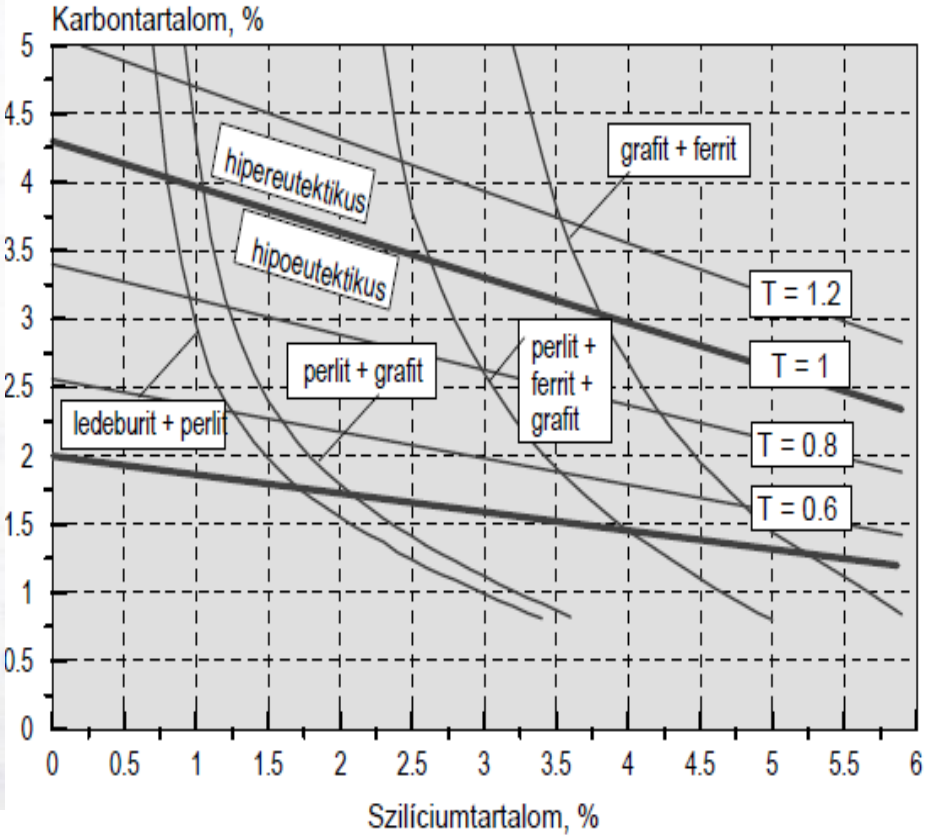


K’= C(Si+logR)

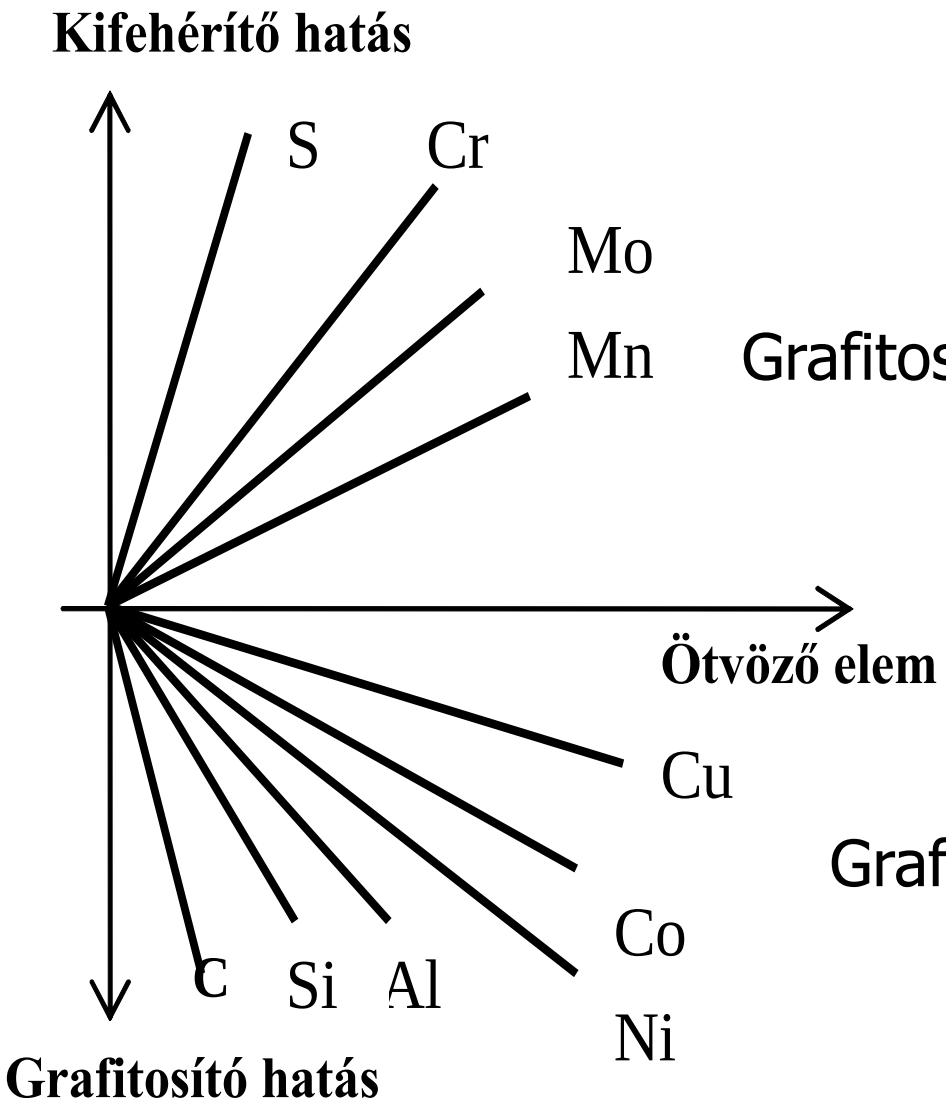
R redukált falvastagság

Laplanche szövetszerkezet diagramja (kisérő és szennyezőelemek is





A grafit kristályosodásának módja az ötvözőktől is függ



Grafitosodást gátló ötvözők:
W, Mn, Mo, Cr, V, S, Mg, Ce, B

Grafitosodást segítő ötvözők:
Co, P, Cu, Ni, Si, Ti, C, Al

Telítettségi fok

(mennyire eutektikumos az öntöttvas)

$$T \sim C/(4{,}3-0{,}3(Si+P))$$

Általában T=0,7-1, ritkán hipereutektikumos

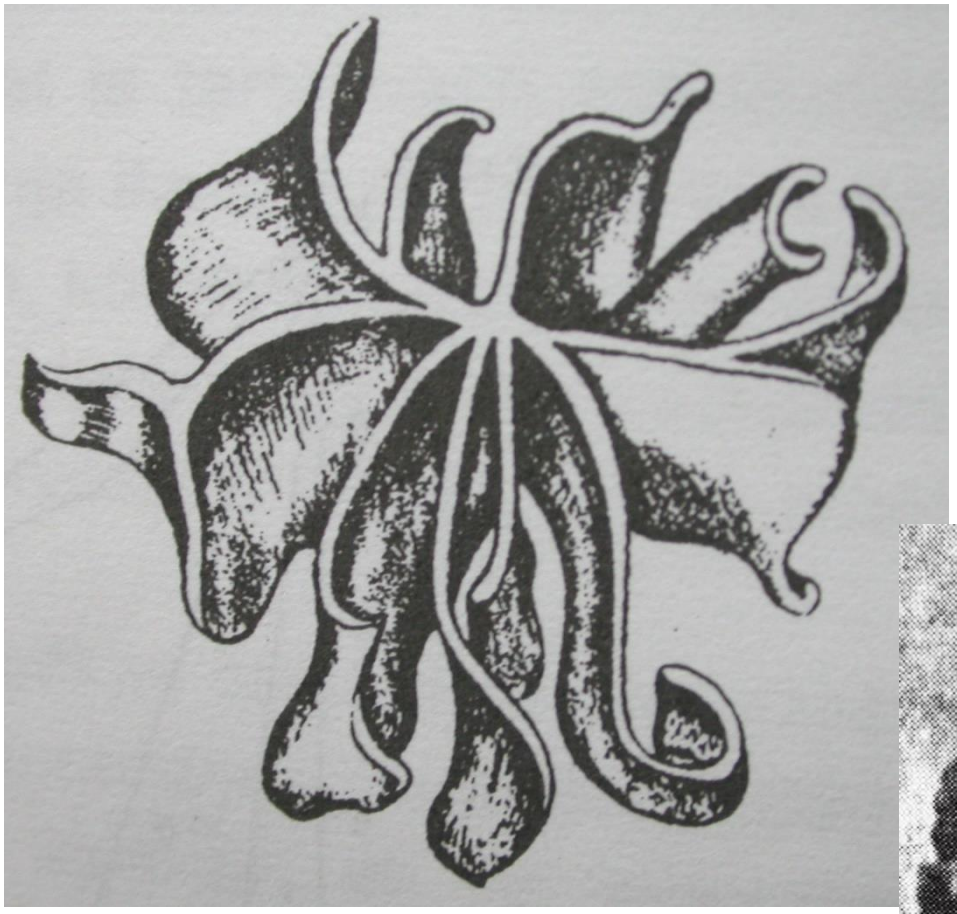
Lemezgrafitos öntöttvas

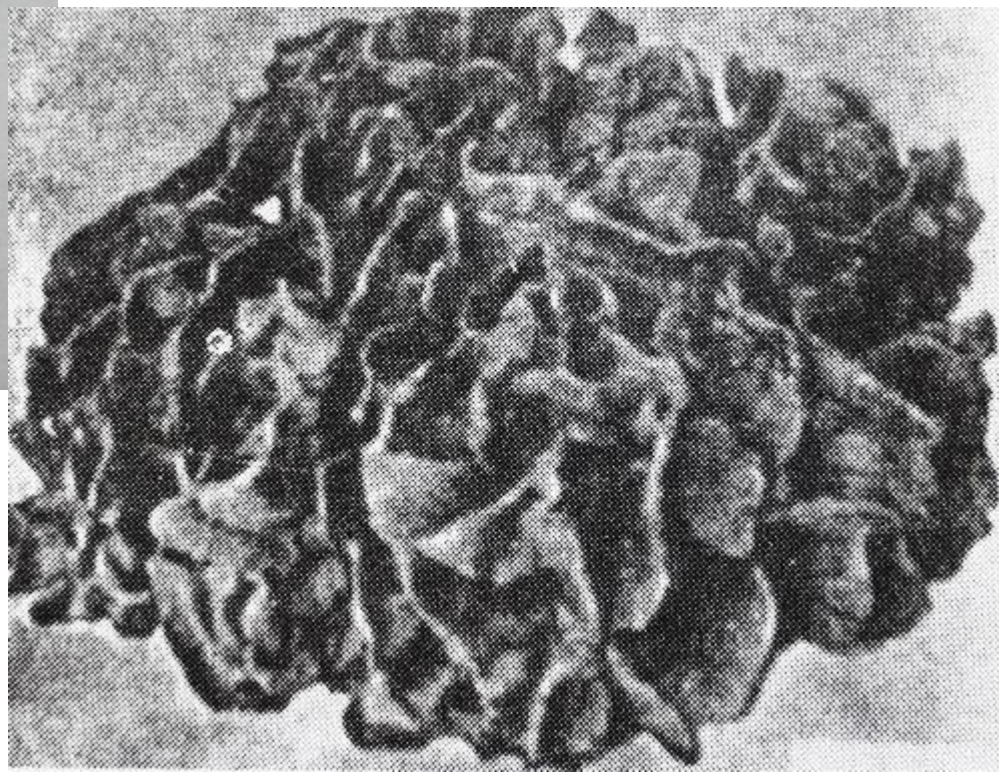
- A legjobban az eutektikumos összetételű öntöttvas önthető (T = 1)

T > 1 hipereutektikumos öv. A grafit durva

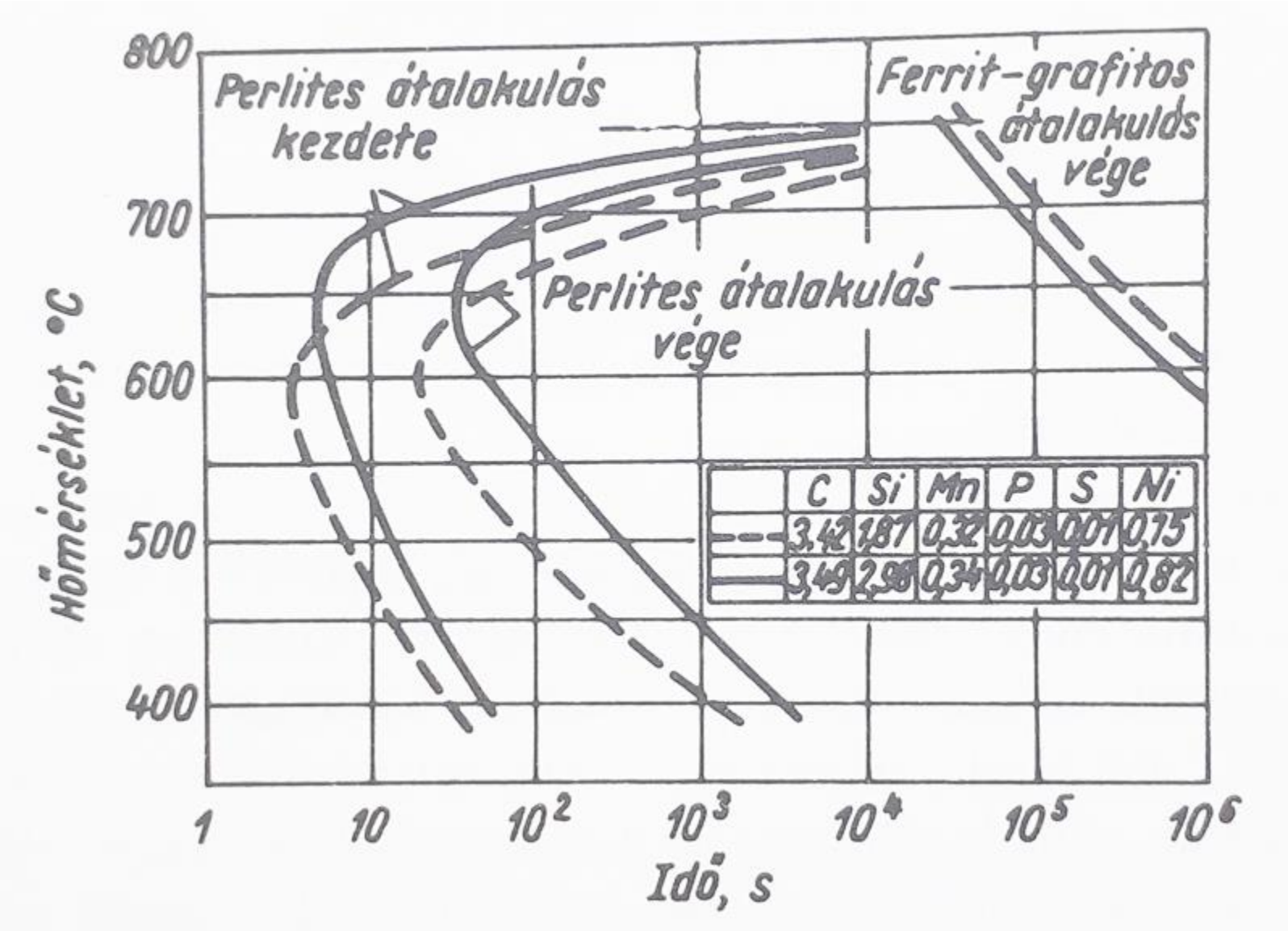
T < 1 hipoeutektikus öv. A grafit a szemcsehatáron válik ki.

Grafit egykristály (lemezes)

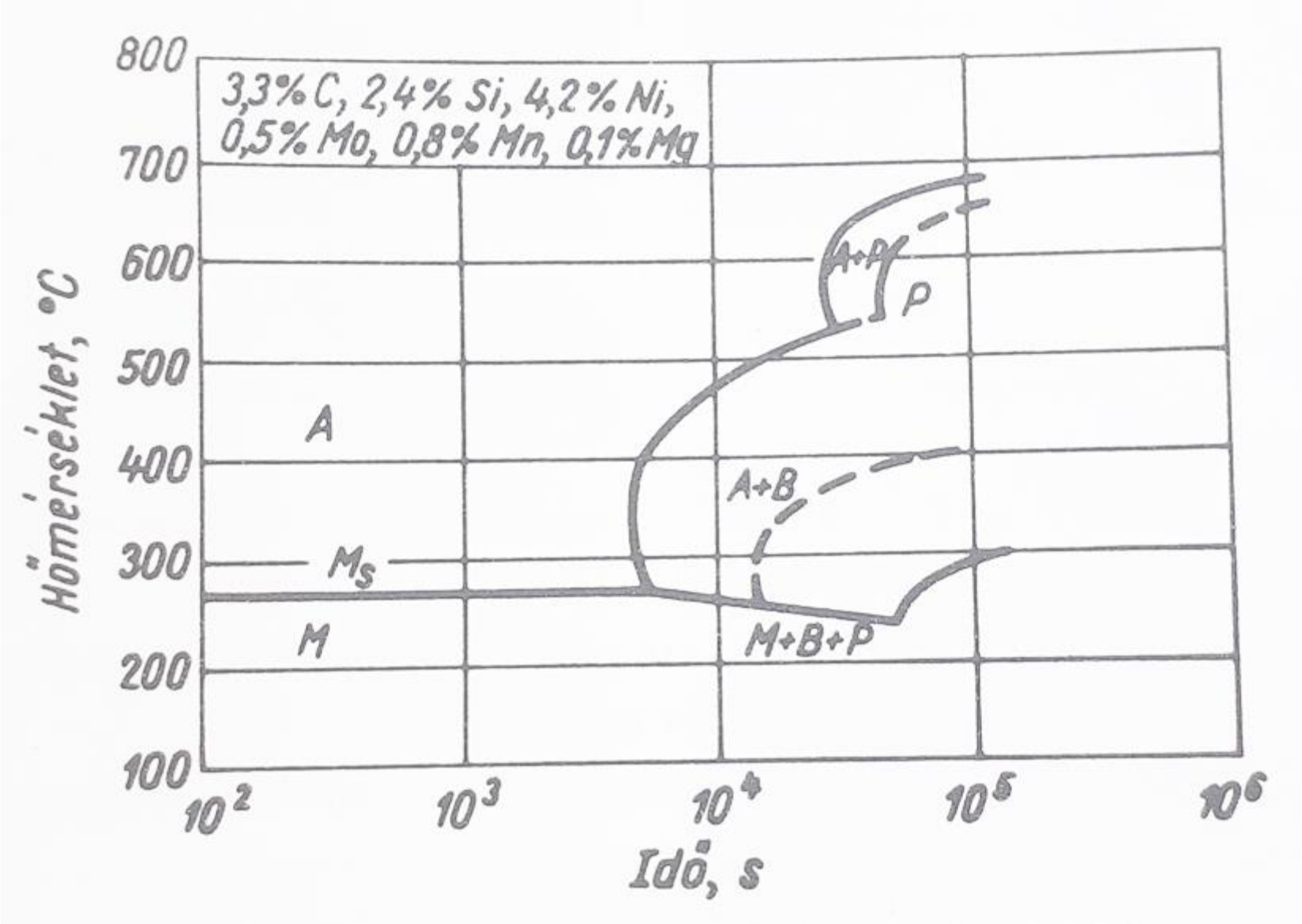




Lemezgrafitos öntöttvas szövetének izotermikus átalakulása



Ontöttvas folyamatos átalakulási



A közönséges öntöttvas szövetelemeinek néhány sajátsága

A szövetelem vagy fázis				
neve	fajsúlya, g/cm^3	szilárdsága, kp/mm^2	nyúlása, %	HV-keménysége, kp/mm^2
Ferrit	7,87	25 . . . 35	25 . . . 40	80 . . . 100
Perlit	7,84	75 . . . 100	10 . . . 15	200 . . . 3000
Cementit	7,66	3	0	900
Lédeburit	7,7	3	0	600
Steadit	7,3	3	0	600
(Mn, Fe)S	4,0	0	0	–
Grafit	2,55	0	0	–

Maradó feszültségek az öntvényben

1.) A különböző falvastagságú öntvényrészek eltérő lehűlési sebességéből, azaz az öntvény egyes tartományai között fellépő hőmérsékletkülönbségekből származó maradó öntési feszültség.

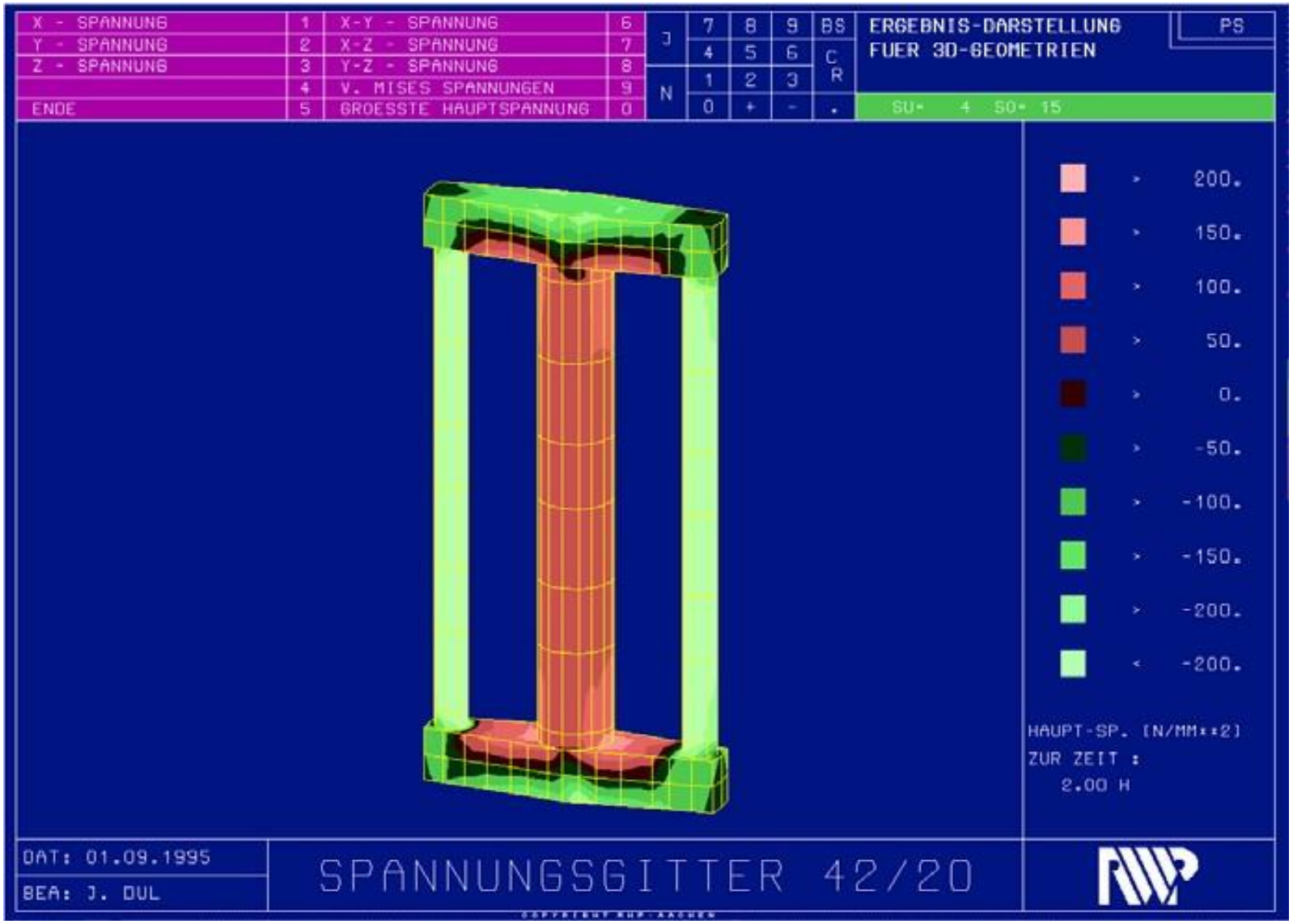
2.) A forma gátolja az öntvény szabad zsugorodását. Minél nagyobb a zsugorodást gátló felület, és minél szilárdabb a forma és a mag, annál kisebb az öntvény zsugorodása, és annál nagyobb az öntvényben keletkező feszültség.

3.) A többfázisú anyagoknál (pl. ferrit, cementit, maradék ausztenit) az egyes fázisok egymástól eltérő hőtágulási tulajdonságai (hőtágulási együtthatói) miatt, és ezek anizotróp viselkedése miatt keletkezhet visszamaradó öntési feszültség.

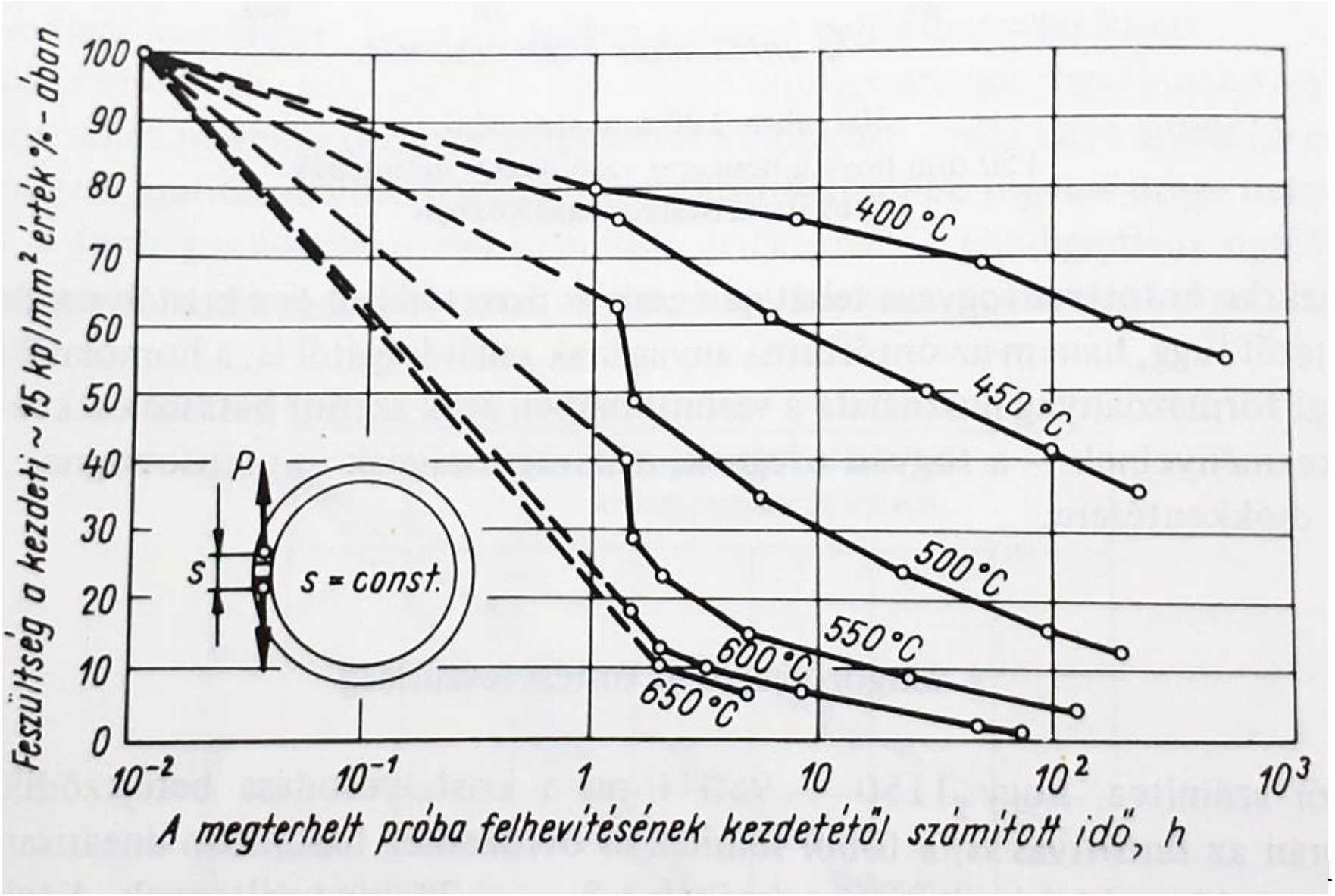
4.) A fém kristályrács hibái által okozott visszamaradó öntési feszültség.

5.) Az öntöttvas különböző fázisainak fajtérfogata igen eltérő egymástól, így a fázisátalakulásokkal kapcsolatban rugalmas alakváltozások, ennek következtében feszültségek keletkeznek.

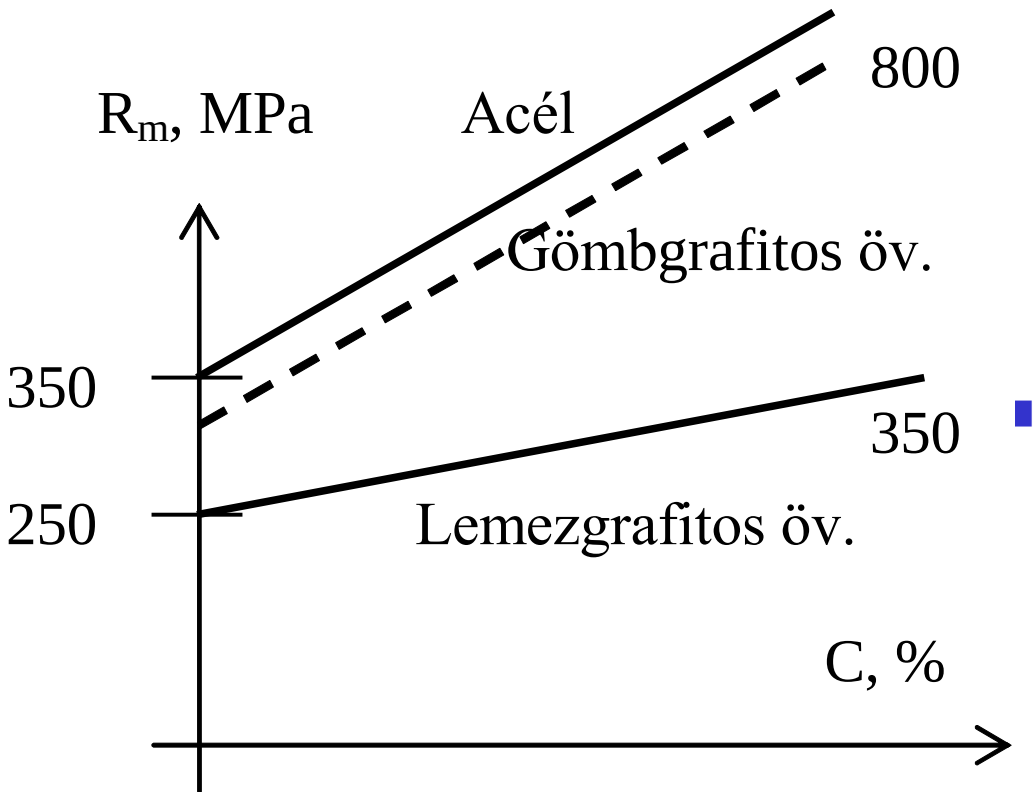
Feszültségrács az öntési maradó feszültség mérésére



Feszültségcsökkenő hőkezelés



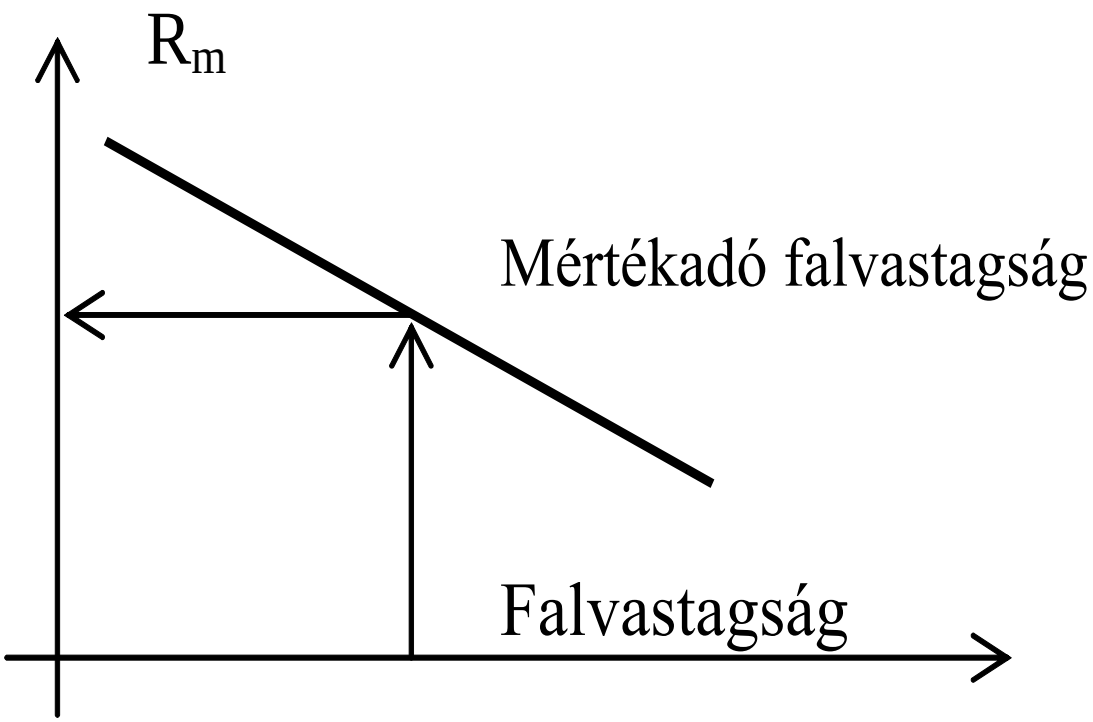
Lemezgrafitos öntöttvas kis szilárdságú és rideg



- Az öntöttvasak tulajdonságai a grafit alakjától, a grafit mennyiségétől és az alapszövettől függenek
- A kisebb bemetszésekkel rendelkező gömbgrafitos öntöttvas lényegesen szívósabb.

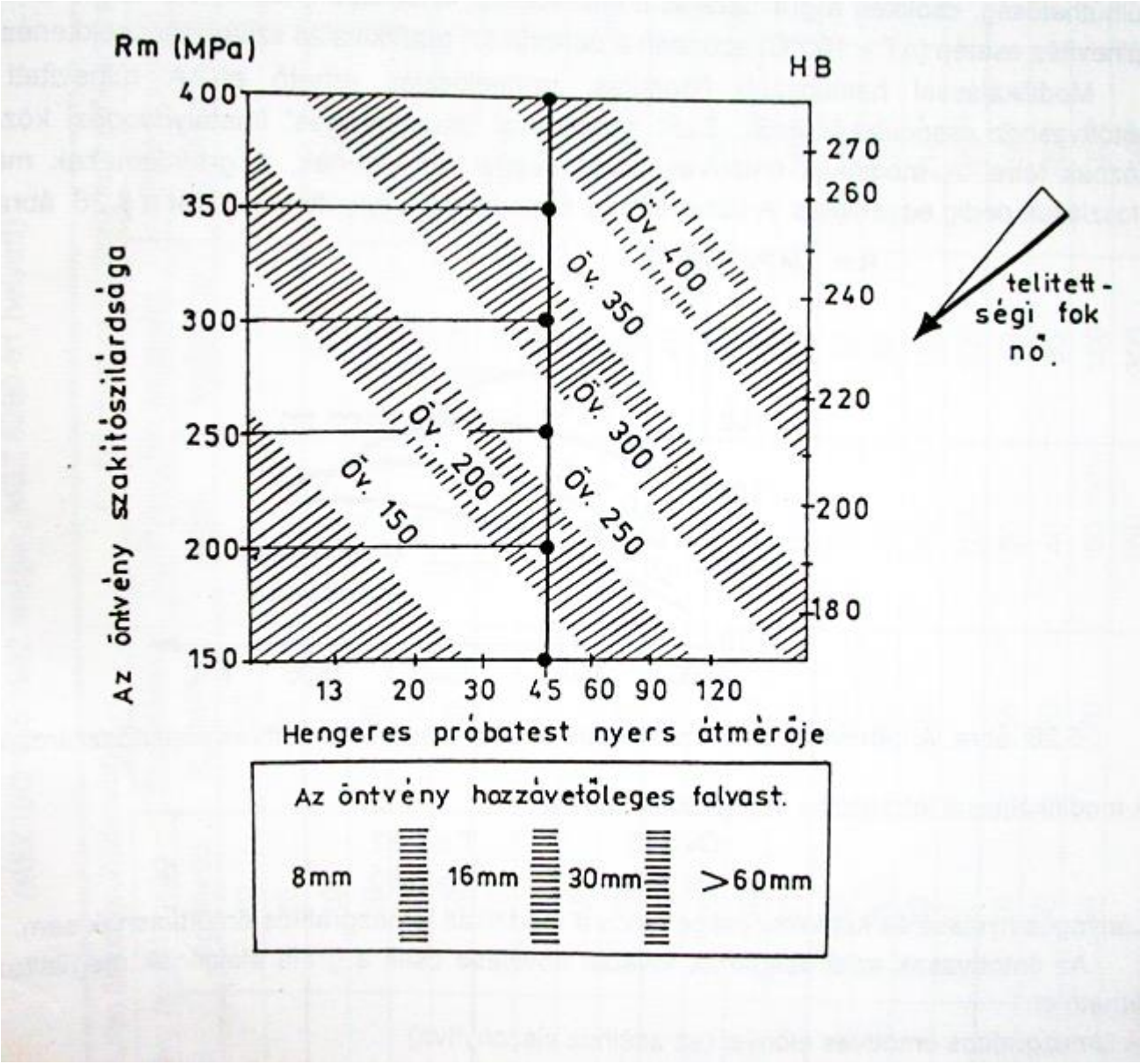
$$R_m = f\left(grafit\ mennyisége, grafit\ alakja, alapszövet\right)$$

A szilárdság jelentősen függ a falvastagságtól

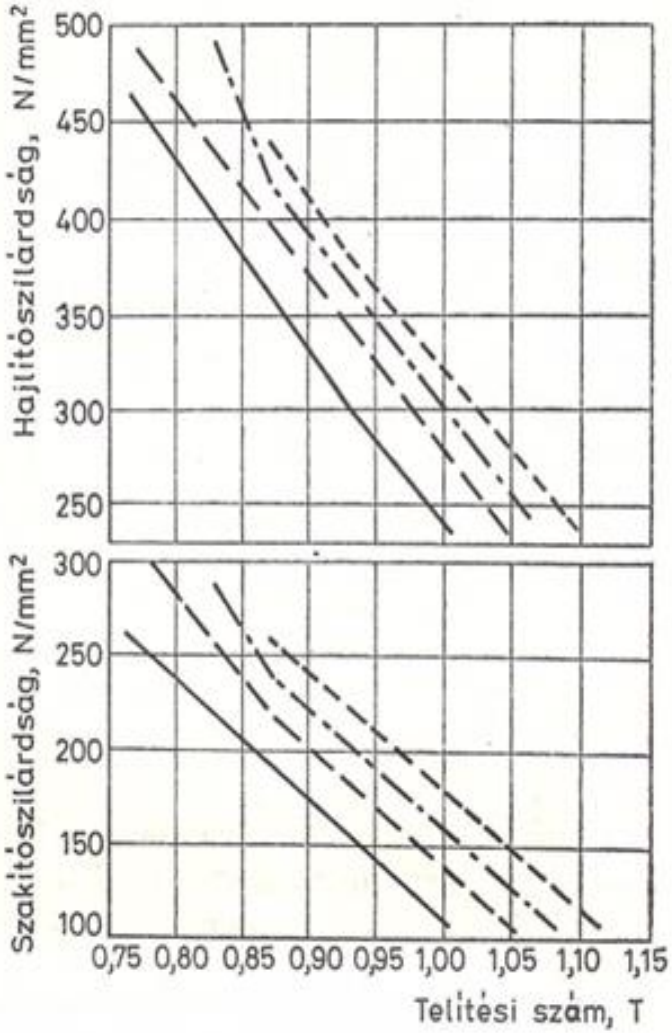


Méretezés a mértékadó falvastagságra történik

Mérethatás 1.



Méret-hatás 2.



A·lemezgrafitos·öntöttvasak·hajlító-·és·szakítószilárdsága·a·telítési·szám·
és·a·falvastagság·függvényében

— —·13·mm·(Ø·8·mm)·falvastagság

— · —·20·mm·(Ø·8…15·mm)·falvastagság

— —·30·mm·(Ø·15…20·mm)·falvastagság

———·45·mm·(Ø·30…50·mm)·falvastagság

A lemezgrafitos öntöttvas tulajdonságai, alkalmazása

- A lemezgrafitos öntöttvas szilárdsága kicsi és teljesen rideg (A ≈ 0 % (0,8 – 0,3 %).
- EN-GJL-100 (EN-JL1010)
- EN-GJL-150 (EN-JL1020)
- EN-GJL-200 (EN-JL1030)
- EN-GJL-250 (EN-JL1040)
- EN-GJL-300 (EN-JL1050)
- EN-GJL-350 (EN-JL1060)

  (max. 350 MPa érhető el)

- Nagy nyomószilárdság
- Jó siklási tulajdonságok
- Jó forgácsolhatóság
- Igen jó a rezgés csillapítási képesség

↓

- Alkalmazási terület:

  Gépállványok, gépházak

  Forgattyús házak

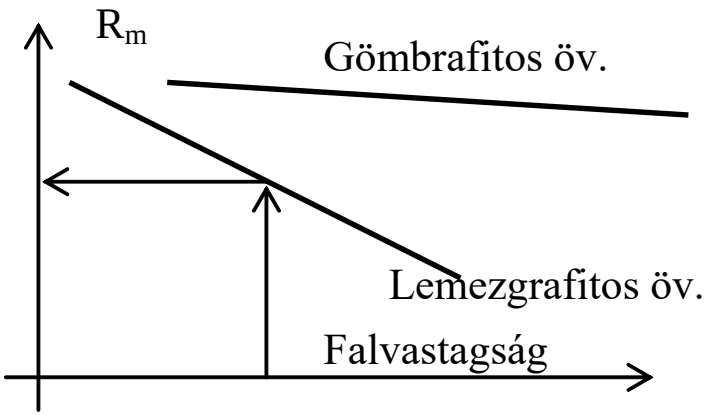
Lemezgrafitos öntöttvasak szil.tul.

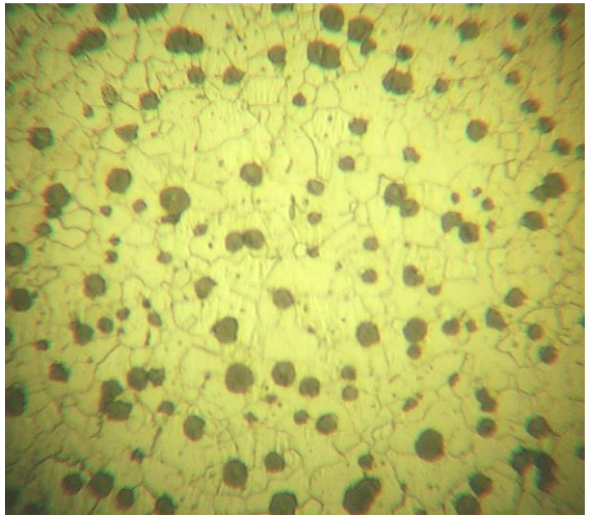
19.1-1. táblázat. A lemezgrafitos öntöttvas minőségei (a szakítószilárdság szerint)

Az anyagminőség		Mértékadó falvastagság mm		Szakítószilárdság R_m kötelező értékek próbadarab esetén		Szakítószilárdság R_m Az öntvényben várható érték MPa min.
jele	számjele	felett	-ig	MPa (különöntött)	MPa min. (hozzáöntött)	
EN-GJL-**100**	EN-JL1010	5	40	**100** – 200	–	–
EN-GJL-**150**	EN-JL1020	2,5	5	**150** – 250	–	180
		5	10		–	155
		10	20		–	130
		20	40		120	110
		40	80		110	95
		80	150		100	80
		150	300		90	–
EN-GJL-**200**	EN-JL1030	2,5	5	**200** – 300	–	230
		5	10		–	205
		10	20		–	180
		20	40		170	155
		40	80		150	130
		80	150		140	115
		150	300		130	–
EN-GJL-**250**	EN-JL1040	5	10	**250** – 350	–	250
		10	20		–	225
		20	40		210	195
		40	80		190	170
		80	150		170	155
		150	300		160	–
EN-GJL-**300**	EN-JL1050	10	20	**300** – 400	–	270
		20	40		250	240
		40	80		220	210
		80	150		210	195
		150	300		190	–
EN-GJL-**350**	EN-JL1060	105	20	**350** – 450	–	315
		20	40		290	280
		40	80		260	250
		80	150		230	225
		150	300		210	–

Gömbgafitos öntöttvas

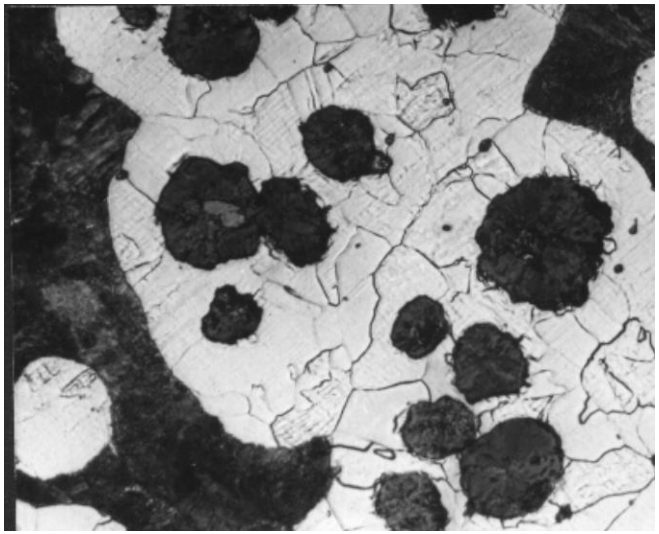
- Gömbalakú grafittal:
  - Szilárdság nő
  - Képlékenység nő
- Nyomás alatt (harang alatt) történik a beoltás (Mg –al ill. Ce-al (cériummal) $T_{Mg\ forrás}$ = 1100 ºC , ez azt jelenti, hogy több bar gőznyomás van az öv. olvadék hőmérsékletén)

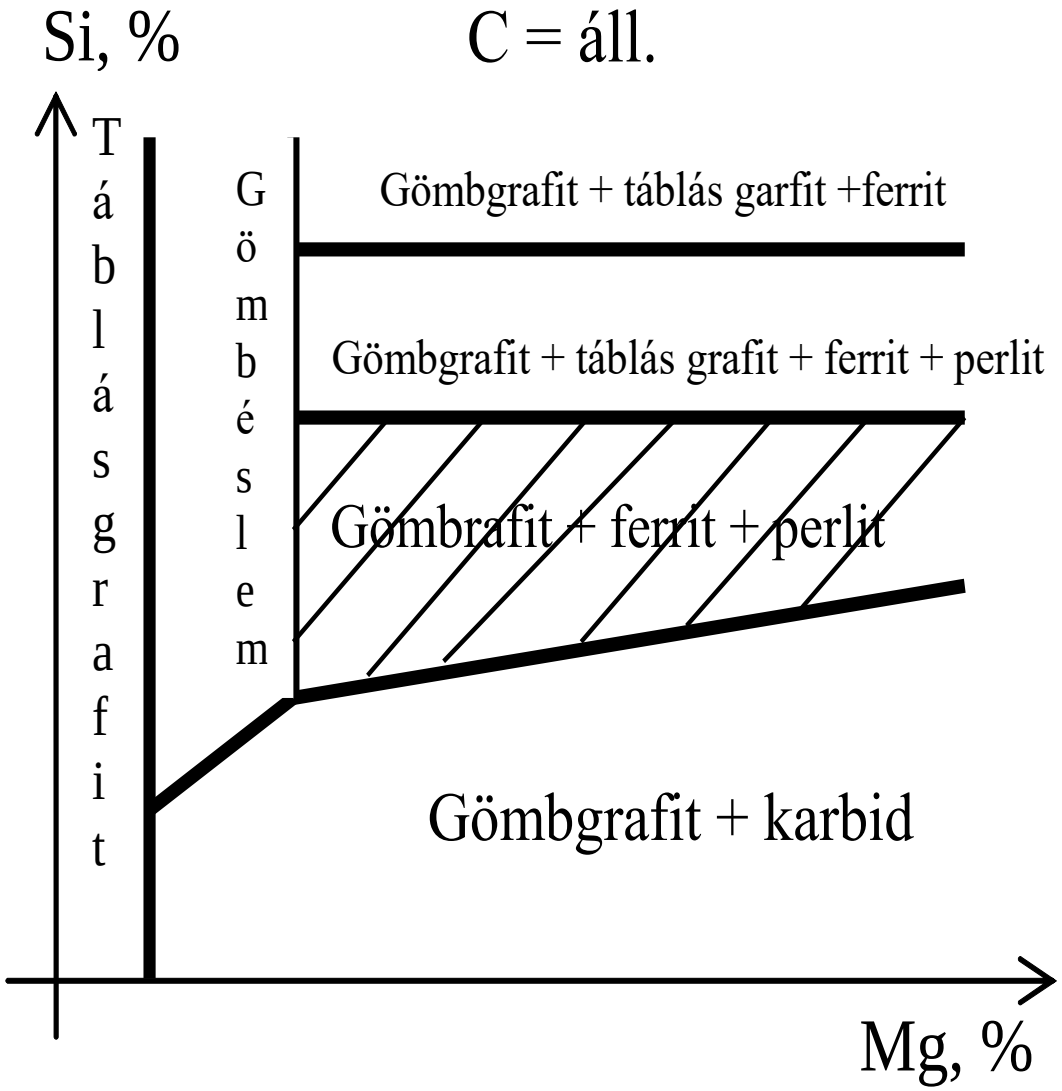




Gömbgrafitos öntöttvas szövetszerkezete

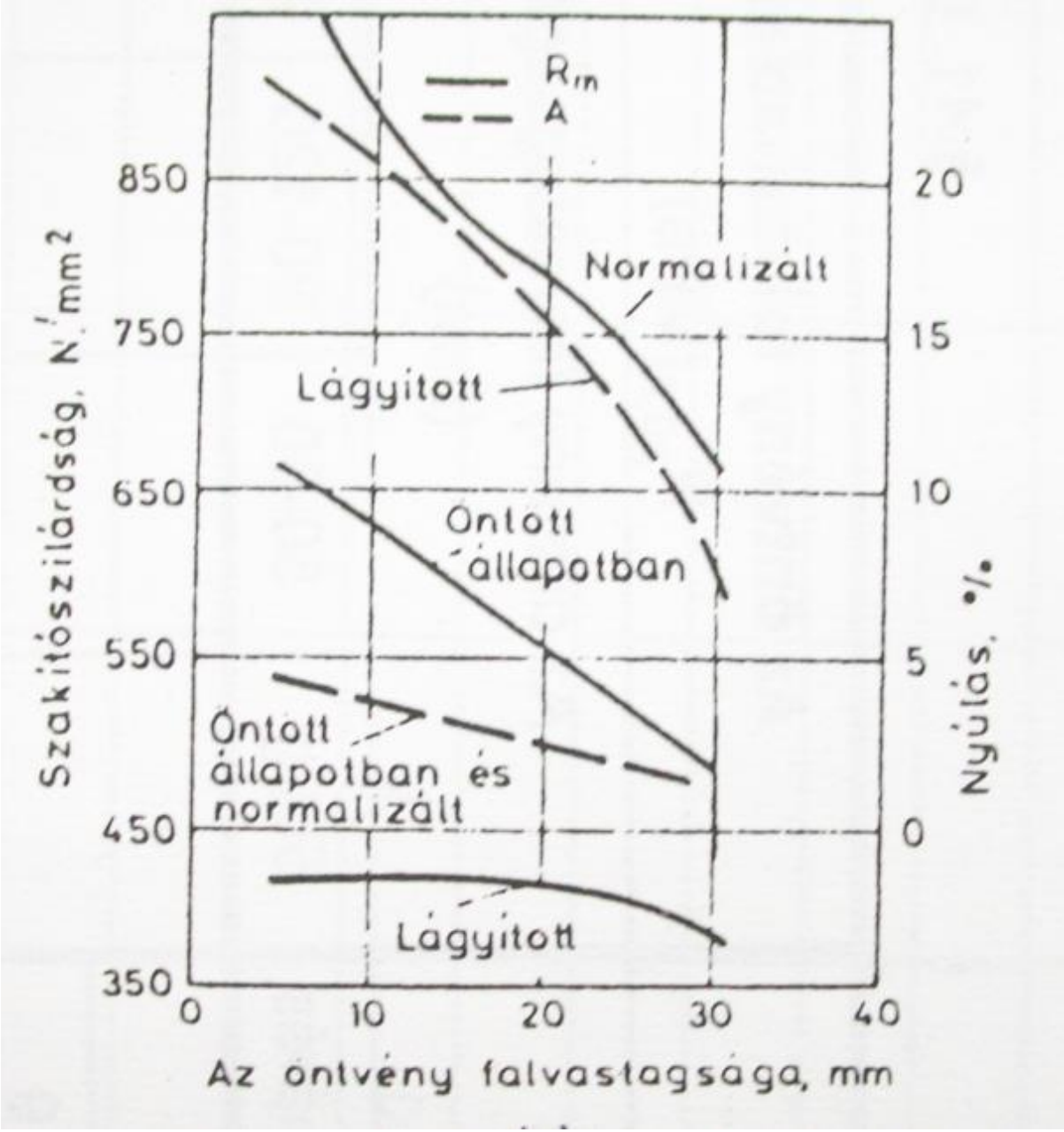
Gillemot diagram:





Jó a gömbgrafit + ferrit + perlites szövetszerkezetet

Göv tulajdonságai

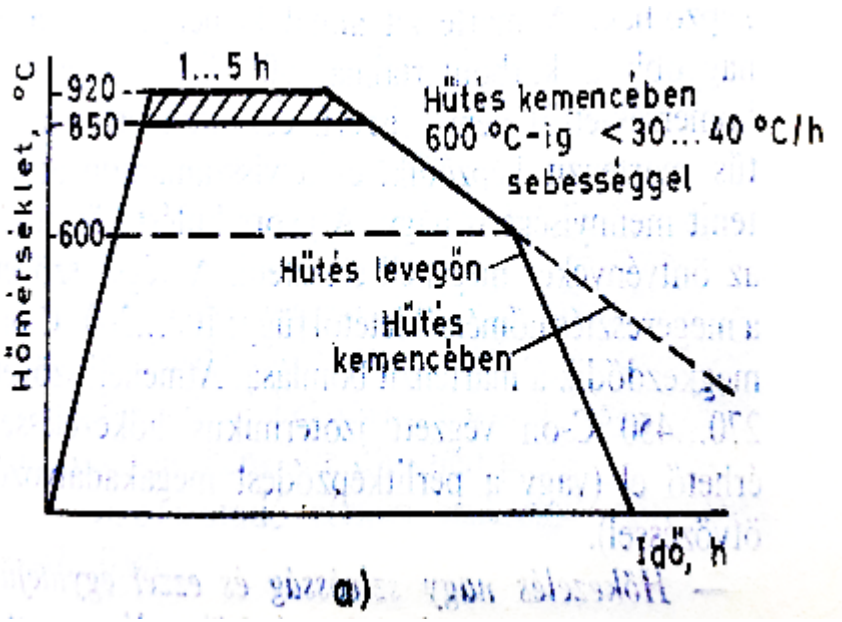


Gömbgrafitos öntöttvas tulajdonságai, alkalmazása

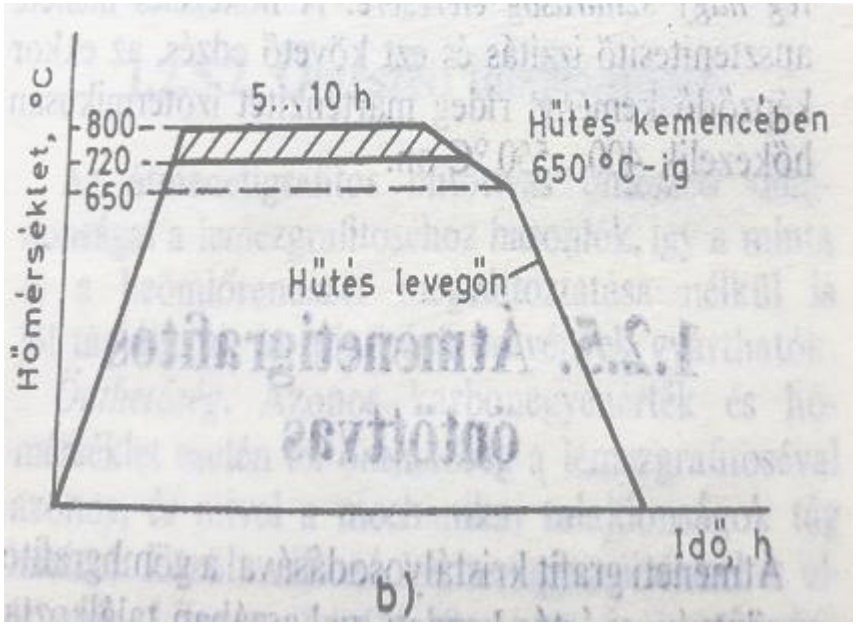
- EN-GJS-350-22U-LT (EN-JS1019) ⇐ A = 22 %, 10J -40 °C-n
  - RT változat és ütőmunka szavatolás nélkül is (EN-JS1032)
  - RT +20 °C-n 15 J (EN-JS1029)
- EN-GJS-400-18U-LT (EN-JS1049)
  - RT változat és ütőmunka szavatolás nélkül is
- EN-GJS-450-10U (EN-JS1132) EN-GJS-500-7U (EN-JS1182)
- EN-GJS-600-3U (EN-JS1092) EN-GJS-700-2U (EN-JS1102)
- EN-GJS-800-2U (EN-JS1112) EN-GJS-900-2U ⇐ A = 2 %

- Dinamikus igénybevételnek kitett szerkezeti elemek, gépalkatrészek, gépkocsi alkatrészek, forgattyús tengelyeket is készítenek gömbgrafitos öntöttvasból.
- Belső nyomásra igénybevett elemek készítése.

Egylépcsős ferritesítő izzítás cementitmentes szövet esetén

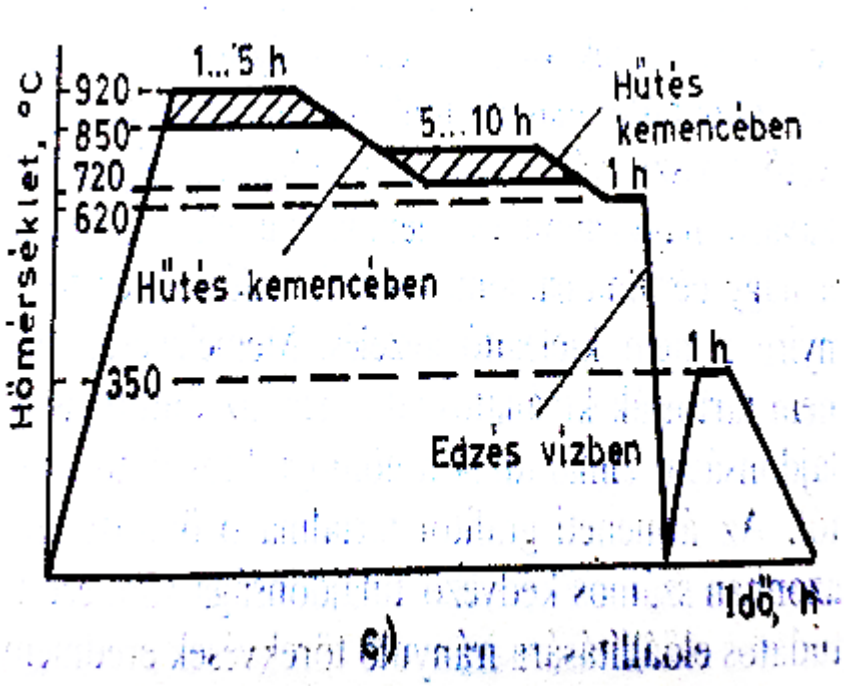


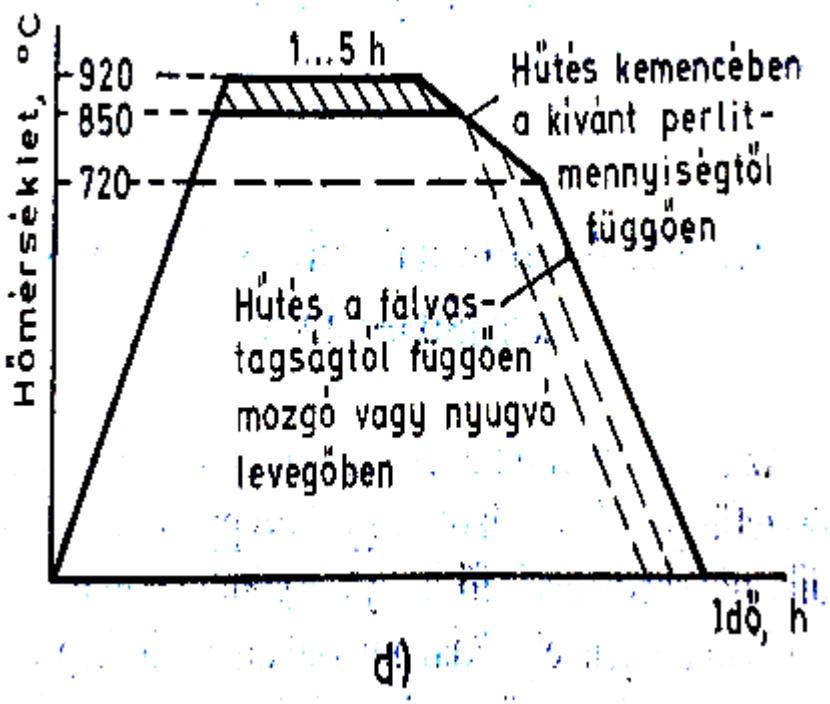
Kétlépcsős ferritesítő ízzítás cementites öntött szövet esetén



Háromlépcsős ferritesítő izzítás jó szívósságra

Perlitesítő hőkezelés





Gömb grafitos öv. 1.

19.3. Gömbgrafitos öntöttvas (MSZ EN 1563)

19.3-1. táblázat.
A hozzáöntött próbadarabból kimunkált próbatesten mért mechanikai tulajdonságok

Az anyagminőség jele	Az anyagminőség számjele	Mértékadó falvastagság t mm	Legkisebb szakítószilárdság R_m MPa	Legkisebb 0,2%-os folyáshatár $R_{p0,2}$ MPa	Legkisebb nyúlás A %
EN-GJS-350-22U-LT[1)]	EN-JS1019	t ≤ 30	350	220	22
		30 < t ≤ 60	330	210	18
		60 < t ≤ 200	320	200	15
EN-GJS-350-22U-RT[2)]	EN-JS1029	t ≤ 30	350	220	22
		30 < t ≤ 60	330	220	18
		60 < t ≤ 200	320	210	15
EN-GJS-350-22U	EN-JS1032	t ≤ 30	350	220	22
		30 < t ≤ 60	330	220	18
		60 < t ≤ 200	320	210	15
EN-GJS-400-18U-LT[1)]	EN-JS1049	t ≤ 30	400	240	18
		30 < t ≤ 60	390	230	15
		60 < t ≤ 200	370	220	12
EN-GJS-400-18U-RT[2)]	EN-JS1059	t ≤ 30	400	250	18
		30 < t ≤ 60	390	250	15
		60 < t ≤ 200	370	240	12
EN-GJS-400-18U	EN-JS1062	t ≤ 30	400	250	18
		30 < t ≤ 60	390	250	15
		60 < t ≤ 200	370	240	12
EN-GJS-400-15U	EN-JS1072	t ≤ 30	400	250	15
		30 < t ≤ 60	390	250	14
		60 < t ≤ 200	370	240	11

Gömbgrafitos öv. 2.

EN-GJS-450-10U	EN-JS1132	t ≤ 30	450	310	10
		30 < t ≤ 60	A gyártó és a megrendelő közötti megállapodás szerint.		
		60 < t ≤ 200			
EN-GJS-500-7U	EN-JS1082	t ≤ 30	500	320	7
		30 < t ≤ 60	450	300	7
		60 < t ≤ 200	420	290	5
EN-GJS-600-3U	EN-JS1092	t ≤ 30	600	370	3
		30 < t ≤ 60	600	360	2
		60 < t ≤ 200	550	340	1
EN-GJS-700-2U	EN-JS1102	t ≤ 30	700	420	2
		30 < t ≤ 60	700	400	2
		60 < t ≤ 200	660	380	1
EN-GJS-800-2U	EN-JS1112	t ≤ 30	800	480	2
		30 < t ≤ 60	A gyártó és a megrendelő közötti megállapodás szerint.		
		60 < t ≤ 200			
EN-GJS-900-2U	EN-JS1122	t ≤ 30	900	600	2
		30 < t ≤ 60	A gyártó és a megrendelő közötti megállapodás szerint.		
		60 < t ≤ 200			

Feszültségmentesítő hőkezelés

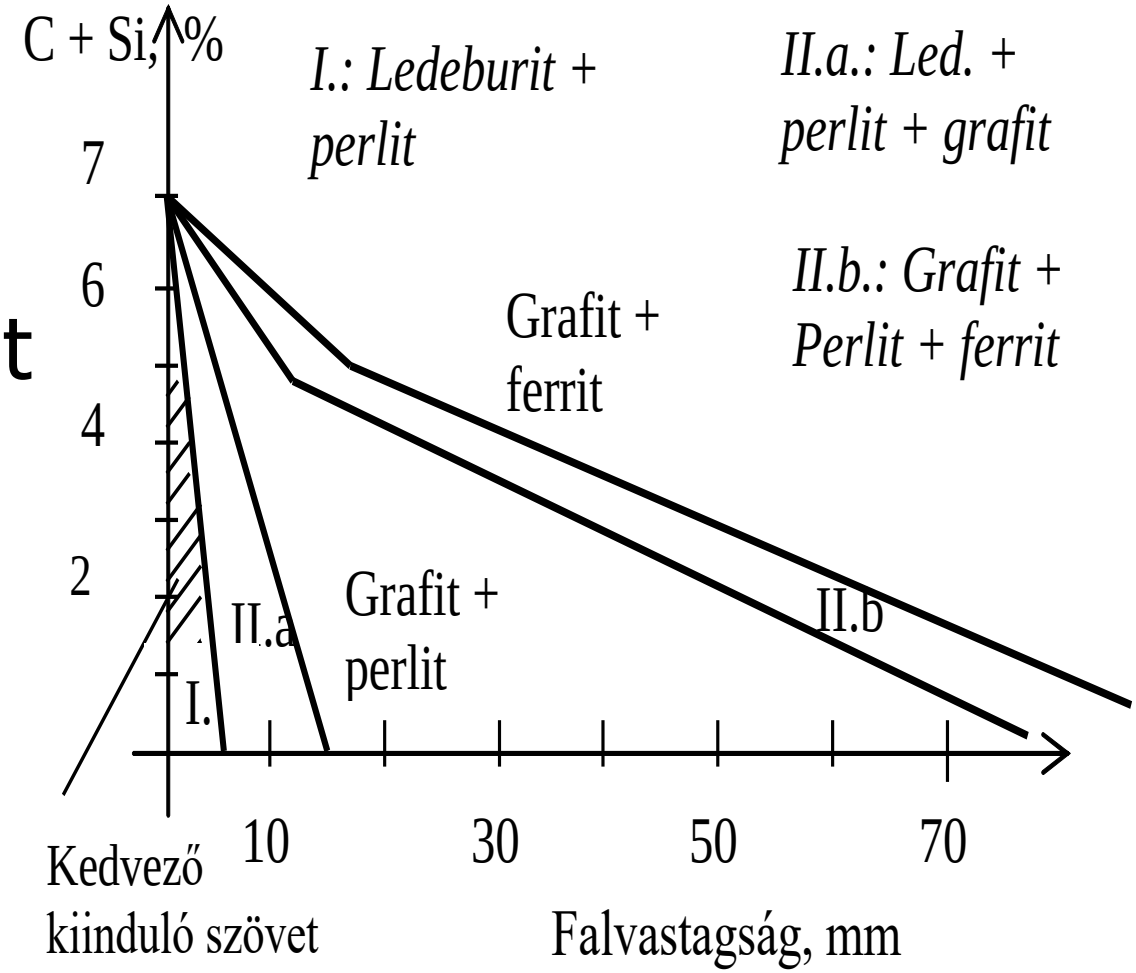
- Lassú felfűtés 30-50°C/h A_{c1} alá
- Hőntartás 2-6 óra

Ötvözetlen perlites gövnél	500-550 ^{o}C
Ferritesnél	max. 700 ^{o}C
Gyengén ötvözött	550-600 ^{o}C
Ötvözött öntöttvasnál	600-650 ^{o}C

- Hűtés kemencében 300 ^{o}C-ig, majd levegőn

Temperöntvények

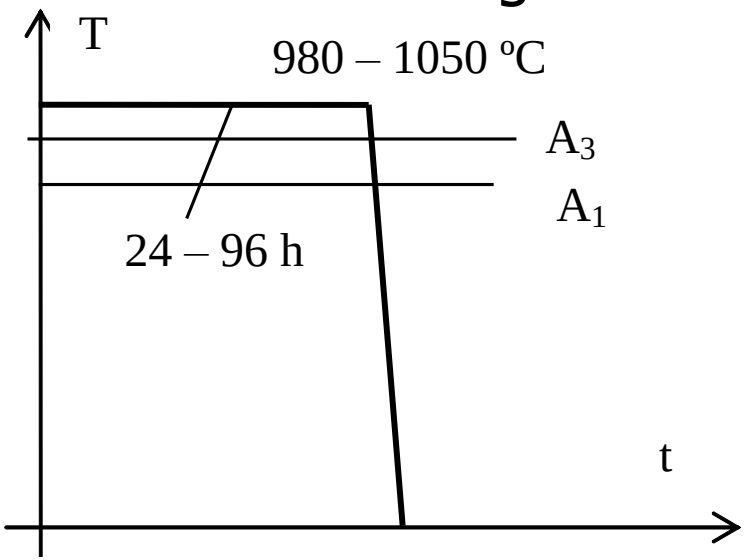
- Hőkezeléssel módosítják a grafit alakját.
- A kiinduló anyag fehér öntvény (ledeburitos + perlites szövet)



Temperálás

- Hőkezelés
  - Oxidáló közegben (pl. vasércben)
  - Semleges közegben
- A hőkezelés hatására a vaskarbidból kidiffundáló karbont vagy kiégetjük, vagy a kiválását biztosítjuk → Jól hegeszthető

Oxidáló közegben



Fehér temperöntvény: EN-GJMW-350-4U; EN-GJMW-380-12U
EN-GLMW-450-7U ⇐ Rm = 450MPa, A = 7 %

Hőkezelés ércben

- Felfűtés 980-1050°C-ra
- Megindul a levegő oxigénjével a $C+O_2 \leftrightarrow CO_2$ reakció
- Majd: $Fe_3C+CO_2 \leftrightarrow 2CO+3Fe$

  $2CO \leftrightarrow C+CO_2$

Így $Fe_3C \leftrightarrow 3Fe+C$

A C szémonoxiddá redukálja a CO2-őt

Az ércből oxigén biztosítja folyamatot, addig tart a dekarbonizáció, míg cementit bomlásából C képződik és diffundál a felületre

Hőkezelés gázban

- Az érc helyett levegő oxidálja a CO-dot.
- Megfelelő arány esetén ($CO:CO_2=3:1$) nincs revésedés a felületen
- 1050°C-on karbonmentes vas tart egyensúlyt a gázkeverékkel

Fehér temperöntvény

19.2-1. táblázat: A fehér tempervas mechanikai tulajdonságai

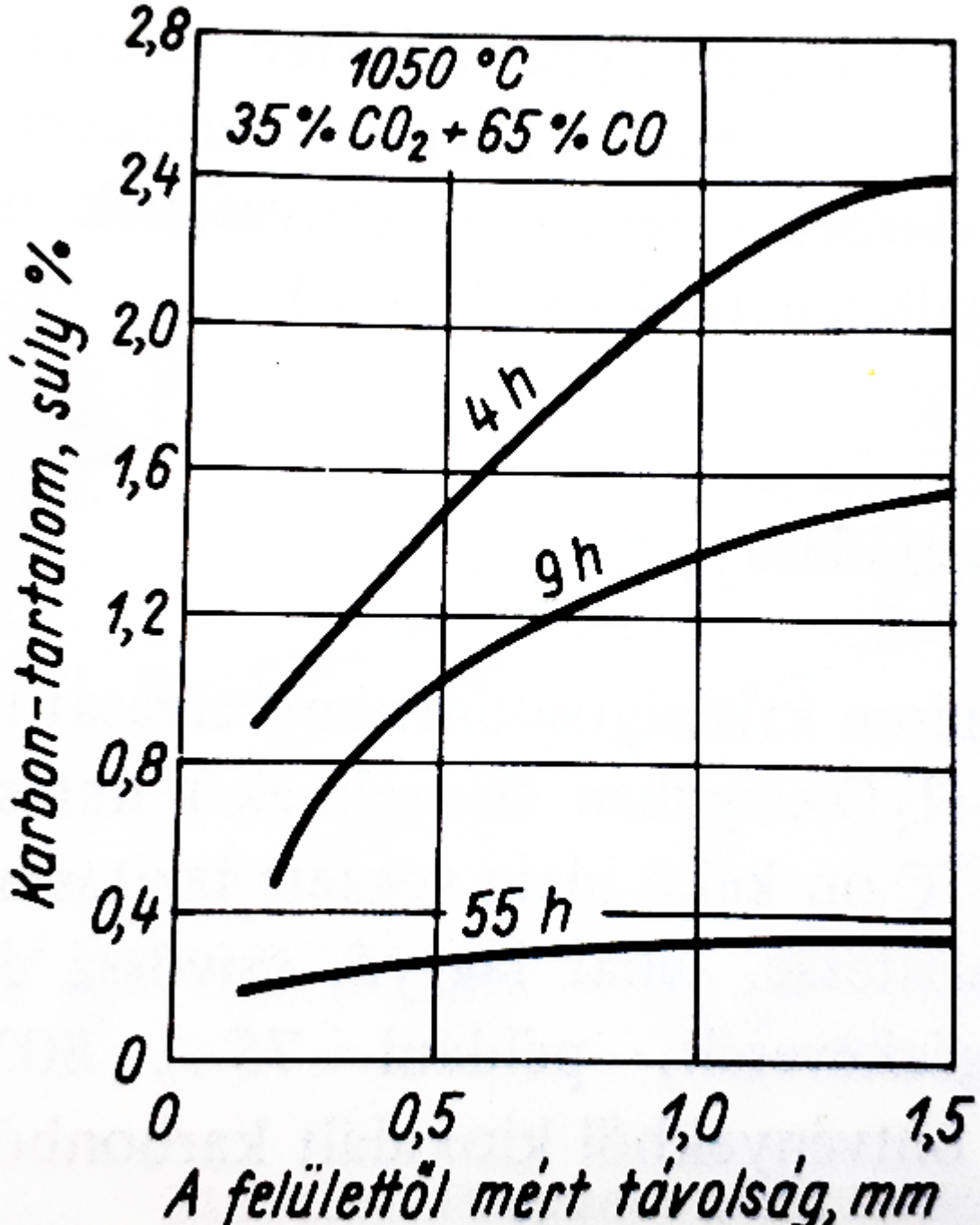
Az anyagminőség jele	Az anyagminőség számjele	A próbatest átmérője d mm	Szakítószilárdság R_m MPa min.	Nyúlás $A_{3,4}$,* %, min.	0,2%-os egyezményes folyáshatár $R_{p0,2}$ MPa min.	Brinell-keménység (csak tájékoztatás) HB max.
EN-GJMW-**350-4**	EN-JM1010	6 9 **12** 15	270 310 **350** 360	10 5 **4** 3	- [1)] - - -	230
EN-GJMW-**360-12**[2)]	EN-JM1020[2)]	6 9 **12** 15	280 320 **360** 370	16 15 **12** 7	- [1)] 170 **190** 200	200
EN-GJMW-**400-5**	EN-JM1030	6 9 **12** 15	300 360 **400** 420	12 8 **5** 4	- [1)] 200 **220** 230	220
EN-GJMW-**450-7**	EN-JM1040	6 9 **12** 15	330 400 **450** 480	12 10 **7** 4	- [1)] 230 **260** 280	220
EN-GJMW-**550-4**	EN-JM1050	6 9 **12** 15	- 490 **550** 570	- 5 **4** 3	- [1)] 310 **340** 350	250

[1)] A 0,2%-os egyezményes folyáshatár kis próbatesteken való meghatározásának nehézsége miatt az értékekben és a mérési módszerben a megrendelés elfogadásának időpontjáig a gyártó és a megrendelő állapodjon meg.

2) A hegesztésre legalkalmasabb anyagminőség.

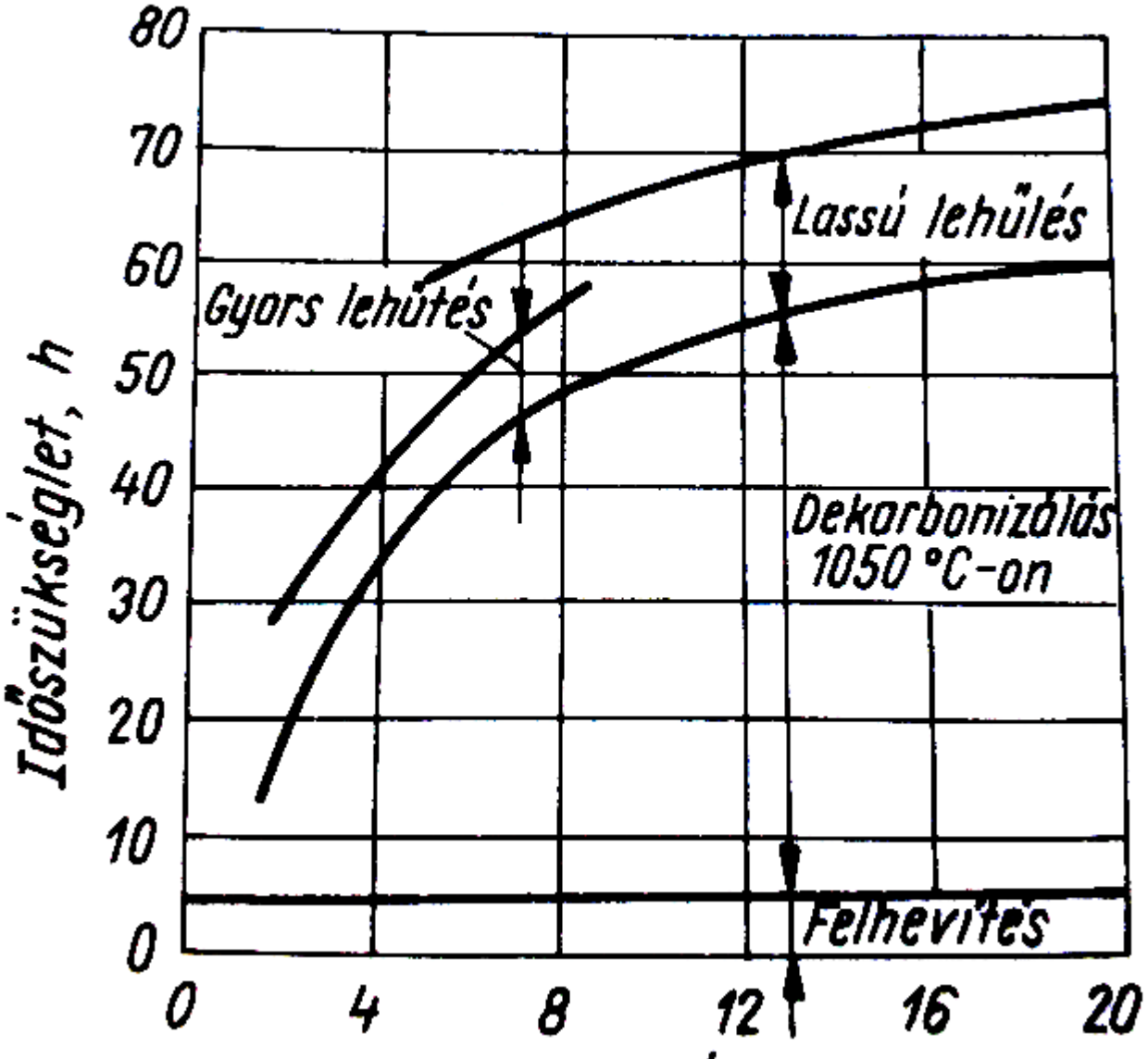
*

$$L_0 = 3{,}4\sqrt{S_0} = 3{,}4\sqrt{\frac{d^2\pi}{4}}$$



Fehér öntöttvas Karbontartalmának változása a felület közelében CO-CO_2 közegben

A fehértöretű temperöntvény hőkezelési időszükséglete a falvastagság függvényében



Falvastagság mm

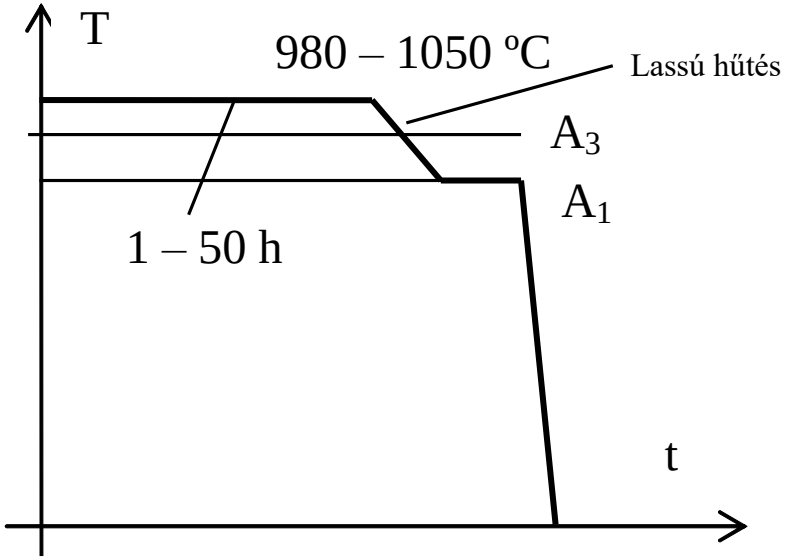
Szilárd állapotban végbemenő reakciók hatása a cementitre *(R. P. Todorov—Pantelejeva—Mikhajlova)*

Periódus	Az elemek csoportja								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	VIII
	B A	B A	B A	B A	B A	B A	B A	B	A
I	H						(H)		○ He
II	○ Li	● Be	B	C	△ N	△ O	△ F		○ Ne
III	○ Na	○ Mg	○ Al	● Si	P	△ S	△ Cl		○ Ar
IV	○ K	○ Ca	Sc	□ Ti	□ V	□ Cr	□ Mn	Fe ● Co	● Ni
	● Cu	○ Zn	Ga	Ge	△ As	△ Se	△ Br		○ Kr
V	○ Rb	○ Sr	Y	□ Zr	□ Nb	□ Mo	Tc	Ru Rh	● Pd
	○ Ag	○ Cd	In	○ Sn	△ Sb	△ Te	△ J		○ Xe
VI	○ Cs	○ Ba	La	□ Hf	□ Ta	□ W	Re	Os ● Ir	● Pt
	● Au	○ Hg	○ Tl	○ Pb	△ Bi	Po	At		○ Rn
VII	Fr	Ra	Ac	□ Th	Pa	U			

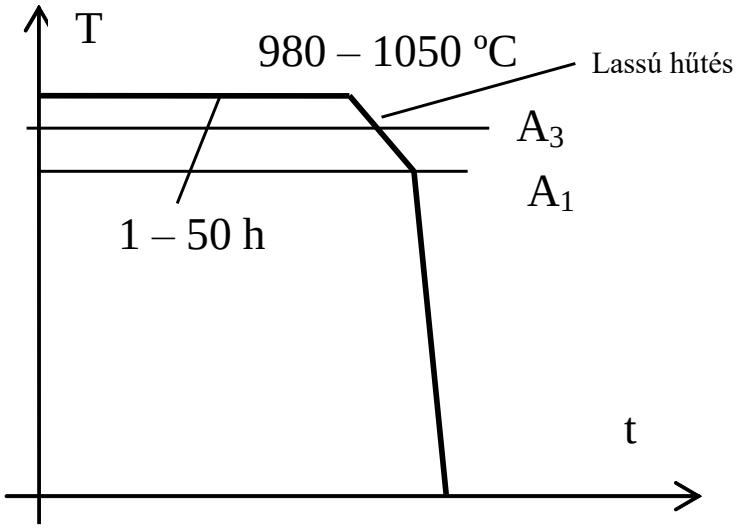
● A cementit bomlását és a grafitosodást serkentő elemek.
△ A grafitosodást késleltető elemek.
□ A karbonnal a Fe_3C-nál is állandóbb karbidokat képző elemek.
○ Hatástalan elemek.

Temperöntvények 2.

- *Semleges közegben*



- *Ha nem bontjuk el a perlitet*



Ferrites fekete temperöntvény:
A grafit temperszén formájában.
Itt a perlitet is elbontjuk ferritre és temperszénre. EN-GJMB-350-10U

Perlites temperöntvény:
Perlit + temperszén az eredmény.
EN-GJMP-450-6U
EN-GJMP-700-2U

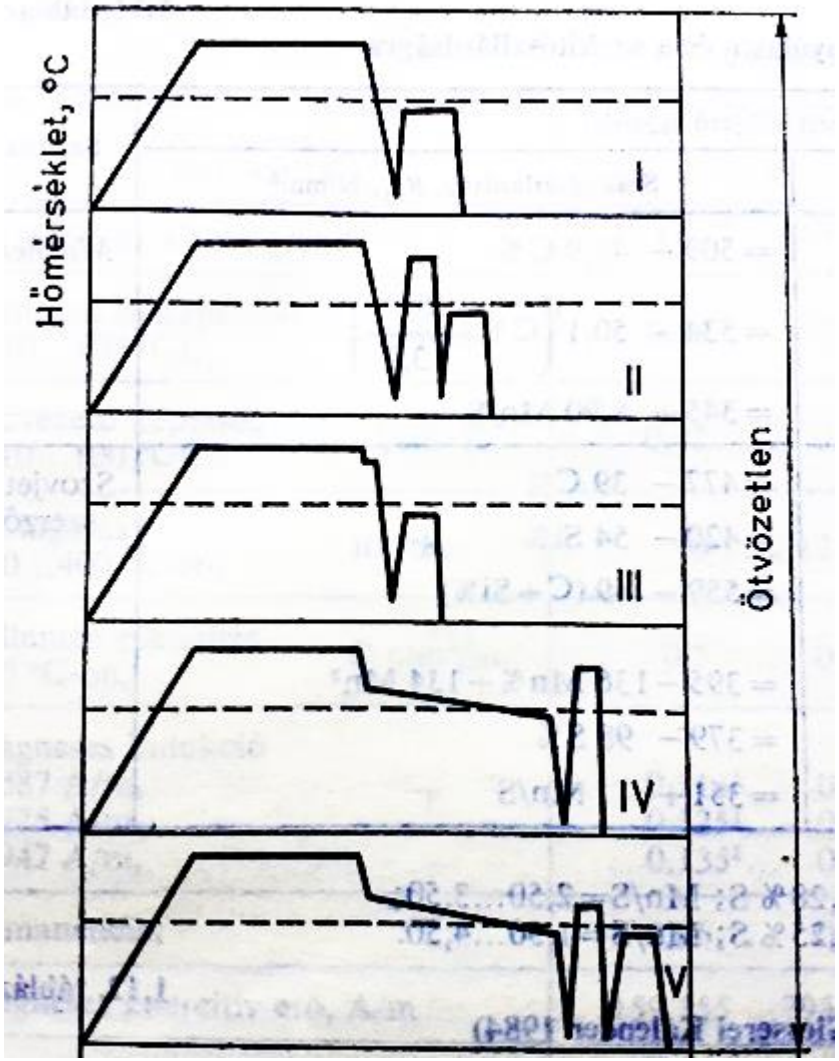
1.9. táblázat

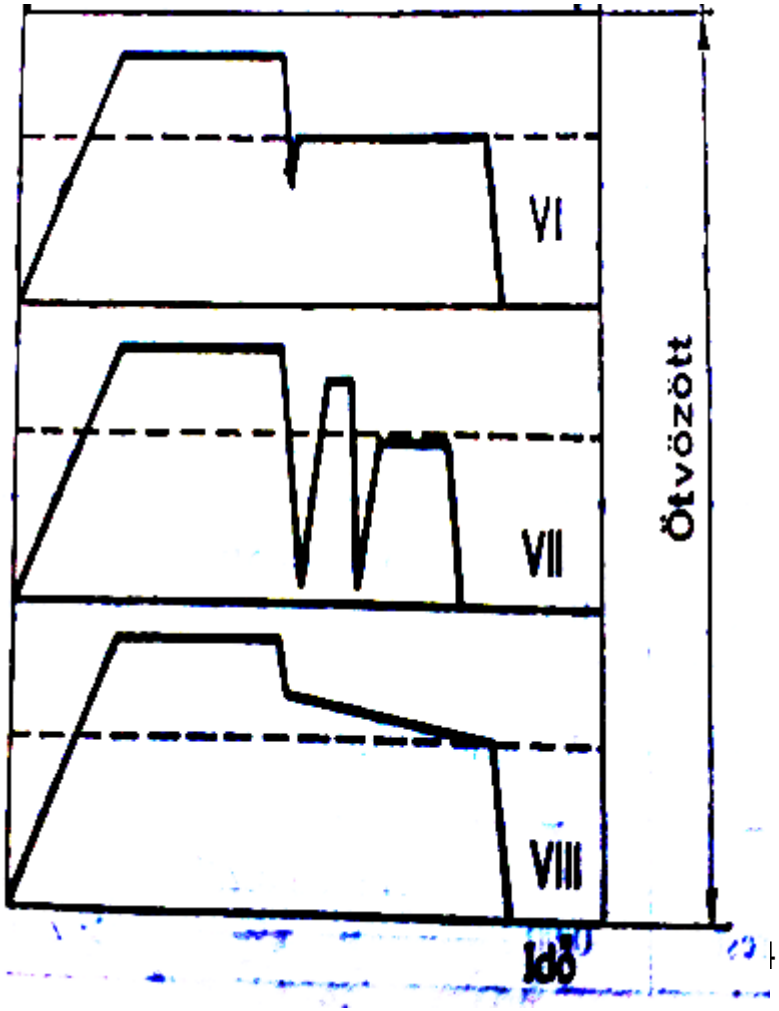
Perlites tempervas gyártása (Temperguss)

A hőkezelés szakaszai és az alapszövet	Eljárás							
	Ötvözetlen tempervas					Ötvözött tempervas		
	gyors hűtés és megeresztés			újra hevítés		gyors hűtés és megeresztés		lehűlés a kemencében
	gyors hűtés levegőn	gyors hűtés folyadékban		gyors hűtés levegőn	gyors hűtés folyadékban	gyors hűtés levegőn	gyors hűtés olajban	hagyományos hőkezelés
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Grafitosodás az első szakaszban	X	X	X	X	X	X	X	X
Hagyományos grafitosodás a második szakaszban				X	X			X
Gyors hűtés levegőn 800 °C vagy még nagyobb hőmérsékletről	X	X		X●		X	X	
Újra felhevítés az ausztenites tartományba		X		X	X		X	
750 °C vagy még nagyobb hőmérsékletről gyors hűtés folyadékban		X	X		X		X	
Megeresztés 250 és 750 °C között	X	X	X		X	X	X	
Alapszövet	Lemezes perlit vagy szemcsés perlit (cementit)	Martenzit, megeresztett martenzit vagy finomszemcsés cementit		Lemezes perlit	Martenzit, megeresztett martenzit vagy finomszemcsés cementit	Durvalemezes perlit és/vagy szemcsés cementit	Megeresztett martenzit vagy finomszemcsés cementit	Durvalemezes perlit

● Ausztenites tartományba való újrahevítés után

Perlites temperöntvény hőkezelési diagramjai





Fekete temperöntvények

19.2-2. táblázat. A fekete tempervas mechanikai tulajdonságai

Az anyagminőség jele	Az anyagminőség számjele	A próbatest átmérője, d, [1] mm	Szakítószilárdság, R_m, MPa, min.	Nyúlás $A_{3,4}$, %, min	0,2%-os egyezményes folyáshatár, $R_{p0,2}$, MPa, min.	Brinell-keménység (csak tájékoztatás) HB,
EN-GJMB-**300-6**[2]	EN-JM1110[2]	12 vagy 15	300	6	-	max. 150
EN-GJMB-**350-10**	EN-JM1130	12 vagy 15	350	10	200	max. 150
EN-GJMB-**450-6**	EN-JM1140	12 vagy 15	450	6	270	150–200
EN-GJMB-**500-5**	EN-JM1150	12 vagy 15	500	5	300	165–215
EN-GJMB-**550-4**	EN-JM1160	12 vagy 15	550	4	340	180–230
EN-GJMB-**600-3**	EN-JM1170	12 vagy 15	600	3	390	195–245
EN-GJMB-**650-2**	EN-JM1180	12 vagy 15	650	2	430	210–260
EN-GJMB-**700-2**	EN-JM1190	12 vagy 15	700	2	530	240–290
EN-GJMB-**800-1**	EN-JM1200	12 vagy 15	800	1	600	270–320

1) Ha a 6 mm átmérőjű próbatest képviseli az öntvény mértékadó falvastagságát, és a gyártó és a megrendelő a megrendelés elfogadásának időpontjáig ebben megállapodott, akkor ilyen méretű próbatestet lehet alkalmazni. A táblázat szerinti legkisebb értékek érvényesek.

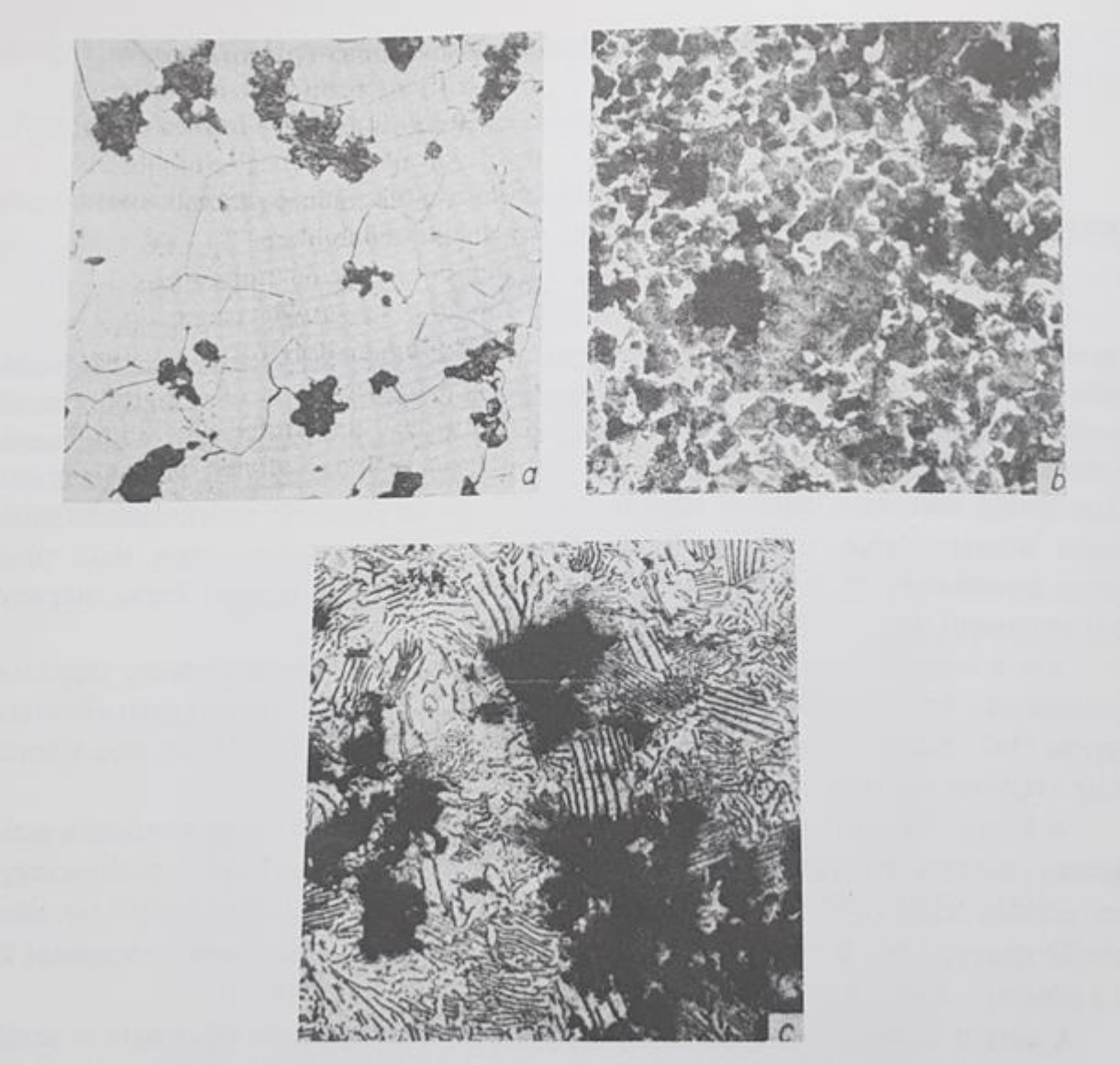
2) Ez az anyag különösen akkor alkalmazható, ha a nyomásállóság fontosabb, mint a nagy szilárdság és a szívósság.

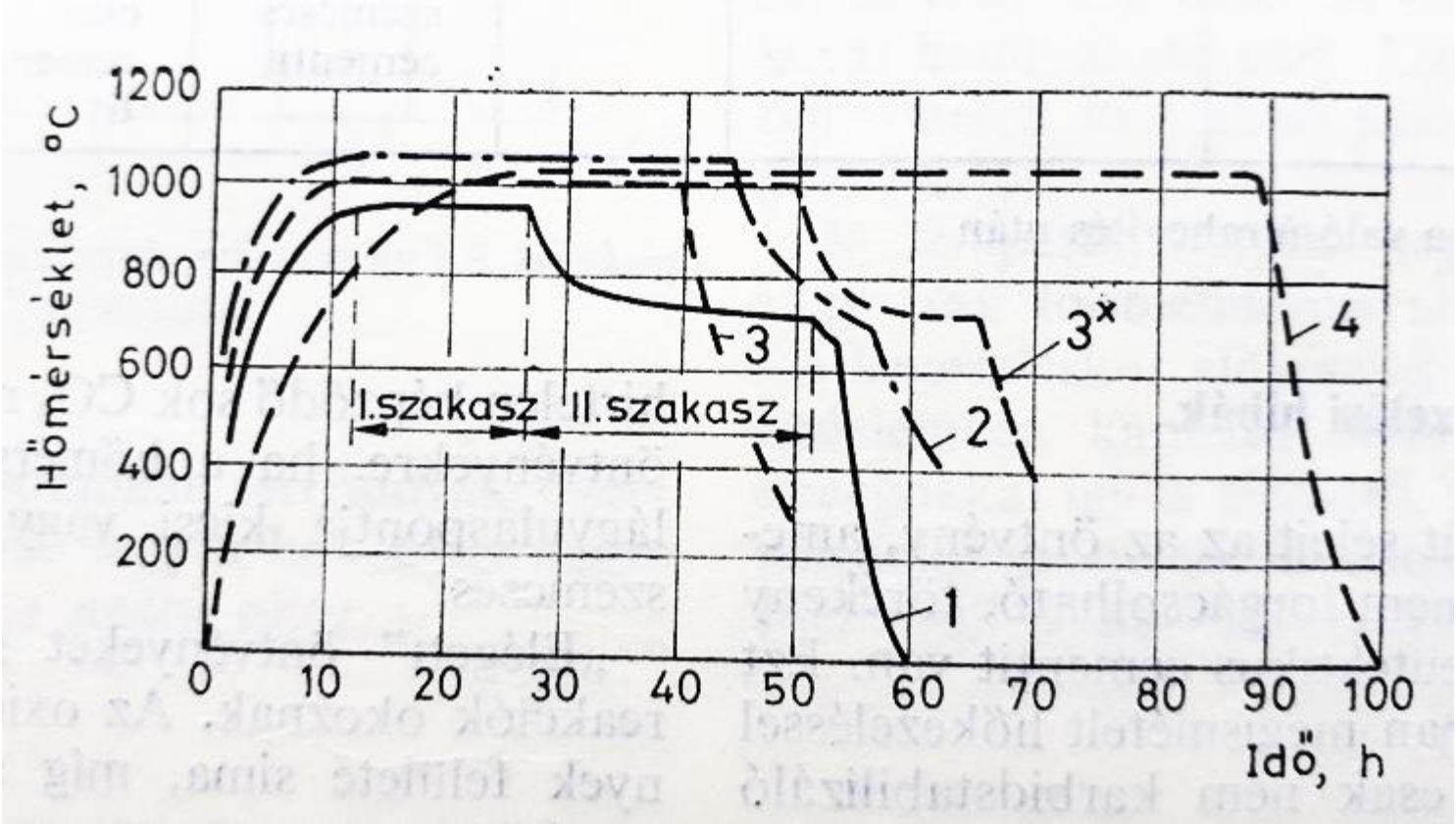
1. MEGJEGYZÉS: 1 MPa megfelel 1 N/mm^2-nek.

2. MEGJEGYZÉS: Az anyagminőségek megnevezése az EN 1560 szerint.

3. MEGJEGYZÉS: Az anyagminőség legkisebb szakítószilárdsága és a legkisebb $A_{3,4}$ nyúlása vastagon van nyomtatva.

Ferrites, ferrit-perlites és perlites fekete töretű temperöntvény szövetképe





Különböző kemencék hőkezelési programja temperöntvényekhez

1. 16 t-ás gázatmoszférás kemence feketetöretű temperöntvény hőkezelésekor
2 fehértöretű temperöntvény hőkezelése gázatmoszférás alagútkemencében (150 t/ hónap kapacitással
3. 5 t-ás elektromos kemence vékonyfalú fehértöretű öntvényekhez, pl fittingek
3* u.a, mint 3, csak vastag falú öntvényekhez
4. 20 t-ás érclágyításos kamráskemence