

Základní druhy litin

Ing. Simona Pospíšilová, Doc. Ing. Bohumil Pacal, CSc.

Podklady:

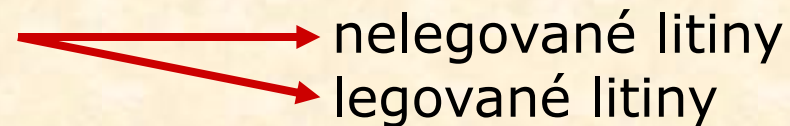
1. Ptáček L. a kol. – Nauka o materiálu II
2. Skočovský P., Podrábský T. - Grafické litiny
3. Askeland D. R., Phulé P. P. – The Science and Engineering of Materials
4. Callister, W. D. Jr. – Materials Science and Engineering an Introduction
5. Studijní opory: [„Struktura slitin stabilní soustavy Fe – C“](#) a [„Struktura a vlastnosti grafických litin“](#)

Definice litin

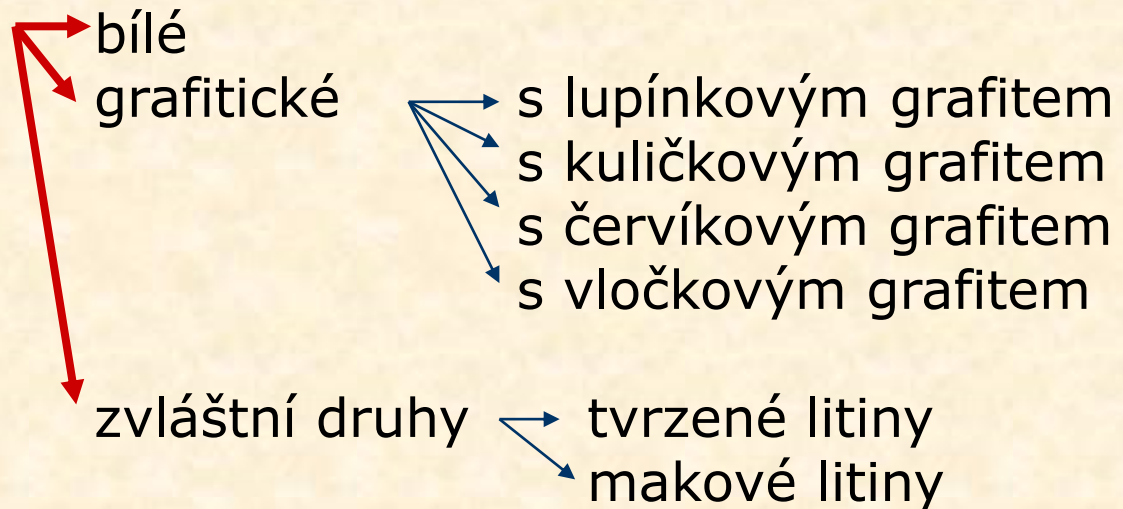
Litiny jsou slitiny železa, uhlíku a doprovodných prvků (žádoucích i nežádoucích), kde obsah uhlíku je nad 2 hm%, když součet všech doprovodných prvků nepřesáhne 2%.

Rozdělení litin

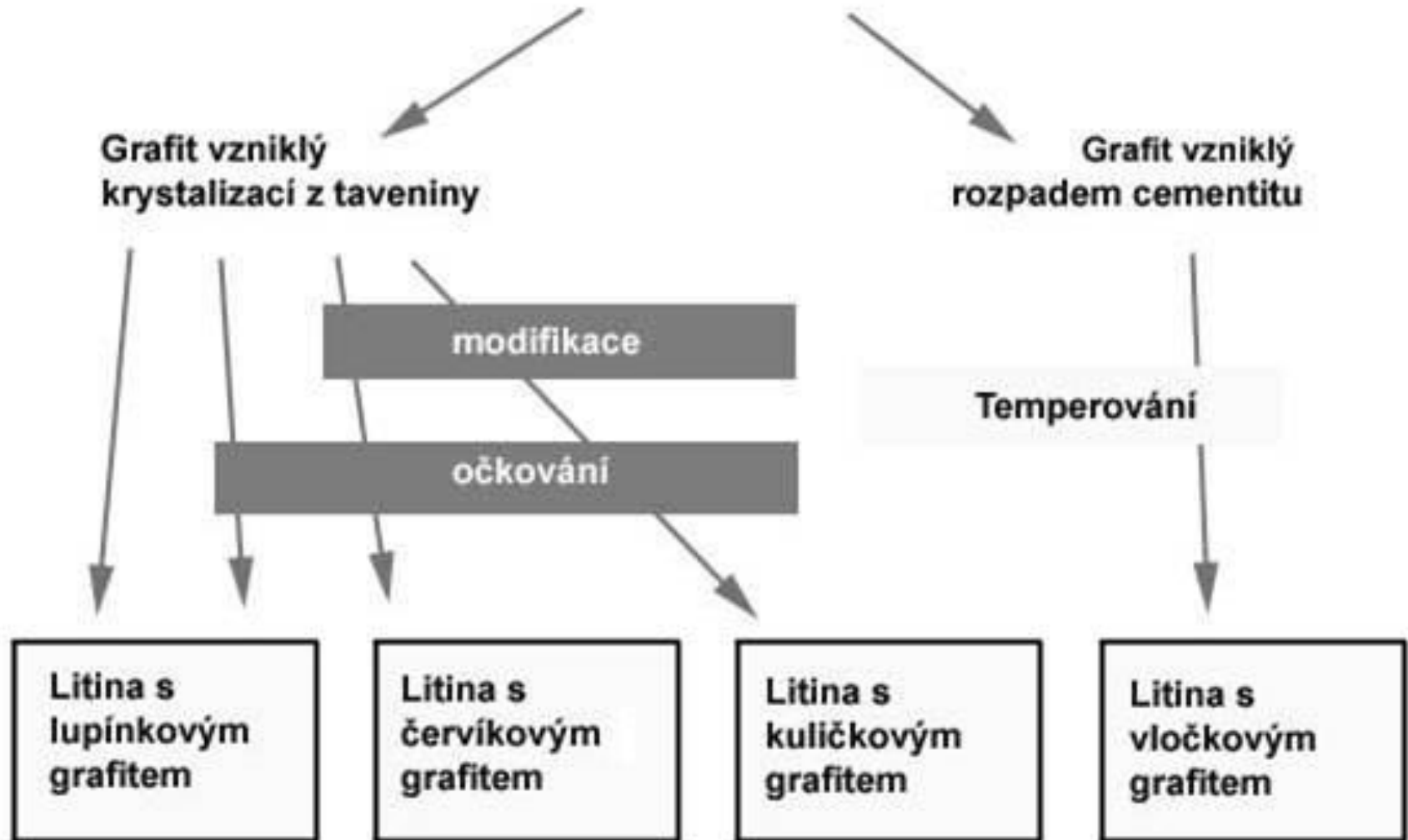
- dle chemického složení



- dle formy uhlíku



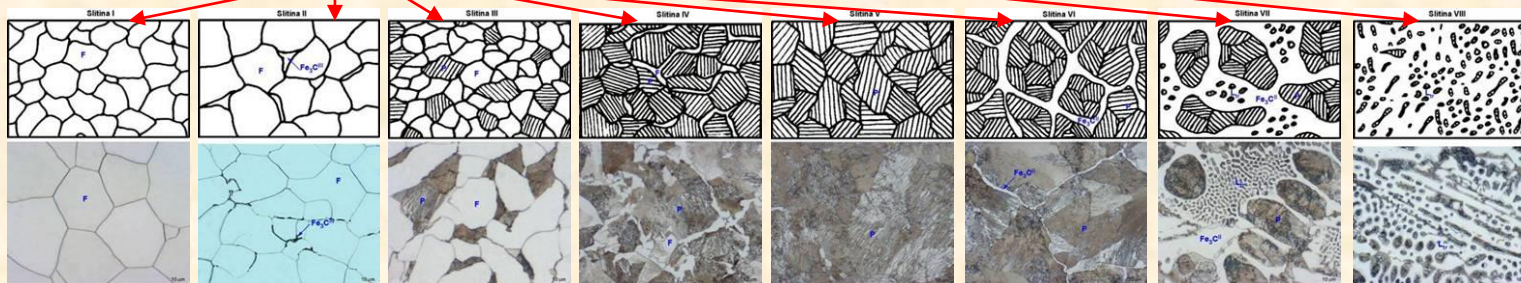
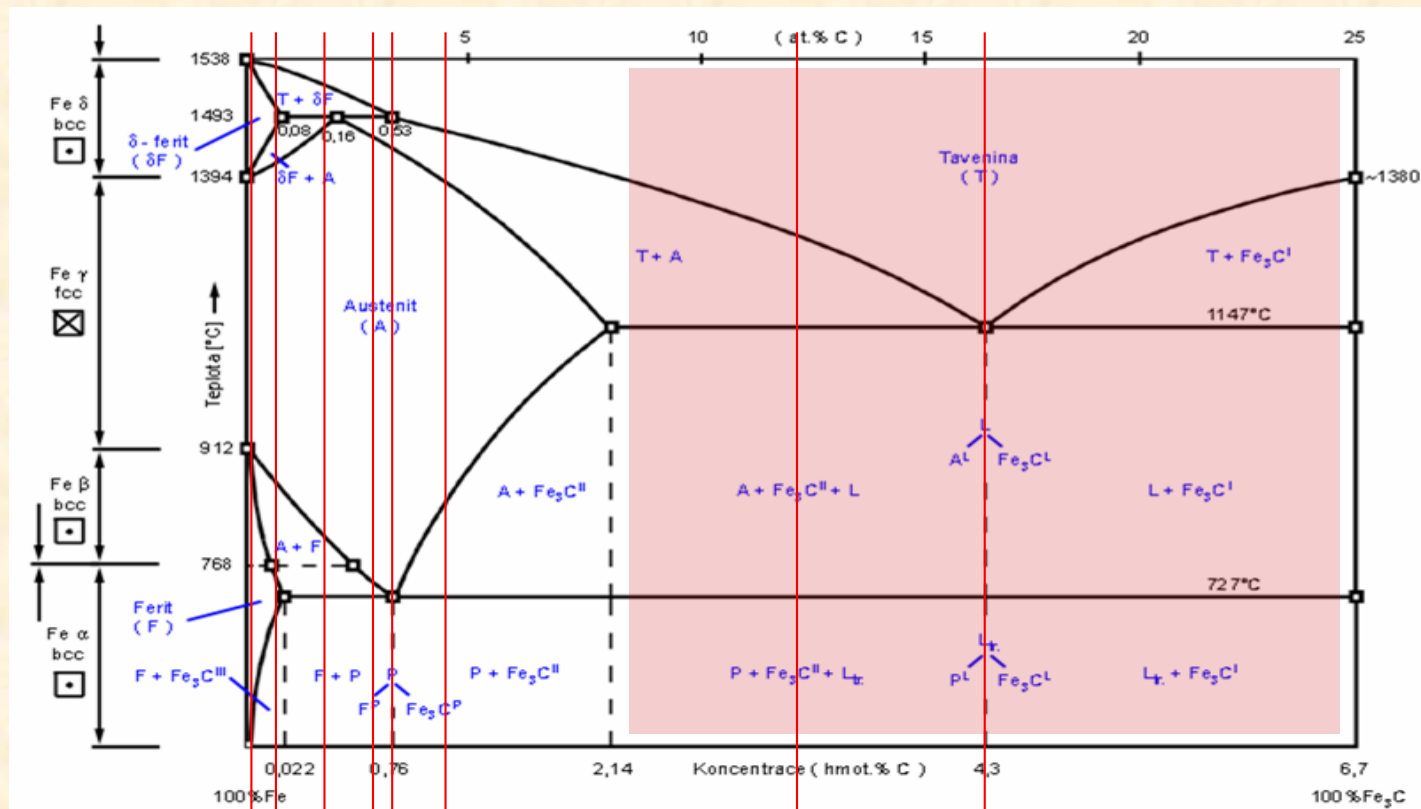
GRAFITICKÉ LITINY



Rozdělení grafitických litin

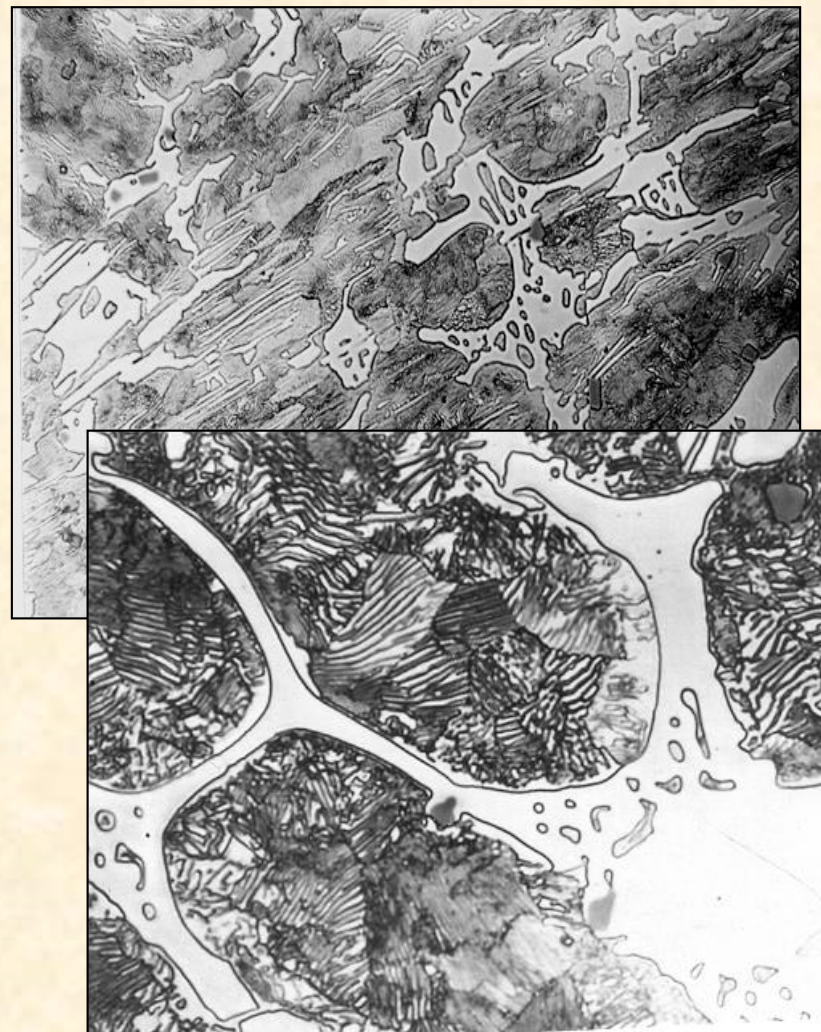
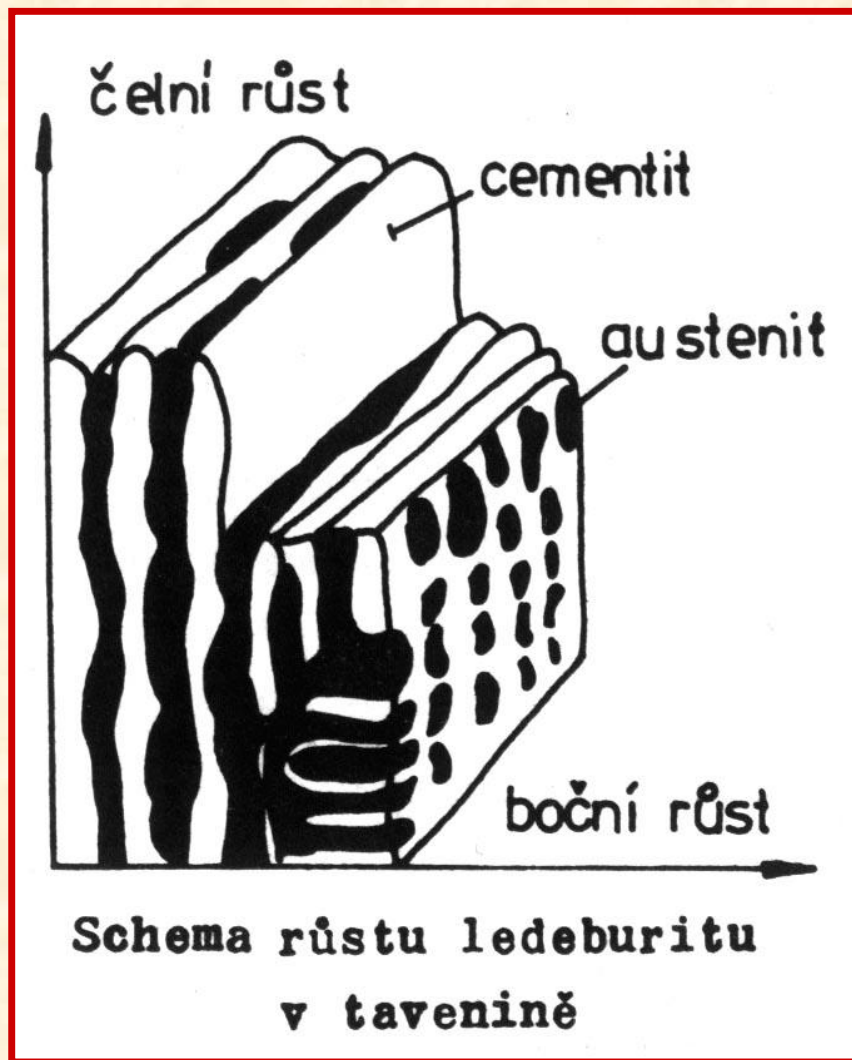
Bílé litiny

Krystalizace a překrystalizace dle metastabilního binárního diagramu Fe-Fe₃C



Metastabilní binární diagram Fe-Fe₃C

Krystalizace ledeburitu



Transformovaný ledeburit L_{TR}

Charakteristika bílých litin

- na lomové ploše stříbřitě bílé

Vlastnosti

- tvrdé (350 – 500 HB)
- křehké
- odolné proti opotřebení
(odolnost se dále zvyšuje legováním
a tepelným zpracováním)

Použití

- odlitky odolné proti opotřebení
- výchozí materiál pro temperovanou litinu



Grafitické litiny

Faktory ovlivňující strukturu a vlastnosti grafitických litin

a) chemické složení litiny,

b) stav krystalizačních zárodků,

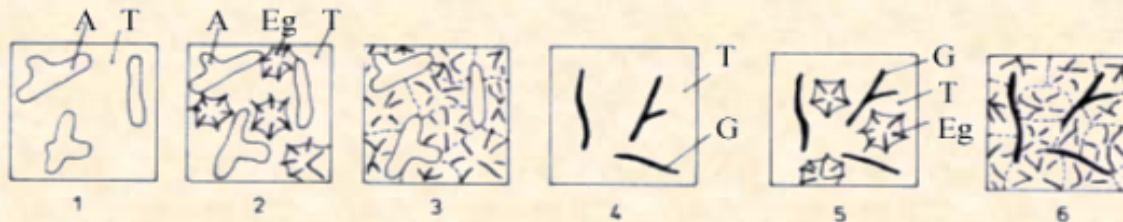
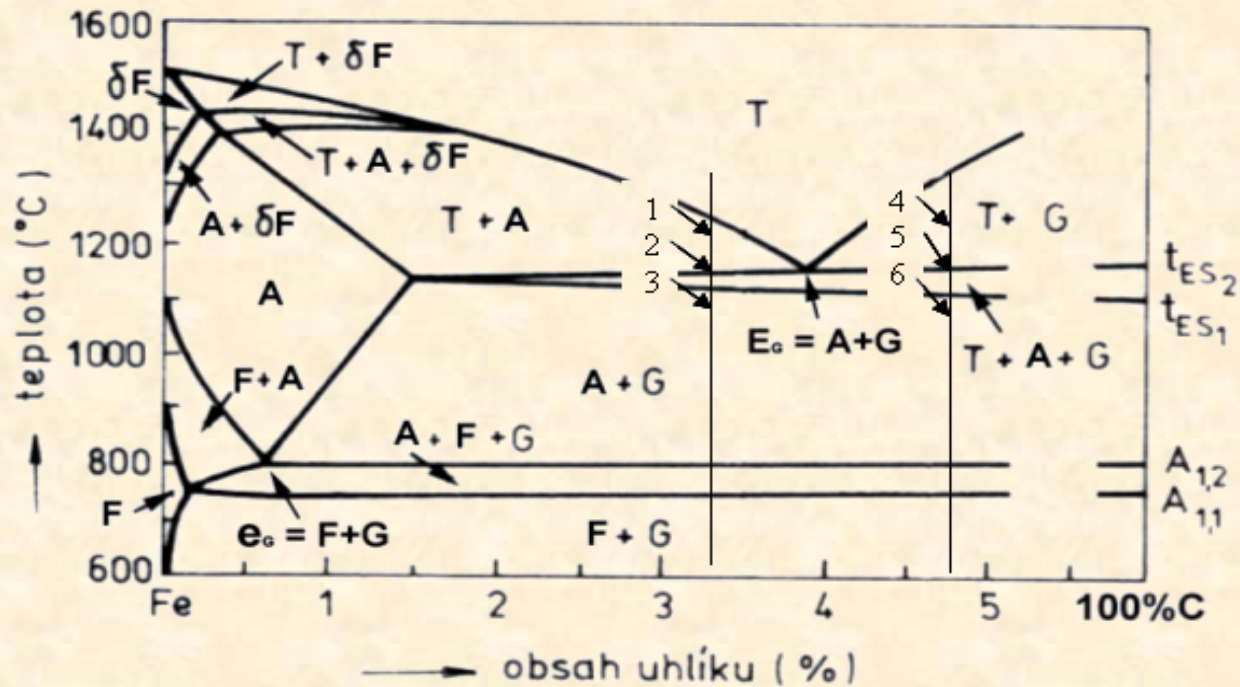
c) rychlost ochlazování v průběhu tuhnutí a chladnutí
(závisí na tloušťce stěny odlitku a na materiálu formy),

d) tepelné zpracování litin.

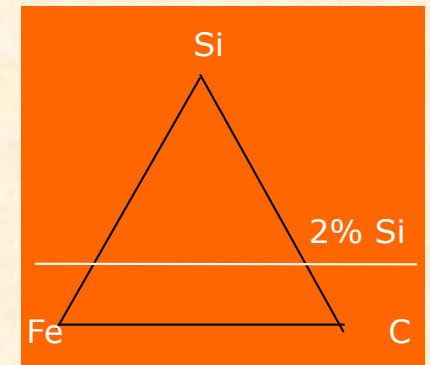


Chemické složení grafitických litin

Krystalizace a překrystalizace dle pseudobinárního diagramu Fe-C-Si (2%)



Pseudobinární diagram Fe-C-Si (2%)

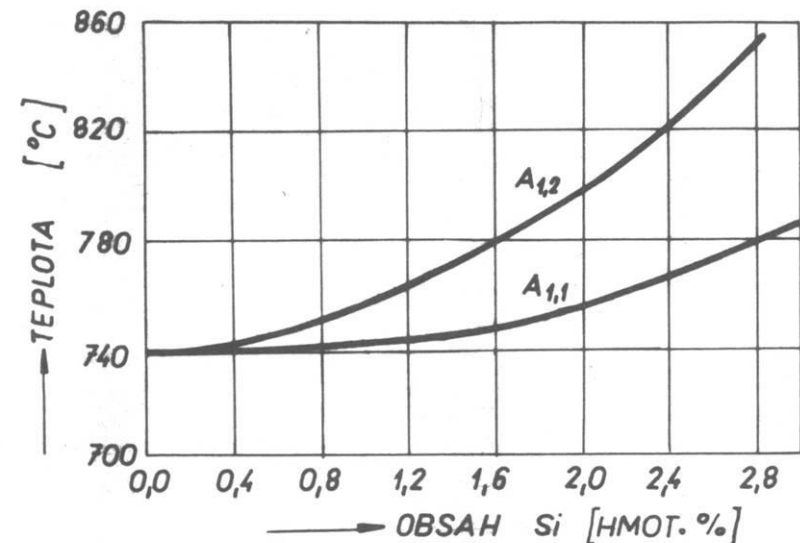
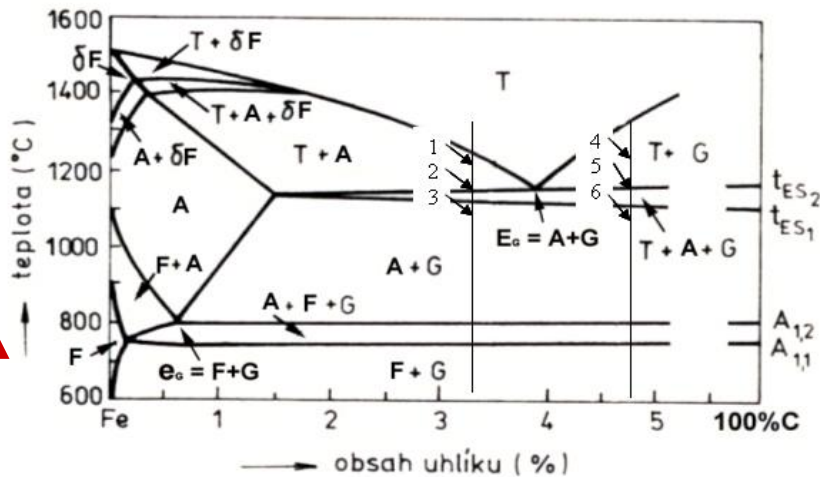


Ternární diagram

Chemické složení grafitických litin

Vliv Si na pseudobinární diagram Fe-C-Si

- teplota eutektická,
- teplota eutektoidní,
- koncentrace eutektického bodu,
- koncentrace eutektoidního bodu,
- mezní rozpustnost uhlíku v austenitu



Vliv Si na polohu a interval teplot a koncentrací v diagramu Fe-C-Si

Chemické složení grafitických litin

Vliv ostatních prvků na pseudobinární diagram

- stupeň eutektičnosti (stupeň sycení) S_c
stanovuje se pouze u litin s lupínkovým grafitem

$$S_c = \frac{\% C}{4,26 - 0,31.\% Si - 0,27.\% P - 0,04.\% S - 0,074.\% Cu + 0,063.\% Cr + 0,027.\% Mn}$$

zjednodušeně

$$S_c = \frac{\% C}{4,3 - 0,312.\% Si - 0,275.\% P}$$

$$S_c = 1$$

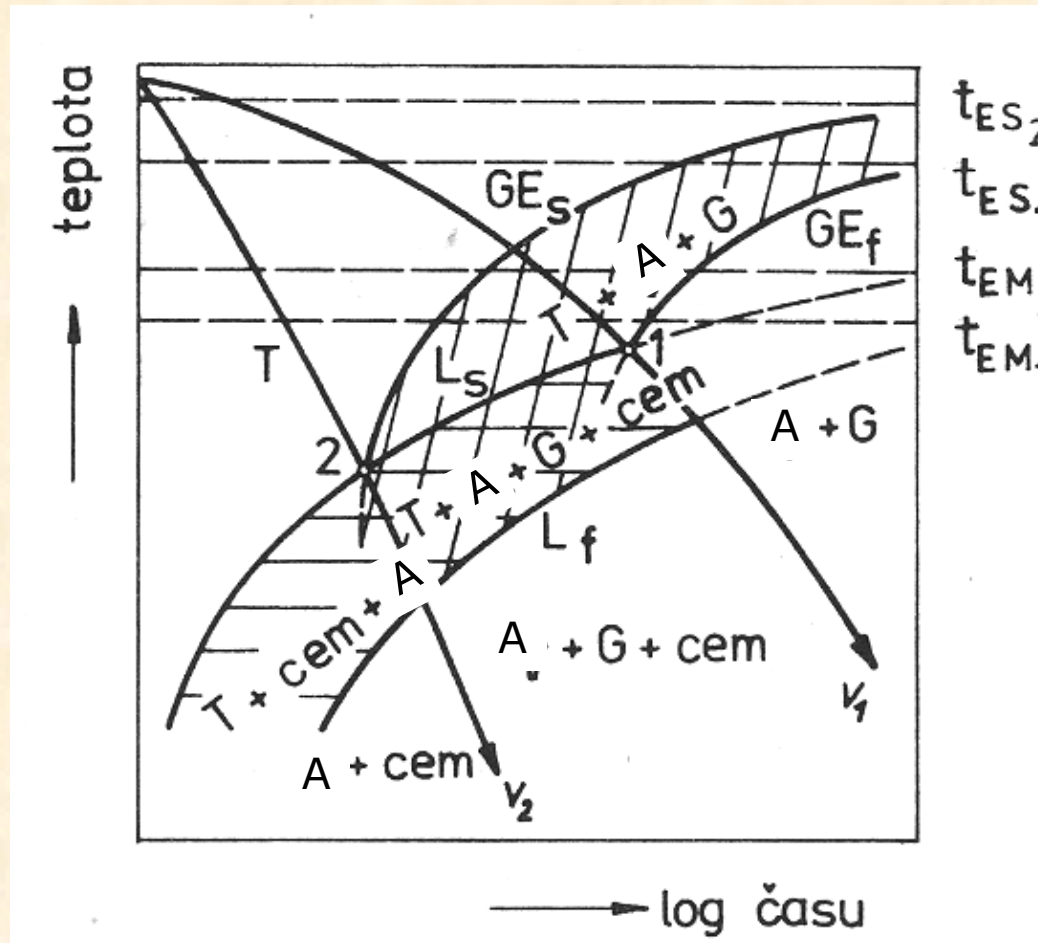
$$S_c < 1$$

$$S_c > 1$$

eutektická litina,
podeutektická litina,
nadeutektická litina.

Vliv rychlosti chladnutí

Krystalizace litin



$t_{ES1} - t_{ES2}$
teplotní interval tvorby
stabilního eutektika;

$t_{EM1} - t_{EM2}$
teplotní interval tvorby
metastabilního eutektika;

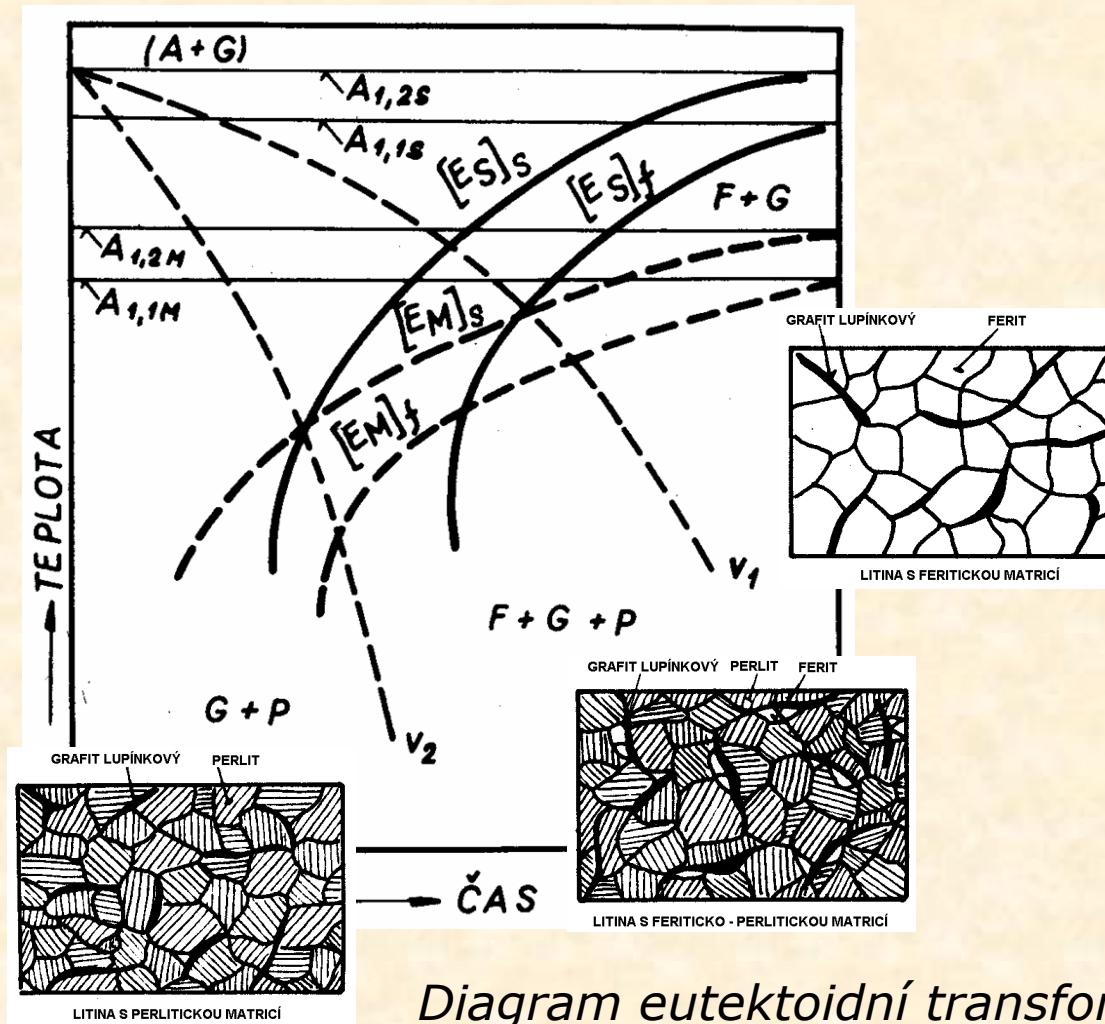
GE_s GE_f
začátek a konec vzniku
grafitického eutektika;

L_s , L_f
začátek a konec vzniku
metastabilního eutektika
tj. ledeburitu

Diagram anizotermické krystalizace eutektické litiny Fe-C-Si

Vliv rychlosti chladnutí

Fázové přeměny v tuhém stavu



$A_{1,2S} - A_{1,1S}$
teplotní interval tvorby
stabilního eutektoidu;

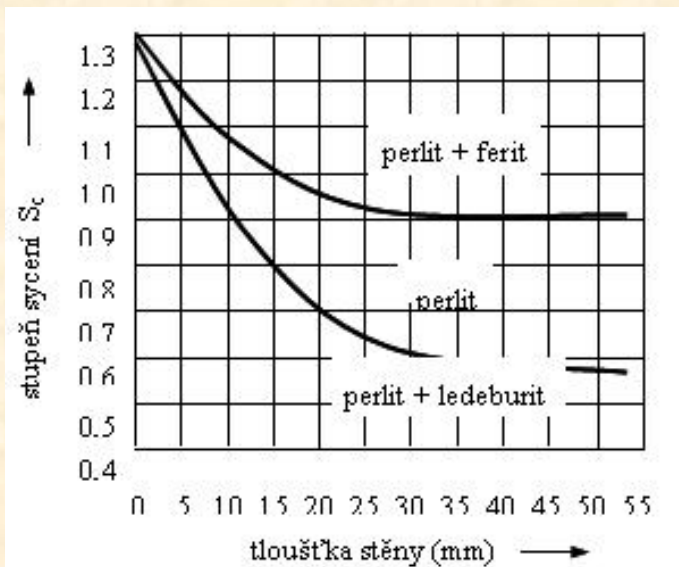
$A_{1,2M} - A_{1,1M}$
teplotní interval tvorby
metastabilního eutektoidu;

$[E_S]_s$ $[E_S]_f$
začátek a konec vzniku
grafitického eutektoidu;

$[E_M]_s$, $[E_M]_f$
začátek a konec vzniku
metastabilního eutektoidu
tj. perlitu

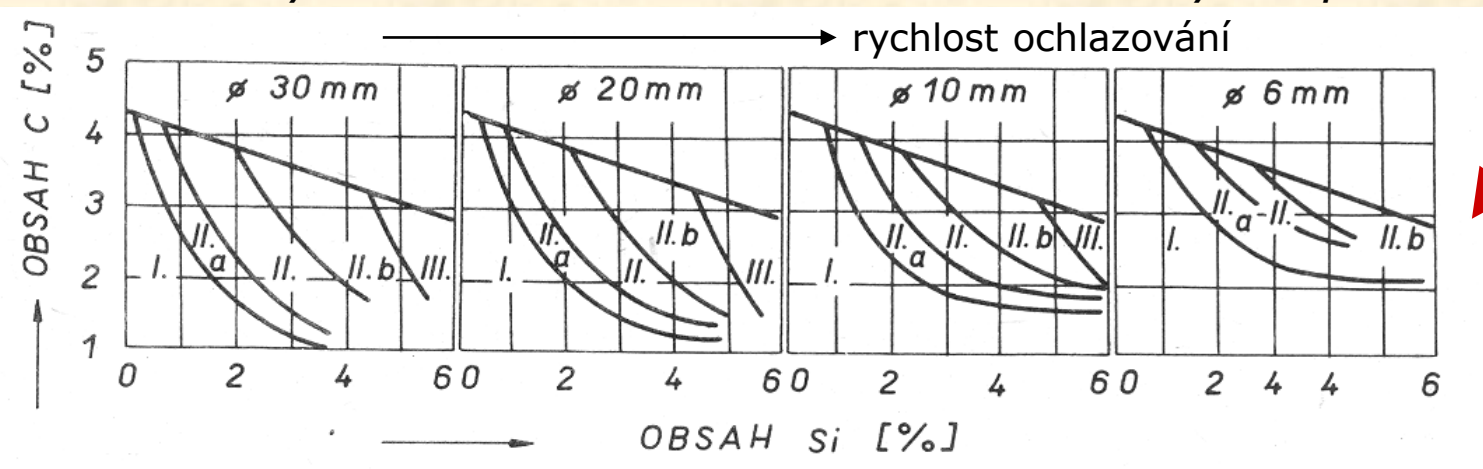
Diagram eutektoidní transformace litin Fe-C-Si

Vliv chemického složení a rychlosti ochlazování (tloušťky stěny) na výslednou strukturu litin



- | | |
|-----|-----------------------------------------------------|
| I | bílá litina |
| IIa | maková litina (L+G) |
| II | litina s lupínkovým grafitem perlitická |
| IIb | litina s lupínkovým grafitem feriticko - perlitická |
| III | litina s lupínkovým grafitem feritická |

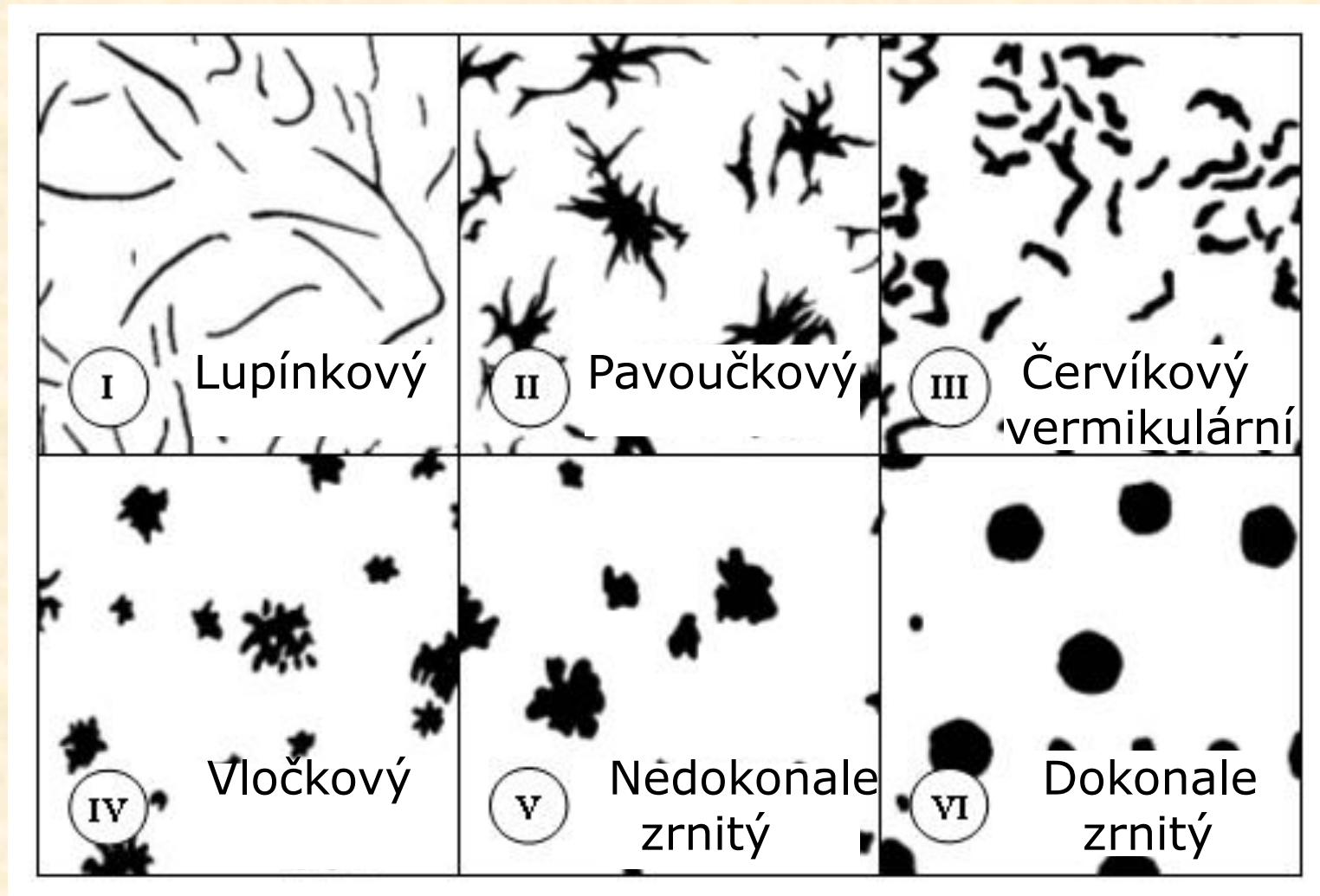
Vliv S_c a rychlosti ochlazování na strukturu litiny s lupínkovým grafitem



Vliv tloušťky stěny (rychl.ochl.) a chemického složení na strukturu litin

Struktura grafitických litin

Grafit

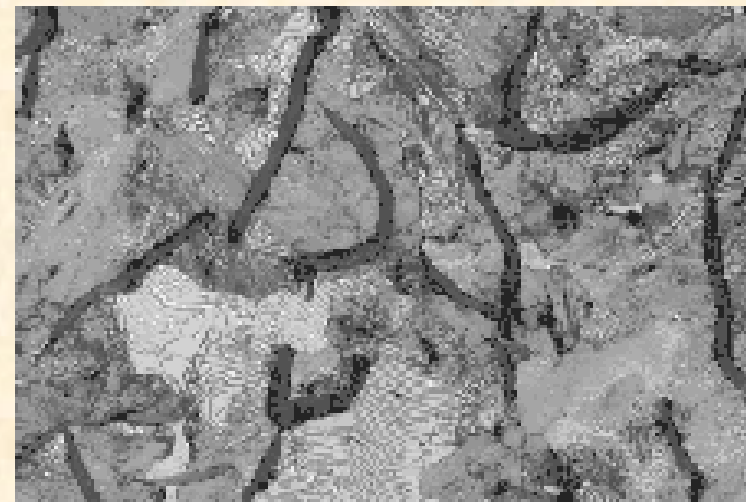
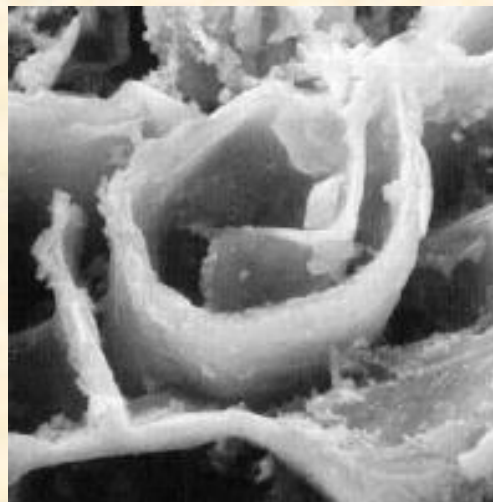
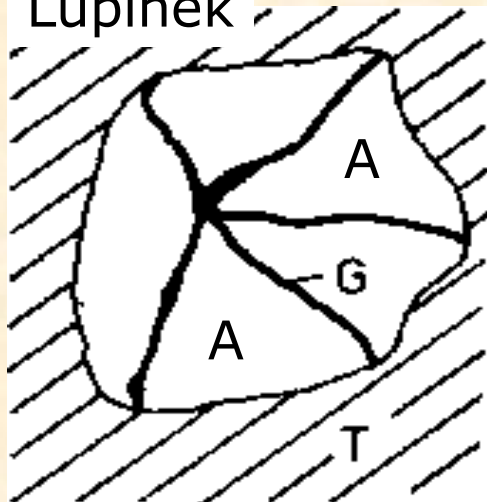


Etalony tvarů grafitů dle ČSN EN 1560

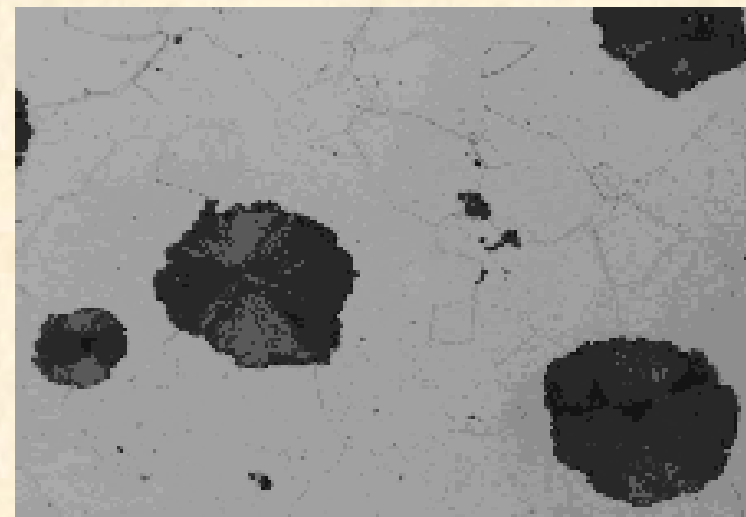
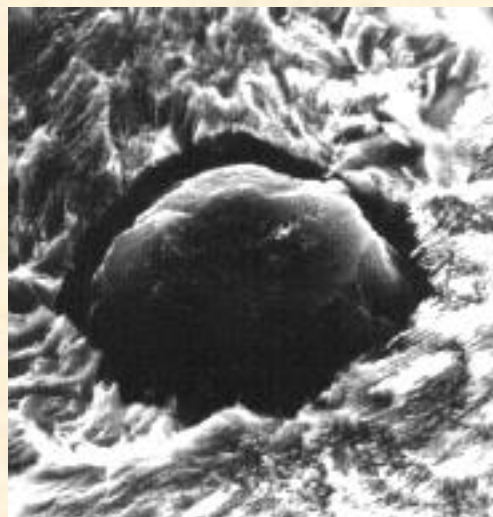
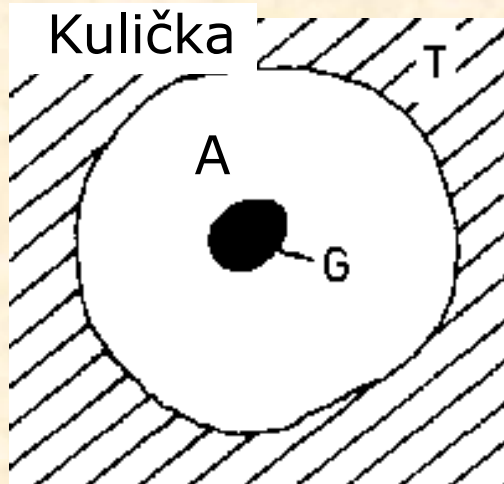
Struktura grafitických litin

Schéma vzniku eutektické buňky $T \longrightarrow A + G$

Lupínek



Kulička



Struktura grafitických litin

Očkování

je technologická operace, při které se do tekutého kovu vnáší malé množství vhodně zvolené substance (očkovadla), a tím se zvýší množství krystalizačních zárodků určité fáze. Grafitizační očkování litiny pomocí FeSi75 umožňuje zvýšit počet krystalizačních zárodků grafitu.

Modifikace

Je technologická operace, při které se přidává do tekutého kovu slitina na bázi hořčíku Ni-Mg, Fe-Si-Mg, Cu-Mg (modifikátor). To způsobí, že rostoucí zárodek grafitu se bude zabalovat a vytvoří se tak kuličkový grafit. Nedostatek modifikátoru způsobí vznik červíkového grafitu či nedokonale kuličkového (zrnitého) grafitu.



Struktura grafitických litin

Základní kovová hmota (matrice)

Ferit

- eutektoid vzniklý rozpadem A podle stabilního systému,
- vznik podporuje přísadový prvek Si a pomalé ochlazování,
- je měkký, tvárný, dobře obrobitelný,
- v litinách je nositelem houževnatosti.

Perlit ($F^P + Fe_3C^P$)

- eutektoid vzniklý rozpadem A podle metastabilního systému,
- vznik podporuje Cu a rychlé ochlazování,
- je pevný, tvrdý, hůře obrobitelný, má horší plastické vlastnosti, vyšší odolnost proti opotřebení,
- v litinách je nositelem pevnosti a tvrdosti.

Transformovaný ledeburit ($P^L + Fe_3C^L$)

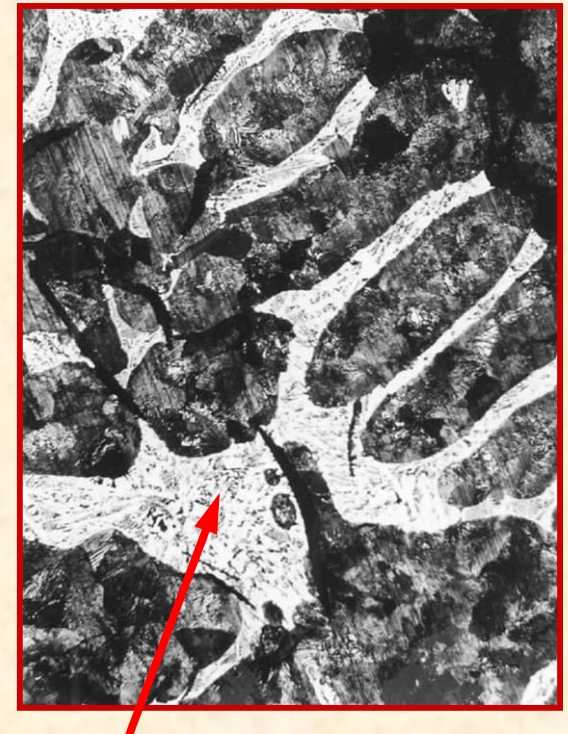
- transform. eutektikum vzniklé v metastabilní soustavě Fe-Fe₃C,
- vzniká v místech s rychlým odvodem tepla - zákalka.

Struktura grafitických litin

Základní kovová hmota (matrice)

Fosfidické eutektikum (steadit)

- fosfor tvoří binární či ternární fosfidické eutektikum,
- vyskytuje se po hranicích eutektických buněk,
- je nízkotavitelné,
- zvyšuje tvrdost,
- zvyšuje odolnost proti opotřebení
- zhoršuje obrobitelnost
- zlepšuje zabíhavost
- obsah P je v rozmezí 0,2-0,5%,
vyjíměčně nad 1%.



Steadit

Sulfidy

- síra se váže na Mn a Fe a tvoří komplexní sulfid $(Fe, Mn)S$,
- přebytek síry stabilizuje ve struktuře cementit.

System označování litin dle EN

System zkráceného označování

<i>Tvar grafitu (3. pozice):</i>					
L	Lupínkový	S	Kuličkový	M	Vločkový (temperový uhlík)
V	Červíkovitý	Y	Zvláštní tvar	N	Bez grafitu (bílá litina)

EN GJ X X-X-X

<i>Struktura matrice (4. pozice) – není nutné ji udávat</i>					
A	Austenit	M	Martenzit	Q	Struktura po kalení
F	Ferit	L	Ledeburit	T	Struktura po zušlechťování
P	Perlit	B	Neoduhličená struktura (temperovaná - černý lom)		
		W	Oduhličená struktura (temperovaná - bílý lom)		

Mechanické vlastnosti (5, 6. pozice)

Označení pevnosti (číslice udává min. zaručenou pevnost v tahu v MPa)

Označení tažnosti (číslice udává nejmenší hodnotu v %)

Způsob výroby zkušebních těles:

S	odděleně litý zkušební vzorek	U	přilítý zkušební vzorek	C	zkušební vzorek vyříznutý z odlitku
---	-------------------------------	---	-------------------------	---	-------------------------------------

Označení tvrdosti:

HB	podle <u>Brinella</u>	HV	podle <u>Vickerse</u>	HR	podle <u>Rockwella</u>
----	-----------------------	----	-----------------------	----	------------------------

Označení teploty zkoušky rázem v ohybu:

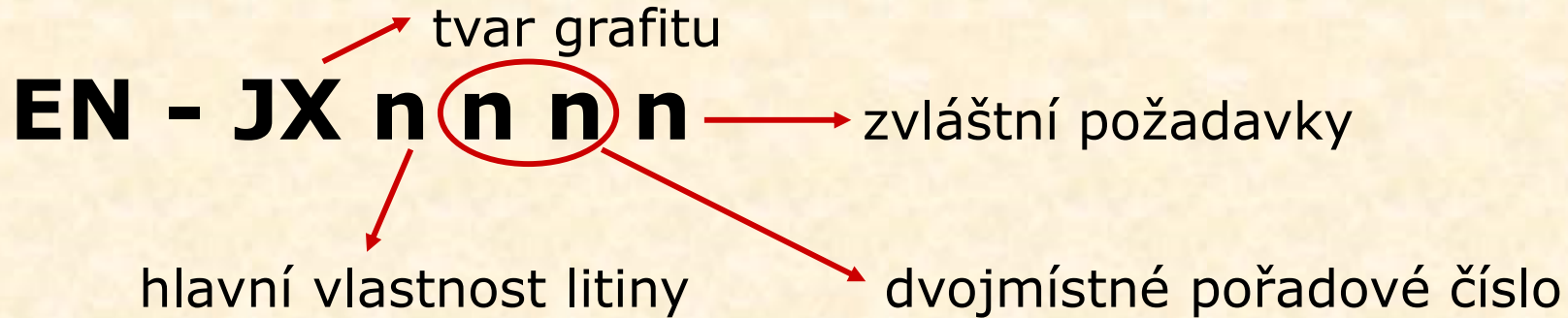
RT	pokojová teplota	LT	nízká teplota
----	------------------	----	---------------

Chemické značení (5. pozice)

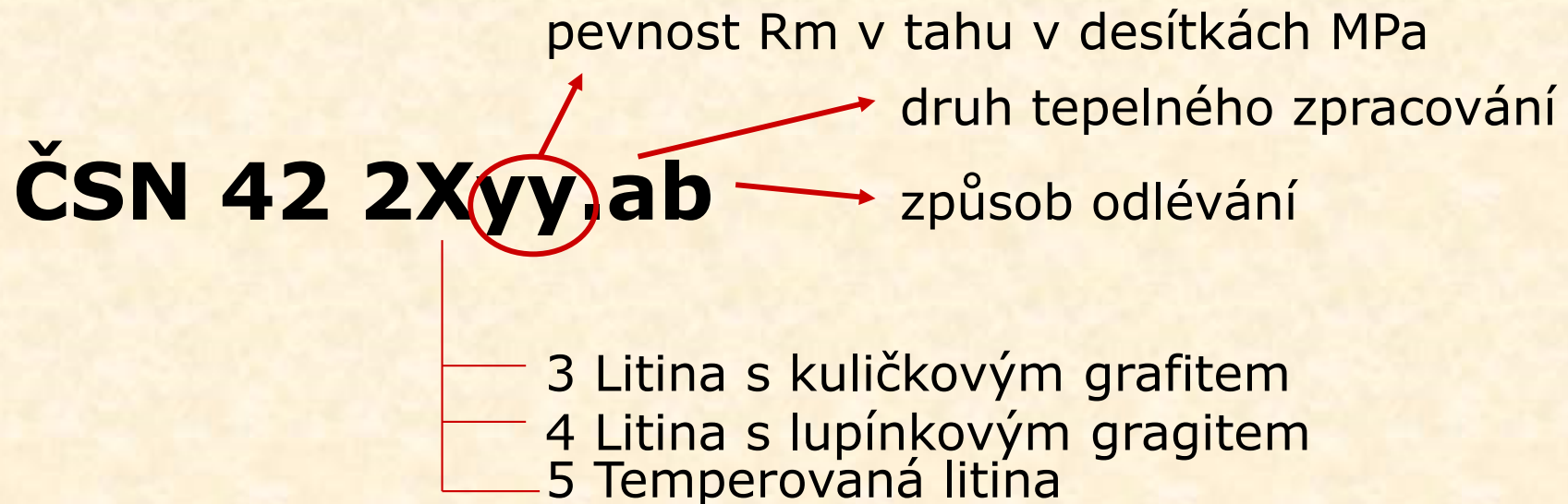
X300CrNiSi9-5-2

System označování litin dle EN

System zkráceného označování



System označování litin dle ČSN

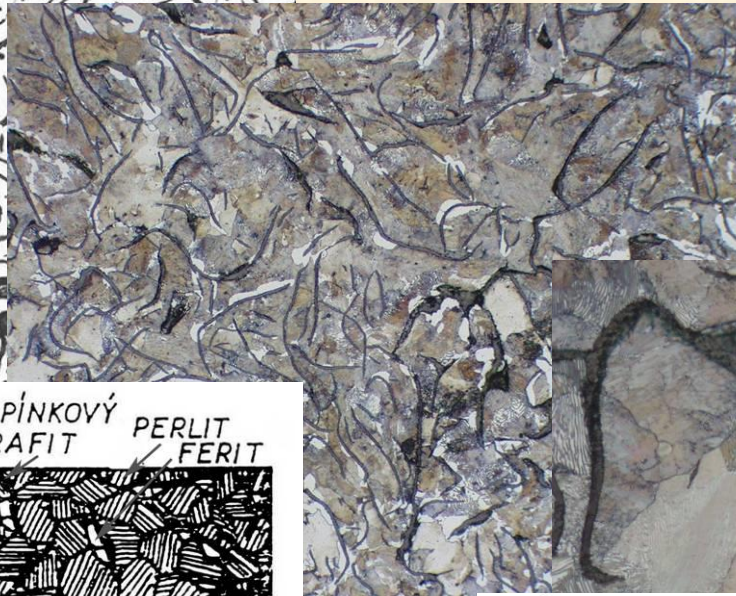
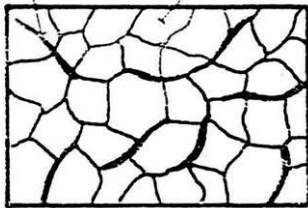


Litina s lupínkovým grafitem dříve šedá litina

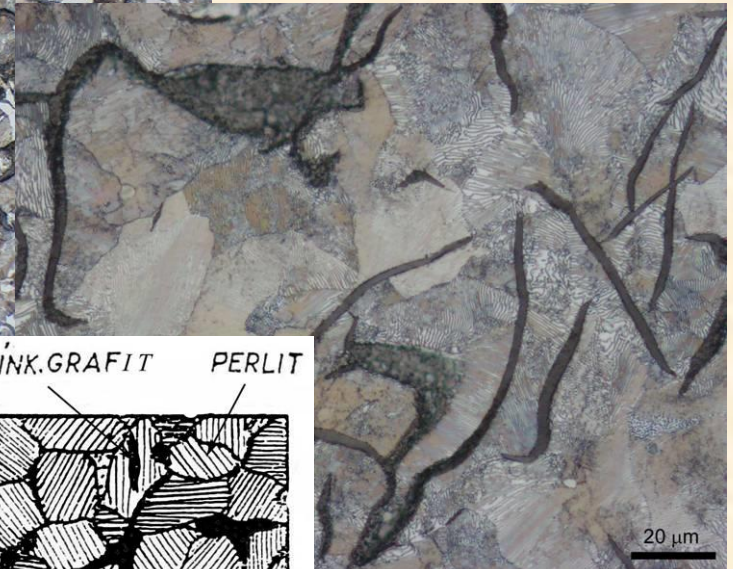
Struktura



LUPÍNKOVÝ GRAFIT FERIT



LUPÍNKOVÝ GRAFIT PERLIT FERIT



LUPÍNK. GRAFIT PERLIT



Litina s lupínkovým grafitem dříve šedá litina

Vlastnosti

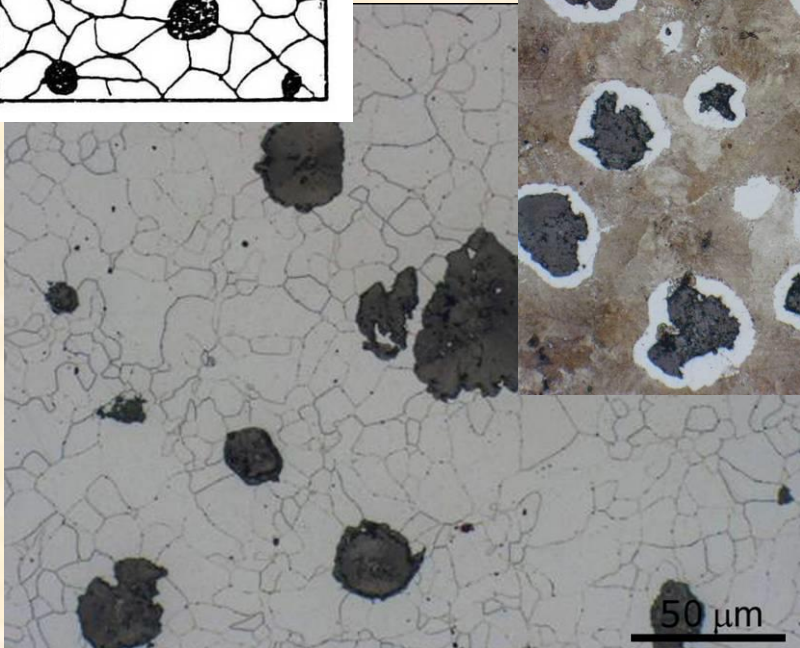
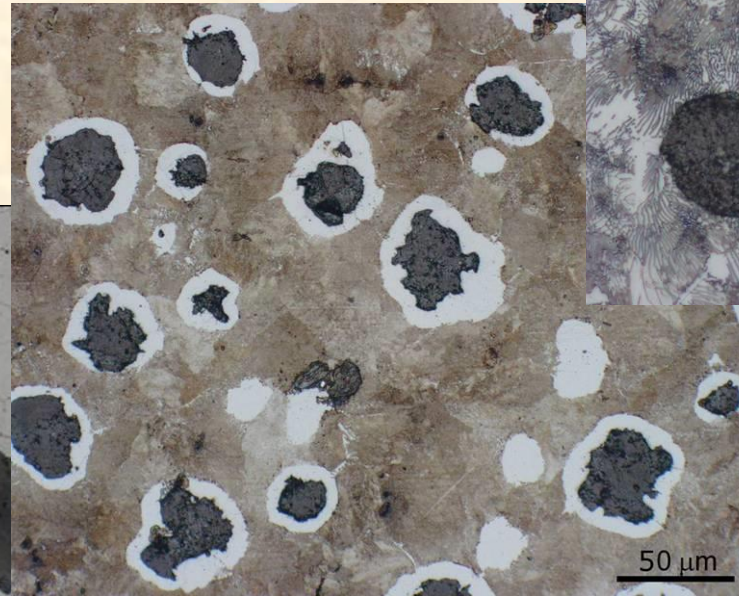
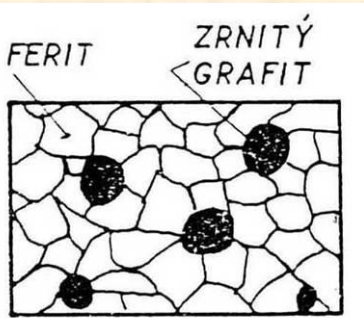
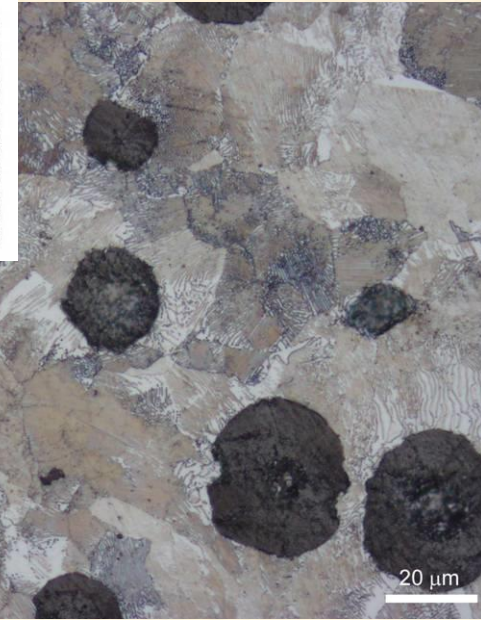
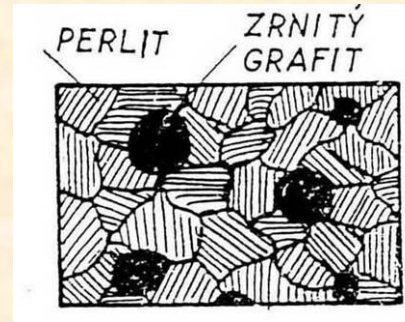
- nejhorší plastické vlastnosti (téměř žádná tažnost),
- vysoká mez pevnosti v tlaku,
- vysoká koncentrace napětí na ostrých koncích lupínků,
- zlepšení pevnostních vlastností pomocí očkování,
- dobrá zabíhavost,
- zvýšená schopnost útlumu,
- velmi dobré kluzné vlastnosti

Litiny	Feritická matrice	Feriticko-perlitická matrice	Perlitická matrice
Litina s lupínkovým grafitem	100-155HB R _m =100-200MPa	120-195 HB R _m =150-300MPa	145-215 HB R _m =250-350MPa

Litina s kuličkovým grafitem

dříve tvárná litina

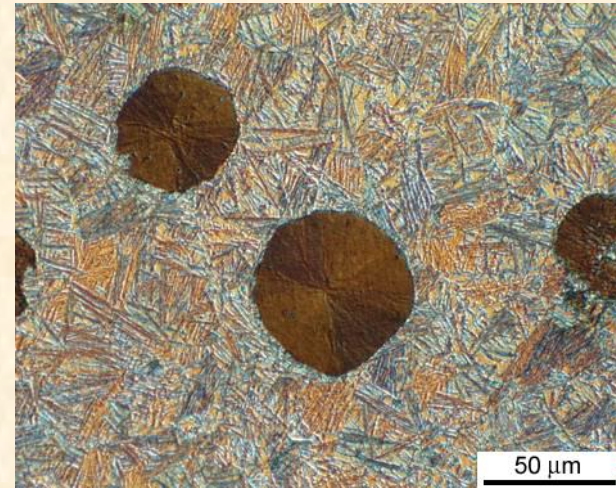
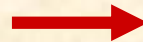
Struktura



Litina s kuličkovým grafitem dříve tvárná litina

Vlastnosti

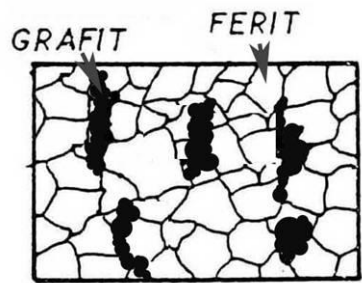
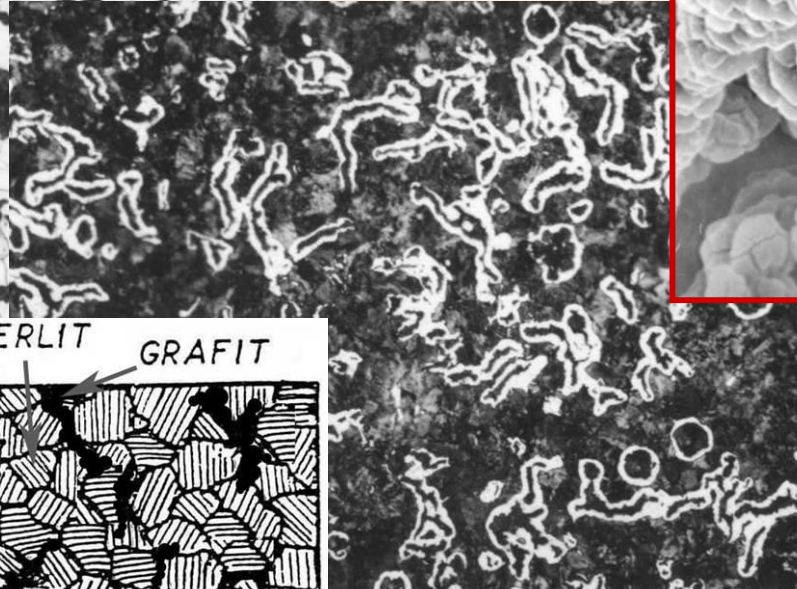
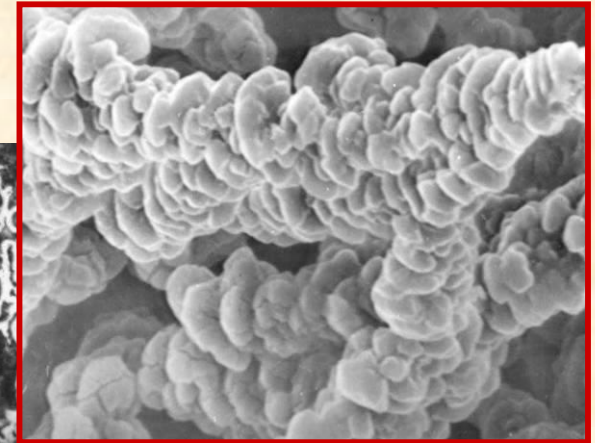
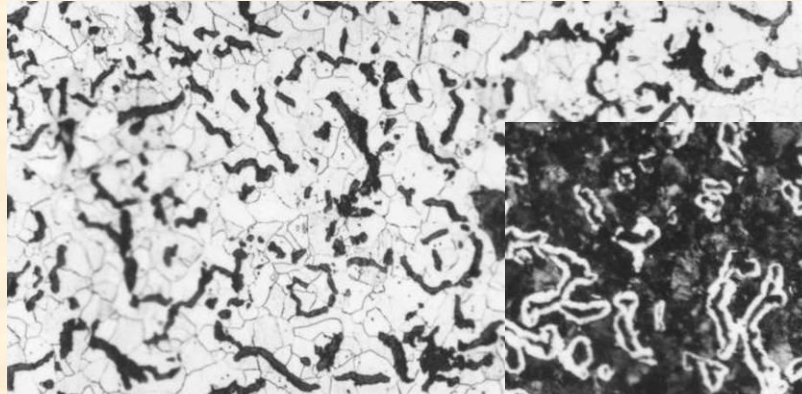
- je nutné očkování a modifikace
- nejkvalitnější litina,
- vyšší pevnost, modul pružnosti, tvrdost (perlitické matrice),
- dobrá tažnost a nárazová práce (feritická matrice),
- odolnost vůči oxidaci se zvýší přidáním Si do 4 %,
- maximálních pevností při zachování dobré houževnatosti lze dosáhnout izotermickým zušlechťováním na bainitickou matrici – **ADI** litiny



Litiny	Feritická matrice	Feriticko-perlitická matrice	Perlitická matrice
Litina s kuličkovým grafitem	R _m =350-400MPa A=15-22%	R _m =400-600MPa A=3-10%	R _m =600-900MPa A=2%

Litina s červíkovým grafitem (vermikulárním)

Struktura a vlastnosti



Litiny	Feritická matrice	Feriticko-perlitická matrice	Perlitická matrice
Litina s Vermikulárním grafitem	Mechanické vlastnosti leží mezi litinou s lupínkovým a kuličkovým grafitem.		

Litina s vločkovým grafitem temperovaná litina

- tuhne podle metastabilní soustavy (bílá litina – ledeburit),
- tvorba vločkového grafitu tepelným zpracováním (temperováním)

Temperování

- grafitizační žíhání, při kterém dochází k rozložení eutektických karbidů v ledeburitu na volný temperovaný grafit,

- v oduhličujícím prostředí (temperovaná litina s bílým lomem)
- v neoduhličujícím prostředí (temperovaná litina s černým lomem)

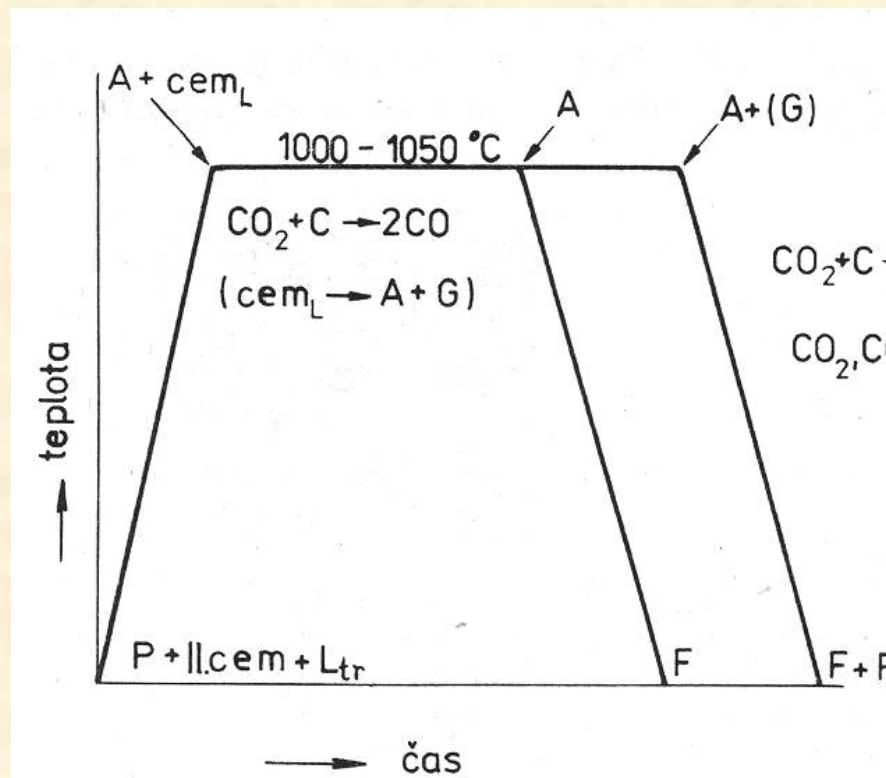
- vločka - menší vrubový účinek
- dobrá pevnost a tažnost
- odolnost vůči vibračnímu a rázovému zatížení
- dobrá žáruvzdornost
- rozměrová přesnost
- otěruvzdornost

Temperovaná litina s bílým lomem	R _m =350- 550MPa A=4-12% 200-250HB
Temperovaná litina s černým lomem	R _m =350-800MPa A=1-10% 140-320HB

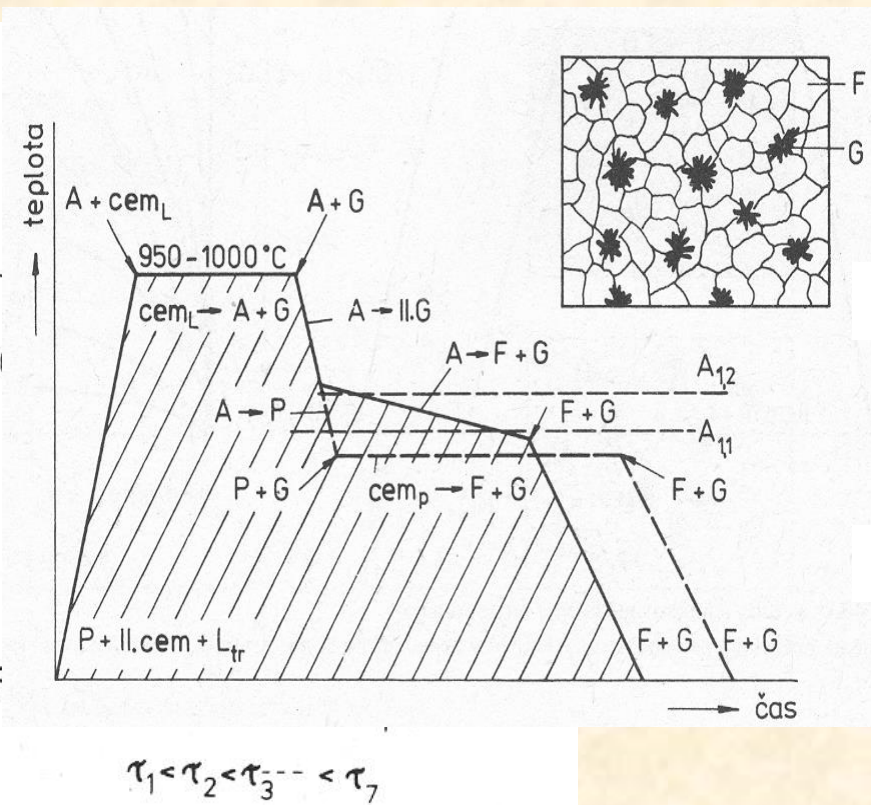
Litina s vločkovým grafitem

temperovaná litina

temperování



Tepelné zpracování temperované litiny s bílým lomem

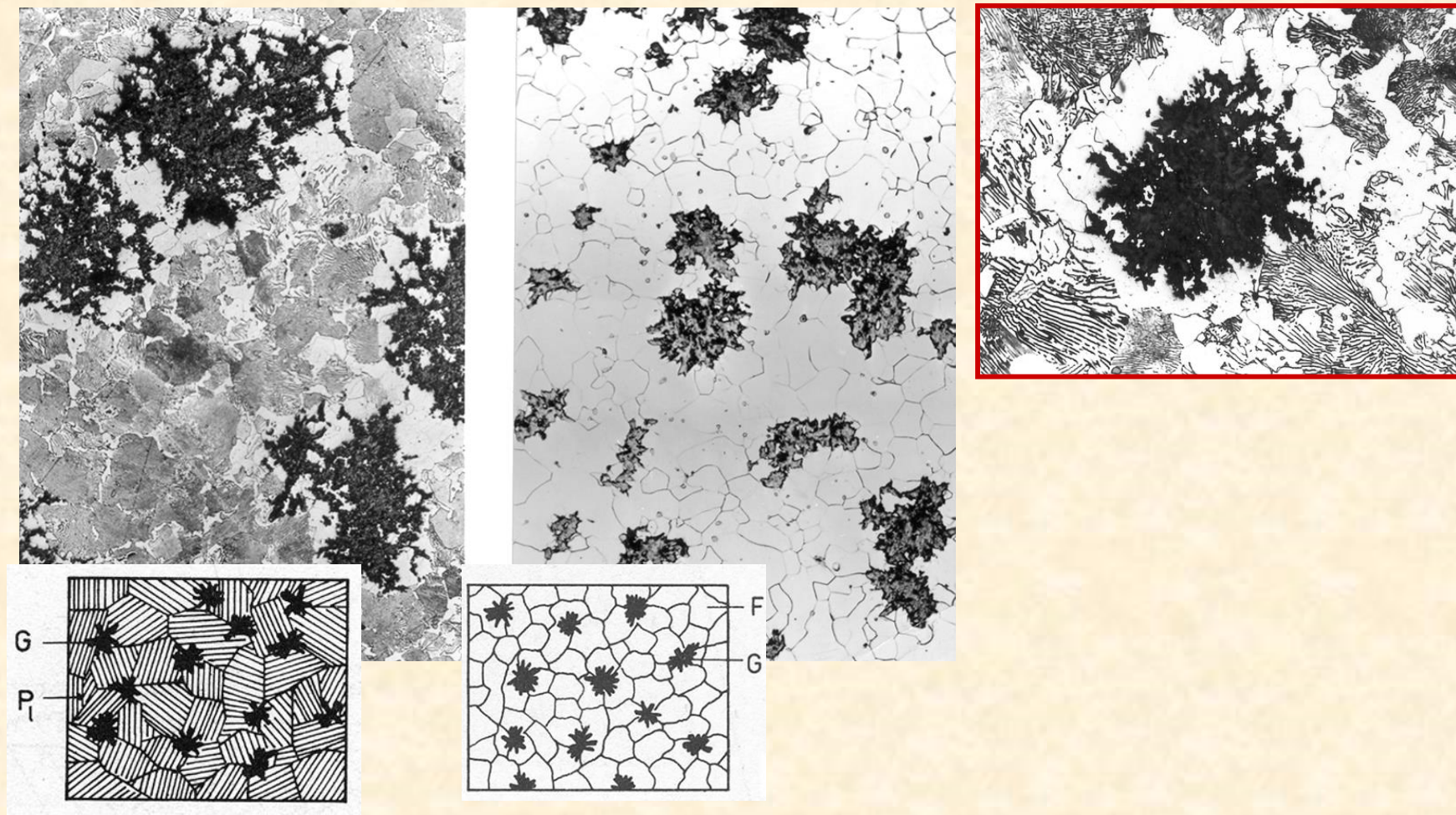


Tepelné zpracování temperované litiny s černým lomem a perlitické

Litina s vločkovým grafitem

temperovaná litina

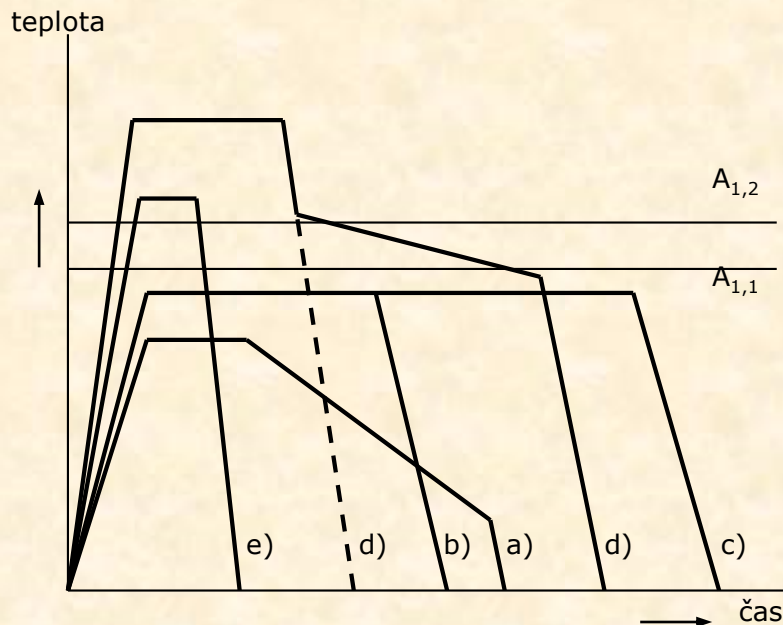
Struktura a vlastnosti



Tepelné zpracování grafitických litin

Žíhání

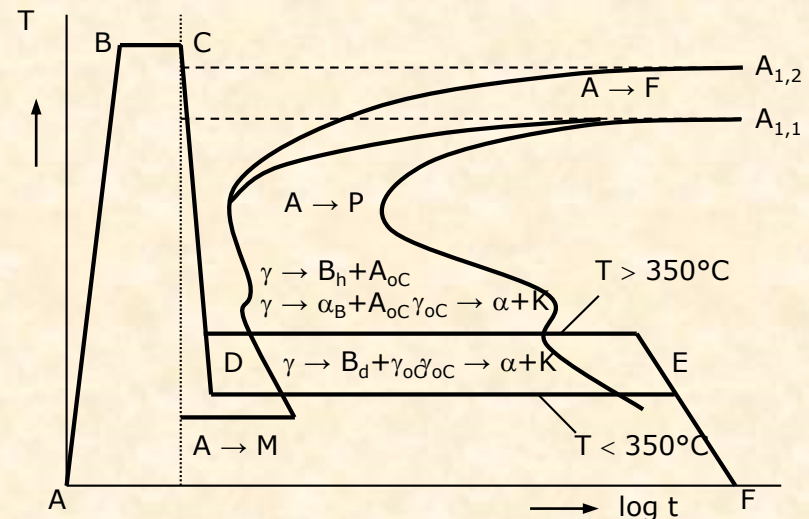
- ke snížení vnitřních pnutí a)
- ke snížení tvrdosti d)
- sferoidizační b)
- feritizační c)
- normalizační e)



Způsoby žíhání grafitických litin

Kalení

- izotermické kalení
- povrchové kalení
- kalení a popouštění



Izotermické kalení ADI litiny

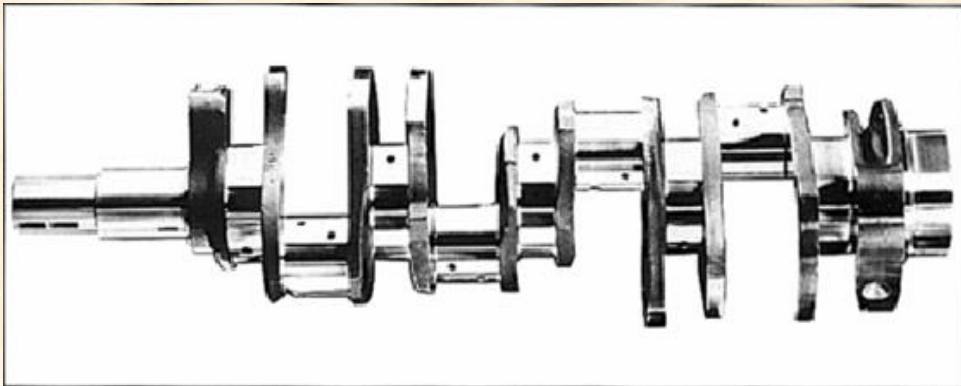
Legované grafitické litiny

Legury

Al, Si, Cr, Ni

Důvody legování

- zlepšení mechanicko – technologických vlastností,
- zlepšení vlastností za zvýšených teplot,
- zvýšení odolnosti vůči korozi.



Teller mit Seegöttern – Eisenkunstguß der Berliner Eisengießerei,
entstanden um 1825

