

DYNAMICKÉ VERTIKÁLNÍ SAUVEROVY DIAGRAMY METASTABILNÍ SOUSTAVY Fe – Fe₃C

K. Novotný, J. Filípek

Došlo: 10. prosince 2004

Abstract

NOVOTNÝ, K., FILÍPEK, J.: *Dynamic vertical Sauver's diagrams of the metastable system Fe – Fe₃C*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2005, LIII, No. 2, pp. 89-98

Vertical Sauver's diagrams provide analogous information about specific alloys same as classical Sauver's diagram, the Tamman's diagram or cooling curve with the lever rule application. Particular animation programs like Macromedia Flash facilitate in construction of vertical diagrams and enable their fluent transformation depending on chemical constitution of alloys. Utilization of function masking enables monitoring of the phasic, structural and complex constitution of alloy in the course of different temperature at the same time. Unique structure description of the metal alloys extends knowledge in metallographic science.

metastable system iron – cementite, vertical Sauver's diagrams, phasic, structural and complex description of the structure

Metastabilní soustava železo – karbid železa

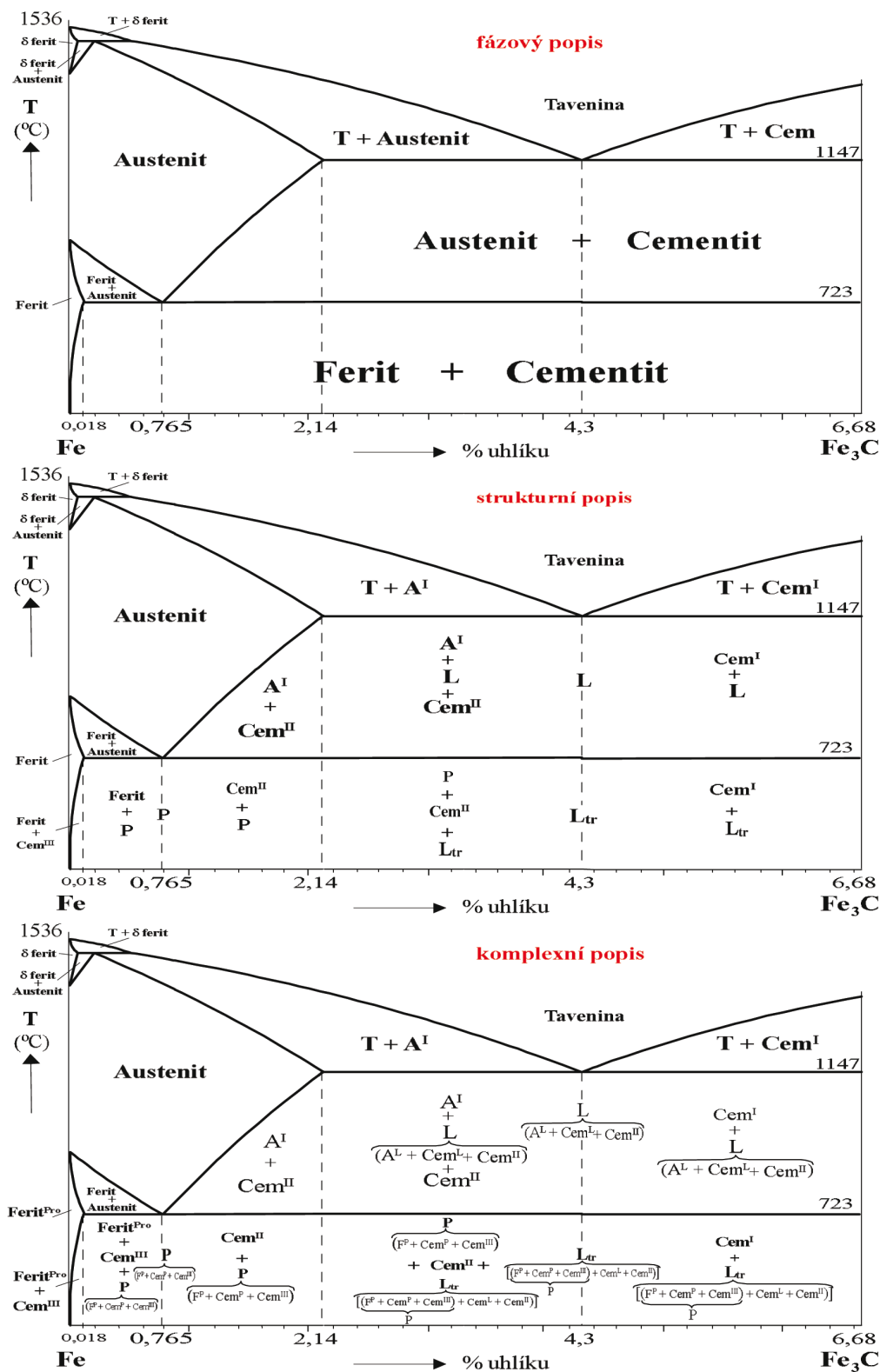
Rovnovážný diagram metastabilní soustavy Fe – Fe₃C vymezuje a kvalitativně i kvantitativně

popisuje jednotlivé fáze, které jsou za různých teplot v rovnováze. Pro jednoznačnost je vhodné jednotlivé fáze a strukturní složky barevně rozlišit (Obr. 1).

Strukturní popis	
	Tavenina FF0000 (T)
	Austenit primární 00FF00 (A ^I)
	Austenit ledeburitický 008000 (A ^L)
	Ferit perlitický FFFF00 (F ^P)
	Ferit proeutektoidní FDE979 (F ^{Pro})
	Delta ferit FEBC41 (δF)
	Cementit ledeburitický 0000FF (Cem ^L)
	Cementit perlitický 000066 (Cem ^P)
	Cementit sekundární 00FFFF (Cem ^S)
	Cementit terciální 9900CC (Cem ^{III})
	Cementit primární 95B9FD (Cem ^I)
	Perlit 808040 (P)
	Ledeburit 800000 (L)
	Ledeburit transformovaný C0C0C0 (L _{tr})
Fázový popis	
	Tavenina FF0000 (T)
	Austenit 00FF00 (A)
	Ferit FFFF00 (F)
	Delta ferit FEBC41 (δF)
	Cementit 0000FF (Cem)

1: Barevné rozlišení jednotlivých fází a strukturních součástí

Z Obr. 2 je patrné, že tento diagram lze popsat třemi (koncentrace uhlíku je v hmotnostních %). způsoby, a to jako fázový, strukturní nebo komplexní

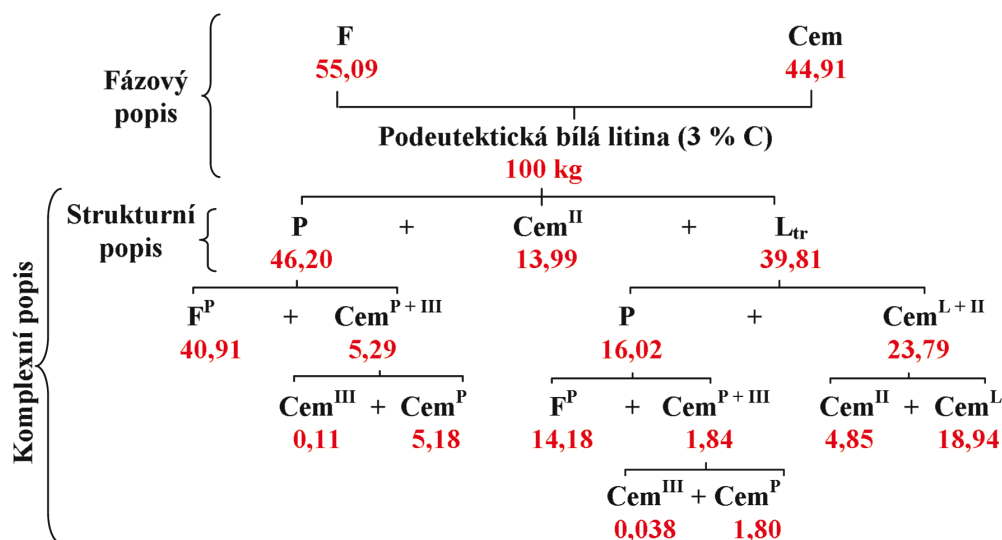


2: Rovnovážný diagram Fe – Fe₃C s fázovým, strukturním a komplexním popisem

Podeutektická bílá litina

Nejkomplikovanější strukturu v metastabilní soustavě Fe – Fe₃C představuje podeutektická bílá litina. Podle pákového pravidla je hmotnostní množství jed-

notlivých fází a strukturních součástí zřejmé z Obr. 3. Vychází se z předpokladu, že se jedná o čistě binární slitinu v rovnovážném stavu.



3: Hmotnostní popis podeutektické bílé litiny za teploty okolí

Fázový, strukturní a komplexní popis podeutektické bílé litiny za teploty pod A_{c1} je vyjádřen vztahy uvedenými v Tab. I.

I: Popis mikrostruktury podeutektické bílé litiny pod teplotou A_{c1}

Způsob zobrazení	Popis mikrostruktury	
celkový pohled	fázový	F + Cem
lupa A	strukturní	P + Cem ^{II} + L _{tr}
lupa B	komplexní zjednodušený	P + Cem ^{II} + $\underbrace{P + Cem^{L+II}}_{L_{tr}}$
lupa C	komplexní	$\underbrace{F^P + Cem^P + Cem^{III} + Cem^{II}}_P + \underbrace{F^P + Cem^P + Cem^{III} + Cem^L + Cem^{II}}_{L_{tr}}$

Poznámka: Způsob zobrazení koresponduje s Obr. 6.

Obdobné informace pro tutéž bílou litinu, ale za teplot nad A_{c1} , lze vyhledat v Tab. II.

II: Popis mikrostruktury podeutektické bílé litiny nad teplotou A_{c1}

Způsob zobrazení		Popis mikrostruktury
celkový pohled	fázový	A + Cem
lupa A	strukturní	A + Cem ^{II} + L
lupa B	komplexní zjednodušený	A + Cem ^{II} + A ^L + Cem ^{L+II}
		L
lupa C	komplexní	A + Cem ^{II} + A ^L + Cem ^L + Cem ^{II}
		L

Poznámka: Způsob zobrazení koresponduje s Obr. 7.

Vertikální Sauverovy diagramy

Vertikální Sauverovy diagramy (dále vertikální SD) se zakreslují vedle vlastního rovnovážného diagramu. Na vodorovnou osu se vynáší množství fází nebo strukturních součástí v % a na svislou osu teplota ve °C. Zatímco klasický Sauverův diagram platí pro všechny koncentrace a určitou teplotu, vertikální SD lze sestavit pouze pro konkrétní slitinu při všech teplotách. V klasickém SD je zakreslena soustava přímek, které vymezují oblast existence jednotlivých fází a strukturních součástí. Ve vertikálním SD se nacházejí vedle přímek i křivky, proto je konstrukce těchto diagramů obtížnější.

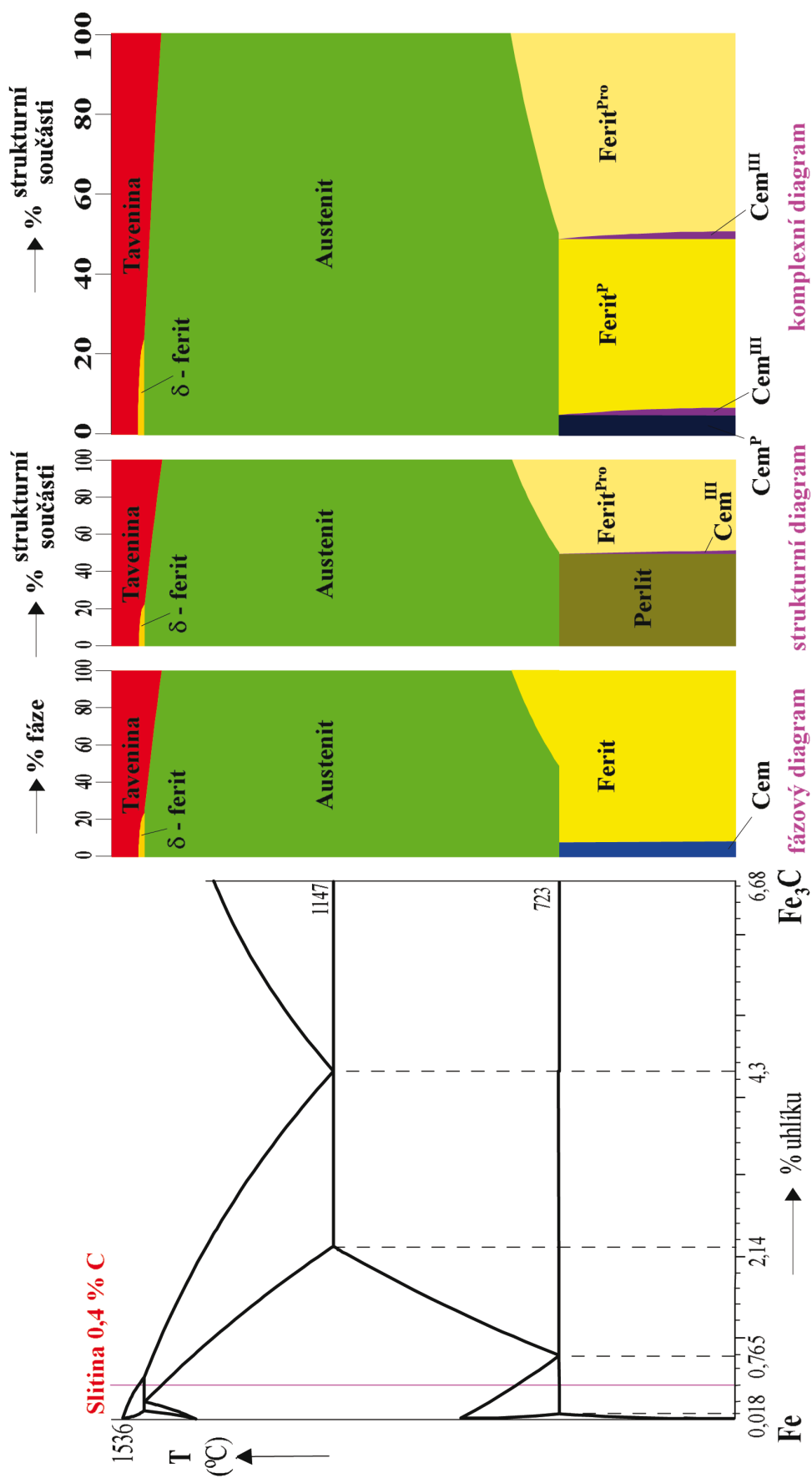
Na Obr. 4 je rovnovážný diagram Fe – Fe₃C se zvolenou slitinou (podeutektoidní ocel s obsahem 0,4 % C). Vpravo jsou zakresleny příslušné vertikální SD pro uvedenou ocel, které zobrazují strukturu na různých úrovních. Např. ve fázovém SD zjistíme celkové množství cementitu, ale není zřejmý podíl terciálního a perlitického cementitu. Ve strukturním SD odečteme pouze množství terciálního cementitu,

který se při ochlazování vyloučil z proeutektoidního feritu. Nejpodrobnější informace podává komplexní SD, ve kterém zjistíme množství perlitického cementitu i terciálního cementitu vyloučeného jak z perlitického, tak z proeutektoidního feritu.

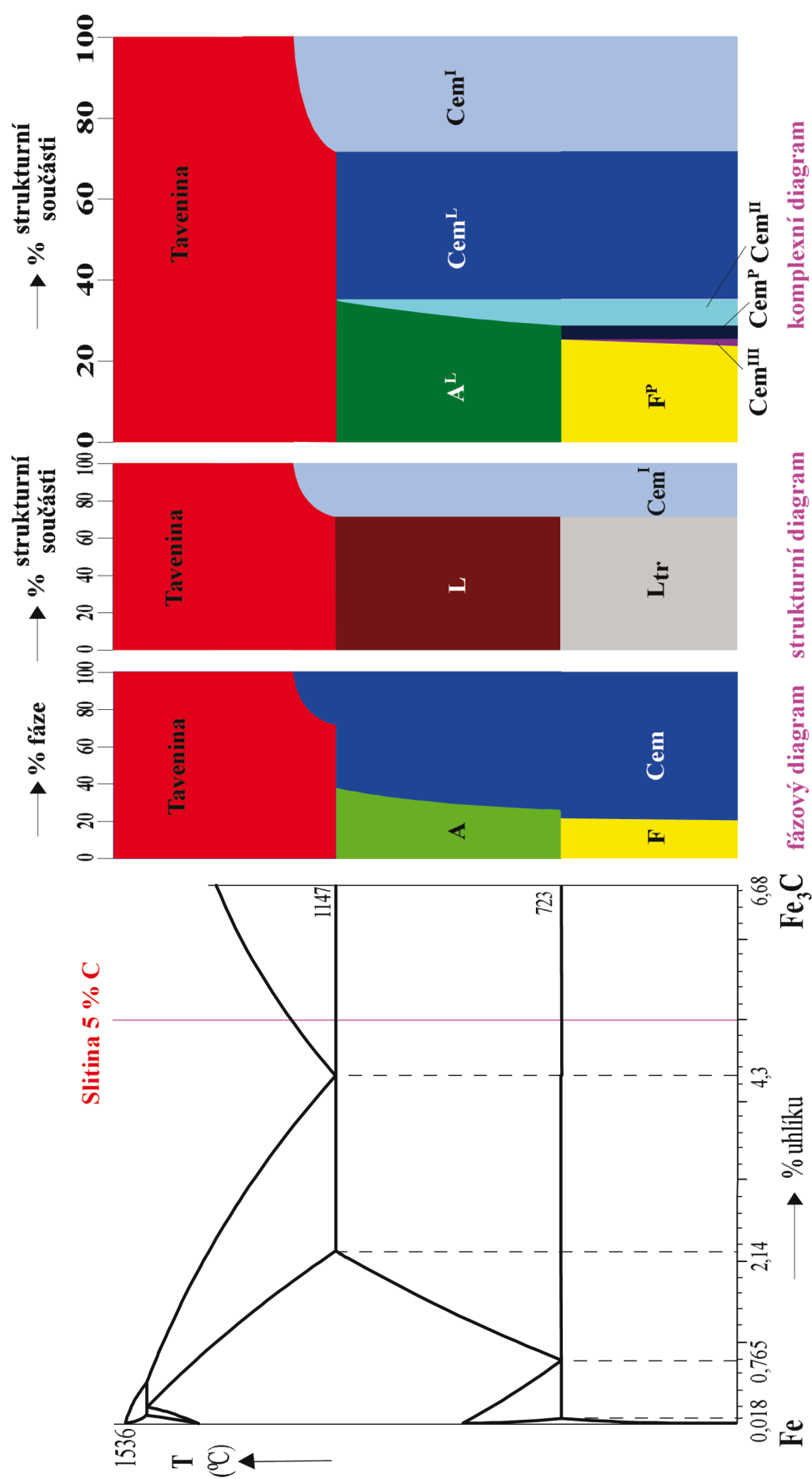
Z Obr. 5 je zřejmé, že nadeutektická bílá litina je strukturně složitější než podeutektoidní ocel. Např. z komplexního vertikálního SD lze jednoznačně určit hmotnostní podíl cementitu primárního, sekundárního, terciálního, perlitického i ledeburitického.

Informace o hmotnostním zastoupení fází a strukturních součástí v podeutektické bílé litině zjistíme nejen z Obr. 3, ale i z příslušného fázového vertikálního SD opatřeného lupami A, B, C (Obr. 6 a). Lupa A zobrazuje popis strukturní, lupa B komplexní zjednodušený a lupa C komplexní. Morfologie jednotlivých fází a strukturních součástí je schematicky znázorněna na Obr. 6 b. Opět jsou využity lupy A, B, C.

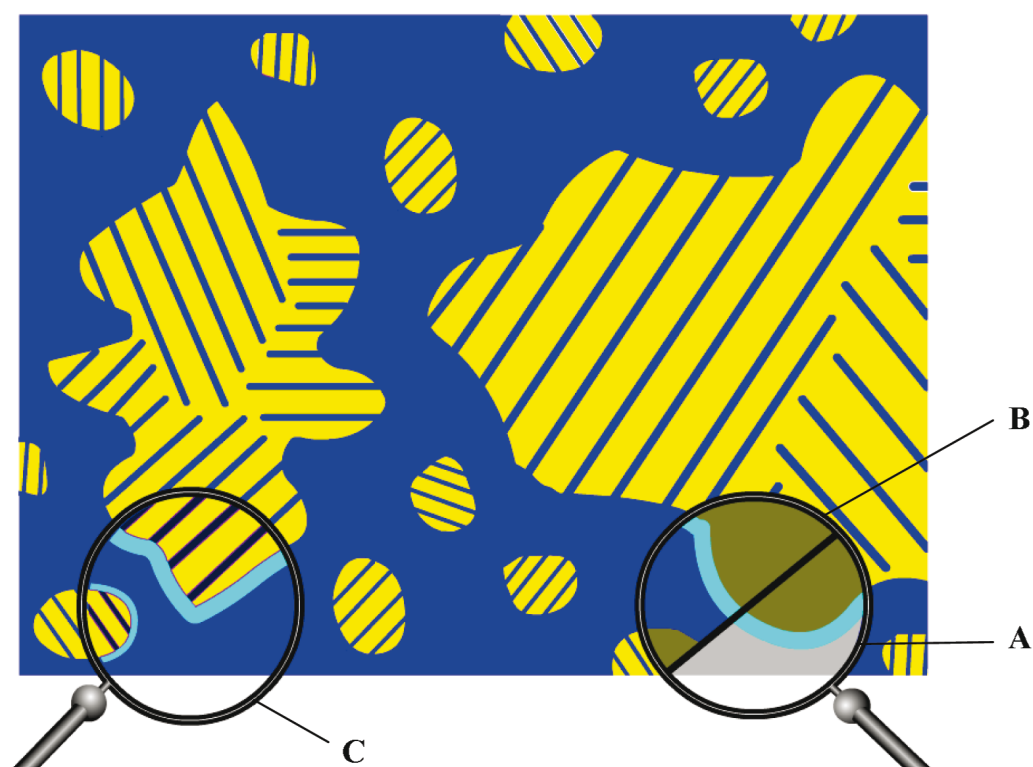
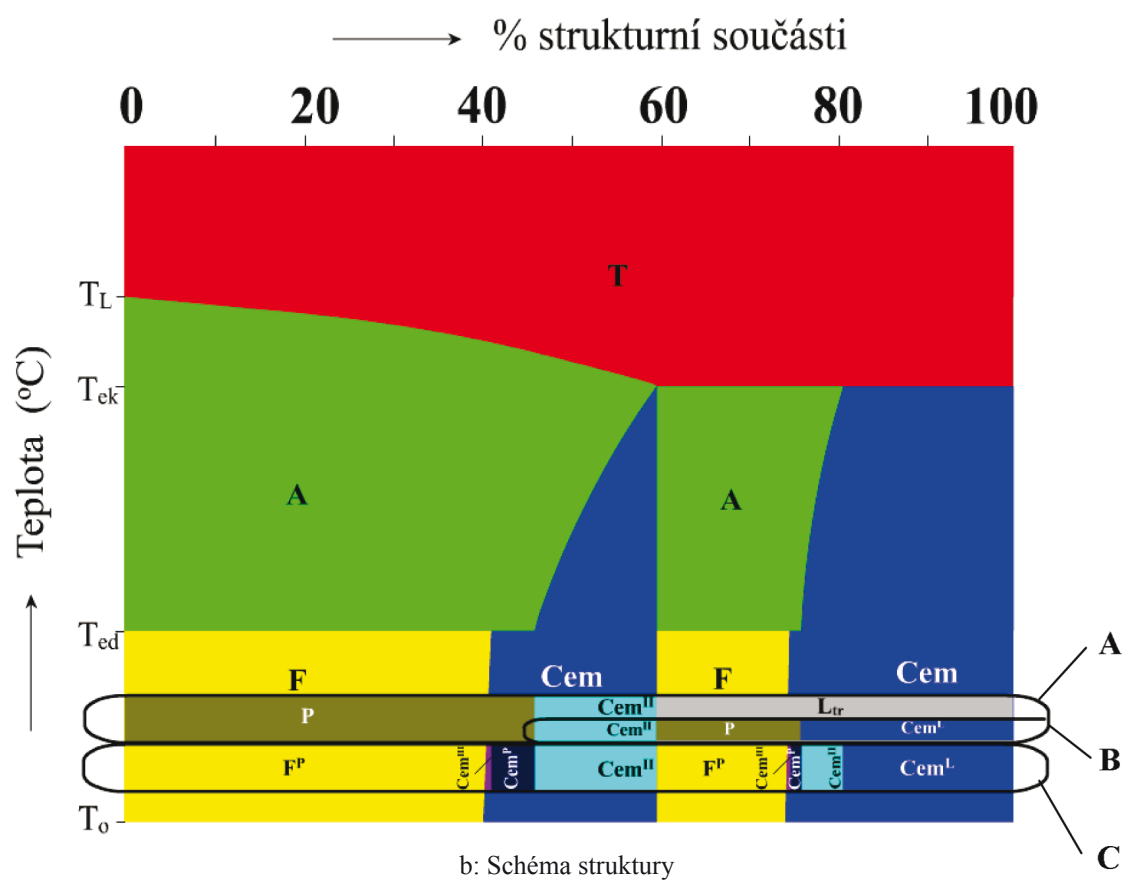
Obdobné informace lze vyhledat na Obr. 7, které platí pro podeutektickou bílou litinu za teplot nad A_{c1} .



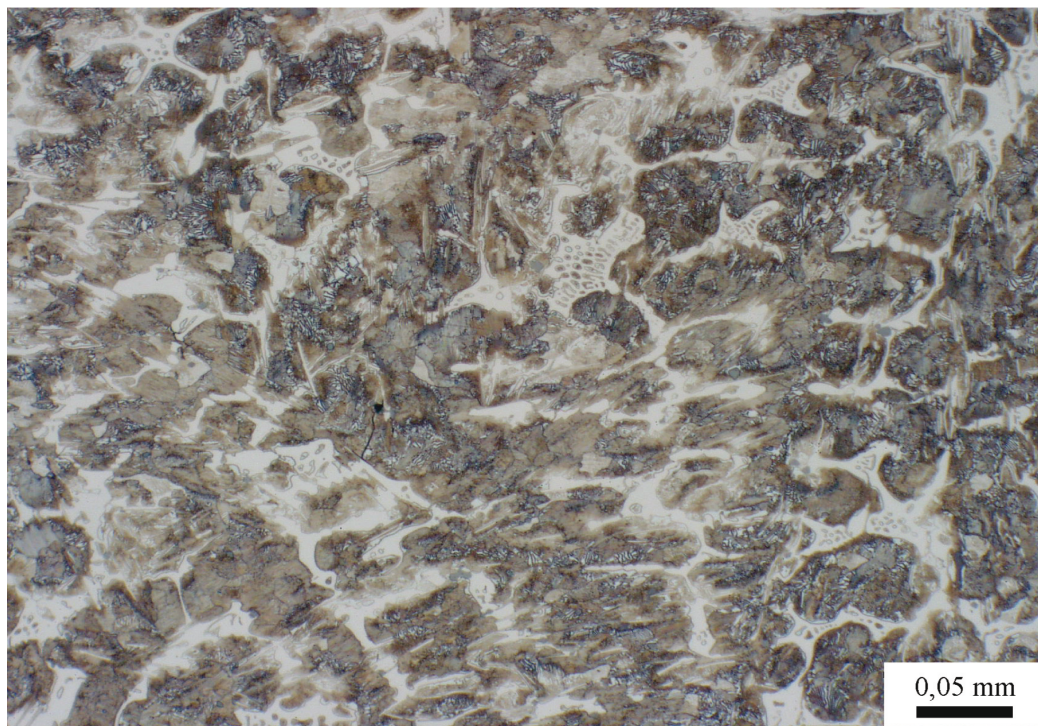
4: Vertikální Sauverovy diagramy podeutektoidní oceli



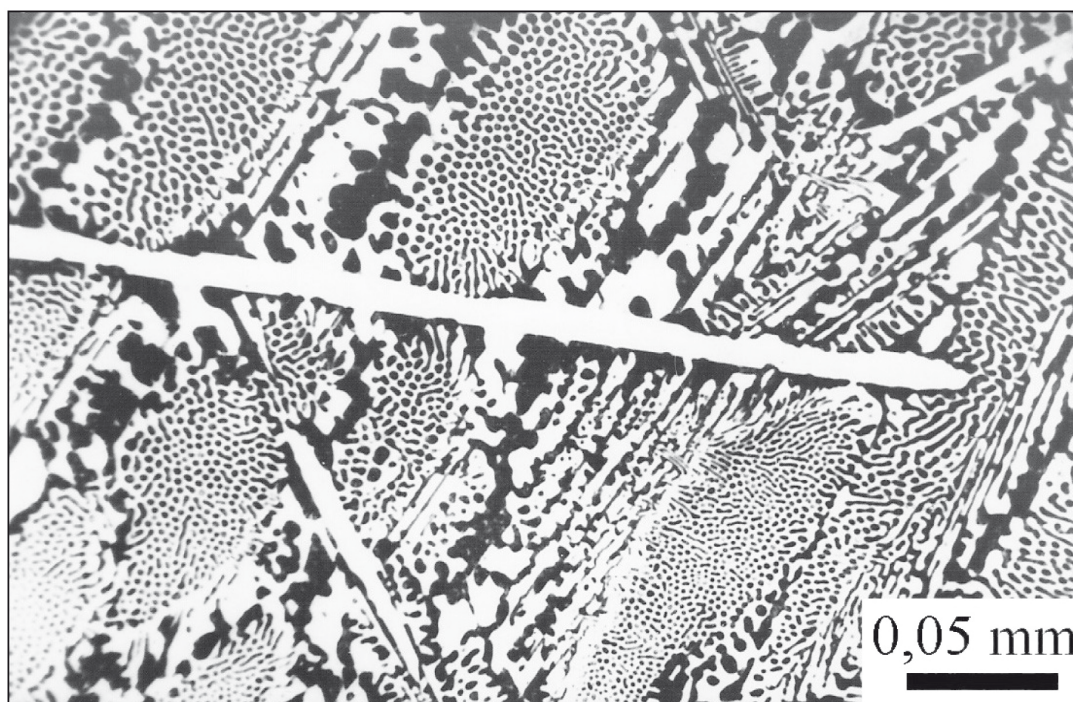
5: Vertikální Sauerovy diagramy nadeutektické bílé litiny



a: Vertikální Sauverův diagram
 6: Podeutektická bílá litina pod teplotou A_{c1}



a: Podeutektická bílá litina



b: Nadeutektická bílá litina
8: Fotografie mikrostruktury

ZÁVĚR

Slitiny železa s uhlíkem mají v technické praxi značný význam. Jejich studium je však komplikováno mnoha skutečnostmi (přítomnost doprovodných prvků, nerovnovážný stav, splývání strukturních součástí, malé užitečné zvětšení mikroskopu a pod.). Fotografie mikrostruktur dávají studentům reálnou představu o skutečné struktuře slitin (Obr. 8), avšak mnoho informací pro ně zůstává skryto. Vertikální Sauverovy diagramy mohou přispět k poznání podstaty kovových slitin díky svým specifickým vlastnostem:

- Klasické Sauverovy diagramy, které se kreslí pod vlastním rovnovážným diagramem, určují graficky množství strukturních součástí u všech slitin za konkrétní teploty (nejčastěji za teploty okolí). Vertikální SD se zobrazují vedle rovnovážného diagramu a určují graficky množství strukturních součástí u konkrétní slitiny za všech teplot.

- Vertikální SD dává o příslušné slitině obdobné informace jako klasický Sauverův diagram, Tammanův diagram, křivka chladnutí a pákové pravidlo.
- Vertikální SD se sestavují obtížněji než klasické Sauverovy diagramy, konstrukci usnadní vhodné animační programy.
- Při využití animačních programů (např. Flash) je možno plynule měnit chemické složení slitiny se současnou synchronizovanou změnou vertikálního Sauverova diagramu. Tím se zvýší názornost fázových přeměn.
- Při využití funkce maskování („lupa“) lze současně pozorovat fázové, strukturní a komplexní zobrazení mikrostruktury. Získáme tím jednoznačný popis struktury.

Autorům není známo, že by vertikální Sauverovy diagramy byly publikovány v technické literatuře, proto považujeme tento příspěvek za původní.

SOUHRN

Vertikální Sauverovy diagramy poskytují o konkrétní slitině obdobné informace jako klasický Sauverův diagram, Tammanův diagram, křivka chladnutí a aplikace pákového pravidla. Vhodné animační programy (např. Flash) usnadní konstrukci vertikálních diagramů a umožní jeho plynulou změnu v závislosti na chemickém složení slitiny. S využitím maskování lze současně pozorovat fázové, strukturní a komplexní složení slitiny za různých teplot. Jednoznačný popis struktury kovových slitin rozšíří znalosti vědního oboru metalografie.

metastabilní soustava železo – karbid železa, vertikální Sauverovy diagramy, fázový, strukturní a komplexní popis struktury

LITERATURA

- FILÍPEK, J.: Vertikální strukturní diagramy binárních kovových soustav. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae Brunensis*, s. 117-122, LI, 2003, 4 ISSN 1211-8516.
- NOVOTNÝ, K. FILÍPEK, J.: Problematika fázového, strukturního a komplexního popisu mikrostruktury slitin. Mezinárodní vědecké sympóziu Kvalita a spolehlivost' strojov, Nitra, květen 2004, s. 219-221. ISBN 80-8069-369-2.
- NOVOTNÝ, K., FILÍPEK, J.: Využití programu Macromedia Flash při vizualizaci vertikálních Sauverových diagramů. *MendelNet '04 Agro*. MZLU Brno 1. 12. 2004, Sborník abstraktů s. 74 + CD, ISBN 80-7157-813-4.
- PTÁČEK, L. A KOL.: *Nauka o materiálu I.*, I. vydání Brno: CERM 2001, s. 505, ISBN 80-7204-193-2.

Adresa

Ing. Karel Novotný, Doc. Ing. Josef Filípek, CSc., Ústav techniky a automobilové dopravy, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika