



Nové možnosti rozvoje vzdělávání na Technické univerzitě v Liberci

Specifický cíl A3:Tvorba nových profesně zaměřených studijních programů

NPO_TUL_MSMT-16598/2022



Předmět: Nauka o materiálu

Přednáška č. 3: Kovy na bázi Fe-C

doc. Ing. Pavlína Hájková, Ph.D.

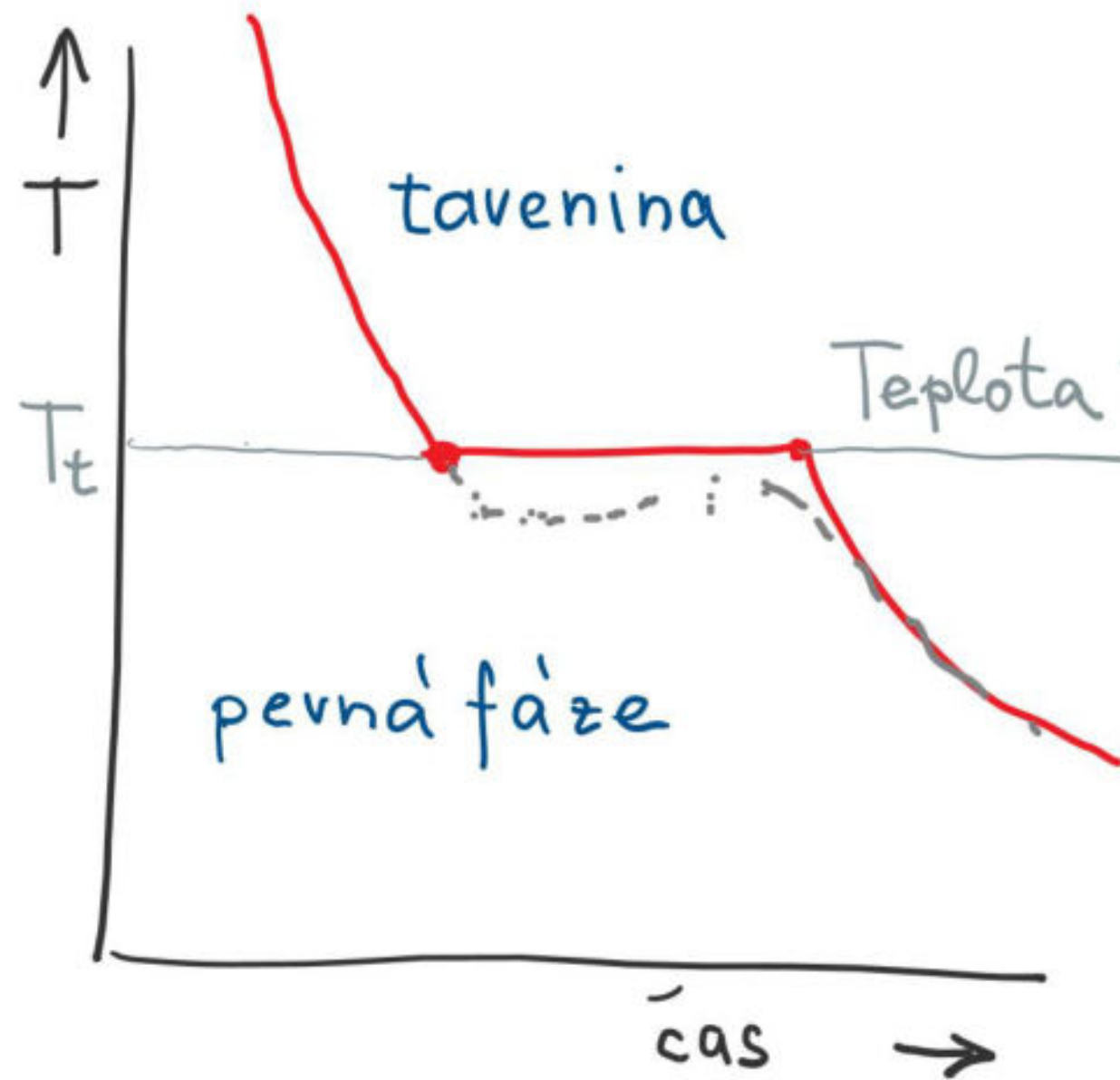
Cíl přednášky

Cílem přednášky je seznámit studenty s kovy na bázi Fe-C, s jejich strukturou a podmínkami vzniku a základním názvoslovím v oblasti ocelí a litin.

Obsah

1. Opakování pojmů
2. Podstata materiálů – železo
3. Binární diagram Fe – C stabilní
4. Binární diagram Fe – C metastabilní
5. Rozpadová schémata
6. Diskuze a dotazy

Čistý kov – krystalizace

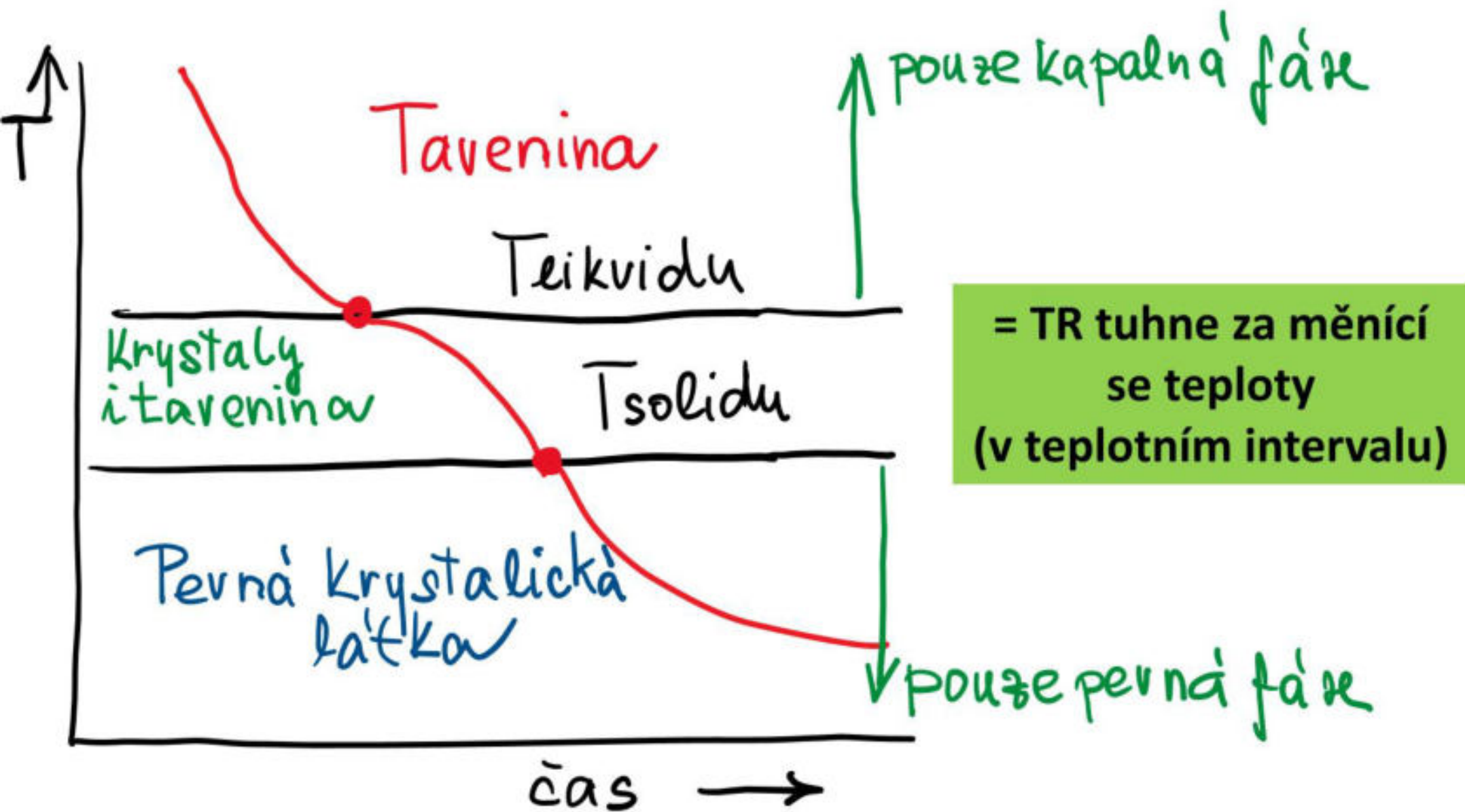


1 složka
2 fáze - kap. i pevná

$$V = 1 - 2 + 1 = 0$$

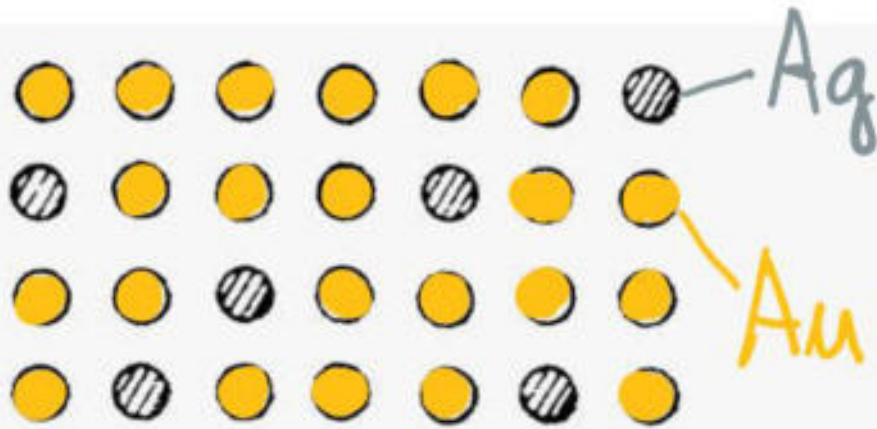
= krystalizace probíhá za konst. teploty (nic se nemění)

Krystalizace taveniny na tuhý roztok



TUHÉ ROZTOKY (označení řecká písmena)

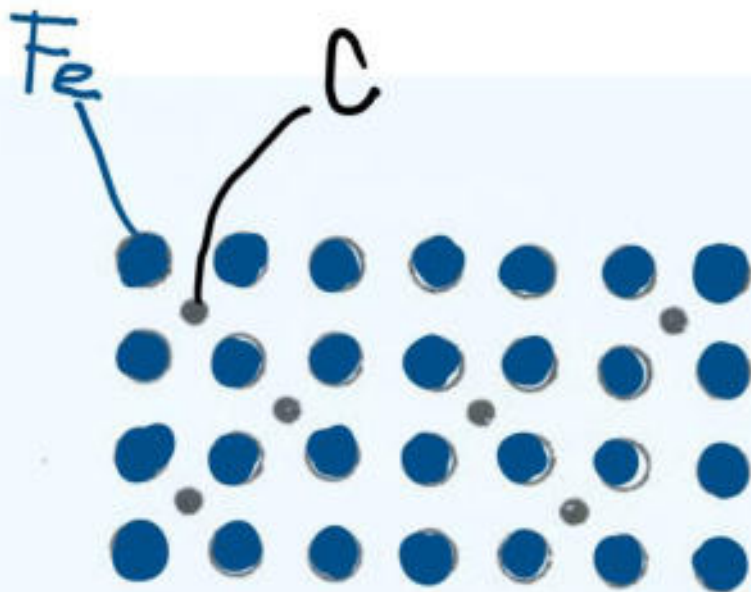
TR = homogenní vícesložková soustava



Substituční (Au-Ag)

α → atomy základního kovu
 b → atomy příměsi

- Oba druhy částic si jsou velmi podobné



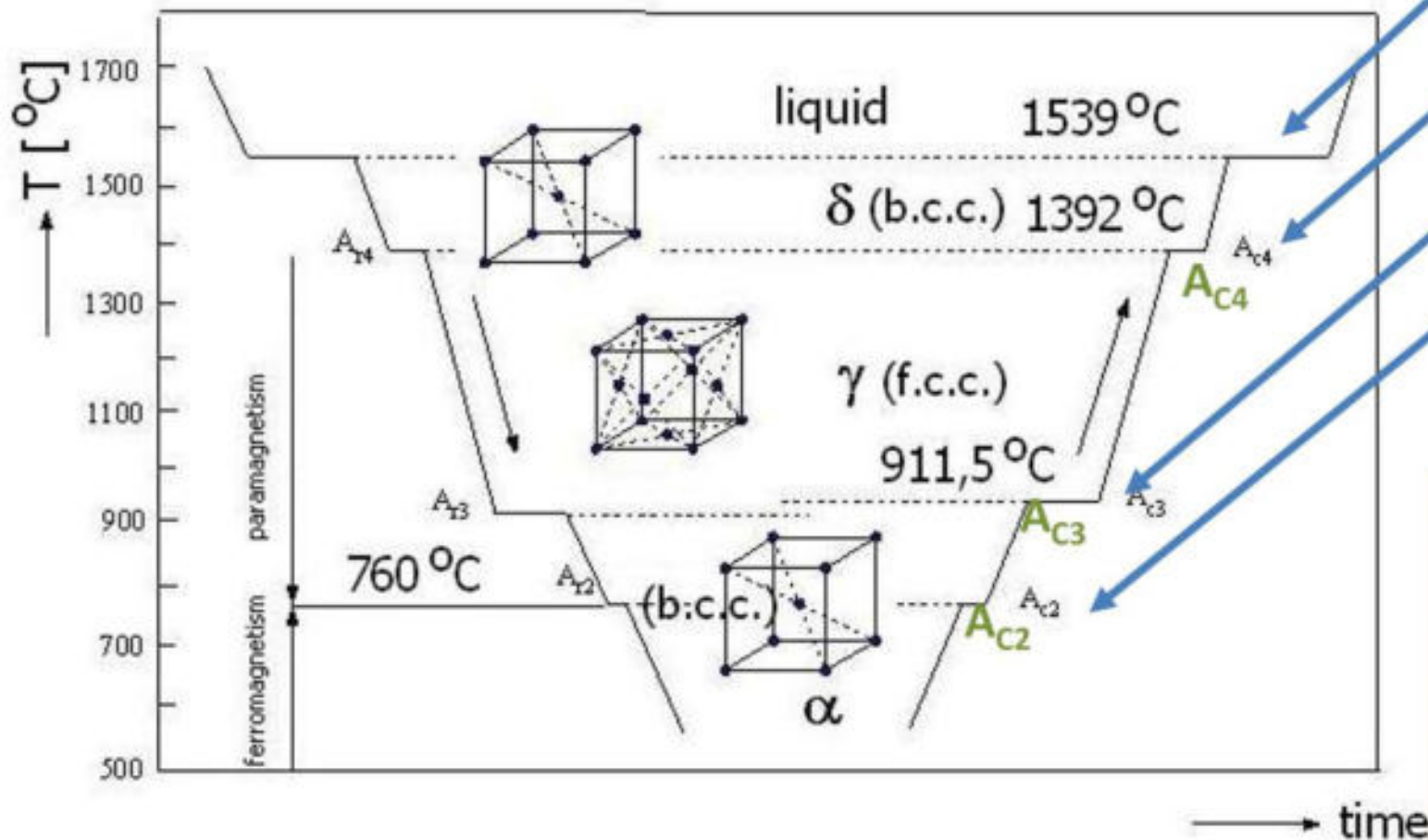
Intersticiální (Fe-C)

α → atomy základního kovu
 b → atomy příměsi

- Oba prvky jsou rozdílné (jeden je výrazně menší)

Rovnovážný diagram Fe-C.

Čisté železo



Křivky chladnutí a ohřevu čistého železa

Teplota tání 1539 °C

Teplota A4 - α na γ

Teplota A3 - γ na δ

Teplota A2 - α na β
(ztáta feromg.vlast.)

- Atomové číslo 26
- at. hmotnost 55,874
- **Hustota 7 870 kg.m⁻³**
- **Teplota tání 1539 °C**
- vodivé, houževnaté, měkké
- tažnost 50 %,
- kontrakce 90 %,
- pevnost 180 - 250 MPa
- tvrdost 45 - 55 HV
- feromagnetické vlastnosti - Curieova

Polymorfní – mřížkové parametry

- kubická prostorově centrovaná - α , δ - $2,86 \cdot 10^{-10}$ m
- kubická plošně centrovaná - γ - $3,6 \cdot 10^{-10}$ m

Soustava Fe - C

Ovlivňuje strukturu i vlastnosti Fe

Malý – intersticiální tuhý roztok

- a) Intersticiální tuhý roztok C v Fe α = **FERIT** (kubická prostorově centrovaná)
- b) Intersticiální tuhý roztok C v Fe γ = **AUSTENIT** (kubická plošně centrovaná)
- c) Intersticiální tuhý roztok C v Fe δ = δ FERIT (kubická prostorově centrovaná)

Maximální rozpustnost C v Fe γ (v Austenitu) je 2,11 % za teploty 1147 °C

Fe α (Feritu) je 0,018 % za teploty 727 °C

Fe δ (δ Feritu) je 0,08 % za teploty 1494 °C

C který je ve slitině Fe ve větším množství, než je jeho rozpustnost se nachází ve formě:

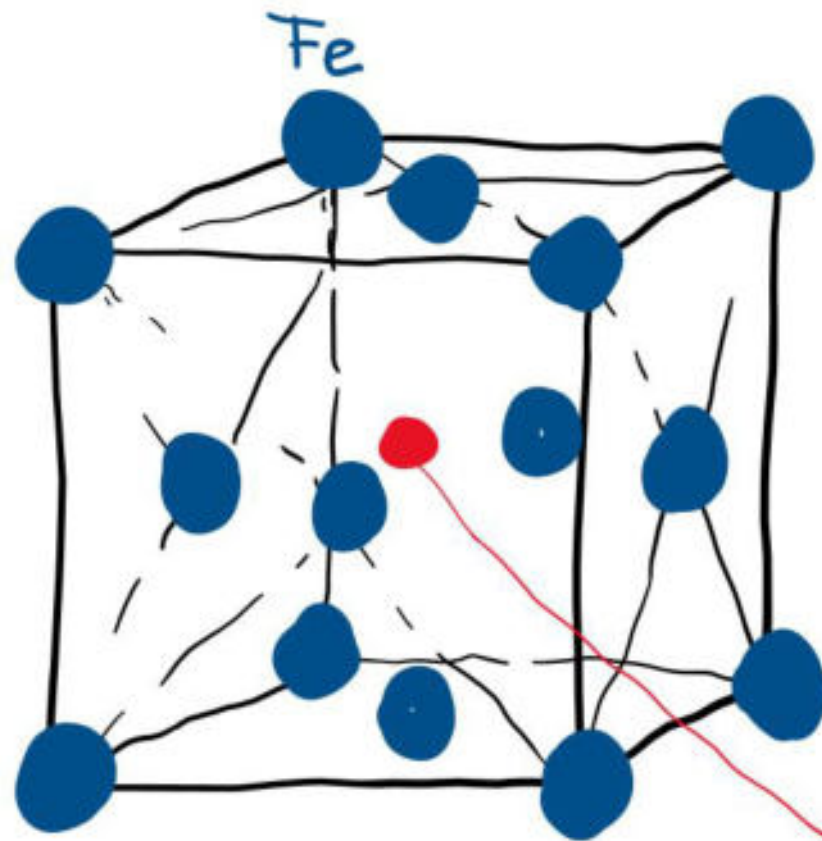
✓ **Karbid železa Fe₃C** (chemicky vázaný) = **CEMENTIT**, obsahuje 6,687 hm. % C, mřížka ortorombická, metastabilní fáze (není ve stavu nejnižší Gibbsovi energie)

➔ **METASTABILNÍ SOUSTAVA Fe – Fe₃C (oceli)**

✓ **Grafit** (stabilní fáze, chemicky volný, hexagonální s.)

➔ **STABILNÍ SOUSTAVA Fe – C (litiny)**

AUSTENIT

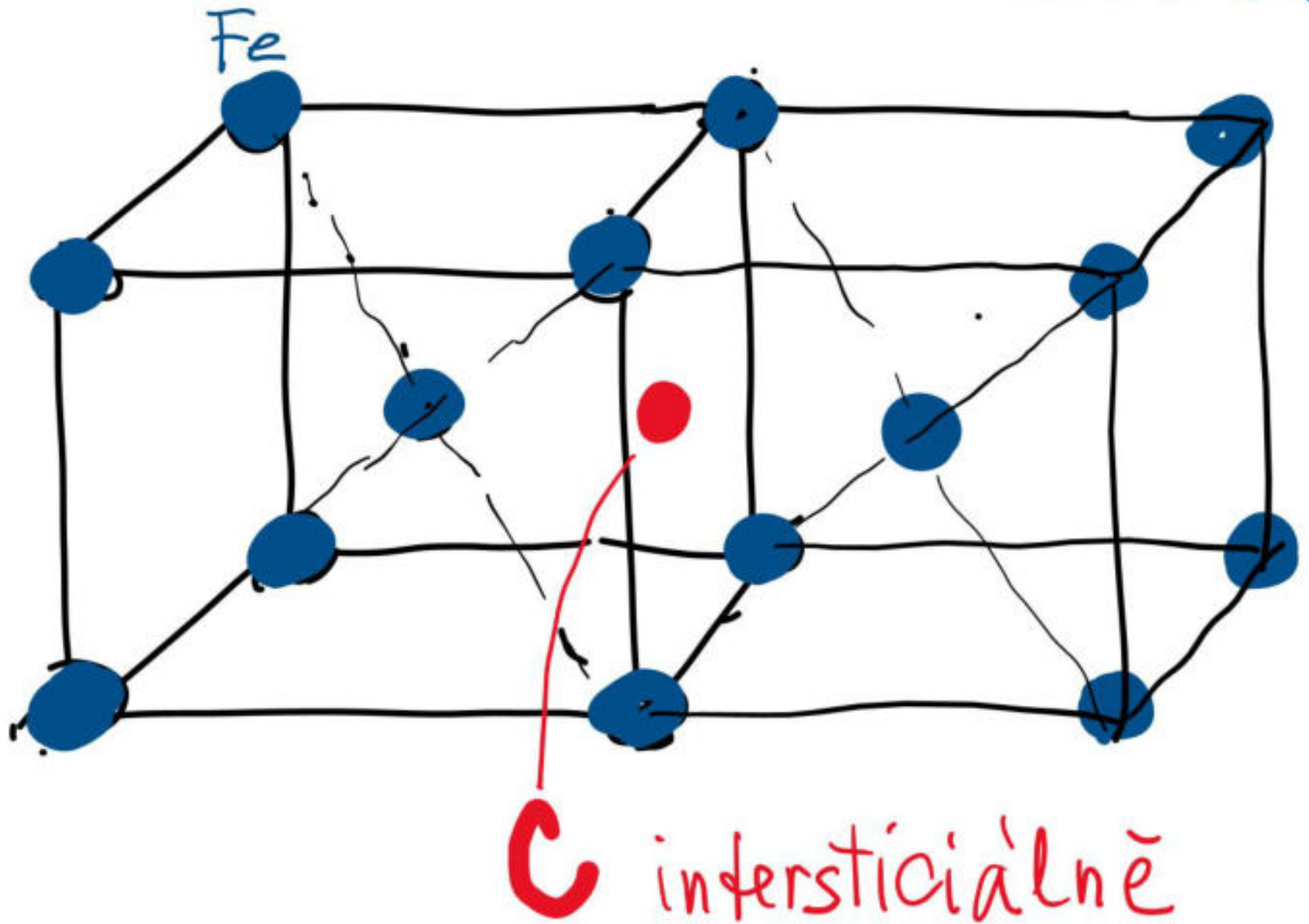


Fe γ
Kubická
plošně
centrována

C
kunitě mřížky
(intersiciální)

FERIT

Fe_δ kubická prostorově centrována



Ve které soustavě bude Fe-C krystalizovat?

Zda slitiny železa s uhlíkem budou krystalizovat ve shodě s **metastabilním nebo stabilním rovnovážným diagramem**, rozhoduje řada okolností:

- **Přítomnost dalších prvků** (přísada manganu podporuje krystalizaci ve shodě s metastabilním rovnovážným diagramem, přísada křemíku naopak podporuje krystalizaci ve shodě s diagramem stabilním).
- **Rychlost ochlazování**. (rychlé ochlazování podporuje krystalizaci ve shodě s metastabilním diagramem, pomalé se stabilním diagramem).
- **Obsah uhlíku**. (pod 2,11% (někdy se udává 2,14%) krystalizují ve shodě s metastabilním diagramem, nad 2,11% - rozličně)

Binární diagram Fe – C : METASTABILNÍ SOUSTAVA (Fe-Fe₃C)

Důležitá pro OCELI (do 2,14 %)

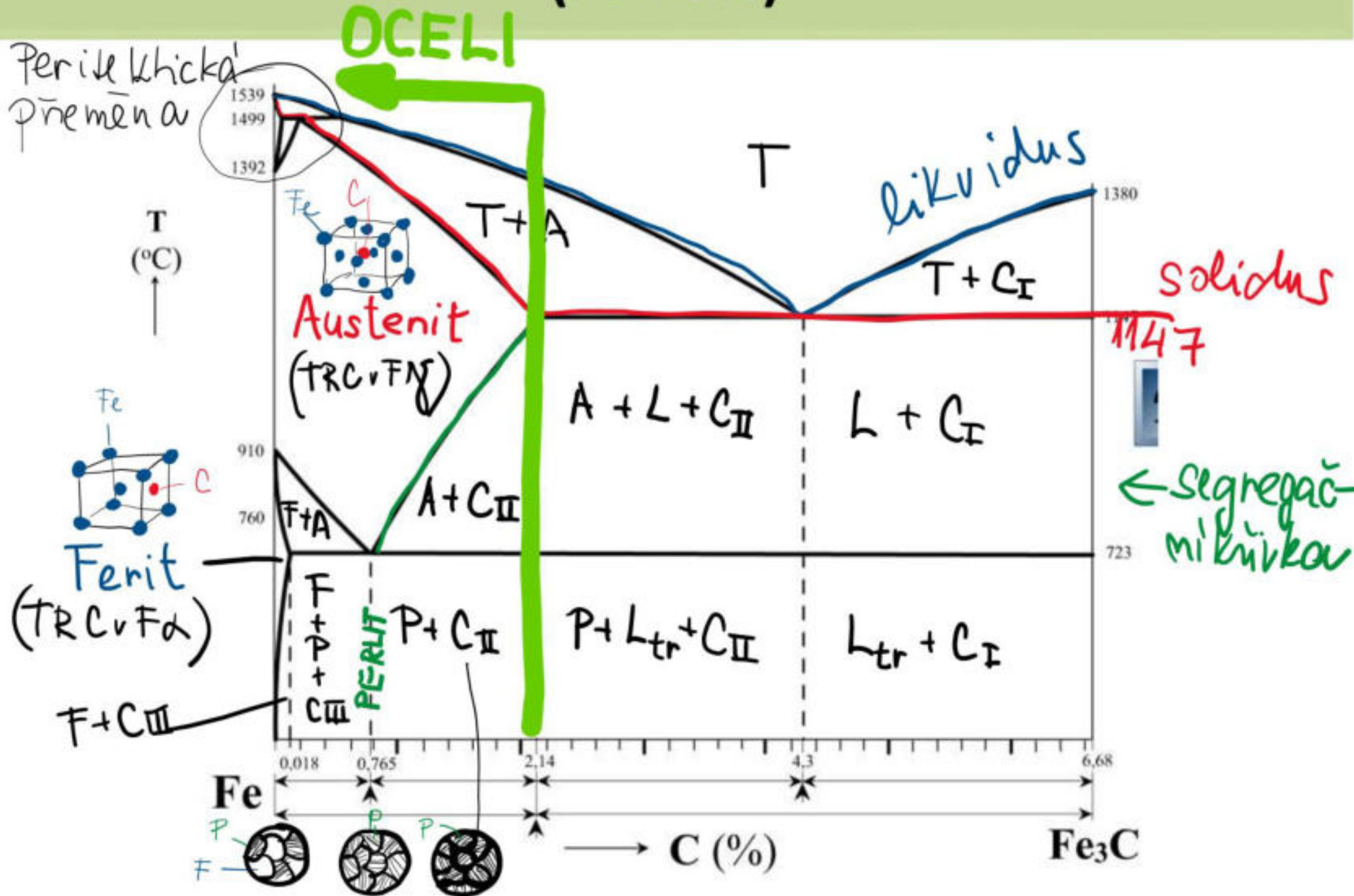


<https://www.skiresort.info/ski-resort/hintertux-glacier-hintertuxer-gletscher/ski-lifts/l864/>

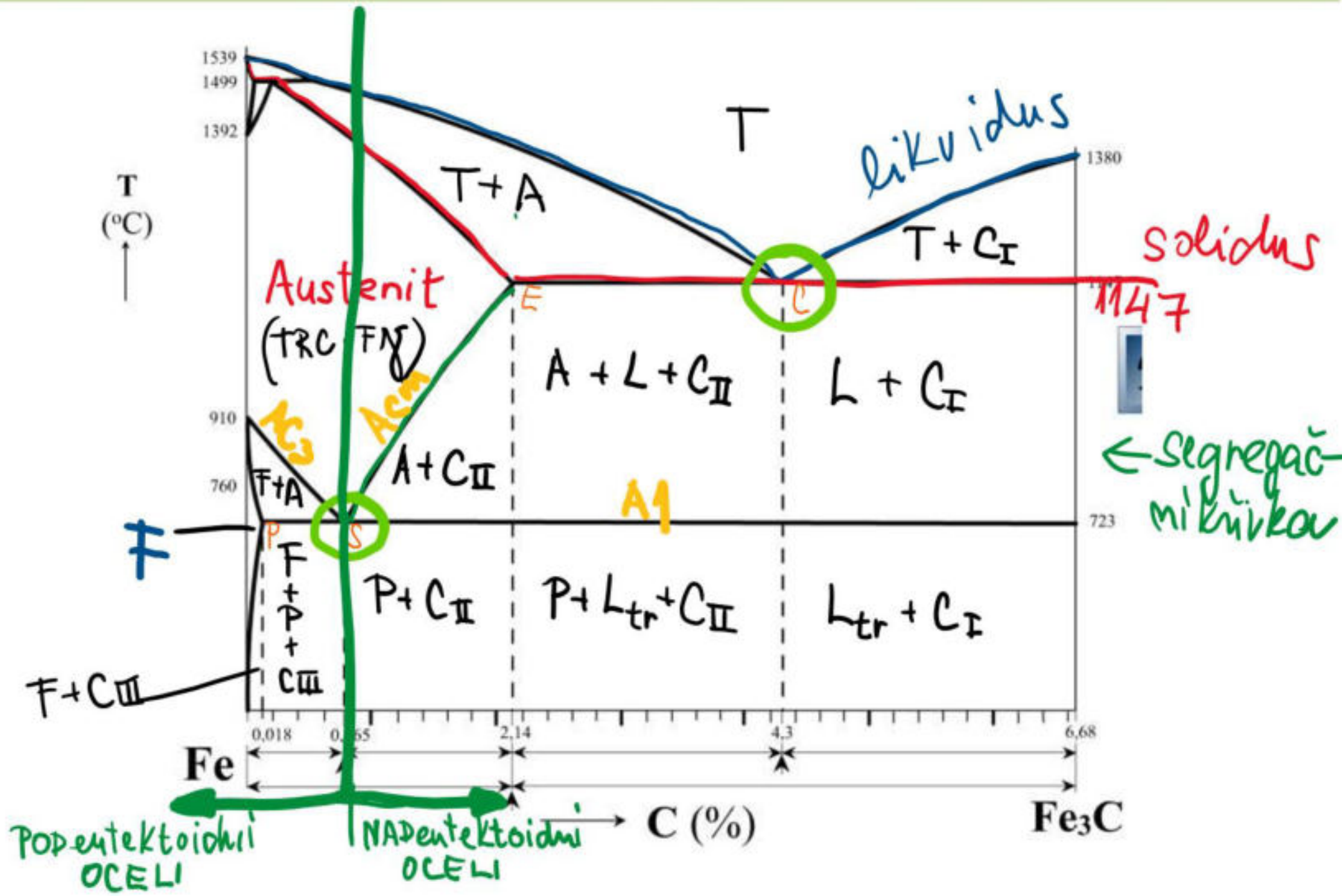


<https://www.jkz.cz/cs/produkty/konstrukcni-oceli/>

Binární diagram Fe – C : METASTABILNÍ SOUSTAVA (Fe-Fe₃C)



Binární diagram Fe – C : METASTABILNÍ SOUSTAVA (Fe-Fe₃C)



Binární diagram Fe – C : METASTABILNÍ SOUSTAVA

Eutektikum – z taveniny vznikne Austenit +
eutektický cementit



Eutektoid – z Austenitu vznikne Ferit + eutektoidní
cementit



Binární diagram Fe – C : METASTABILNÍ SOUSTAVA

- $A_1 = A_{c1}$ teoretická teplota rovnováhy austenit \leftrightarrow perlit.
- A_2 Curieho bod tj. teplota při níž ferit při ohřevu ztrácí nebo při ochlazování nabývá feromagnetické vlastnosti.
- $A_3 = A_{c3}$ teoretická teplota rovnováhy austenit \leftrightarrow ferit u podeutektoidních ocelí.
- A_{cm} teoretická teplota rovnováhy austenit \leftrightarrow sekundární cementit u nadeutektoidních ocelí.
- Austenit – A intersticiální tuhý roztok C, případně i jiných prvků v Fe_γ .
- Ferit – F intersticiální tuhý roztok C, případně i jiných prvků v Fe_α .
- δ - ferit, δF intersticiální tuhý roztok C, případně i jiných prvků v Fe_δ .

Binární diagram Fe – C : METASTABILNÍ SOUSTAVA

Ledeburit, L je metalografický název pro eutektikum metastabilní soustavy Fe – C. Je tvořen směsí austenitu a primárního cementitu.

Ledeburit transformovaný, L_{tr} je směs perlitu a primárního cementitu. Je tvořen drobnými ostrůvky perlitu obklopenými cementitickou hmotou.

Perlit, P metalografický název pro eutektoid metastabilní soustavy Fe – C. Je tvořen směsí feritu sekundárního cementitu.

Binární diagram Fe – C : METASTABILNÍ SOUSTAVA

Cementit, C je metalografický název pro karbid železa. Je to intersticiální chemická sloučenina, která má stechiometrický vzorec Fe_3C . Má tedy stálé chemické složení dané chemickým vzorcem – obsahuje 6,687 % uhlíku.

Podle místa a způsobu vzniku označujeme cementit jako primární C_I , sekundární C_{II} , terciální C_{III} .

Primární cementit C_I vzniká přímo z taveniny – krystalizací, je nejhrubší.

Sekundární cementit C_{II} vzniká vylučováním na hranicích zrn austenitu.

Terciální cementit C_{III} vzniká vylučováním na hranicích zrn feritu. je nejjemnější

Binární diagram Fe – C : STABILNÍ SOUSTAVA

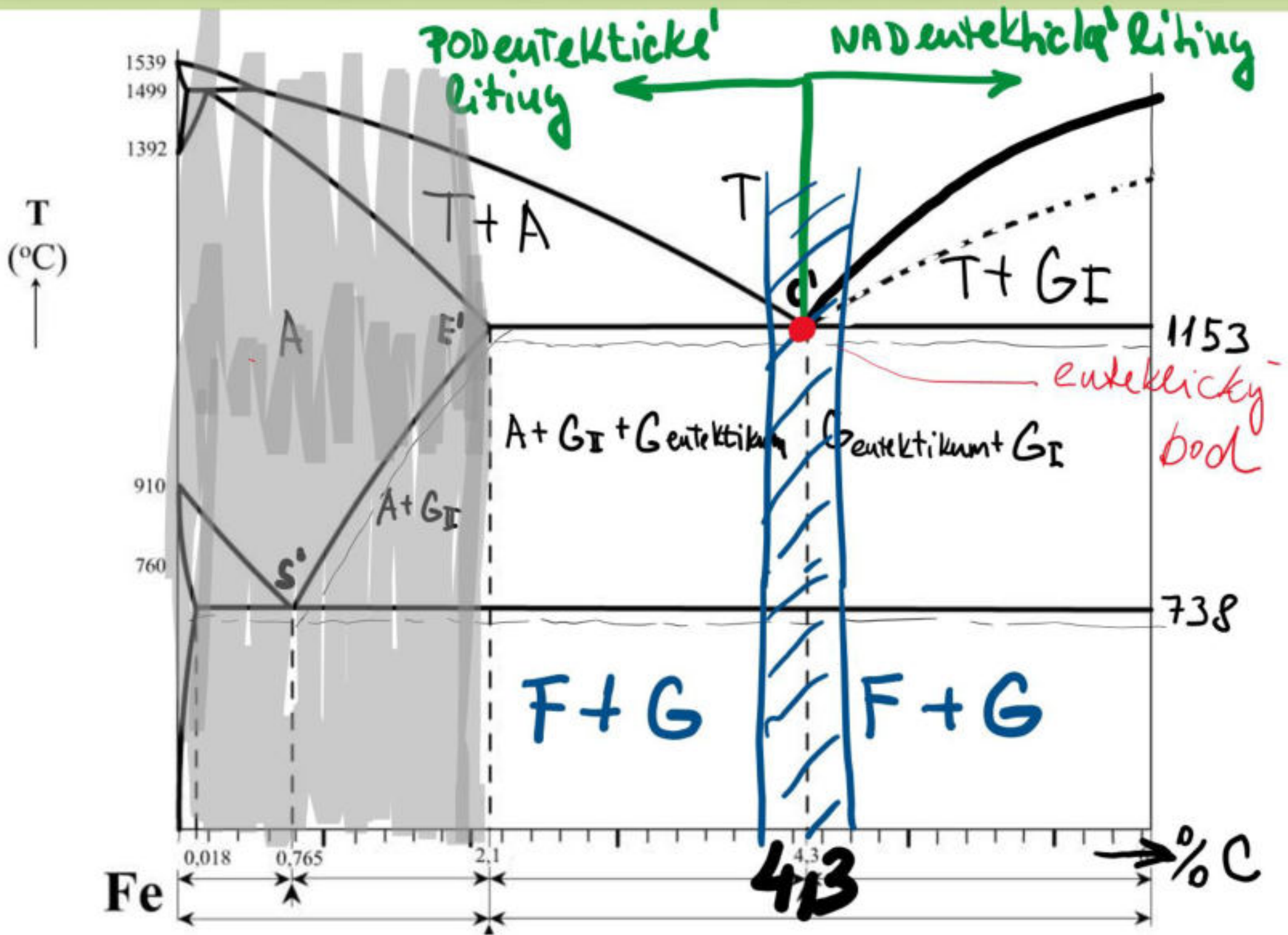
**Důležitá pro LITINY
(oblast okolo eutektického
bodu 4,3 % C)**



<https://eshop.wuerth.cz/Kategorie-produktu/EN10242-B1-kujna-litina-zarove-zinkovana/31468002210384.cyid/3146.cgid/cs/CZ/CZK/>

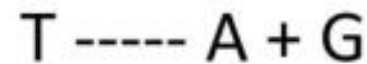
<https://www.brembo.com/cz/auto/prvovyroba/produkty/brzdove-kotouce>

Fe - C (-Si)



Binární diagram Fe – C : STABILNÍ SOUSTAVA

Grafitické eutektikum (GEM) – z taveniny vznikne Austenit +
lupínkový grafit



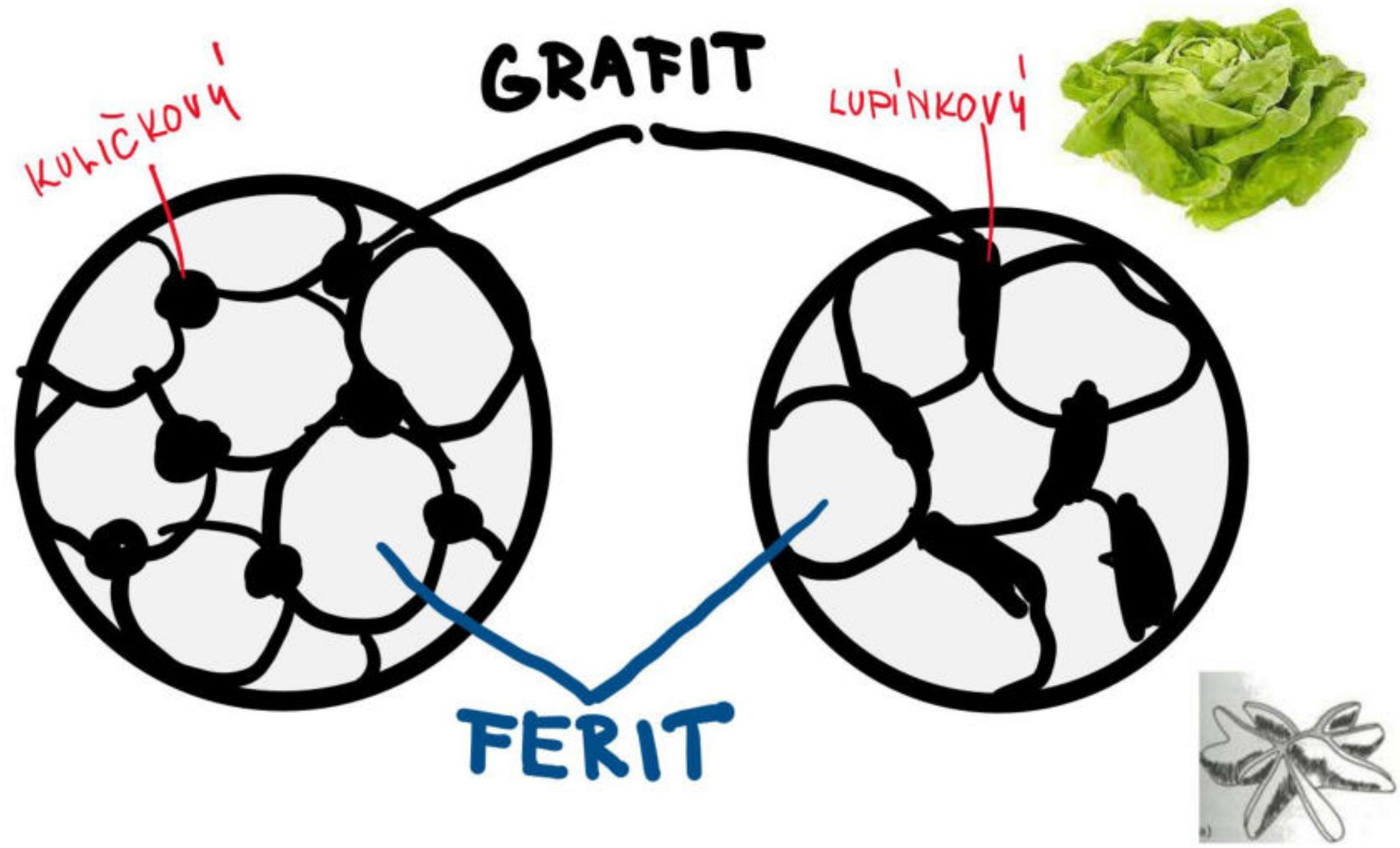
Grafitické eutektoid (GED) – z Austenitu vznikne Ferit +
lupínkový grafit



!! Výsledný grafit se skládá ze směsi všech grafitů a lze ho značit pouze Grafit

Pozn. Tvar grafitu může být upraven, modifikačním činidlem např. na kuličkový

Tvar grafitu



Složení litin

Litiny

Grafit

Očkování (Si)



Velikost grafitu



Modifikace (Mn)



Tvar grafitu



Lupínkový (LLG – litina s lupínkovým grafitem)

Kuličkový (LKG - = Tvárná litina)

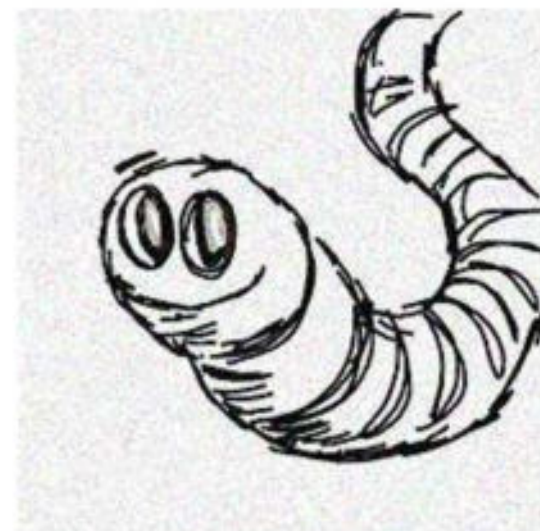
Vločkový, Červíkovitý atd.

Matrice

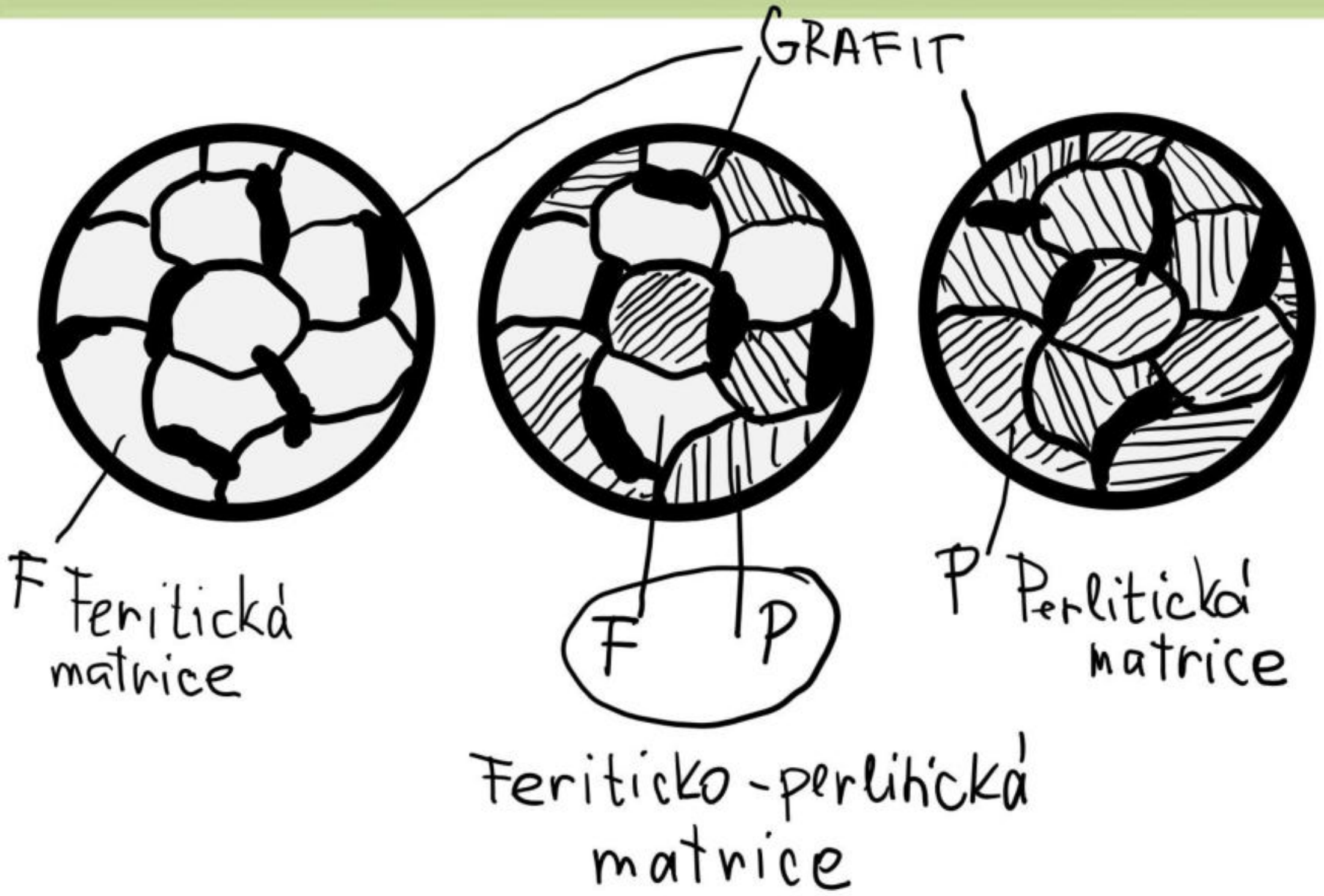
Feritická

Feriticko-Perlitická

Perlitická



Matrice



Značení ocelí a litin a přepočty dle dalších norem

http://www.steelnumber.com/en/search_form_eu.php

- **Značení ocelí a litin**
- **Legované oceli**
- **Austenitové oceli**
- **Typy litin**

Děkuji vám za pozornost