

# O železe obecně

---

## O železe encyklopedicky

Železo je čtvrtý nejčastěji se vyskytující prvek na zemi. Se svými 4,7% se řadí za kyslík(33,5%), křemík(22,6%) a hliník (7,5%). Železo má atomové číslo 26, atomovou hmotnost 55,845. Teplota tání železa je 1539°C a teplota varu 3070°C. Hustota železa je 7874 kg/m<sup>3</sup>. Čisté železo je stříbřitě lesklý měkký kov prakticky bez technického významu. Nejdůležitější technické slitiny železa jsou slitiny s uhlíkem, který zásadním způsobem ovlivňuje vlastnosti výsledného kovu, a to ve velmi širokém spektru.

## Železo existuje ve dvou alotropických modifikacích $\alpha$ a $\gamma$ .

**Modifikace  $\alpha$**  má krychlovou prostorově středěnou mřížku. Je stálá do teploty 910°C a v rozmezí 1392°C - 1539°C, ve vysokoteplotní modifikaci se označuje jako  $\delta$ .

**Modifikace  $\gamma$**  má krystalovou mřížku krychlovou plošně středěnou, její vlastností je velké množství skluzových rovin, což v praxi znamená snadnou tvárnost. Jako stabilní se vyskytuje při ohřevu v rozmezí teplot 910°C - 1392°C.

## Uhlík ve slitinách železa.

Jak již bylo řečeno železo v čistém stavu je měkký kov a teprve jeho slitiny mají technické využití. Nejzásadnější význam ve slitinách železa hraje uhlík, který svým obsahem v rozsahu 0-7% dramaticky mění mechanické vlastnosti železa.

Atomy uhlíku jsou dostatečně malé (0,077nm), proto tvoří uhlík intersticiální tuhé roztoky (atom uhlíku leží v prázdném prostoru mezi atomy základní mřížky). Nás zajímá roztok uhlíku v  $\alpha$  železe - ferit; a roztok uhlíku v  $\gamma$  železe - austenit. Největší rozpustnost uhlíku v  $\alpha$  železe (ferit) je 0,018% při teplotě 723°C. Austenit rozpouští nejvýše 2,14%C při teplotě 1147°C. Rozdíl v rozpustnosti je dán různými krystalickým uspořádáním, kde jednoduše řečeno - v austenitu vznikají větší mezery mezi atomy, kde se může atom uhlíku uhnízdít.

Uhlík v železe v množství větším, než je jeho rozpustnost v přítomném roztoku tvoří karbid Fe<sub>3</sub>C, případně grafit (ten nás ovšem nyní nezajímá). Karbid železa se nazývá **cementit** a tvoří fázi, která je pro další výklad podstatná.

Pro orientaci v slitinách železa je základní pomůckou rovnovážný binární diagram metastabilní soustavy Fe-Fe<sub>3</sub>C. Na vodorovné ose je vyneseno množství uhlíku v %. Graf je zleva ohraničen chemicky čistým železem, naopak na pravé straně osa končí chemickým složením Fe<sub>3</sub>C, tedy čistým cementitem.

Svisle je vynesena teplota, kde nejvyšší bod leží vlevo a představuje teplotu tavení čistého železa. Jednotlivé čáry oddělují od sebe oblasti s výskytem modifikací a fází. Nad grafem je oblast označená L – tedy tavenina. Z grafu je například dobře vidět, jak uhlík snižuje teplotu tavení z 1539°C při 0% až na 1147°C při cca 4,7% C.

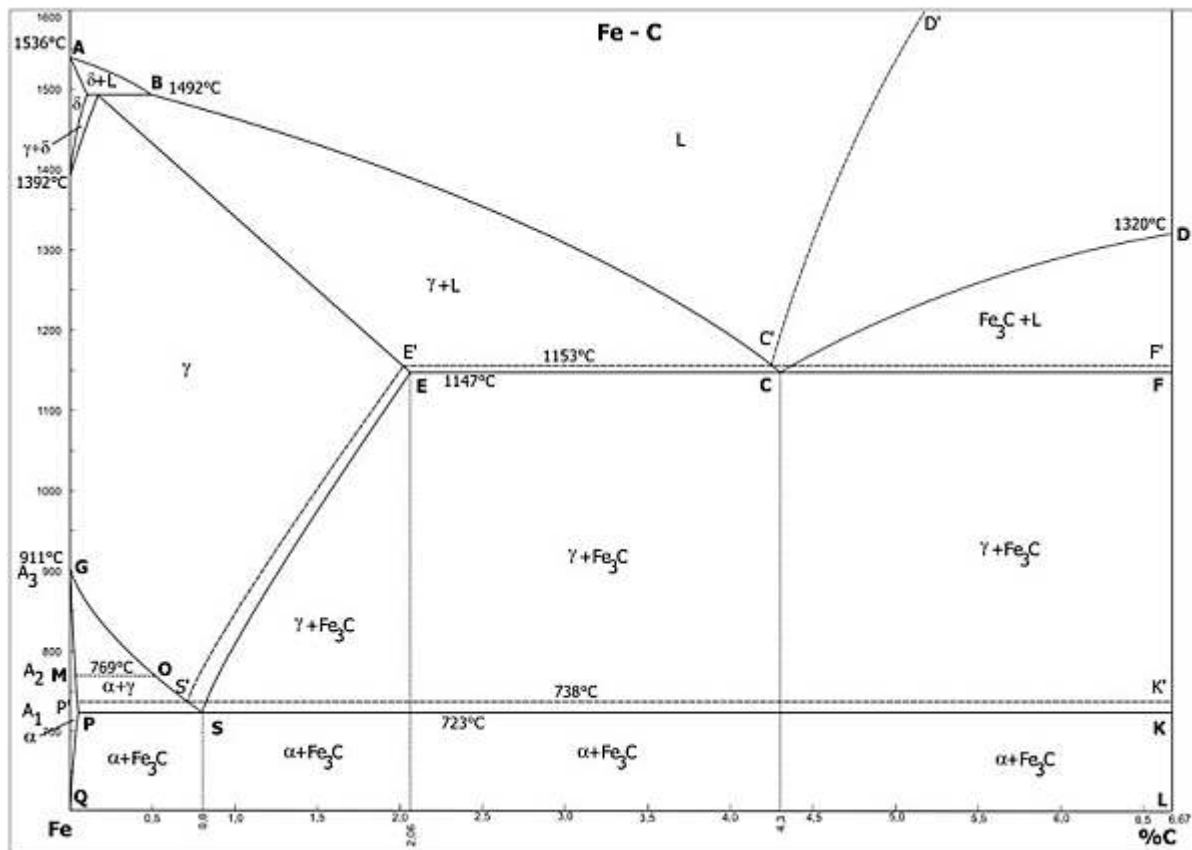


Diagram je převzat z Wikipedie jako "volné dílo".

Slitiny s obsahem uhlíku do 2,14% jsou nazývány oceli. Eutektoidní koncentrace (v diagramu bod S) 0,765% rozděluje oceli na podeutektoidní, eutektoidní a nadeutektoidní. Slitiny bohatší uhlíkem jsou litiny, které se dále dělí podle formy, ve které se v nich vyskytuje uhlík.

Poslední fází, kterou zde zmíním je perlit. **Perlit** vzniká krystalizací austenitu, který rozpouští větší množství uhlíku než ferit. Střídavě se vedle sebe vylučují fáze ferit a cementit. Perlit má nejčastěji lamelární (páskovaný charakter). Krystalizace perlitu z austenitu předpokládá relativně dlouhý čas, při kterém dochází k difúznímu přesunu jednotlivých atomů.

Při značném přechlazení austenitu, kdy je jakákoliv difúze obtížná dochází k bezdifúzní přeměně na **martenzit**. Výsledkem je nerovnovážený přesycený tuhý roztok uhlíku v  $\alpha$  železe.

Každá změna tvaru předmětu z kovu předpokládá deformaci, která se děje pohybem krystalických rovin zrn kovu. Každá překážka, která leží takovému pohybu v cestě ve výsledku znamená větší obtížnost docílení deformace. Pokud si pod pojmem deformace představíme například ohnutí meče či vytlačení zubu do jeho ostří je jasné, že cílem je dosáhnout materiálu, který takových překážek klade co nejvíce. Takovými překážkami jsou například lamelky cementitu v zrně perlitu či zablokované atomy uhlíku přesyceném roztoku martenzitu.

Feritické železo, je dobře tvárnou surovinou a postačí tam, kde není velký nárok na tvrdost. Perlitické železo je podstatně pevnější a tvrdší. Martenzit je nejtvrdší, avšak má nepříjemnou vlastnost - vlivem pnutí, které je v materiálu je náchylný ke křehkému lomu.

## A co z toho plyne

Z pohledu přímé výroby železa je nezajímavá litina či surové železo. Vysoké koncentrace uhlíku vedou ke vzniku křehkých fází a tím je zcela vyloučeno kování. V kusových pecích sice docházelo zejména v pozdějších obdobích k nahodilému vzniku litiny, ta však byla neupotřebitelným zmetkem.

Za běžných podmínek v malé kusové peci dochází k malému - lze říci podeutektoidnímu nauhličení vznikajícího kovu. Výsledná struktura je nejčastěji feritická, feriticko-perlitická objevuje se ale i perlit. V rozsahu dostupného nauhličení tedy platí, že čím více uhlíku, tím lépe.

Laskavý čtenář jistě rozpoznal, že v odstavci, kde popisují vznik martenzitu se hovoří o kalení. Z popisu je patrné, že podmínkou kalení je dostatečný obsah uhlíku rozpuštěného v železe. Záporná vlastnost - křehkost je odstranitelná žíháním -popouštěním, při kterém dochází k dalším strukturním přeměnám. Kalení, po kterém následuje další tepelná úprava se nazývá zušlechtnění.

Z pohledu historického a praktického rozlišujeme pojmy železo a ocel jako

**zušlechtitelnou(kalitelnou) ocel** a **nezušlechtitelné železo** (nekalitelný materiál - správně nízkouhlíková ocel). Toto názvosloví sice je z pohledu moderní metalurgie nedostatečné, avšak pro problematiku, kterou se zde zabýváme je dostatečné a zejména je prakticky používáno. Proto se ho budeme nadále držet.

Co jsem zde nastínil jen v hrubých rysech a se zjednodušením, daleko přesahuje možnosti a cíle tohoto webu ale jistě si zaslouží pozornost čtenáře s hlubším zájmem o metalurgii železa. Pokud je Vaším cílem hlubší porozumění, potom doporučuji studium materiálů libovolné technické vysoké školy. Obsah základního kurzu nauky o materiálu bude dobrým výchozím bodem.

## Literatura

<http://cs.wikipedia.org>

Dorazil, E. a kol.: Naouka o materiálu I. Přednášky, Vysoké učení technické v Brně – Fakulta strojní, Brno 1989