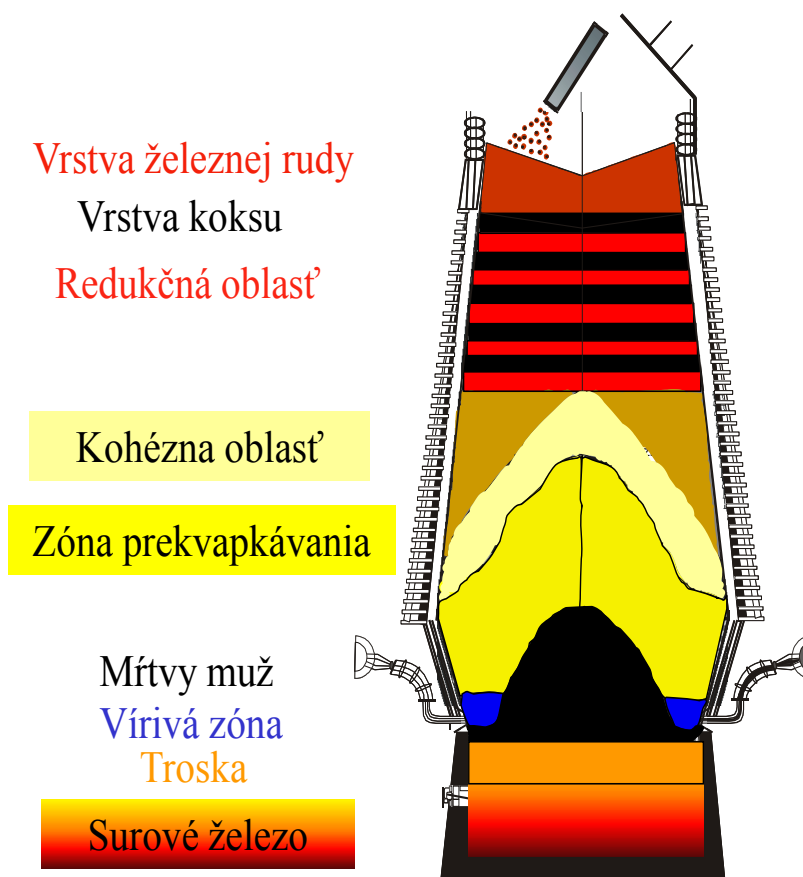


Vysokopecný proces.



Vysokopecný proces je súhrn veľkého počtu rôznych dejov, ktoré prebiehajú pri spracovaní vsádzkových materiálov vo vysokej peci. Je to zariadenie s dlhou históriou, ktoré sa v priebehu storočí zdokonaľovalo do dnešného stavu, pričom si zachovalo niektoré pôvodné rysy. **Vysoká pec** (VP) je uzatvorený systém, do ktorého sa zavádzajú materiály obsahujúce železo (kusová železná ruda, aglomerát alebo pelety), troskotvorné prísady (vápenec) a redukčné činidlo (koks) a to plynule zhora pecnou šachtou pomocou zavážacieho systému. Vsádzka vysokej pece postupne klesá dole, pričom stúpa jej teplota a uľahčujú sa redukčné reakcie oxidov a tvorby trosky. Horúci prúd vzduchu obohatený kyslíkom a pomocné redukčné činidlá (práškové uhlie, olej, zemný plyn a v poslednej dobe i plasty) sa injektujú v úrovni výfucne a poskytujú protiprúd redukčných plynov. Fúkaný vzduch, ktorý sa ohrieva za pomoci vysokopecného plynu v ohrievačoch reaguje s redukčnými činidlami, predovšetkým za vzniku CO, ktorý redukuje oxidy Fe na kovové Fe. Týmto spôsobom sa oxidom uhoľnatým, tzv. **nepriamou redukciou**, získavajú asi dve tretiny všetkého železa z rúd. Ďalšou redukciou, tzv. **priamou redukciou**, čiže samotným uhlíkom, sa získa zvyšujúca tretina železa.

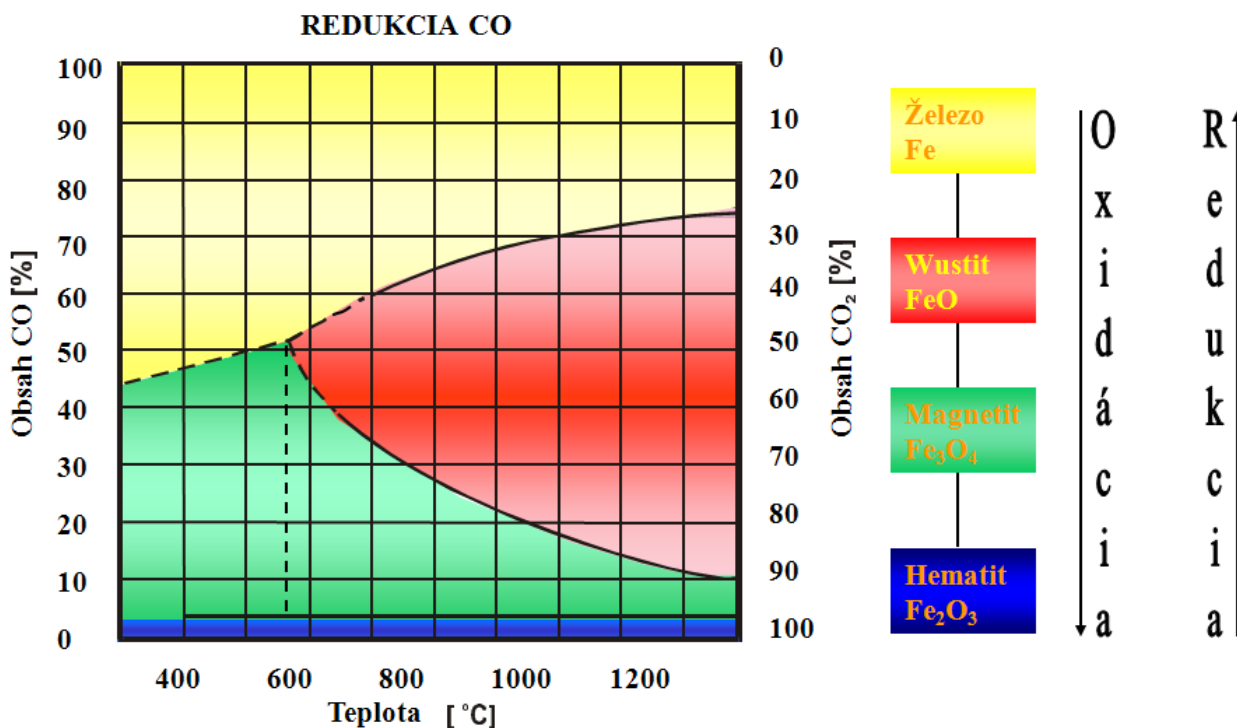
Schéma vysokej pece s naznačenými hlavnými oblasťami spracovania vstupných materiálov na výsledný produkt je znázornená na **obr. 1**.



Obr. 1 Schéma vysokej pece

Proces výroby surového železa zahŕňa rad samostatných zložitých dejov, ktoré sa navzájom ovplyvňujú a ktoré rozdeľujeme na deje mechanické, tepelné a chemické. Patria k nim procesy redukcie oxidov, redukcie neželezných kovov, rozklad zložitých zlúčenín, horenie tuhého, kvapalného a plynného paliva, reakcie v pevnej fáze a heterogénne reakcie, výmeny tepla, pohyb tuhých, kvapalných a plynných zložiek.

Najdôležitejšou chemickou reakciou vo vysokej peci je nepriama redukcia pomocou plynnej redukčnej zložky oxidu uhoľnatého CO, ktorá prebieha aj v najväčšom objeme VP. Základné **oblasti stability** jednotlivých oxidov železa pri redukcii CO a príslušné redukčné chemické reakcie sú znázornené na *obr. 2*.



Stabilná oblasť Fe₂O₃



Stabilná oblasť Fe₃O₄

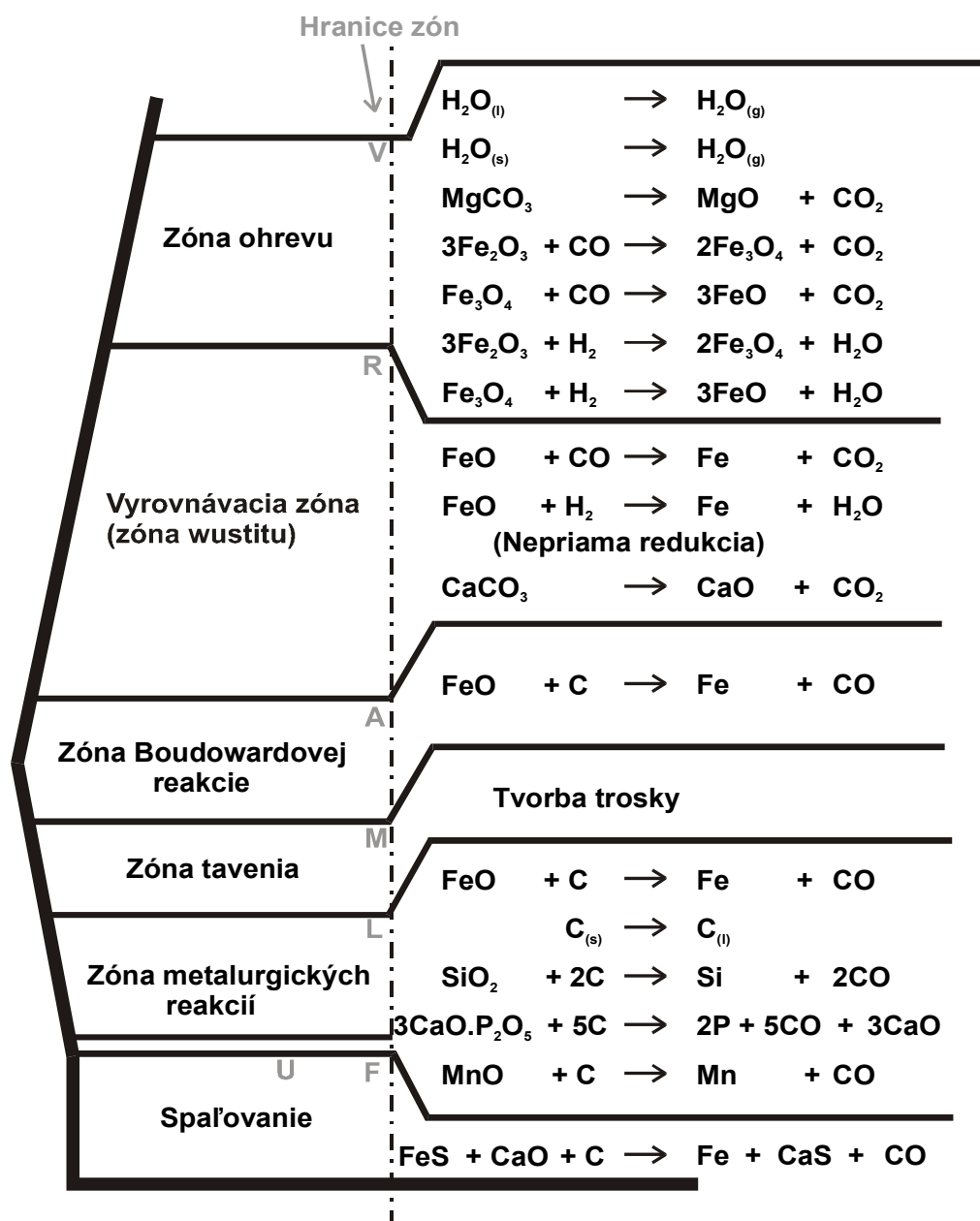


Stabilná oblasť FeO



Obr. 2 Znáozornenie oblastí stability jednotlivých oxidov železa pri redukcii CO

Priebeh jednotlivých procesov a príslušných chemických reakcií vo vysokej peci je závislý od teplotných podmienok po výške aj priereze pece, *obr. 3*. Vo vysokej peci vznikajú zóny, ktoré nemajú pevné fyzické rozhranie a prechodové oblasti sa prekrývajú. Vznikajú rôzne geometrické tvary jednotlivých zón. Hlavným **redukovadlom** vo vysokopecnom procese je **uhlík**, **oxid uhoľnatý** a **vodík**. Redukčné procesy prebiehajú prakticky v celom priestore vysokej pece, okrem priestorov pred fúkačmi, v ktorých je oxidačná atmosféra a prebieha tam horenie paliva.






Obr. 3 Chemické reakcie prislúchajúce v jednotlivých zónach vysokej pece

V - vsádzka, R - začiatok redukcie, A - vyrovňavanie teplôt, M - začiatok mäknutia rudnej vsádzky, L - zóna liquidu, F - formovanie surového Fe

Pre vysokopecný proces je veľmi dôležité jeho sofistikované **riadenie**. Podstatou riadenia technologického procesu je určujúce riadenie zavážania vysokopecnej vsádzky a riadenie prúdenia plynu v peci. Kvalitným riadením možno docieľiť zníženie výrobných nákladov a zrovnomenenie kvality produktu a to pri rádovo menších obstarávacích nákladoch na tvorbu a implementáciu riadiaceho systému.

Na udržanie **normálneho režimu práce vysokej pece** je potrebné poznať materiálovú a tepelnú bilanciu. Produkty vysokej pece, ktoré vznikajú (tekuté surové železo, vysokopecná troska) sa zhromažďujú v nisteji a periodicky sa odpichujú, *Tab. 1*. Tekuté surové železo sa po mimopecných úpravach (odkremičenie, odfosforenie) prepravuje v torpédových pánvach do oceliarne a troska sa spracováva na stavebné účely. Vysokopecný plyn sa zhromažďuje vo vrchnej časti pece, odkiaľ sa presúva na čistenie a ďalej sa používa ako palivo pre vyhrievanie alebo k výrobe elektriny.

Tab. 1 Zloženie produktov vysokopecného spôsobu

Surové železo		Vysokopecná troska		Vysokopecný plyn	
					
Fe [%]	94,5	CaO [%]	42	CO ₂ [%]	20
C [%]	4,2	MgO [%]	9	CO [%]	23
Mn [%]	0,5	SiO ₂ [%]	38	H ₂ [%]	3
Si [%]	0,6	Al ₂ O ₃ [%]	6	N ₂ [%]	54
P [%]	0,1	FeO [%]	1		
S [%]	0,05				
Teplota pri odpichu [°C]	1450	Teplota pri odpichu [°C]	1550	Teplota na sadzobni [°C]	200
Merná hmotnosť [t/m ³]	6,5	Merná hmotnosť [t/m ³]	3,2	Výhrevnosť [MJ/m ³]	4,8

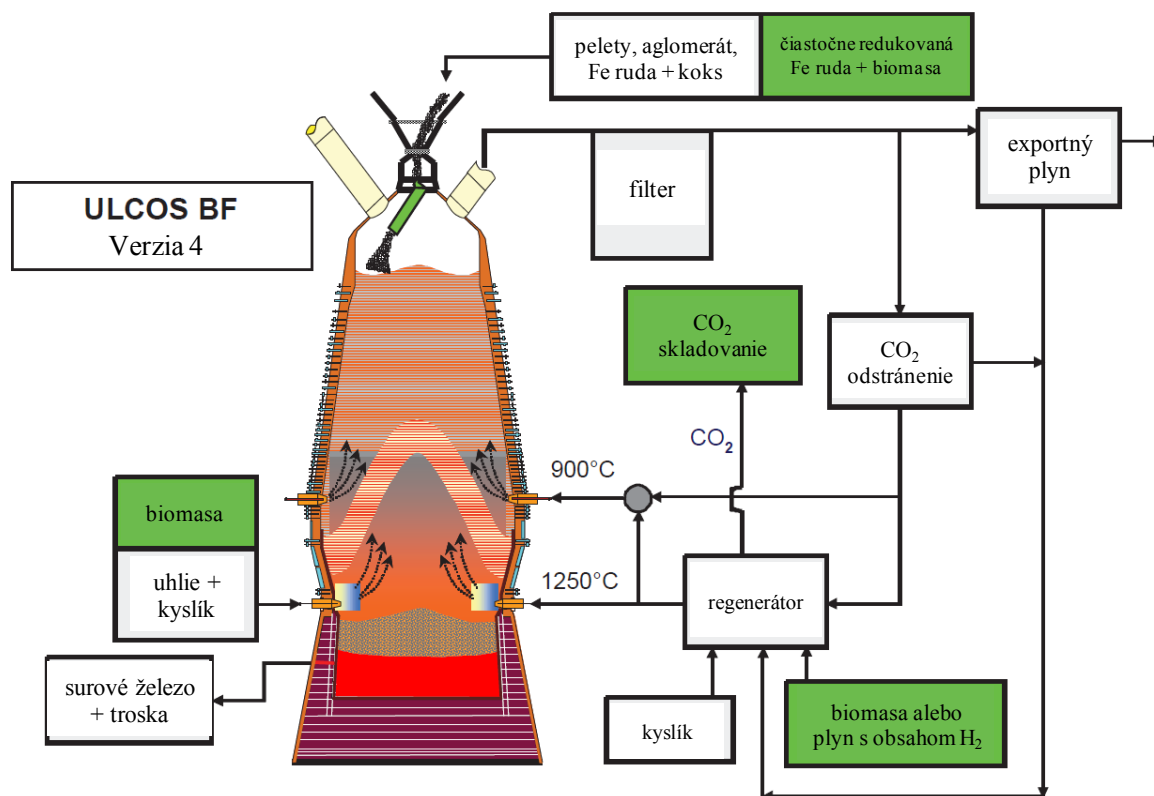
Súčasnú nové technológie vo vysokopecnom procese.

1. Kyslíkovo - uhoľná injektáž:

Injektovanie olejov alebo iných kvapalných uhľovodíkov znižuje teplotu žľabu rovnako ako v prípade injektovania uhlia. V prípade vysokých pecí s konvenčnou redukciou je injektovania oleja obmedzené na asi 65 kg/t tekutého železa predtým, než redukcia teploty v žľabe spôsobí významnú stratu stability pece. S cieľom udržať vhodné podmienky v žľabe a súčasne dosiahnutia vyšších vstupných dávok oleja, aplikuje sa až 130 kg/t kyslíkovo - uhoľné injektovanie. V takomto prípade sa inštalujú kyslíkovo - uhoľné privodné trubky vo všetkých výfuchniach navrhnutých len na využitie ťažkého oleja. Olej a kyslík sú privádzané samostatne a olej musí byť súčasne predhriaty na 220 °C. Množstvo obohatenia kyslíkom je 7 až 9 %. Týmto opatrením je možné znížiť spotrebu koksu a súčasne emisie CO₂. Olej je tvorený uhlíkom a vodíkom a kompenzuje koks v pomere 1 : 1,2. Úspory koksu tak dosahujú asi 15 kg/t taveniny a zníženie emisií CO₂ dosahuje zhruba 50 kg/t taveniny.

2. Modifikovaná vysoká pec - ULCOS-BF:

Medzi veľmi perspektívne technológie je možné zaradiť technológiu výroby surového železa v modifikovanej vysokej peci - ULCOS-BF. Tento proces recykluje vysokopecný plyn naspäť do vysokej pece po odstránení CO₂. Technológia sa testuje na komerčnej vysokej peci s integrovanou dopravou a skladovaním CO₂, *obr. 3*. V projekte ULCOS-BF sa experimentálne skúša aj dávkovanie biomasy. Kusová biomasa sa dávkuje spolu s rudnou časťou vsádzky zhora a jemnozrnná biomasa sa injektuje spolu s uhlím v prúde kyslíka.



Obr. 3 Projekt výroby surového železa v modifikovanej vysokej peci - ULCOS-BF

Ďalšie emisné zaťaženie životného prostredia je možné dosiahnuť pomocou nasledujúcich techník:

- rekuperácia a použitie vysokopecného plynu,
- kondenzácia dymu zo spracovania trosky,
- rekuperácia tepla z trosky,
- priama injektáž redukčných činidiel (injektovanie uhlia, plynu, plastov, olejov, tukov, emulzií a zvyškov pevného železa).

Na nasledujúcej stránke je kompletný súbor pre najlepšie techniky využívané v metalurgických technológiach výroby železa a ocele.

<http://www.ippc.cz/dokumenty/DF0475/preklad/bref-zelezo-final-v2>