
Hutníctvo

Biblia – 1. kniha Mojžišova

1. Adam
2. Kain
3. Enoch
4. Irád
5. Mechuael
6. Metušael
7. Lámech
8. **Tubal-kain**
9. ...
- 10....Noe

POTOPA SVETA



*... Cila tiež porodila syna, **Tubal-kaina**, učiteľ'a všetkých kováčov medi a železa ...*

Genesis 4:22

Hutnictvo železa a ocele

Hutníctvo železa a ocele

Suroviny

- železná ruda
- palivo – koks
- troskotvorné prísady – vápenec
- vzduch
- chladiaca voda

Hutníctvo železa a ocele

Suroviny

- železná ruda
- palivo – koks
- troskotvorné prísady – vápenec
- vzduch
- chladiaca voda

Hutníctvo železa a ocele

Suroviny

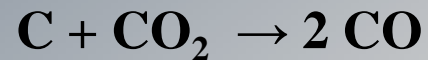
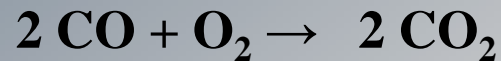
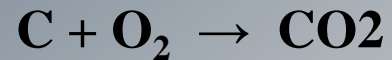
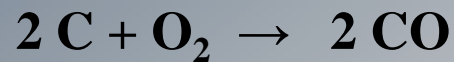
- železná ruda
- palivo – koks
- troskotvorné prísady – vápenec
- vzduch
- chladiaca voda

- systém pracuje protiprúdne
- vsádzka prejde VP za 10-20 hodín
- výkon VP - ~2500 t / 24 hodín

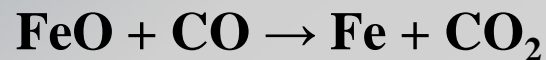
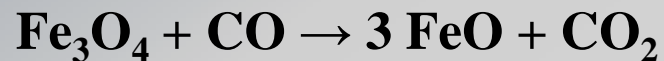
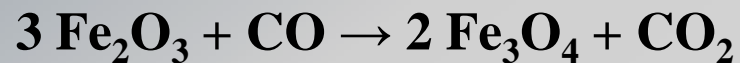
Hutníctvo železa a ocele

Základné chemické reakcie

- horenie koksu



- nepriama redukcia rudy



Hutníctvo železa a ocele

Základné chemické reakcie

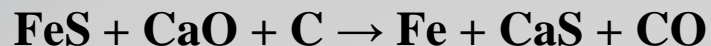
- priama redukcia rudy
$$3 \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{C} \rightarrow 2 \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2$$
$$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{C} \rightarrow 3 \text{FeO} + \text{CO}$$
$$\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}$$

- reakcia vápenca
$$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$$

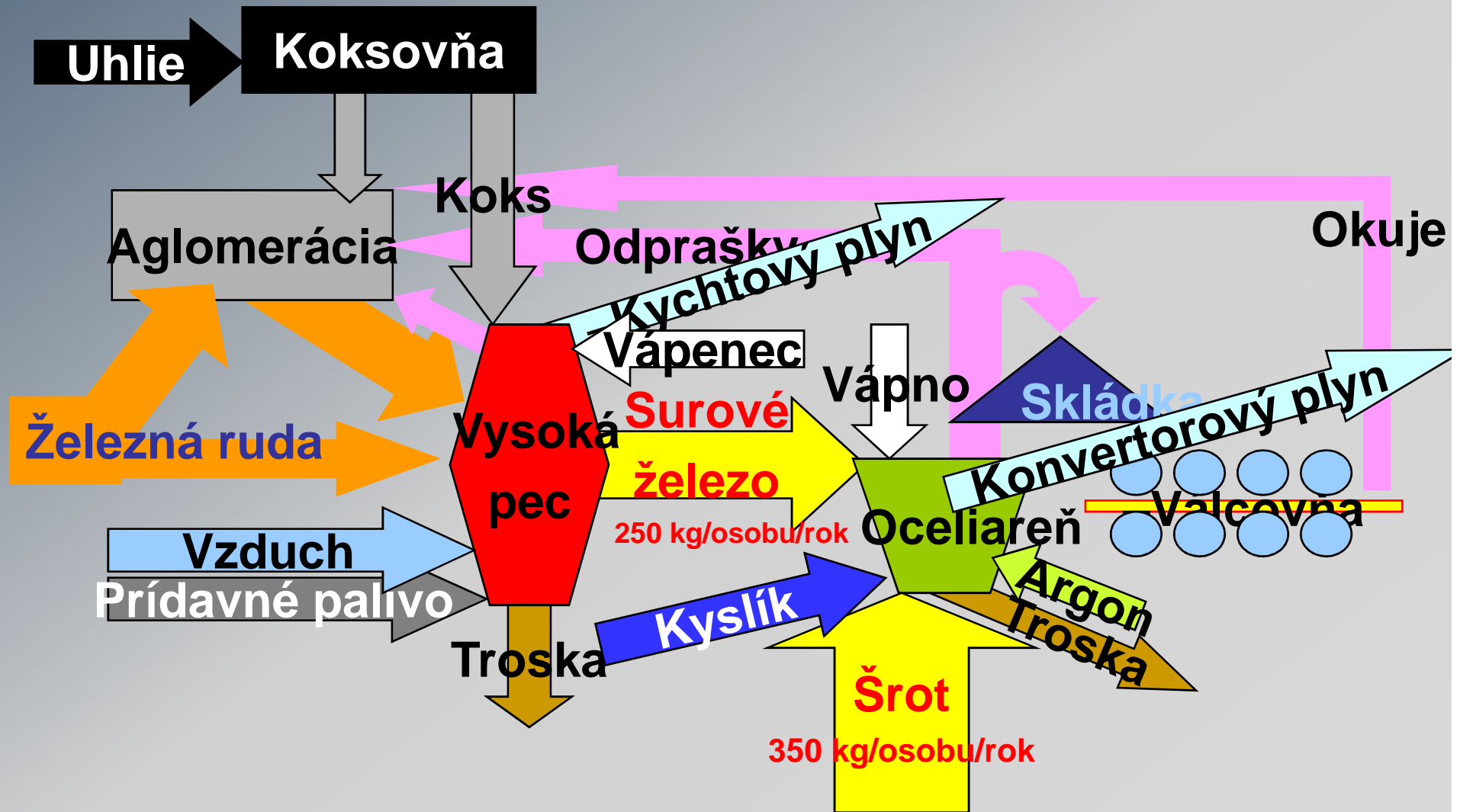
CaO znižuje teplotu tavenia nečistôt oxidov kremíka a hliníka, čím znižuje spotrebu koksu. Ďalej neutralizuje kyslú trosku SiO_2 a Al_2O_3 , ktorá koroduje výmurovku



a odstraňuje síru zo železa



Cyklus železa



Ťažké kovy, Zn, Pb, Cd,...

Úlet vo forme pár kovov,
chloridov,... tvorba poletavých
častíc vo výstupných plynoch –
filtrácia – odprašky 5-10 kg/osobu/rok =

25-50 kt/rok/SR

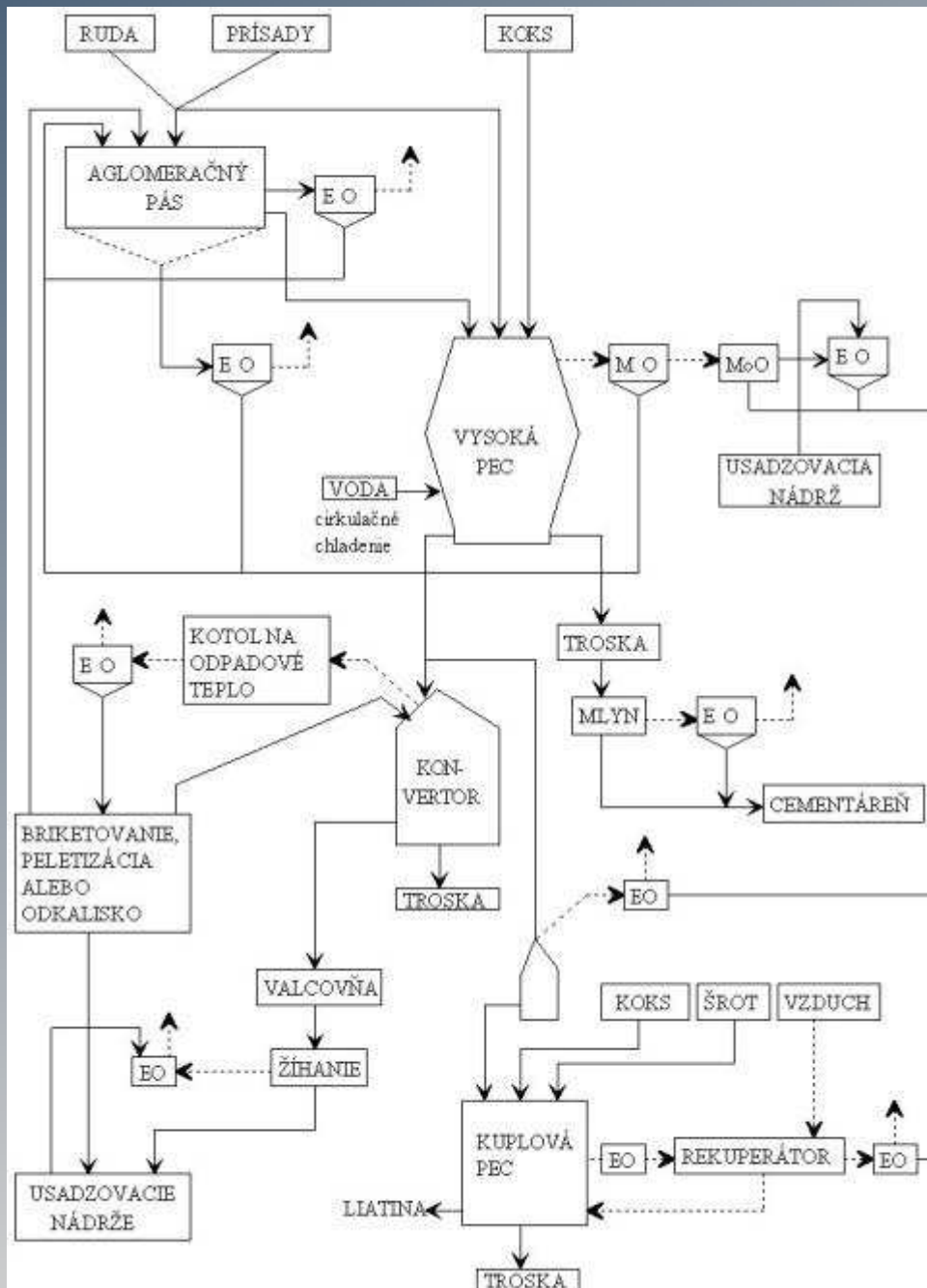


Hutníctvo

železa a ocele

Odpady

- troska
- plyny
- úlety
- prach
- vody



Výroba surového železa

Príprava surovín – prašnosť

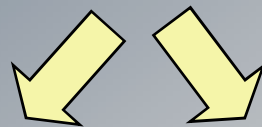
VP plyn

- CO, CO₂, H₂, H₂O - očistenie, spaľovanie
- úlety – oxidy Fe, prchavé oxidy kovov (Zn, As, Sb, ...)
- SO₂

Odlučovače

- suché vírivé, usadzovacie prachové komory, žalúziové
- cyklóny, látkové rukávové filtre, elektrostatické filtre

Zachytávanie úletov



**mokrý
elektrostatický
filtr**



úlety vo forme kalu



**suchý
elektrostatický
filtr**



úlety vo forme prachu



Výroba surového železa

Ťažké kovy – závažná zložka VP úletov

- Zn, Pb (~ 2.5 % Zn)
- kolobeh Zn
- korózia výmurovky

Oxidy síry

- adsorbacia vo
 - vápenom mlieku
 - suspenzii vápenca
 - suspenzii magnezitu

Výroba surového železa

Voda – málo významné

- chladiaca voda
 - nevzniká znečistenie
- voda z mokrých odlučovačov
 - fenoly, kyanidy - usadzováky
 - hydraulická doprava – používa sa znečistená voda

Výroba surového železa

Usadzovanie



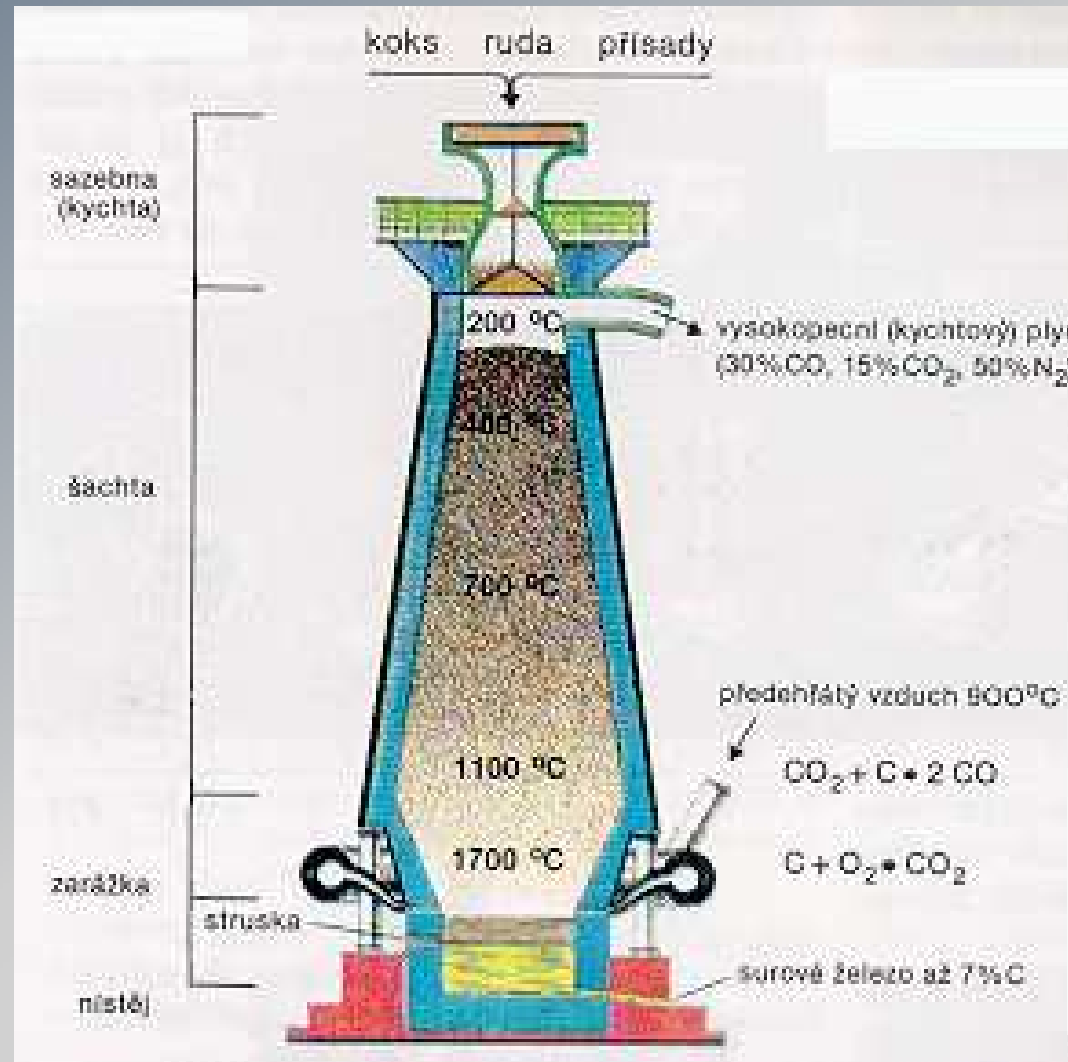
Výroba surového železa

Troska – 600 kg VP trosky / 1 t SŽ

Zloženie: 38-40 % SiO_2 , 40 % CaO , 10-12 % MgO ,
7-8 % Al_2O_3 , minority

Spracovanie: granulát
pemza
drvina
vlna
troskokryslon
priemyselné hnojivá

Výroba surového železa







Výroba surového železa

Granulovaná troska

- vyrába sa z tekutej trosky po odpichu z VP
- do tekutej trosky sa pod tlakom strieka voda
- použitie ako konštrukčný materiál

Trosková pemza

- vyrába sa z tekutej trosky po odpichu z VP
- do tekutej trosky sa predúva vzduch pod tlakom
- použitie ako tepelnoizolačný materiál

spracovanie vysokopecnej trosky, štrk, granulát



Výroba surového železa

Trosková drvina - štrk

- vyrába sa ochladením voľne tečúcej trosky
- mechanické drvenie a triedenie
- stavebný materiál - cesty, betón

Trosková vlna

- vyrába sa z tekutej trosky zvlákňovaním
- izolačný materiál v stavebníctve

Výroba surového železa

Troskokryslon

- obohacovanie trosky sklotvornými oxidmi kovov
- utvára sa jemnozrnná kryštalická štruktúra
- náhrada keramiky a žuly
- náhrada skla a porcelánu v elektrotechnike
- kyselinovzdorné materiály
- konštrukčné materiály v strojárstve

Prísada do umelých hnojív

- neutralizácia kyslých a ťažkých pôd

Výroba surového železa

Potenciálne nebezpečný odpad

Staré zát'aže – vylúhovanie do pôdy

Niet uplatnenia – lobizmus

Množstvo trosky rastie

Výroba ocele

Surovina na výrobu ocele: surové železo po odstránení C, P, S

Postupy výroby ocele:

- konvertorovanie
- SM pece
- EOP
- indukčné pece

Súčasnosť: prevláda kyslíkový konvertor

Vývoj: rotačné oceliarské pece

Moderné spôsoby výroby: intenzifikácia fúkaním

- vzduchu obohateného kyslíkom
- čistého kyslíka
- zmesi kyslíka s prehriatou vodnou parou

Odpady pri výrobe ocele

Konvertorovanie:

- zdroj zvýšeného úniku úletov a plynov
- **chemicky:** prašné železo, oxidy železa, oxidy Si, Mn, Ca, Al, častice trosky
- **exhaláty:** CO, CO₂
- **zachytávanie tuhých častíc:** veľmi náročné
 - vysoké teploty plynov
 - veľmi jemný prach
- **Zariadenia:** suché a mokré elektrostatické odlučovače

Odpady pri výrobe ocele

Siemens – Martinské pece

- **prach** - oxidy železa a ďalšie zlúčeniny s Si, Mn, P, Al, Ca, Mg, Sn, atď.
- **emisie:** množstvo SO_2 – v závislosti od obsahu S v palive
- **prašnosť:** podstatne nižšia ako vo VP procese
- **veľmi jemný prach** - na odprašovanie sa musia používať vysoko účinné mokré a elektrostatické odlučovače.

Odpady pri výrobe ocele

Troska pri výrobe oceli:

- vznik veľkého množstvo trosky - na 1 t ocele vzniká priemerne 150 kg trosky
- zloženie oceliarskej trosky:
25 - 45 % CaO, do 8 % MgO, 15 - 20 % SiO₂, 5 -10 % MnO, 15 - 25 % Fe, 0.5 - 2.5 (niekedy však až 17) % P₂O₅

Odpady pri výrobe ocele

Využitie oceliarskej trosky:

- **Recyklácia** - do VP
 - úspora železnej a mangánovej rudy ☺
 - zvýšenie obsah fosforu v surovom železe ☹
- **V poľnohospodárstve** – kvôli obsahu fosforu
- **V stavebníctve** - prídavok do bitúmenového povrchu pri stavbe ciest
- **V priemysle cementu** - prísada do portlandského cementu.
- **Využitie trosky je nízke:**
 - ~ polovica sa spracuje
 - zvyšok sa halduje

Odpady pri výrobe ocele

Využitie oceliarskej trosky:

- *Harsco Metals*

Worldwide presence

HARSCO
METALS & MINERALS

Harsco Metals & Minerals



Operators at over 160 sites in 30 countries

Services: Logistics, Environmental Remediation, Material Recycling, Metal & mineral recovery, Co-Product marketing.



Odpady pri výrobe ocele

Využitie oceliarskej trosky:

- *Phoenix Services Slovensko s.r.o.*



Odpady pri výrobe ocele

Využitie oceliarskej trosky:

- *Phoenix Services Slovensko s.r.o.*



Výroba ferozliatin

- **zliatiny:** Fe + Mn, Cr, Si
- zložky zliatin sa tavia v EOP
- **ferozliatiny:** feromangán, ferrochróm, ferosilicium
- **odpady:** troska s obsahom Si, Mn, Cr, Mo a pod.
- **spaliny:**
 - extrémne jemný prach s obsahom oxidov Fe, Si, Al, Mg
 - plynné škodliviny SO₂, CO, niekedy i H₂S
- **filtrácia spalín:**
 - tkaninové filtre
 - Venturiho skrúbre

Hutnícke spracovanie železa a ocele

- **spracovanie** na polotovary alebo hotové výrobky v:
 - zlievárňach odlievaním
 - kováčňach kovaním
 - lisovniach lisovaním, pretláčaním, ťahaním
 - valcovniach valcovaním
- do finálneho výrobku sa dostáva:
 - ~ 75 % železa
 - 22 % odpadá do trosky
 - 3 % okoviny

Hutnícke spracovanie železa a ocele



Hutnícke spracovanie železa a ocele

Výroba liatiny v zlievárňach

- vznik najmä tuhých exhalátov
- častice prachu - SiO_2 , oxidy Fe a Ca – sa oddelia v cyklónoch
- Emisie SO_2 závisia od obsahu síry v kokse a nepredstavujú vážnejšie nebezpečenstvo

Hutnícke spracovanie železa a ocele

Odpadové vody:

- vysoký stupeň znečistenia - valcovne
 - nepriame chladenie pecí a strojov
 - priame chladenie valcov a valcovaného materiálu
- ***nepriame chladenie***: nie je znečistená voda
- ***priame chladenie***: obsah okovín, ropné látky
- **čistenie**: usadzováky priamo pri valcovacej linke
- **dočist'ovanie**: pozdĺžne / kruhové sedimentačné nádrže
- **dokonalé očistenie**: od jemných okovín obalených ropnými látkami sa uskutočňuje magnetickou separáciou

Výroba surového železa

Usadzovanie



Hutnícke spracovanie železa a ocele

Zoxidovaný povrch

- vytvorené oxidy železa, sa odstraňujú morením v roztokoch kyselín (HCl, H₂SO₄)
- Oxidy železa zreagujú na chlorid, alebo sulfát železnatý
- Odpadové vody sú veľmi kyslé, obsahujú veľa železnatých solí a ropných látok z odmasťovania
- Po neutralizácii možno tieto vody použiť na hydraulickú dopravu trosky, alebo čistiť v čistiarni odpadových vôd.

Hutnícke spracovanie železa a ocele

Tepelné spracovanie

- **tepelné spracovanie ocele** - zmeny vlastností pomocou žíhania, kalenia, chemicko-tepelným spracovaním a zušľachtovaním špeciálnymi spôsobmi
- **pri tepelnom a chemickom spracovaní:** lokálne sa vyvíjajú plynné exhaláty fluoridy, kyanidy a pod.
- **morenie:** kúpeľ HF + HNO₃
- **Odpadová voda:** fluoridy a nitráty Fe, Ni, Cr, Mn, Mo.
- Kovy sa získavajú kvapalinovou extrakciou alebo elektrolýzou.

Hutnícke spracovanie železa a ocele

Zužitkovanie kovového odpadu

- vysoký podiel čistého kovového odpadu:
 - odrezky
 - náliatky
 - trieskový odpad
 - hlavy ingotov a brám
 - a podobne
- **Kovový odpad:** základná zložka vsádzky v hutách

Hutnícke spracovanie železa a ocele

- **Kovový odpad - šrot:**
 - nevyžaduje tavbu rúd a ich nákladnú úpravu
 - na pretavenia stačia minimálne pracovné, investičné a energetické náklady
 - získané materiály sú temer rovnocenné kovom z prvovýroby
 - čisté kovové odpady sú v porovnaní s rudami veľmi bohatou surovinou
 - ich preprava a manipulácia oproti doprave primárnych surovín je podstatne lacnejšia a menej zaťažuje životné prostredie
 - jednoduchosť výrobných technológií prináša nižšie nároky na obsluhu, údržbu, obnovu a podobne
- **šrot sa pri výrobe ocele spracováva v:**
 - SM peciach (prídavkom 40 - 60 % odpadu)
 - kyslíkových konvertoroch (25 % prídavok odpadu)
 - EOP (až 100 % odpadu)

Hutnícke spracovanie železa a ocele

- **Úprava šrotu:** triedením
- **najvyšší kurz:** vlastný odpad so zaručeným chemickým zložením
- **nakupovaný odpad:** sa zhromažďuje vo vyhradených priestoroch, triedi sa a homogenizuje. Otázka kontroly chemického zloženia je veľmi dôležitá, ináč hrozí nebezpečenstvo nakoncentrovania sa niektorých prvkov, často dokonale rozpustných, v oceliach, v ktorých nie sú žiadúce.
- pomerne problematické spracovanie amortizovaného vojenského šrotu

Hutnícke spracovanie železa a ocele

- Šrot **nevhodný na priame vsádzanie** do pecí:
 - úprava do vhodných tvarov a rozmerov, kompaktnosti a pevnosti
- **Najmenej vhodný:** trieskový odpad (v strojárstve vzniká až 80 %)
- **Úprava:** drvenie, briketovanie, spekanie, pretavovanie,...
- **Ostatný šrot:** úprava ostatného šrotu nie je problematická: triedenie, rezanie plameňom, strihanie, paketovanie, rozbíjanie a podobne.

Hutnícke spracovanie železa a ocele

Významná skupina hutníckych odpadov

- kovonosné oceliarske úlety z:
 - VP pecí
 - z konvertorov
 - EOP

Hutnícke spracovanie železa a ocele



Oceliarské úlety

Prvok	VP kal	KKO kal	EOP úletu
	Obsah [hm. %]		
Fe	32,94	47,67	32,09
Zn	1,54	2,74	18,96
Pb	0,15	0,18	2,05
Si	5,58	0,61	2,5
Sb	0,15	0,31	0,17
Sn	0,17	0,2	0,16
Cu	0,24	0,1	0,3
Cr	stopy	0,01	0,12
Ca	-	6,8	3,42
Strata žíhaním	20,24	12,49	13,57

Mineralogické zloženie:

magnetit Fe_3O_4

wustit FeO

franklinit ZnFe_2O_4

zinkit ZnO

kremeňa SiO_2

masikot PbO

Hutnícke spracovanie železa a ocele

Spracovanie úletov

- *vysoká hydrofóbnosť* - nadmerná prašnosť pri doprave
- *vodou zachytávané úlety* – zlá sedimentácia - vysoká vlhkosť po ich čiastočnom odvodnení
- *v úletoch sa koncentrujú neželezné kovy* najmä Zn, Pb, Cd a Cu
- *nutnosť upravovať tento odpad*, aby pri jeho spracovaní na aglomerát nedochádzalo vo vysokých peciach k technologickým a hygienickým problémom

Hutnícke spracovanie železa a ocele

Odstraňovanie neželezných kovov z úletov

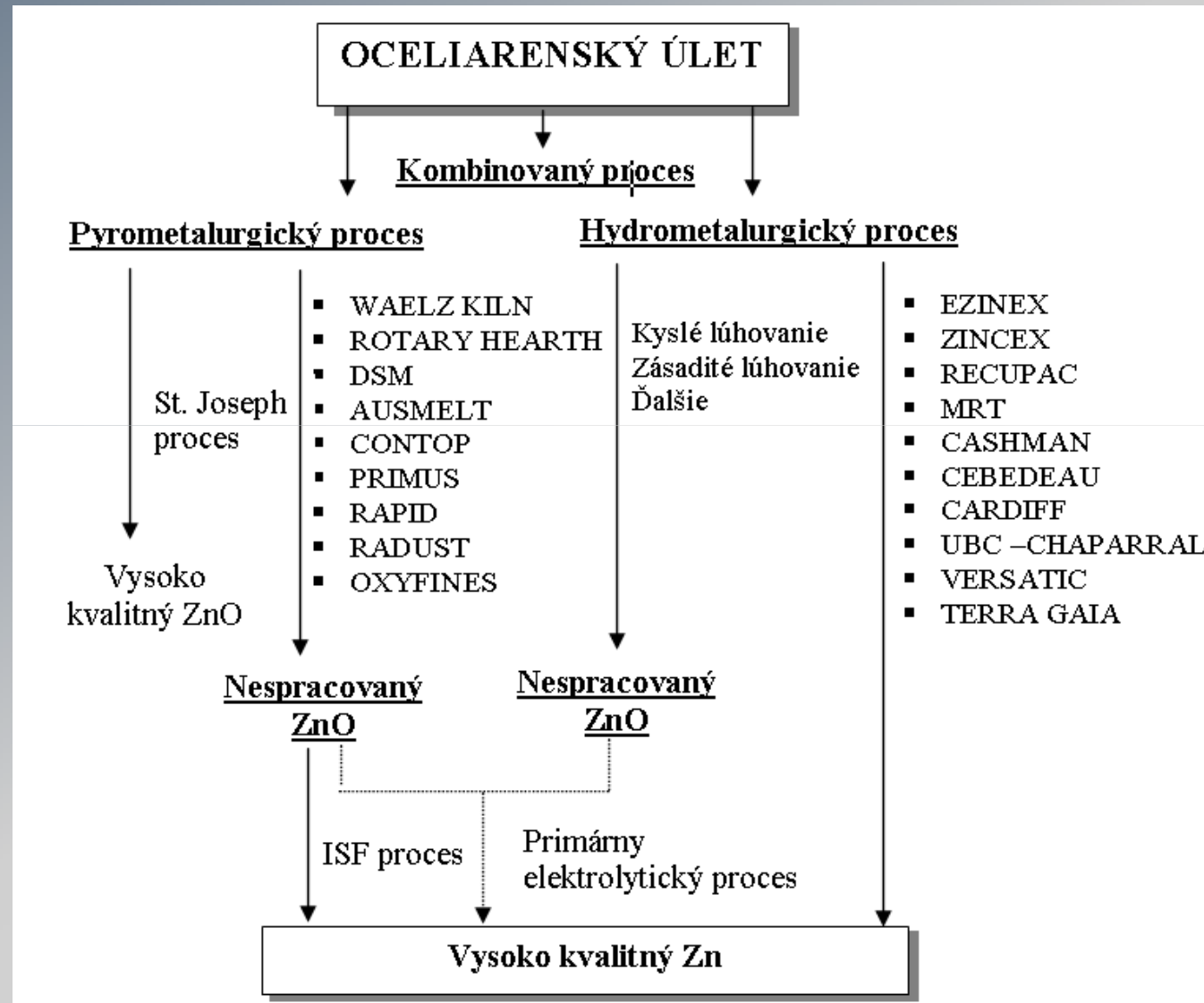
- **viaceré postupy:**
- pyrometalurgické postupy
 - oxidačné vypaľovanie zbalkov, pripravených z prísadou chloridačných látok
 - redukčné vypaľovanie zbalkov
 - prchavé praženie
- hydrometalurgické postupy

Hutnícke spracovanie železa a ocele

Odstraňovanie ropných látok z okovín

- *chemickými prostriedkami* - odmasťovaním s využitím alkalického odmasťovania pomocou zmesi fosforečnanu, kremičitanu a hydroxidu sodného
- *tepelnými spôsobmi* - peletizáciou alebo briketáciou

Komerčné procesy spracovania úletov



Komerčné procesy spracovania úletov

Waelz



Komerčné procesy spracovania úletov

Primus – Paul Wurth



Komerčné procesy spracovania úletov

Rotary heart



Komerčné procesy spracovania úletov

AMK Krakow



