

ODBORNÉ VZDĚLÁVÁNÍ ÚŘEDNÍKŮ  
PRO VÝKON STÁTNÍ SPRÁVY  
OCHRANY OVZDUŠÍ V ČESKÉ REPUBLICE



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

# Metalurgie železných kovů

Ing. Vladimír Toman



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

# Vymezení odvětví metalurgie železných kovů:

## Podle CZ-NACE:

- 24.1 – Výroba surového železa, oceli a ferrosilitin (včetně výroby plochých výrobků a tváření výrobků za tepla)
- 24.2 – Výroba ocelových trub, trubek, dutých profilů a souvisejících potrubních tvarovek
- 24.3 – Výroba ostatních výrobků získaných jednostupňovým zpracováním oceli (tažení tyčí za studena, válcování ocelových úzkých pásů za studena, tváření ocelových profilů za studena, tažení ocelového drátu za studena)

## Podle zákona 76/2002 Sb., Příloha 1, a směrnice 2010/75/EU, Příloha I:

- 2.1 – Zařízení na pražení nebo slinování kovové rudy (včetně siřičkové rudy),
- 2.2 – Zařízení na výrobu surového železa nebo oceli (z prvotních nebo druhotných surovin), včetně kontinuálního lití, o kapacitě větší než 2,5 t za hodinu,
- 2.3 – Zařízení na zpracování kovů
  - 2.3a – válcovny za tepla o kapacitě větší než 20 t surové oceli za hodinu,
  - 2.3b – kovářny s buchary o energii větší než 50 KJ na jeden buchar, kde spotřeba tepelné energie je větší než 20 MW,
  - 2.3c – nanášení ochranných povlaků z roztavených kovů se zpracovávaným množstvím větším než 2 tuny surové oceli za hodinu
- 2.4 – Slévárny železných kovů o výrobní kapacitě větší než 20 tun denně

Podrobné informace o emisích do ovzduší a možnostech předcházení těmto emisím pro odvětví metalurgie železných kovů je možno najít v evropských referenčních předpisech o nejlepších dostupných technikách (BREF):

- BREF pro výrobu železa a oceli, 2001-12, česky
- BREF pro výrobu železa a oceli, 2012-03, anglicky
- Rozhodnutí 2012/135/EU, tzv. Závěry o BAT pro výrobu železa a oceli, česky
- BREF pro průmysl zpracování železných kovů, 2001-12, česky
- BREF pro kovárenství a slévárenství, 2005-05, česky.

V BREF i Závěrech o BAT jsou uváděny někdy emisní limity pro emise látek nejen do ovzduší. V tomto případě je však nutno vzít do úvahy definici BAT: limitů se má dosáhnout při vynaložení ekonomicky efektivních nákladů v rámci procesu integrované prevence. Také platí, že uváděné nejlepší dostupné techniky pro jednotlivé technologie a zařízení vycházejí ze znalostí celosvětových, nikoliv jen v rámci EU.



PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

## Co je to BREF a BAT a kde najdeme jejich význam

- BREF je referenční dokument o nejlepších dostupných technikách pro dané technologie (typ zařízení).
- BAT je nejlepší dostupná technika pro danou technologii. **Nejdůležitější údaje z BREF z hlediska ochrany životního prostředí jsou uvedeny v tzv. Závěrech o BAT, které jsou závazné (vydáno pod číslem 2012/135/EU).**
- Vysvětlení výše uvedených pojmů je ve směrnici 2010/75/EU, čl. 3 – Definice, odst. 10, 11, 12 a 13.

„**Nejlepšími dostupnými technikami**“ se rozumí nejúčinnější a nejpokročilejší stadium vývoje činností a jejich provozních metod dokládající praktickou vhodnost určité techniky jako základu pro stanovení mezních hodnot emisí a dalších podmínek povolení, jejichž smyslem je předejít vzniku emisí, nebo pokud to není proveditelné, tyto emise omezit, a zabránit tak nepříznivým dopadům na životní prostředí jako celek.

## Základní typy hutních podniků

- integrovaný hutní podnik – zpracovává železnou rudu, vyrábí z ní aglomerát, který spolu s koksem a dalšími přísadami sází do vysoké pece, kde se vyrobí tekuté surové železa, které je následně zpracováváno na ocel v kyslíkových konvertorech – ta se dále odlévá na ZPO (zařízení plynulého lití, kontilití) nebo se z ní odlévají ingoty. Ve světě se touto technologií vyrábí cca 65% oceli z celkové výroby 1,5 miliardu tun(rok, v ČR cca 90%.
- jiné podniky začínají výrobou oceli v EOP (elektrických obloukových pecích), kdy jako vsázka je používán ocelový a litinový šrot a další přísady, vyrobená tekutá ocel je odlita na ZPO nebo do formy ingotů. Použití této technologie přináší výrazné úspory – snížení spotřeby energií o cca 70% a emisí skleníkových plynů o cca 80% oproti první technologii. Ve světě se touto cestou vyrábí cca 35%, v ČR cca 10% z výroby oceli.

Světová výroba oceli dosahuje cca 1,57 miliardy tun (rok 2011), do roku 2020 má narůst na cca 2 miliardy tun/rok.



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

**Základní dva typy zařízení používaných v hutnictví a při výrobě koksu pro čištění odpadních a jiných plynů – není pak o nich podrobněji pojednáno.**

## **1. Elektrostatický odlučovač**

Moderní elektrostatický odlučovač je charakterizován některou z následujících vlastností nebo jejich kombinací:

- dobré řízení procesu
- dodatečná elektrická pole
- přizpůsobená síle elektrického pole
- přizpůsobený obsah vlhkosti
- úprava pomocí přísad
- vyšší nebo proměnlivá pulzní napětí
- rychle reagující napětí
- vysoce energetické pulzní vrstvení
- pohyblivé elektrody
- zvětšení vzdálenosti mezi deskami elektrod nebo další charakteristiky, které zvyšují účinnost odstraňování emisí

## 2. Tkaninový filtr

Tkaninové filtry používané v metalurgii se obvykle používají za elektrostatickým odlučovačem nebo cyklonem, mohou však fungovat také jako samostatná zařízení. Tkaninové filtry mají při provozu některá omezení, především nepřekročení předepsané teploty čištěných plynů (90 – 280 °C). Filtrační tkanina se vybírá pro dané pracovní podmínky, které je nutno při provozu zdroje dodržovat – z tohoto důvodu jsou nutná i zabezpečovací zařízení pro zajištění optimálních podmínek činnosti filtru.

Tkanin používaných ve filtrech je velké množství a pro dané použití jsou vybírány a dodávány dodavatelem filtru. Zjednodušeně si lze tkaninový filtr a jeho činnost představit jako činnost vysavače. Pro filtry v metalurgii se používají např. (provozní/maximální teplota):

- polypropylen – teplota plynu 90/95 °C; pozinkovny,
- polyamid – teplota 110/115 °C; mokré filtrace,
- polyester (PE) – teplota 150/150 °C; výroba oceli,
- polyphenylensulfide (PPS, Ryton) – 190/200 °C,; výroba kovu,
- m-Aramide (NO, NX) – teplota 200/220 °C; výroba oceli,
- polyamid – teplota 240/260 °C; výroba oceli
- polytetrafluorethylen (PTFE, TF, TFL) – teplota 250/280 °C; výroba oceli.



## A) Aglomerace



Zdroj: BREF on the Production of Iron and Steel, European Commission, Sevilla 2001



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)



## A1. Vstupní suroviny:

rudy prachové, rudný koncentrát, vápenec, dolomitický vápenec, upravená ocelářenská struska (obsahuje Fe, Mn a bazické oxidy), okuje s obsahem oleje do 1%, vysokopecní výhoz (prach), hrubé konvertorové kaly (do 1 mm), vysokopecní kaly, magnetický zlom, prach z elektrodlučovačů aglomerace, aglomeráty (přechodné typy při změně výrob z ocelářenského a vysokopecního aglomerátu), vápno, litinové třísky, grafitový úlet (prach vzniklý při přelévání surového železa s vyšším obsahem Fe a C).

## A2. Základní zařízení

- aglomerační pásy,
- výklopníky:

*pro vykládku prachových rud, druhotných kovonosných surovin, bazických přísad a paliva pro aglomeraci, event. i kusových rud pro vsázku VP. Jsou konstruovány jako výklopník vagónů.*

- homogenizační skládky:

*Po vyklopení obsahu vagónu je substrát dopraven soustavou pásů na zakladač, který je určen k zakládání surovin na homogenizační skládky.. Vlastní zakládání se provádí sypáním surovin na hromadu ve vodorovných vrstvách s možností vlhčení tak, aby výsledná hromada měla požadované chemické složení pro výrobu aglomerátu, především s ohledem na obsah železa, fosforu, manganu, zinku. Dále se bere v úvahu poměr CaO/MgO v aglomerátu, požadovaná bazicita aglomerátu a množství korekčních bazických přísad na aglomeracích.*

- rozmrazovny rud:

*slouží k rozmrazování surovin v železničních vagónech v zimním období v rozmrazovacích tunelech pomocí spalování směsného plynu ve spalovacích komorách. Každý tunel má svoji spalovací komoru. Vzniklé spaliny o teplotě 900 až 1300 °C jsou nasávány spalinovým ventilátorem do směšovací části spalovací komory, do které přicházejí shora potrubím recirkulační spaliny o teplotě cca 50 °C. Vzniklá směs o teplotě 70 °C je vyfukována průduchy na dna vozů a ohřívá vlakovou soupravu.*

- zásobníky (včetně tzv. dep a polních skladů):

*slouží k zabezpečení potřebného množství kusových rud, vápence, kusového koksu a ostatních přísad, pro vsázku vysokých pecí a pro manipulaci s aglomerátem.*

## A3. Principy činností na zařízeních aglomerace

- **Příprava aglomeračních směsí**

V předepsaném poměru jsou dávkovány rudné komponenty, bazické přísady a mletý koks. K této aglomerační směsi je přidáván teplý zpětný aglomerát, propad zpod spékacích pásů a kaly z kolektorového potrubí. V míchacím bubnu se automaticky nebo s ručně navlhčuje na vlhkost optimální pro spékání.

- **Spékání aglomeračních směsí**

Aglomerační směs je dávkována na plochu spékacího pásu tvořenou roštnicemi. Horní vrstva aglosměsi na spékacím páse je zapálena zapalovací hlavou a vlivem podtlaku, vytvářeného turboexhaustorem, dochází zároveň s pohybem pásu k postupnému prohořívání vrstvy směsi a vlastnímu spékání prachových rud v kusový aglomerát.

Spékací proces probíhá v několika pásmech, která na sebe vzájemně navazují, posunují se směrem k roštové ploše tzv. vertikální rychlostí spékání, až dojde ke spečení vrstvy na roštovou plochu a k ukončení spékání, což by mělo nastat nad předposlední odsávací komorou.

K zapálení horní vrstvy aglosměsi na spékacím páse slouží zapalovací pec

- **Úprava a doprava aglomerátu**

*Kusy aglomerátu, padající na výpadovém konci, jsou drceny rotačními ježkovými drtiči na kusovost do cca 200 mm. Následuje doprava ocelovým dopravníkem na třídič, kde je odtríděn zpětný aglomerát o zrnitosti 0 - 6 mm, který se vrací do vsázky. Nadsítné (aglomerát) je ocelovými dopravníky dopraveno do zásobníků jako vsázka pro vysoké pece.*

- **Zpracování odprašků**

*Odprašky z elektrostatických odlučovačů spalin jsou dopravovány vyhrabovači a hrábkovými dopravníky do míchačky 1. stupně, stejně jako kaly z elektrostatických odlučovačů uzlů, a následně do kontejnerů nebo do zásobníků nebo jsou dopravovány pneumatickou dopravou na homogenizační skládku.*

## **A4. Výrobky**

- Aglomerát s předepsanou velikostí kusu a předepsanou bazicitou.

## **A5. Vliv na ovzduší:**

- Vliv na ovzduší je ze všech uvedených uzlů provozu aglomerace.

## A6. Emisní monitoring a provozní evidence (jen základ):

- Kontinuální měření: spékací pásy (např. TZL, SO<sub>2</sub>, Nox, CO, chrom, zinek).
- Jednorázová měření: spékací pásy (perzistentní látky), odprášení přesypů a úprav aglomerátu + výklopníky (TZL), rozmrazovna.

## A7. Primární opatření ke snížení emisí do ovzduší – jsou v souladu se Závěry o BAT (rozhodnutí 2012/135/EU):

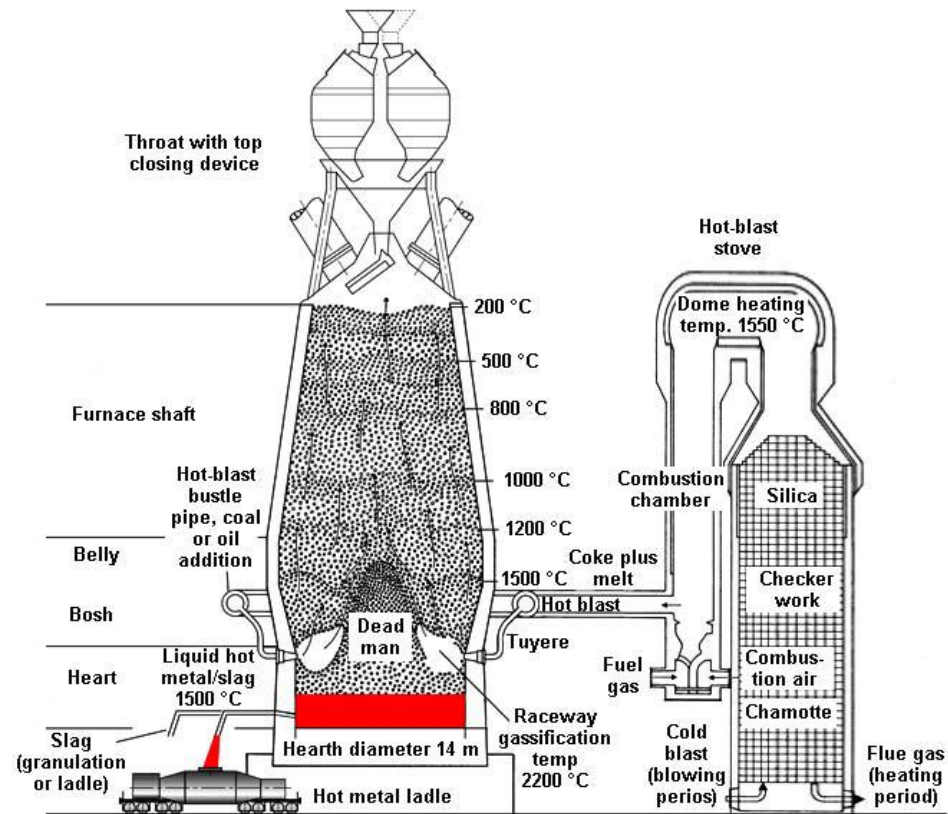
- **Snížení obsahu těkavých uhlovodíků v aglomerační vsázce** - používáním vytríděných okují
- **Elektrostatické odlučovače a cyklony.** o BAT se jedná, pokud nelze instalovat tkaninové filtry. Požadovaná účinnost zařízení nad 95%.
- **Snížení obsahu síry v aglomerační vsázce** - vyloučením koksu s obsahem síry vyšším než 0,8 %
- **System tkaninových filtrů** - Tkaninový filtr je vysoce účinné zařízení pro snížení emisí pevných částic a s dávkováním aditiv může snižovat také PCDD/F, HCl, HF a také SO<sub>2</sub>. Jedná se o základní nejlepší dostupnou techniku

- radikální řešení – zakrytované aglomerační pásy – zatím neekonomické.
- Recirkulace odpadního plynu – pro snížení NOx ze spékacího pásu na úroveň pod 500 mg/Nm<sup>3</sup>.

## A8. Hodnoty emisních limitů podle platné legislativy

- Emisní limity podle Závěrů o BAT – rozhodnutí 2012/135/EU
  - spékací pás: prach = < 1 – 15 mg/Nm<sup>3</sup> pro tkaninový filtr a < 20 – 40 mg/Nm<sup>3</sup> pro elektrostatický odlučovač
  - spékací pás: SOx < 350 – 500 mg/Nm<sup>3</sup>,
  - spékací pás: rtuť = < 0,03 – 0,05 mg/Nm<sup>3</sup>,
- Emisní limity podle vyhlášky 415/2012 Sb.
  - příprava vsázky: TZL = 50 mg/m<sup>3</sup>, vztažné podmínky = C
  - spékací pásy aglomerace: TZL = 50 mg/Nm<sup>3</sup>, SO<sub>2</sub> = 400 mg/Nm<sup>3</sup>, NOx = 400 mg/Nm<sup>3</sup>, CO = 8000 mg/Nm<sup>3</sup>, plynné sloučeniny rtuti = 1 mg/Nm<sup>3</sup>, O<sub>2</sub>R = 19%, vztažné podmínky: A
  - manipulace se spečencem: TZL = 50 mg/Nm<sup>3</sup>, vztažné podmínky = C

## B. Vysoké pece



Zdroj: Dr. Michael Degner et al., Steel Manual, Steel Institute VDEh, Düsseldorf, 2008



## **B1. Vstupní suroviny:**

- *Kovonosné suroviny – pelety, kusová ruda, aglomerát*
- *Bazické přísady - vápenec, dolomit, ocelářenská struska*
- *Paliva pevná - koks*
- *Paliva kapalná – olej, dehet*
- *Paliva plynná – vysokopecní plyn, koksový plyn,*
- *Voda – užitková, upravená, recyklovaná*

## **B2. Základní zařízení**

- vysoká pec
- ohřívač větru u vysoké pece
- odlévací zařízení pro surové železo (licí pole, odlévací pásy)
- převážecí vozy tekutého surového železa do haly oceláren vybavených tavíciemi agregáty (kyslíkové konvertory)



evropský  
sociální  
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

### B3. Principy činností na zařízení:

Technologický proces výroby surového železa začíná na rudném mostě, kde se materiál vykládá a je distribuován přes zavážku do pece, kde se po složitých procesech taví a přeměňuje na výsledný produkt a to surové železo. Po vytečení železa s pece jsou odebrány vzorky a surové železo je pojezdovými mísiči přepraveno na ocelárnu, nebo licí stroj, a struska zase na struskové hospodářství.

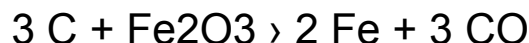
Vysokopeční plyn je čištěn a následně používán ve směsi s koksárenským plynem jako tzv. směsný plyn pro otop v jiných technologiích hutního podniku.

Základní chemické reakce při výrobě surového železa ve vysoké peci

- spalování koksu za vzniku oxidu uhličitého nebo oxidu uhelnatého



- redukce železa oxidem uhelnatým nebo uhlíkem



- vznik strusky



Surové železo vyrobené ve vysokých pecích má poměrně vysoký obsah uhlíku a dalších nežádoucích látek - křemíku, síry, fosforu, kyslíku, dusíku a vodíku. Zejména uhlík způsobuje, že surové železo je křehké a nedá se zpracovávat kovááním a tažením. Proto se prakticky všechno surové železo dále upravuje tak, aby získalo požadované mechanické, fyzikální a chemické vlastnosti.

#### **B4. Výrobky:**

- surové železo ocelářenské
- surové železo slévářenské
- vysokopecní plyn.
- vysokopecní struska

#### **B5. Vliv na ovzduší především z operací:**

- zavážení vysokých pecí
- ohřev větru pro vysoké pece
- odlévání surového železa



evropský  
sociální  
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

## **B6. Emisní monitoring (jen základ):**

- zjišťování emisí kontinuálním měřením
  - aglomerace – jednotlivé spékačí pásy jsou vybaveny kontinuálním měřením emisí TZL, NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, měřící místa jsou umístěna ve spalinových kanálech mezi elektrostatickým odlučovačem a turboexhaustorem.
  - ohřívače větru – kontinuální měření emisí CO, měřící místa jsou umístěna za bateriemi ohřívačů větru ve spodní části komína.
- zjišťování emisí jednorázovým měřením
  - jednorázovým měřením jsou zjišťovány emise všech zdrojů emisí ve společnosti, navíc jsou prováděna jednorázová kontrolní měření pro kontinuální měření emisí.

## **B7. Primární opatření ke snížení emisí do ovzduší – v souladu se Závěry o BAT (2012/135/EU):**

- dopravníky, přesypy a mlýny v procesu přípravy vsázka jsou odsávány a následně je vzdušina odlučována na instalovaných odlučovačích. Suroviny jsou vlhčeny pro zamezení prašnosti

- spékací pásy: spaliny jsou zbavovány nečistot elektrostatickými odlučovači, vyčištěné spaliny jsou odváděny do komína pro aglomeraci,
- během dopravy a manipulace se spečencem jsou dopravní cesty odsávány a vzdušna čistěna na elektrostatických odlučovačích.
- zavážení vysokých pecí: obdobně jako zdroje doprava a manipulace se spečencem jsou prašná místa v procesu zavážení vysokých pecí odsávána a vzdušna čistěna na instalovaných elektrostatických odlučovačích.
- ohřev větru pro vysoké pece: topné plyny jsou čistěny před vstupem do ohříváčů větru. Vysokopecní plyn je čistěn v několika stupních. 1. hrubé čistění v prašníku vysoké pece. 2. jemné čistění v mokrých skrubrech (věže se skrápěním). 3. nejjemnější dočistění je prováděno ve Venturiho pračkách. Takto vyčištěný plyn je používán pro ohřev větru pro vysoké pece.
- odlévání surového železa: během odlévání surového železa jsou licí pole a nalévací místa odsávána. Zachycená vzdušna je následně čistěna v tkaninových filtrech

#### Další opatření

- Přímá injektáž redukčních činidel
- Rekuperace energie z vysokopecního plynu



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

- Rekuperace energie z tlaku kychtového plynu
- Energetické úspory u ohřivačů větru
- Použití dehtuprosté vyzdívky žlabů
- Odprášení haly odlévání

## B8. Hodnoty emisních limitů podle platné legislativy

### Emisní limity podle Závěrů o BAT – rozhodnutí 2012/135/EU

- plnění jednotky pro vstřikování práškového uhlí: prach = < 20 mg/Nm<sup>3</sup>
- pro činnosti v hale odlévání (velké množství BAT): prach = < 15 mg/Nm<sup>3</sup>
- vyčištěný vysokopecní plyn: prach = < 10 mg/Nm<sup>3</sup>
- horkovzdušné sušárny: prach = < 10 mg/Nm<sup>3</sup>, SO<sub>x</sub> jako SO<sub>2</sub> = < 200 mg/Nm<sup>3</sup>, NO<sub>x</sub> jako N<sub>2</sub>O = < 100 mg/Nm<sup>3</sup>

### Emisní limity podle vyhlášky 415/2012 Sb.

- doprava a manipulace s vysokopecní vsázkou: TZL = 50 mg/m<sup>3</sup>, vztažné podmínky C
- odlévání (vysoká pec): TZL = 50 mg/m<sup>3</sup>, vztažné podmínky A
- ohřivače větru: SO<sub>2</sub> = 2500 (2000) mg/m<sup>3</sup>, NO<sub>x</sub> = 400 (100) mg/m<sup>3</sup>, CO = 4000 mg/m<sup>3</sup> (údaj v závorce: platí od 1.1.2020), O<sub>2</sub>R = 7%, vztažné podmínky = A
- Koncentrace zbytkového prachu ve vyčištěném vysokopecním plynu max. 10 mg/m<sup>3</sup> v suchém plynu za normálních podmínek.

## C. Ocelárny – kyslíkové konvertory (KK) – výroba oceli a její odlévání

Obrázek: Nalévání surového železa do konvertoru



Zdroj: BREF on the Production of Iron and Steel, European Commission, Sevilla 2012



## C1. Vstupní suroviny:

- tekuté surové železo
- ocelový a litinový šrot
- ferroslitiny
- přísady,
- přísady pro sekundární metalurgii,
- dusík čistý, kyslík 99%, argon.

## C2. Základní zařízení

- zásobník tekutého surového železa (mísič)
- zařízení na odsíření tekutého surového železa
- kyslíkový konvertor
- čistírna konvertorového plynu
- zařízení za zpracování strusky z konvertoru
- zařízení na plynulé odlévání oceli nebo do formy ingotů

### C3. Výroba oceli – základní principy

Provádí se snížení koncentrace nežádoucích látek.

Při oxidaci kyslíkem je odstraňován zejména uhlík, který přechází do plynné formy: Vznikající oxidy dalších prvků se rozpouštějí ve strusce. Pro vyvážení určitých prvků se používají buď tzv. zásadité strusky s převahou oxidu vápenatého, nebo tzv. kyselé strusky na bázi  $\text{SiO}_2$ .

Při rafinaci ocelí se provádí odstranění nežádoucích látek (plynů) dmýcháním inertních plynů (argon, dusík) nad taveninu nebo tavením v částečném vakuu se odstraňuje vodík, dusík a prvky s nízkou teplotou varu.

Snížení obsahu kyslíku na řádově desetitisíciny procenta se provádí přidáním prvků, které mají v tavenině vyšší afinitu ke kyslíku než železo. Jako deoxidační činidla se používají hliník, křemík, mangan, které na sebe navážou kyslík a pak přejdou do strusky. Modernější metody deoxidace jsou použití prvků vzácných zemin, které se v tekutém železe intenzivně slučují s kyslíkem.

*Výroba oceli kyslíkovým pochodem je diskontinuální proces, který zahrnuje následující kroky :*

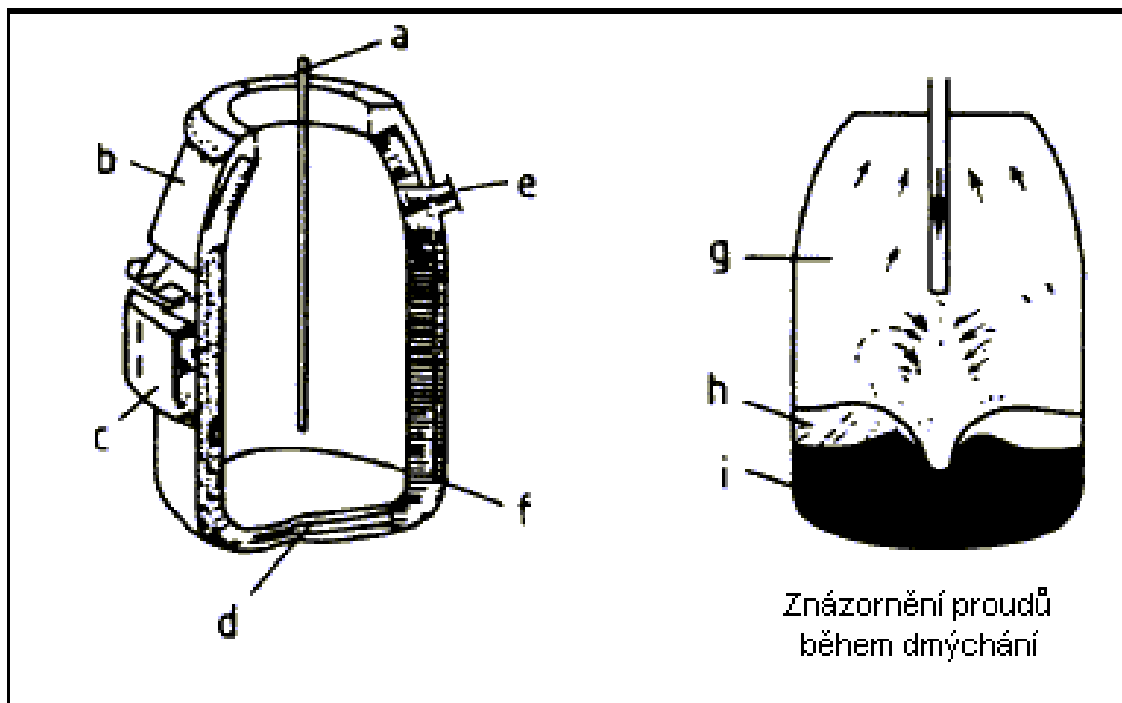
- *přepravu a skladování taveniny horkého kovu*
- *předúpravu taveniny horkého kovu (odsiřování)*
- *oxidaci v kyslíkovém konvertoru (oduhličení a oxidaci nečistot)*
- *úpravu sekundární metalurgii*
- *odlévání (kontinuální a/nebo do ingotů)*

Tavenina kovu se dodává do ocelárny z vysoké pece pomocí přepravních vozů nebo torpédových pánví. Pánve jsou vyzděny korundem ( $Al_2O_3$ ), mulitem, bauxitem, nebo cihlami z dolomitu s přídatnou izolující mezivrstvou mezi ocelí a žáruvzdorným materiálem.

I když dochází k přelévání do otevřené pánve, přechovává se horký kov v některých případech v míchačích. Jsou to otočné horizontální ocelové nádoby vyzděné žáruvzdornou vyzdívkou. Slouží k tomu, aby kompenzovaly výkyvy mezi výrobou vysoké pece a ocelárny, vyrovnávaly chemické složení u jednotlivých vysokopecních taveb a zajistily homogenní teploty. Kapacita moderních míchačů horkého kovu dosahuje až 2 000 tun.

V kyslíkovém konvertoru se nežádoucí nečistoty oxidují při následném odstranění s odcházejícím plynem nebo se struskou. .

V moderních ocelárnách se vyrobí cca 300 t oceli v průběhu 30-40 minutového cyklu.



Zdroj: Dr. Michael Degner et al., Steel Manual, Steel Institute VDEh, Düsseldorf, 2008

Legenda k obrázku :

a = tryska pro dmýchání kyslíku; b = horní část konvertoru; c = podpůrný prsteneček; d = dno konvertoru; e = odpichový otvor; f = žáruvzdorná vyzdívka; g = prostor s plynem; h = vrstva strusky; i = roztavený kov

*Plyny, které se vytvoří během dmýchání kyslíku (konvertorový plyn) obsahují velká množství oxidu uhelnatého. V mnohých ocelárnách se přijala opatření k rekuperaci konvertorového plynu a jeho využití jako zdroje energie.*

## Jímání konvertorového plynu

Pro úpravu a jímání konvertorového plynu slouží komplex plynočistírny a systém jímání konvertorového plynu.

Regulace tlaku umožňuje odsávat z hrdla konvertoru takové množství plynu, které odpovídá okamžitému vývinu při omezení přísávání vzduchu na minimum. Komplex plynočistírny je plynotěsný. Konvertorový plyn je po zchlazení a vyčištění odsáván do řídicího trojcestného ventilu, kde jsou spaliny usměřovány pohyblivým zvonem nebo do spalovacího komína.

Funkce plynočistírny je automatická s komplexem blokování a jištění a skládá se ze dvou hlavních částí :

kotlová část, umožňující využití části tepla konvertorového plynu k výrobě vodní páry

odprašovací část, která zajišťuje dochlazení spalin, jejich čištění ve dvou stupních ( saturátor a stavitelná Venturiho pračka ) a odvedení přes ventilátor do plynojemu nebo do komína.

#### **C4. Výrobky:**

- surová ocel ve formě kontislitků nebo ingotů
- konvertorový plyn
- ocelářenská struska

#### **C5. Vliv na ovzduší:**

Hlavními zdroji emisí při výrobě jsou:

- konvertor (potlačené nebo úplné spálení) – TZL
- Sekundární emise: TZL
- hala ocelárny (fugitivní emise) - TZL
- odsiřování horké taveniny -
- manipulace s taveninou – přelévání na pánev - TZL
- zavážení konvertoru, odpich oceli, odstruskování a sekundární emise během dmýchání - TZL
- sekundární metalurgie - TZL
- plynulé odlévání – TZL.

#### **C6. Emisní monitoring (jen základ):**

Jednorázovým měřením jsou zjišťovány emise tuhých znečišťujících látek, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO u těchto zdrojů:

- kyslíkové konvertory
- pánvová pec
- chemický ohřev oceli
- přelévání surového železa



evropský  
sociální  
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

- *zásobník vápna a přesýpací stanice*
- *vnitřní doprava přísad*
- *výsypná jáma*

### Zjišťování emisí výpočtem

Pro vyčíslení množství emisí, které nejsou měřeny, jsou používány emisní faktory stanovené dle Metodických postupů vyčíslování emisí, schválených orgánem státní správy pro oblast ochrany ovzduší – Českou inspekci životního prostředí, Oblastním inspektorátem Ostrava v roce 1999. Výpočet se provádí pro halu ocelárny dle těchto metodických postupů pro tuhé znečišťující látky.

## **C7. Primární opatření ke snížení emisí do ovzduší:**

Rekuperace energie z konvertorového plynu – již bylo popsáno jímání konvertorového plynu.

Snížení obsahu zinku ve šrotu. Vysoký obsah zinku ve vysoké peci má nepříznivý vliv na její správný chod a tím i na množství emisí. Recyklace materiálu s vysokým obsahem Zn se omezuje. Prach a kaly zachycované u odprašovacího zařízení konvertorového plynu mohou obsahovat relativně vysoké koncentrace těžkých kovů, zejména Zn, Pb, Cd



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)



Kontinuální vzorkování a analýza oceli. Poslední systémy modelování dynamiky a monitoringu dosahují takové přesnosti, že se vzorkování během dmýchání stává nevyhnutelným. Kontrolní vzorek se potom odebírá během periody odlévání. Tyto techniky snižují emise následkem vzorkování k nule.

Primární odprášení jednotlivých uzlů – elektrostatické nebo tkaninové filtry.  
Sekundární odprášení hal – především použití tkaninových filtrů.

## C8. Hodnoty emisních limitů podle platné legislativy

Emisní limity podle Závěrů o BAT – rozhodnutí 2012/135/EU

- koksárenský plyn po odprášení: prach = 10 – 50 mg/Nm<sup>3</sup> podle použité BAT
- odprášení sekundární: účinnost > 90%., limity prach < 1 – 15 mg/Nm<sup>3</sup> pro tkaninové filtry a < 20 mg/Nm<sup>3</sup> pro elektrostatické odlučovače.

Emisní limity podle vyhlášky 415/2012 Sb.:

- doprava a manipulace se vsázkou nebo produktem: TZL = 50 mg/m<sup>3</sup> (platí i pro mletí a třídění strusky), vztažné podmínky = C
- kyslíkový konvertor: TZL = 50 mg/m<sup>3</sup>, vztažné podmínky = A
- sekundární odprášení od 1.1.2020: TZL = 20 mg/m<sup>3</sup>, vztažné podmínky = A.

## D. Odlévání oceli

D1. **Plynulé odlévání** nabízí několik významných přínosů:

- úspory energie, nižší emise a menší potřebu vody následkem eliminace válcování ingotů
- zlepšené pracovní podmínky
- vysoké podíly výtěžnosti větší než 95 %
- vysokou produktivitu

Existují rozličné typy strojů na kontinuální odlévání.

Tekutá ocel se odlije z konvertoru do pánve, kterou se ocel přepraví za sekundární metalurgií do tzv. mezipánve stroje pro kontinuální odlévání. Odtud prochází do krátké vodou chlazené měděné formy, ve které není žádný vzduch a která se kývá nahoru a dolů, aby se zamezilo uváznutí (přilnutí) oceli.

Forma poskytuje požadovaný profil kovu . Nekonečný proud kovu se rozřezává na kusy řezacím hořákem. Tímto způsobem se odlévají jak bramy, tak předvalky a sochory.

Proces rychlého chlazení poskytuje ocel o stejnoměrné mikrostruktře tuhnutí s příznivými technologickými vlastnostmi. Mikrostruktura tuhnutí pásu může být ovlivněna souproutým chlazením vzduchem nebo vodou.

Profil pásu je určen geometrií formy. Současné typy forem mají tvar obdélníku, čtverce, kruhu nebo polygonálních tvarovek

## D2. Odlévání ingotů

Při odlévání ingotů se tekutá ocel odlévá do odlévacích forem. V závislosti na požadované jakosti povrchu se mohou během odlévání do ingotové formy přidávat odplyňovací činidla (jako NaF). Po vychladnutí se ingoty vyklopí z odlévací formy a přepraví se do válcoven.

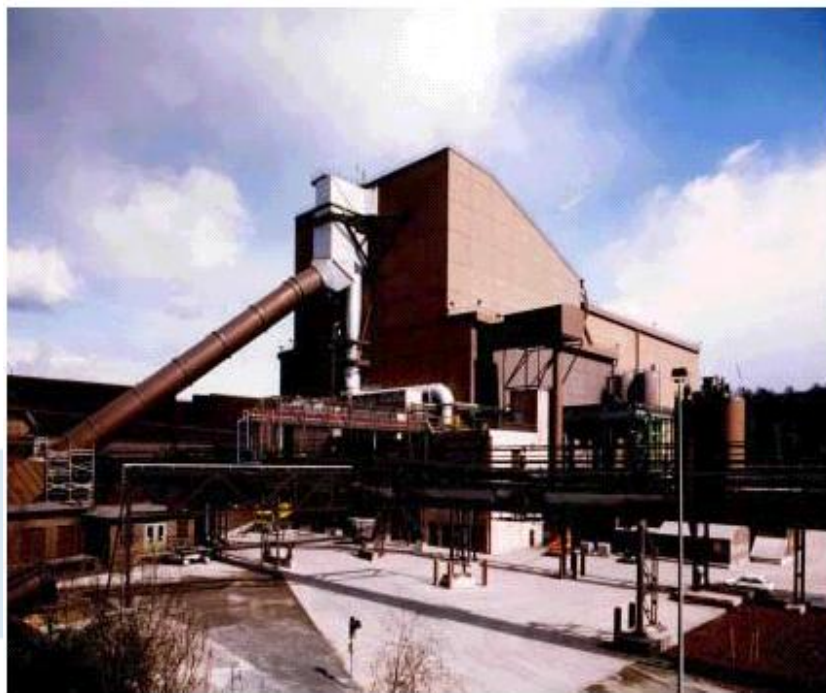
Následně se ingoty po ohřevu válcují na bramy, předvalky nebo sochory, kovají nebo jsou vstupem pro výrobu bezešvých trubek.

## D3. Sekundární metalurgie

Vstupem je tekutá ocel vyrobená v konvertorech. V zařízeních sekundární metalurgie je tento vstupní materiál (ocel) upravován. Pro zajištění požadované čistoty je ocel profukována argonem nebo dusíkem.

## E. Ocelárny – elektrické obloukové pece (EOP)

Pohled na ocelárnu



Zdroj: BREF on the Production of Iron and Steel, European Commission, Sevilla 2001

## E1. Vstupní suroviny:

- ocelový a litinový šrot
- ferroslitiny
- přísady,
- přísady pro sekundární metalurgii,
- dusík čistý, kyslík 99%, argon.

## E2. Základní zařízení

- příprava a ohřev pánví
- elektrická oblouková pec
- zařízení na odlévání oceli na ZPO nebo do formy ingotu

## E3. Principy činností v zařízeních

Při výrobě uhlíkové a nízkoaliovaných ocelí se provádějí následující hlavní doprovodné operace:

- manipulace se surovinou a skladování
- zavážení šrotu do pece včetně předehřevu nebo bez něho
- tavení šrotu v EOP
- odpichování oceli a strusky



evropský  
sociální  
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM  
LIDSKÉ ZDROJE  
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME  
VAŠI BUDOUCNOST  
[www.esfcr.cz](http://www.esfcr.cz)

- úprava na pecní pánvi na požadovanou jakost
- manipulace se struskou
- plynulé (kontinuální) odlévání

U vysokolegovaných a speciálních ocelí je souslednost operací složitější a přizpůsobuje se konečným produktům. Kromě těchto zmiňovaných postupů se provádějí u uhlíkových ocelí rozličné úpravy na pánvi (sekundární metalurgie) jako :

- odsiřování
- odplyňování, k eliminaci rozpuštěných plynů, jako je dusík a vodík
- oduhličování (AOD=Argon-Oxygen-Decarburisation nebo VOD=Vakuum-Oxygen Decarburisation)



Šrot se obvykle vsazuje do košů společně s vápnem nebo dolomitickým vápnem, kterého se používá jako struskotvorné přísady pro tvorbu strusky. V některých závodech se také přidává kusové uhlí, což má za následek relevantní emise benzenu (a také toluenu a xylenu).

Během počáteční doby tavení je použita energie nízká, aby se předešlo škodám na pecních stěnách a klenbě působením záření z elektrod, zatímco se umožní elektrodám, aby se ponořily šrotu. Jakmile se oblouky skryjí v okolním šrotu, může výkon vzrůstat až do úplného roztavení. Stále častěji se používají kyslíkové trysky a nebo kyslíkové hořáky, aby napomáhaly v časném stádiu tavení.

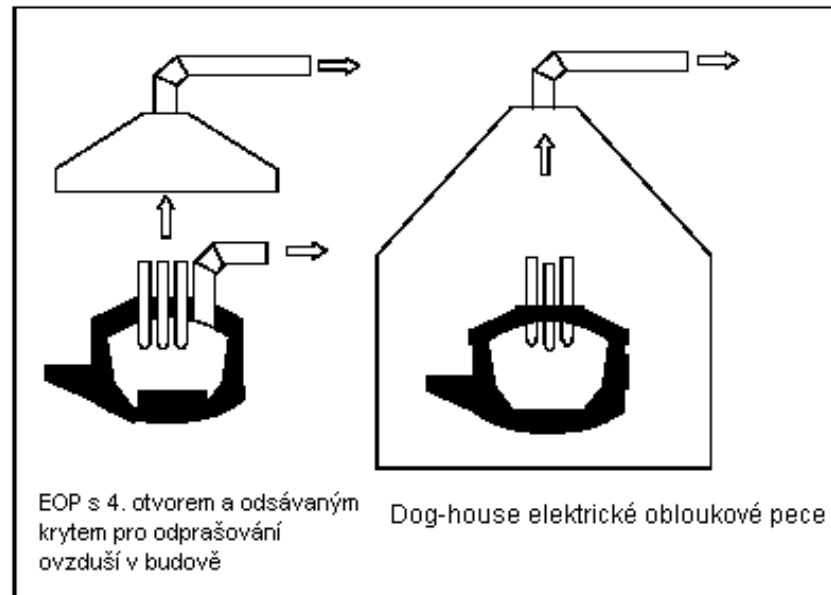
Paliva tvoří zemní plyn a olej. Kromě toho se může do tekuté oceli vhnět speciálními tryskami ve dně a ve stěnách elektrické obloukové pece kyslík.

Kyslíku se používá pro oduhličení taveniny a odstranění dalších nežádoucích prvků, jakými jsou fosfor, mangan, křemík a síra. Kromě toho reaguje s uhlovodíky za vzniku exotermních reakcí. Injektáž kyslíku má za následek značný nárůst tvorby plynu a spalin na výstupu z pece. Tvoří se plyny oxidu uhelnatého a uhličitého a velmi jemné částice oxidu železa a další součásti kouřových spalin. V případě dospalování je obsah CO nižší než 0,5 % obj.



Pro vyrovnání teploty a k promíchávání lázně lze použít argon nebo další inertní plyny injektované do taveniny. Touto technikou se také zlepšuje rovnováha mezi kovem a struskou.

Obrázek: Systém jímání prachu u elektrické obloukové pece



Zdroj: Rentz, Report of Best Available Techniques in the Electric Steelmaking Industry, French-German Institute for Environmental Research, 1997

## E4. Výrobky

Pokud jde o konečné produkty, musí se rozlišovat mezi výrobou běžné, tzv. uhlíkové oceli, stejně jako nízkolegované oceli a oceli vysokolegované tzv. korozivzdorné oceli. V EU se vyrábí okolo 85 % uhlíkové anebo nízkolegované oceli /EC Study, 1996/.

## E5. Vliv na ovzduší

- emise TZL z prostoru pece
- emise TZL a jiných škodlivin z látek vnášených vsázkou (např. PCCDD/F)

## E6. Emisní monitoring (jen základ):

- Jednorázovým měřením jsou zjišťovány emise tuhých znečišťujících látek, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO. Měření se provádí 1x ročně ve výduchu odlučovacího zařízení elektrické obloukové pece a pánvové pece.
- Jednou za 3 roky se provádí měření persistentních organických látek a těžkých kovů elektrické obloukové pece a pánvové pece.

## E7. Primární opatření ke snížení emisí do ovzduší:

### Optimalizace procesu elektrické obloukové pece

- proces o velmi vysokém výkonu (UHP)
- vodou chlazené stěny a klenba
- kyslíkové hořáky a dmýchání kyslíku tryskami
- odpichový systém u dna
- provoz napěněné strusky
- pánvová nebo sekundární metalurgie
- automatizace

### Přehřev šrotu

*Rekuperace odpadního tepla z výstupních plynů pro přehřev šrotu v koši, předtím než byl vsazen do pece. Všechny tyto systémy se však odstavily z provozu vzhledem k technickým a emisním problémům. Nové pece jsou koncipovány se zabudovanými přehřívacími šachtami.*

### Moderní systém shromažďování emisí

Nejpreferovanějšími systémy je přímé odsávání 4. otvoru nebo odsávací kryt (nebo uzavřené pece dog-house, nebo odsávání celé budovy elephant-house).

*Efektivní dospalování ve spojení s předběžnou úpravou výstupního plynu ve spalovací komoře má za účel především úplné spálení zbytku CO a vodíku ve výstupním plynu, aby se zabránilo nekontrolovatelným reakcím v zařízení na čištění plynu. Dospalování, pokud se správně optimalizuje, snižuje emise organických sloučenin.*

*Injektáž prášku lignitového koku pro úpravu výstupního plynu do potrubí před filtrovým lapačem. Potřebné množství je řádově 100 mg prachu lignitového koku/Nm<sup>3</sup> výstupního plynu. Cílem snížení obsahu dioxinů.*

## **E8. Hodnoty emisních faktorů podle platné legislativy**

Emisní limity podle Závěrů o BAT – rozhodnutí 2012/135/EU

- primární a sekundární odprášení elektrické obloukové pece: průměrná účinnost jímání > 98%, prach < 5 mg/Nm<sup>3</sup>, rtuť < 0,05 mg/Nm<sup>3</sup>, PDDD/PCDF < 0,1 ng I-TEQ/Nm<sup>3</sup>.

Emisní limity podle vyhlášky 415/2012 Sb.

- doprava a manipulace se vsázkou nebo produktem: prach = 50 mg/Nm<sup>3</sup> (platí i pro mletí a třídění strusky), vztažné podmínky = C
- elektrické obloukové pece: TZL = 20 mg/m<sup>3</sup>, NO<sub>x</sub> = 400 mg/m<sup>3</sup>, CO = 1000 mg/m<sup>3</sup>, vztažné podmínky = A
- pánvové pece: TZL = 20 mg/m<sup>3</sup>, SO<sub>2</sub> = 400 mg/m<sup>3</sup>, NO<sub>x</sub> = 400 mg/m<sup>3</sup>, CO = 1000 mg/m<sup>3</sup>, vztažné podmínky = A