

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



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

Metalurgie železných kovů Výroba oceli a její zpracování

Ing. Vladimír Toman



evropský
sociální
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Kyslíkové procesy výroby oceli (kyslíkové konvertory, nístějové pece) a její odlévání

Základním společným znakem obou technologií je, že teplo potřebné k průběhu procesu zkujňování surového železa vzniká v důsledku chemických reakcí probíhajících při tomto procesu vlivem dmýchání kyslíku. Jinak se použité technologie výrazně liší zařízením právě tavícím agregátem.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

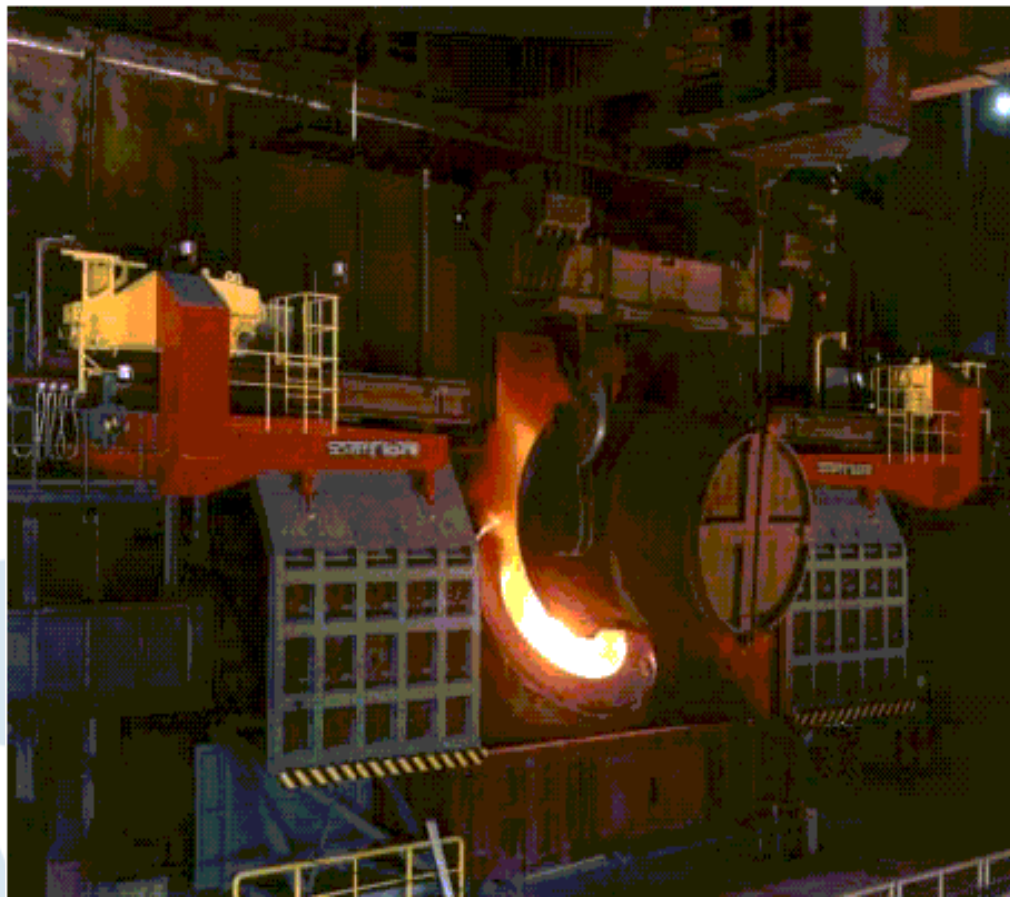


OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

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

Nalévání surového železa do konvertoru



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

Vstupní suroviny:

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

Popis procesu

Vsázku konvertoru tvoří tekuté surové železo vyráběné ve vysokých pecích vlastního závodu, ocelový šrot upravený jako vsázky schopný, uhlíkonosné a struskotvorné přísady. K uhlíkonosným přísadám patří uhlí, koks a antracit. Mezi struskotvorné přísady řadíme vápno, kazivec a ocelářenský aglomerát.

Vlastní zkujňování (přeměna surového železa na ocel) probíhá reakcí mezi dmýchaným kyslíkem a uhlíkem ze vsázky. K metalurgickému procesu vytavené oceli patří nezbytná úprava chemického složení oceli na žádoucí úroveň doprovodných prvků, která se provádí legovacími přísadami (ferroslitiny), nauhličovadly, dezoxidačními přísadami a přísadami pro úpravu složení a koexistence strusky.

Výrobky:

- surová ocel ve formě kontisliťků nebo ingotů
- konvertorový plyn

Principy činností na zařizích:

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

- *přepřavu 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 přídavnou izolující mezivrstvou mezi ocelí a žáruvzdorným materiálem.
- Torpédová pánev tvaru míchačky horké taveniny pohybující se po kolejích se stala převládajícím systémem. Směsná nádoba je na jedné straně podepřena a může se při vylévání svého obsahu otáčet. Torpédové pánve se obvykle projektují o kapacitě mezi 100 a 300 tunami, u největších jednotek dosahují až 400 tun. Projekt torpédové pánve minimalizuje tepelné ztráty. Skutečnost, že torpédová pánev zastává funkci míchačky horkého kovu, eliminuje potřebu zvláštního systému pro skladování horké taveniny.
- Životnost torpédových pánví při normálním používání se pohybuje mezi 150 000 až 400 000 tunami. Odsiřování v torpédové pánvi zkracuje cyklus jejího možného využívání mezi obnovami vyzdívky a vyžaduje speciální dohled při volbě žáruvzdorných materiálů.
- 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.

Klasická **předúprava taveniny horkého kovu** zahrnuje následující pochody:

- odsíření
- odfosforování
- odstraňování křemíku

V Evropě se používá při přípravě taveniny kovu pro kyslíkové konvertory obvykle pouze odsiřování.

Zlepšená vysokopeční metalurgie a snížené množství zaváděné síry pomocí redukčních činidel má za následek nižší obsah síry v tavenině horkého kovu.

Dnes specifikované koncentrace síry (mezi 0,001 a 0,020 %) pro vsázku do konvertoru se běžně upravují v zařízení na odsíření taveniny kovu, které je umístěno vně vysoké pece.

- **Oxidace v kyslíkovém konvertoru**

- S ohledem na plnění výše uvedených cílů se nežádoucí nečistoty oxidují při následném odstranění s odcházejícím plynem nebo se struskou. Nežádoucí nečistoty se odstraňují v odcházejícím plynu, nebo tekuté strusce.

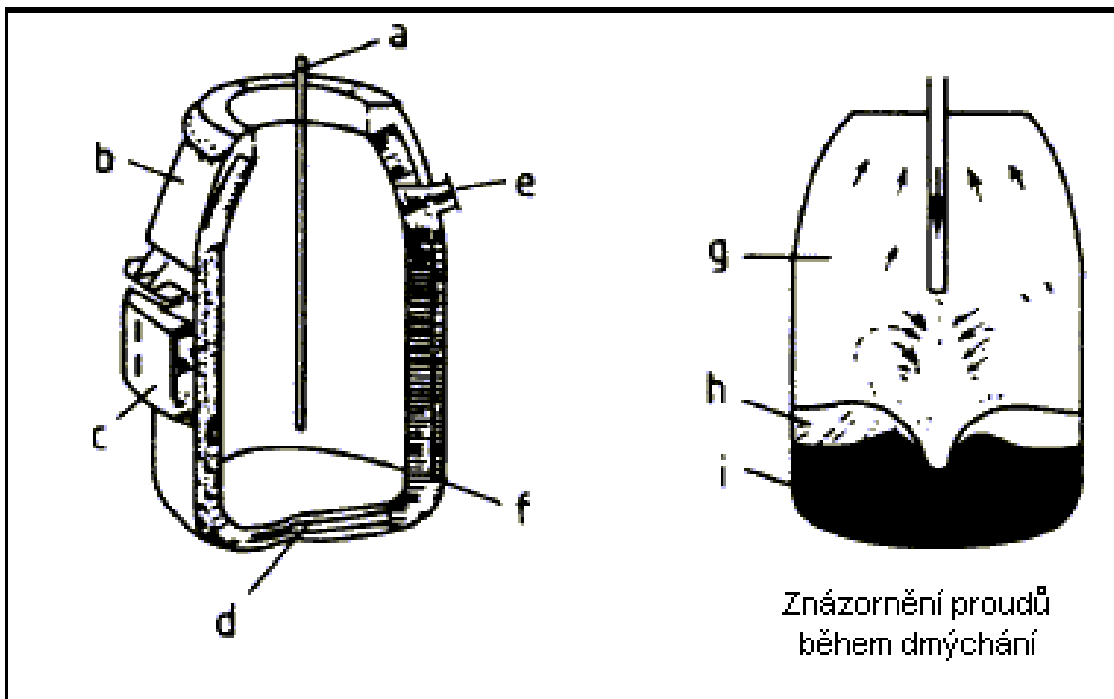
- Energie potřebná ke zvýšení teploty a k tavení vstupních surovin se dodává exotermickou reakcí při oxidaci tak, že na jedné straně není třeba žádného přídavného tepla na vstupu a na straně druhé se musí přidávat šrot nebo ruda, aby se vyrovnávalo teplo. Do některých konvertorů a při pochodech spojených s dmýcháním se injektují dmýšními trubkami jako chladící médium plynné uhlovodíky

Proces v kyslíkovém konvertoru je semikontinuální.

Úplný cyklus tvoří následující fáze :

- zavážení šrotu a roztaveného surového železa
- dmýchání kyslíku
- vzorkování a zaznamenávání teploty
- odpich

V moderních ocelárnách se vyrobí cca 300 t oceli v průběhu 30-40 minutového cyklu. Konvertor má hruškovitý tvar se žáruvzdornou vyzdívkou, kde je naspodu zavedena vodou chlazená tryska pro kyslík. Touto tryskou se do tekutého surového železa dmýchá čistý kyslík (> 99 %) z kyslíkárny.



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 prstenec;
d = dno konvertoru; e = odpichový otvor; f = žáruvzdorná vyzdívka; g = prostor s plynem;
h = vrstva strusky; i = roztavený kov

Oxidační reakce jsou exotermní, tedy narůstá teplota roztaveného železa.

Pro ochlazení se přidává šrot, železná ruda nebo jiné ochlazovací příměsi a teplota se udržuje přibližně v rozmezí 1600 až 1650 °C. Obvykle tvoří šrot 10-20 % vsázky konvertoru, ale někdy může dosáhnout až 40 %. Množství vsazovaného šrotu závisí na způsobu předúpravy surového železa a na teplotě potřebné pro odpich tekuté oceli /UBA, Comments, 1997/.

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. Používají se systémy jak „otevřeného“ tak „potlačeného“ spalování.

Systémy otevřeného spalování zavádějí do potrubí spalin konvertoru vzduch a tak dochází ke spalování oxidu uhelnatého. Následně vyvinuté teplo se dále rekuperuje v kotlích odpadního tepla. Při potlačeném spalování je během dmýchání kyslíku spuštěn přes ústí konvertoru kryt. Tak nemůže do potrubí spalného plynu vstoupit vzdušný kyslík a zabrání se spalování oxidu uhelnatého. Kouřový plyn, bohatý na CO se může jímat, čistit a skladovat pro následné využití jako palivo.

Hlavní výhodou potlačeného spalování je menší průtokový objem kouřového plynu, protože nenastává žádné spalování a žádný přídavný vzdušný dusík se nezavádí. To se projeví ve vyšší produktivitě, protože se může zvýšit rychlost dmýchání kyslíku.

Hlavní výhodou potlačeného spalování je menší průtokový objem kouřového plynu, protože nenastává žádné spalování a žádný přídavný vzdušný dusík se nezavádí. To se projeví ve vyšší produktivitě, protože se může zvýšit rychlost dmýchání kyslíku.

Mimoto produkuje kyslíková výroba oceli i značná množství tuhých částic během zavážení šrotu a horké kovové taveniny, dmýchání a během odpichu strusky a tekuté oceli. Všechny slévárny oceli v EU přijaly opatření ke snížení emisí tuhých částic.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

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 usměrňovány 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.



Jímání konvertorového plynu

Vliv na ovzduší:

Hlavními zdroji emisí při výrobě jsou:

- konvertor (potlačené nebo úplné spálení) – TZL
- Sekundární emise:
- 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.

Emisní monitoring (jen základ):

Jednorázovým měřením jsou zjišťovány emise tuhých znečišťujících látek, SO₂, NO_x, CO u těchto zdrojů:

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



evropský
sociální
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚŠTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
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.

Primární opatření ke snížení emisí do ovzduší:

Rekuperace energie z konvertorového plynu – jímání konvertorového plynu

Konvertorový plyn, který vzniká během dmýchání kyslíku opouští konvertor jeho ústím a následně se zachycuje primární ventilací. Tento plyn má teplotu přibližně okolo 1200°C a objemový průtok asi 50-100 Nm³/t oceli (tj. přibližně 20 000 Nm³/hod). Plyn obsahuje asi 70-80 % oxidu uhelnatého (CO), když opouští konvertor a výhřevnost asi 8,8 MJ/Nm³.

Celkové emise do ovzduší se sníží, když se použije potlačeného spalování. Kromě toho systémy úplného spalování s mnohem většími průtokovými objemy spalin předpokládají dražší a relativně méně účinné odloučení hmotných částic.

- **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

- **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.

Donedávna bylo třeba pro odebrání vzorku přerušit dmýchání kyslíku a naklonit konvertor. To byl proces, který spotřeboval mnoho času a zvyšoval emise z konvertoru. Tomu nové způsoby odebrání vzorků zamezují – konvertor je ve stálé poloze.

- **Primární odprašení jednotlivých uzlů** – elektrostatické nebo tkaninové filtry.

- **Sekundární odprašení hal** – tkaninové filtry

Hodnoty emisních limitů podle platné legislativy

- **Emisní limity podle Závěrů o BAT – rozhodnutí 2012/135/EU**
 - koksárenský plyn po odprášení: prach = 10 – 50 mg/Nm³ podle použité BAT
 - odprášení sekundární: účinnost > 90%., limity prach < 1 – 15 mg/Nm³ pro tkaninové filtry a < 20 mg/Nm³ pro elektrostatické odlučovače.
- **Emisní limity podle nařízení vlády 415/2012 Sb.**
 - doprava a manipulace se vsázkou nebo produktem: prach = 50 mg/Nm³ (platí i pro mletí a třídění strusky)
 - kyslíkový konvertor: prach = 50 mg/Nm³, (20 mg/Nm³ platí od 1.1.2010 pro sekundární odprášení. Hala ocelárny musí být odprášena s účinností alespoň 90%). Konvertorový plyn je třeba jímát s ohledem na procesní možnosti a dále jej využívat).

Kyslíkové ocelárny s nístějovými pecemi

Původní nístějové Siemens-Martinské pece se již pro výrobu oceli nevyužívají. Jejich modifikací je ještě dnes používaná tandemové pec.

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

Základní zařízení

- zásobník tekutého surového železa (mísič),
- zařízení na odsíření tekutého surového železa,
- tandemová pec,
- zařízení za zpracování strusky,
- zařízení na plynulé odlévání oceli nebo do formy ingotů.

Výroba oceli – základní principy

- Tandemová pec se skládá ze dvou nístějí se střídavým vháněním kyslíku do jedné nístěje na povrch tekuté kovové lázně. Při výrobě oceli tandemovým pochodem se využívá oxid uhelnatý, který se uvolňuje při zkujňování kyslíkem bez použití paliva v jedné nístěji, k ohřevu vsázky jeho spalováním v druhé nístěji. Kyslík je do nístěje dmýchán vodou chlazenými zkujňovacími tryskami umístěnými na vnějších čelech pece.
- V pánvových pecích dochází k úpravě chemického složení tekuté oceli struskotvornými a legujícími přísadami, k chemické a teplotní homogenizaci probubláváním tekutého kovu argonem a k ohřevu střídavým elektrickým obloukem na požadovanou licí teplotu.

Výrobky: surová ocel ve formě kontislitků nebo ingotů; ocelářenská struska.

Vliv na ovzduší: Hlavními zdroji emisí tuhých znečišťujících látek při výrobě jsou:

- příprava vsázky (šrotiště, vápenka, mísiče): TZL
- tandemová pec; TZL, dioxiny, PAH
- hala ocelárny (fugitivní emise): TZL
- odstruskování a sekundární emise během dmýchání: TZL,
- sekundární metalurgie: TZL, PAH,
- plynulé odlévání: TZL.

Emisní monitoring (jen základ):

- kontinuální měření obsahu CO u jednotlivých tandemových pecí
- ostatní emise a zdroje: jednorázová měření dle platné legislativy.

Primární opatření ke snížení emisí do ovzduší v souladu s Rozhodnutím 2012/135/EU:

BREF pro výrobu železa a oceli ani Rozhodnutí se touto technologií nezabývají. Je možno využít výběr z opatření předepsaných pro kyslíkové konvertory, např.

- Snížení obsahu zinku ve šrotu. Vysoký obsah zinku v tandemové peci má nepříznivý vliv na její správný chod a tím i na množství emisí. Prach a kaly zachycované u odprašovacího zařízení odpadního plynu mohou obsahovat relativně vysoké koncentrace těžkých kovů, zejména Zn, Pb, Cd.
- Primární odprašení jednotlivých uzlů – elektrostatické nebo tkaninové filtry.
- Sekundární odprašení haly – především použití tkaninových filtrů.

Hodnoty emisních limitů podle platné legislativy

- Emisní limity podle Rozhodnutí 2012/135/EU: nejsou určeny
- Emisní limity podle vyhlášky 415/2012 Sb.:
- nístějové pece s intenzifikací kyslíkem: TZL: 50 mg/m³, SO₂: 400 mg/m³, NO_x: 400 mg/m³.

Ocelárny – elektrické obloukové pece (EOP)

Pohled na pec – vpravo potrubí odtahu spalin



Vstupní suroviny:

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

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/.

Principy činností na zařízeních

Přímé tavení materiálů s obsahem železa, jako je např. šrot se provádí obvykle v elektrických obloukových pecích (EOP), které hrají důležitou a stále rostoucí úlohu v konceptech moderních oceláren

Hlavní vsázkou do elektrické obloukové pece je železný šrot, který může tvořit šrot z vlastních z oceláren (např. odřezky), odstřižky ze zpracování ocelových výrobků (např. součástí vozidel) a městský nebo spotřebitelský šrot (např. výrobky po uplynutí doby životnosti).

Přímo redukovaneho železa (DRI) se také využívá zvyšující se měrou jako vsázky z důvodů jak jeho nízkého zbytkového obsahu, tak kolísavým cenám šrotu.

Stejně jako u kyslíkových konvertorů se struska tvoří z vápna, které váže nežádoucí složky z oceli. Obr. 9.1 ukazuje závod EOP. V tomto případě je stavba, která obsahuje dvouplášťovou elektrickou obloukovou pec úplně uzavřena, aby se minimalizovaly emise prachu, plynů a hluku.

Určité třídění šrotu se provádí proto, aby se snížilo riziko zavlečení nebezpečných znečišťujících látek. Vnitropodnikový výrobní šrot se může řezat na vhodně manipulovatelné velikosti za použití kyslíkových hořáků. Šrot se může vkládat do sázecích košů na šrotišti nebo se může přepravit do prozatímních vyhrazených oddělení uvnitř pecní haly. V některých případech se šrot přehřívá v šachtě, nebo na dopravníku (viz přehřev šrotu).

Ostatní suroviny, včetně tavidel v kusech a prášku, práškového vápna a uhlí, legovacích přísad, antioxidačních činidel a žáruvzdorných materiálů se běžně skladují pod střechou. Po dodávce je manipulace minimální a kde je to zapotřebí, může se použít zařízení na odsávání prachu.

Práškovité materiály se mohou skladovat v izolovaných zásobnících (vápno je třeba udržovat v suchu) a přepravovat pneumaticky, nebo uchovávat a překládat v nepropustných pytlích.

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

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

Předeřev šrotu může způsobit vyšší emise aromatických organohalogenových sloučenin, jako jsou polychlorované dibenzo-p-dioxiny a -furany (PCDD/F), chlorbenzeny, polychlorované bifenyly (PCB) a rovněž polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH) a další produkty nedokonalého spalování ze šrotu, který je kontaminován barvami, plasty, mazivy, nebo jinými organickými sloučeninami. Tato tvorba se dá omezit následným spalováním uvnitř pece s přídavnými kyslíkovými hořáky. Byly vyvinuty pro dospalování CO (a uhlovodíků). Chemické teplo z tohoto spalování lze použít rovněž pro předeřev šrotu /Knapp, 1996/. Takové dospalování se ale liší od dospalování za EOP za účelem snížení emisí organických látek jako jsou PCDD/F atd. Takové dospalování vyžaduje značné množství energie.

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 použitá 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 vhánět speciálními tryskami ve dně a ve stěnách elektrické obloukové pece kyslík.

V průběhu posledních 30 let našel kyslík v ocelárnách s elektrickými obloukovými pecemi zvýšené uplatnění nejen z důvodů metalurgických, ale také z důvodů rostoucích požadavků na produktivitu. Růst využívání kyslíku se může přičítat dnešní dostupnosti kapalného kyslíku a kyslíkáren postavených v místě působení závodů /Knapp, 1996/.

Kyslíku se pro metalurgické potřeby 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.

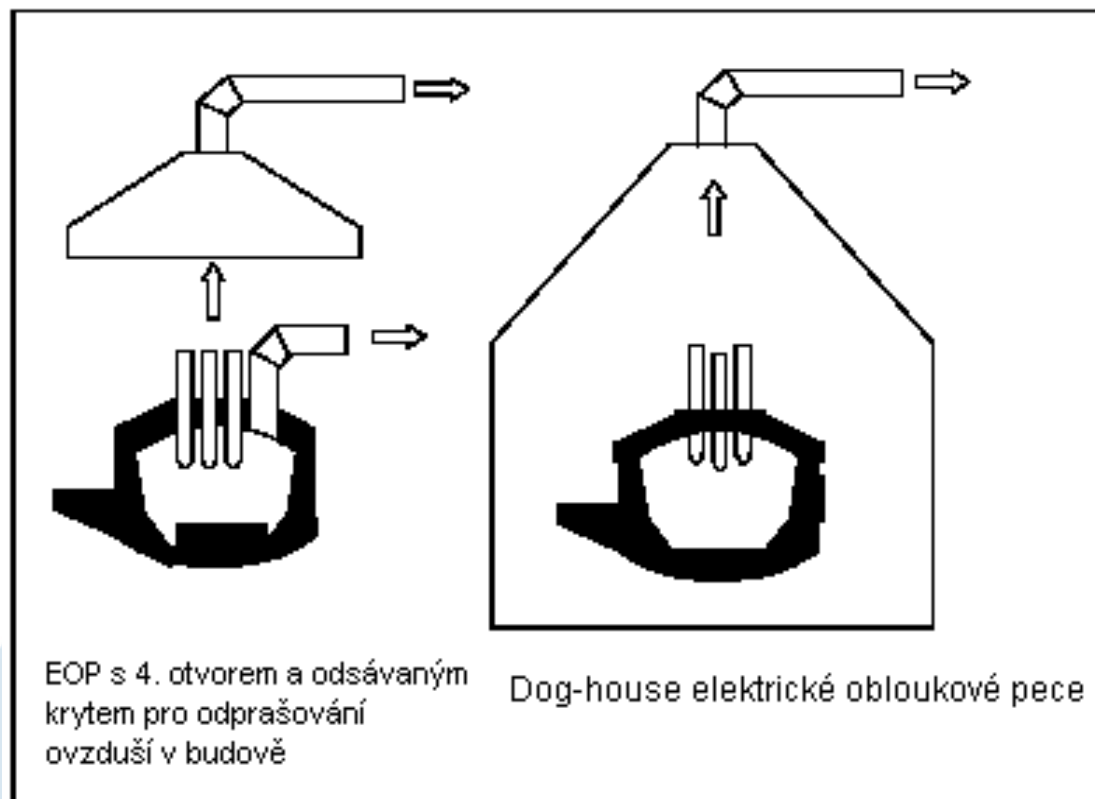
Pro vyrovnání teploty a k promíchávání lázně lze použít argon nebo další inertní plyny injektované do taveniny. Touto technikou se také zlepšuje rovnováha mezi kovem a struskou.

Manipulace se struskou

Vedle odpichu strusky se tvoří další prach a kouřové odpary během jejího shrabování a protože bývá ještě horká, používá se hrabel, či bagrů. Mimo prostor pecní haly může pak docházet k chlazení strusky ostřikováním vodou, ještě předtím, než se drtí a prosévá, aby se umožnilo rekuperovat kov. V případě strusky s volným vápnem, mohou být s kouřem emitovány alkálie. Struska se láme (nebo v některých případech řeže kyslíkovými hořáky) a při rekuperaci kovu se mohou tvořit emise prachu.



Systémy 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

Polychlorované dibenzo-p-dioxiny a furany (PCDD/F)

- Pokud jde o PCDD/F existuje mnoho měření, která vykazují emisní faktory mezi 0,07-9 $\mu\text{g I-TEQ/t}$ tekuté oceli (viz tab.9.1). Obr.9.8 ukazuje příklad distribuce homologů PCDD/F v surovém a vyčištěném výstupním plynu z EOP. Při nízkých teplotách mají PCDD/F zvýšenou tendenci se adsorbovat na prach filtru.
- Zjištění, že existuje těsné spojení mezi prachem a emisemi PCDD/F musí být vztaženo k teplotě výstupního plynu.

Emisní monitoring (jen základ):

- Kontinuální měření emisí do ovzduší se v souladu s platnou legislativou neprovádí.
- Jednorázovým měřením jsou zjišťovány emise tuhých znečišťujících látek, SO_2 , NO_x , CO. Měření se provádí 1x ročně ve výduchu odlučovacího zařízení elektrické obloukové pece a pánvové pece.
- Jednou za 3 roky se provádí měření persistentních látek a těžkých kovů elektrické obloukové pece a pánvové pece.

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

Předeřev šrotu

Rekuperace odpadního tepla z výstupních plynů pro předeřev 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 předeřívacími 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

Dospalování v peci se vyvinulo tak, aby se využilo maximum chemické energie z CO v peci a zlepšila se energetická bilance, ale CO a vodík se v peci nikdy zcela neoxidují; z tohoto důvodu je potřeba dospalování. Dospalování 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 koksu pro úpravu výstupního plynu

Aby se snížily organické mikropolutanty v celkovém objemu odcházejícího plynu (primární a sekundární emise), zejména PCDD/F, může se do potrubí před filtrovým lapačem dávkovat prášek lignitového koksu. Potřebné množství je řádově 100 mg prachu lignitového koksu/Nm³ výstupního plynu

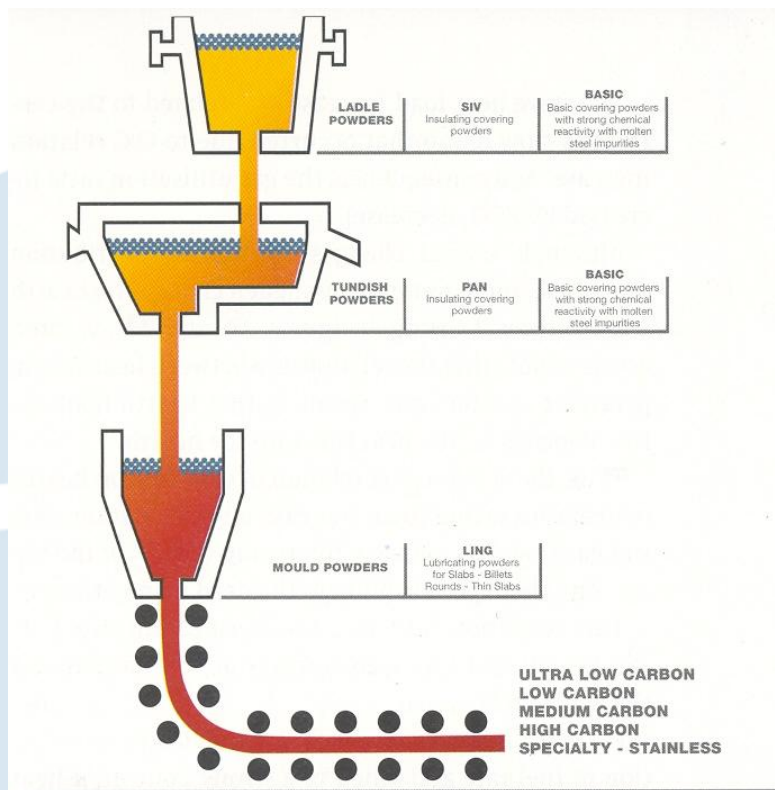
Hodnoty emisních faktorů podle platné legislativy

- **Emisní limity podle Závěrů o BAT – rozhodnutí 2012/135/EU**
 - primární a sekundární odprášení elektrické obloukové pece: průměrná účinnost jímání > 98%, prach < 5 mg/Nm³, rtuť < 0,05 mg/Nm³, PDDD/PCDF < 0,1 ng I-TEQ/Nm³.
- **Emisní limity podle nařízení vlády 415/2012 Sb.**
 - doprava a manipulace se vsázkou nebo produktem: prach = 50 mg/Nm³
 - elektrické obloukové pece: prach = 20 mg/Nm³, NO_x = 400 mg/Nm³, CO = 1000 mg/Nm³

Plynulé (kontinuální) odlévání (společné pro oba typy výroby oceli)

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, označované jako vertikální typ, ohýbací a rovnací typy, obloukový typ a stroje typu oválného prohnutí a to v závislosti na jejich uspořádání.

Tekutá ocel se odlije z konvertoru do pánve, kterou se ocel přepraví za sekundární metalurgií do tzv. mezipánve stroje pro kontinuální odlévání. To je střední pánev s regulovatelnou výpustí. Před tím, než se pánev plní tekutou ocelí, předehřejí se, aby se zamezilo nerovnoměrnosti teplot v mezipánvi.

Z mezipánve ocel prochází do krátké vodou chlazené měděné formy (krystalizátoru), ve které není žádný vzduch a která se pohybuje nahoru a dolů, aby se zamezilo uváznutí (přilnutí) oceli.

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

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

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

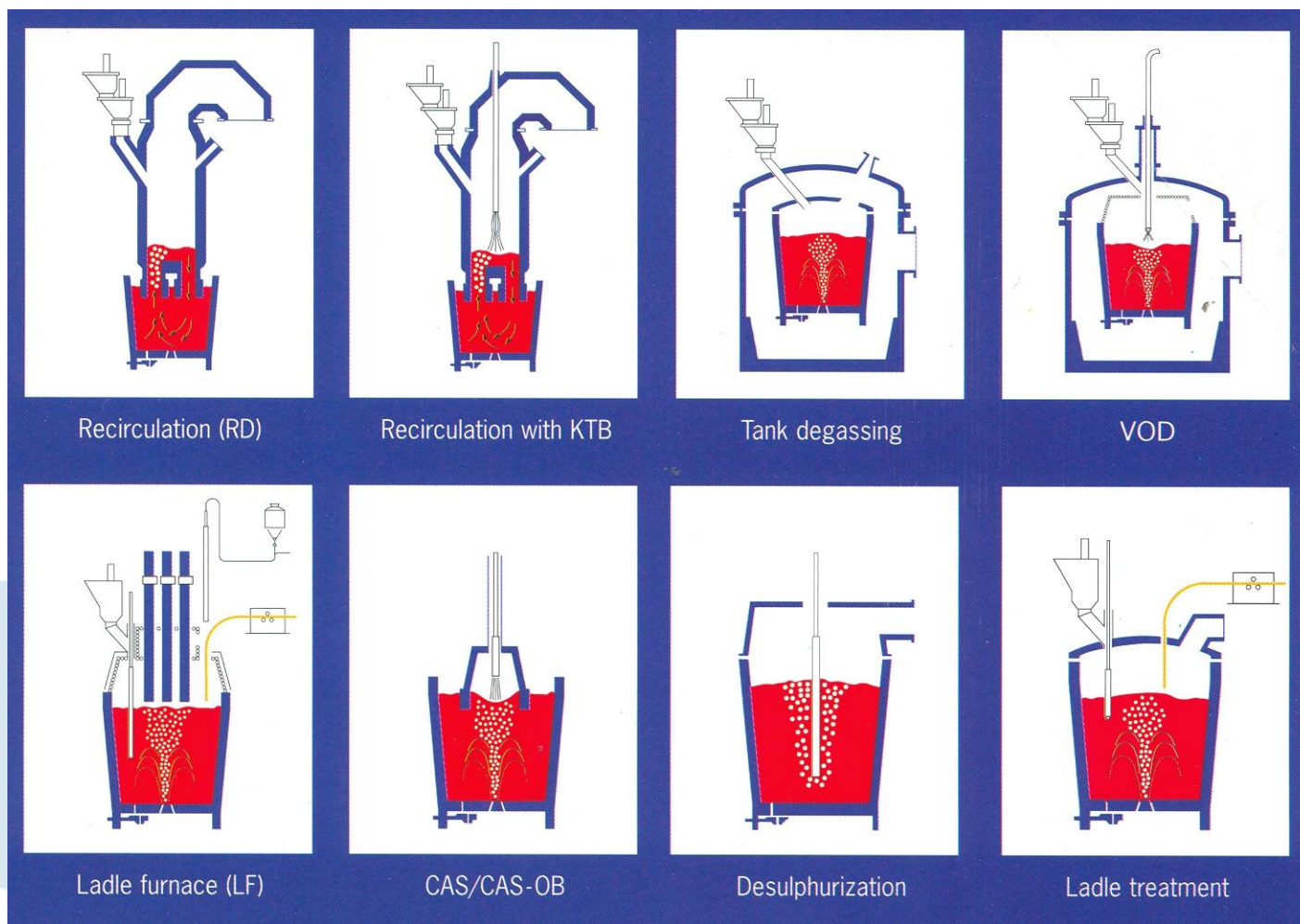
Odlévání ingotů

Při odlévání ingotů se tekutá ocel odlévá do odlévacích forem (kokil). V závislosti na požadované jakosti povrchu se mohou během odlévání do kokily přidávat odplyňovací činidla (jako NaF). Po vychladnutí se ingoty vyndají z kokily a přepraví se do válcoven, kováren nebo rouroven.

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

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.



Typy sekundární metalurgie

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

Zpracování ocelí



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Mezi související činnosti v rámci metalurgie železných i neželezných kovů náleží

- ohřívací a žíhací pece provozů zpracovávajících kovy za tepla a porovnání emisních limitů podle legislativy
- válcovny
- kovárny
- brusírny a obrobny
- svařovny

Pro většinu těchto činností nejsou uplatňovány samostatné emisní limity s výjimkou ohřívacích a žíhacích pecí, v nichž je jako topné médium používán převážně zemní plyn. Pro kovárny, brusírny, obrobny, svařovny nejsou zpracovány referenční dokumenty pro nejlepší dostupné techniky.

- Při přepravě surovin pro dále uvedené činnosti se jedná o přepravu a manipulaci s hutními výrobky nebo polotovary, které jsou hutné a z toho důvodu nepředstavují z hlediska ochrany ovzduší téměř žádné riziko. Přeprava vstupních surovin je prováděna většinou po železnici. Při dopravě automobily je v podnicích při, přepravě mezi jednotlivými zařízeními prováděno kropení pozemních komunikací, případně sběr prachu samosběrnými vozy.
- Ohřívací a žíhací pece provozů zpracovávajících kovy za tepla jsou hlavními zdroji emisí do ovzduší, hlavním palivem v nich je zemní plyn.

V metalurgii se používají pro ohřev především:

- komorové pece (hlubinné,
- průběžné pece (kroková, narážecí, rotační nístějové)
- poklopové pro žíhání svitků (pásů)
- kontinuální žíhací pece.

Pece jsou většinou vybaveny nízkoemisními hořáky, čímž dochází ke snížení emisí.

Porovnání emisních limitů pro pece ohřívací a pro tepelné zpracování

Emisní limity podle BREF pro zpracování železa (údaje v mg/Nm³):

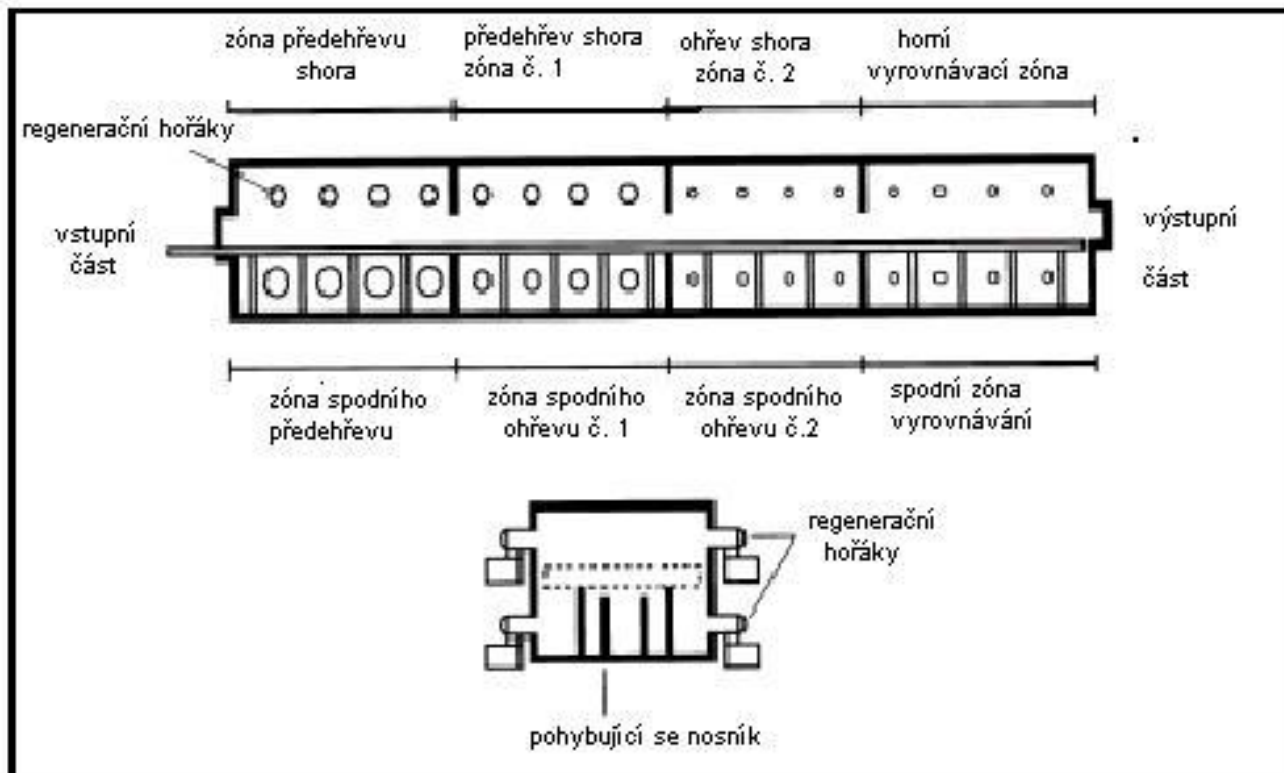
- Nejsou uvedeny

Emisní limity podle vyhlášky 415/2012 Sb.:

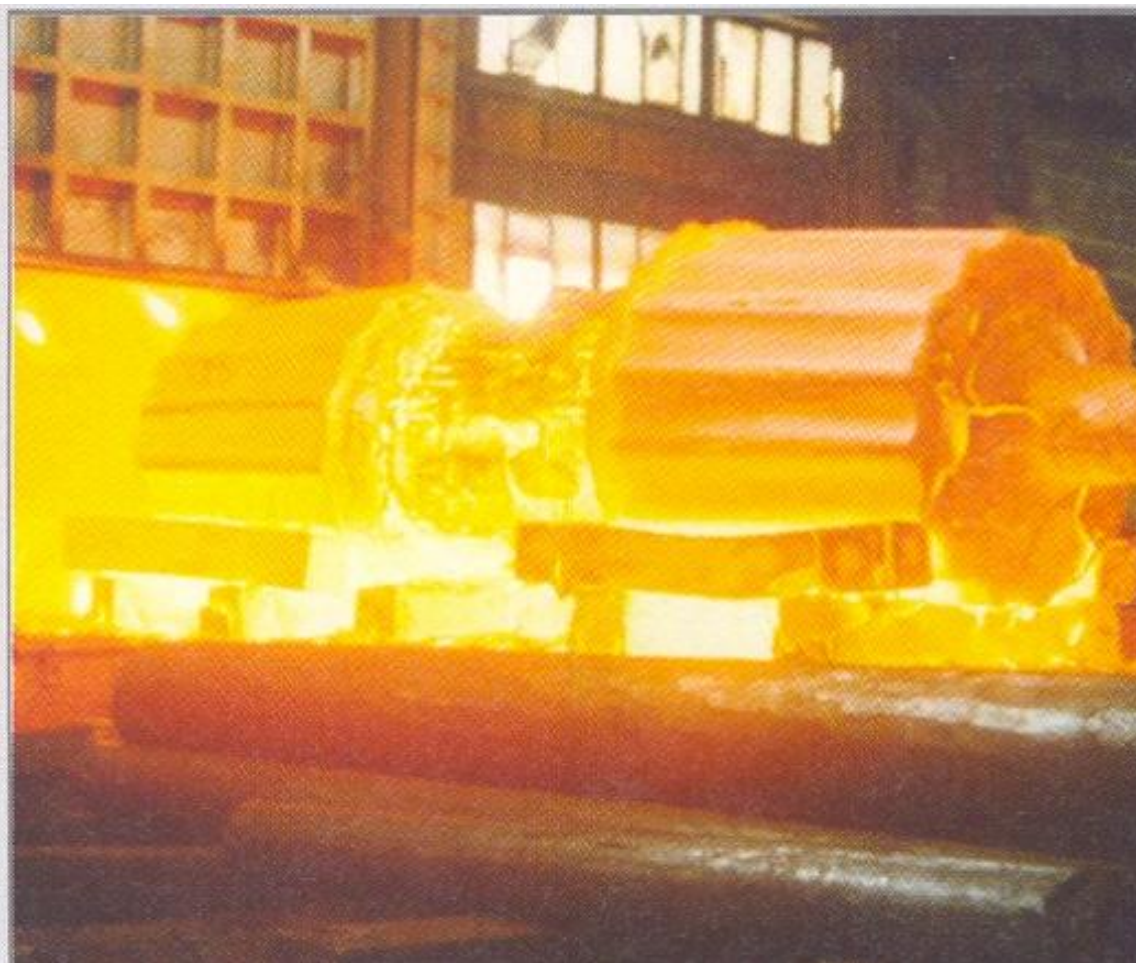
- pece ve válcovnách za tepla i za studena: SO₂ = 500 mg/m³, SO₂ = 400 mg/m³ (od 1.1.2016), NO_x = 400 mg/m³, CO = 800 mg/m³, vztažné podmínky = A
- pece v kovárnách: SO₂ = 500 mg/m³, SO₂ = 400 mg/m³ (od 1.1.2016), NO₂ = 400 mg/m³, CO = 800 mg/m³.



Kroková pec



Zdroj: The Energy Technology Support (ETSU), 1993



Vozová pec



Pohled do vnitřku vozové pece na umístění hořáků

Válcovny

Výrobky z tavení železných i neželezných kovů – odlité ingoty, kontislitky základních tvarů (čtverec, obdélník) i jiných tvarů, také polotovary vyrobené válcováním, kováním nebo jiným způsobem. Tyto jsou pak dále zpracovávány především válcováním. Pro ocel a výše tavitelné neželezné kovy začíná tento proces ohřevem hutního polotovaru v ohřívací peci. Kov ohřátý na tzv. válcovací teplotu potom prochází mezi sadou rovných (pro válcování plochých výrobků) nebo profilovaných válců (pro výrobu profilů).

Válcovny se dělí podle pohybu materiálu na válcovně na

- vratné (reverzní) – válcovaný polotovar vstupuje mezi válce střídavě z jedné a druhé strany. Při větším počtu nutných úběrů jsou válcovací stolice s válci postaveny vedle sebe.
- průběžné (kontinuální) – válcovaný polotovar vstupuje do válcovacích stolic seřazených za sebou a to tak, že do každé jen jednou.

Válcovny kovů se dělí podle konečného výrobku na

- válcovny profilů a drátů – pro velký rozměrový sortiment a určité skupiny ocelí (nelegované, legované,
- válcovny plochých výrobků – pro tlustý nebo tenký plech za tepla válcovaný, pás válcovaného za tepla i za studena, fólie z hliníku..

Při vlastním procesu válcování je kov mezi válci při úběru chlazen, na výstupu z válcovací tratě se pak chladí buď volně na chladnicích, které jsou součástí válcovny, nebo jsou navíjeny do svitků (drát, pásy válcované za tepla i za studen). Případné emise z válcování do ovzduší a okuje jsou absorbovány chladicí vodou a následně z ní odlučovány. U speciálních materiálů jsou pak vývalky předávány k žíhání a tepelnému zpracování v pecích vytápěných především zemním plynem v samostatných provozech. a následuje finální úprava a expedice výrobku. Pro válcování za studena jsou vstupem výrobky z válcování za tepla.

Na všech válcovacích tratích v současné době pro udržení vysoké kvality výroby jsou ohřev, vlastní proces válcování, dokončující operace (žíhání, kalení a popouštění) řízeny počítači, které jsou umístěny v řídicích kabinách.

Z plochých vývalků jako jsou tlusté plechy se pak vypalují plazmovými hořáky tvary finálních výrobků podle specifikace zákazníka. Z pásů válcovaných za tepla a za studena se vyrábí jejich podélným dělením tzv. úzký pás, příčným dělením pak plechy různých rozměrů a tloušťek.

Přibližně 90% za tepla válcovaného drátu je určeno jako vstup pro tažírny ocelového drátu. Obdobně válcovaný drát z hliníku a mědi je zpracováván v tažárnách.



Válcovna drátu spojitá (kontidráťová)



evropský
sociální
fond v ČR



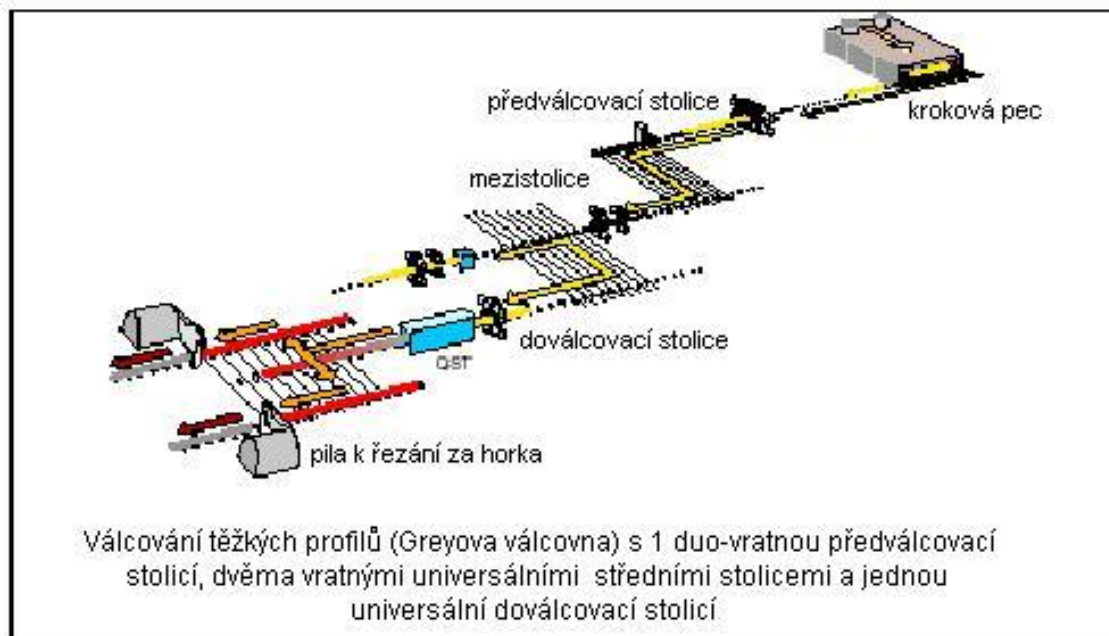
EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Schéma válcovny těžkých profilů



Zdroj: EUROFER, Task Group Hot Rolling, 1998

Kovárny

Kovárny se z hlediska způsobu tváření kovu dělí na:

kovárny zápustkové – nakoupený polotovár se upraví na délky o hmotnosti podle potřeb konečného výkovku a omezujícího volný pohyb kovu vlivem tlaku jen pro vyplnění formy – zápustky. Po ohřevu je polotovár vkládán v lisu nebo bucharu do zápustky do místa s vytvořeným negativem tvaru požadovaného výkovku. Po provedení operace kování se výkovek z formy vyjme, odstraní (odstříhne) se od něj nadbytečný materiál (výronek) a pak postupuje postupuje k dalším úpravám – tepelné zpracování, kontrola jakosti povrchu i středu výkovku, jeho úpravy a následně je expedován.

kovárny volné – vstupní polotovár (ingot, blok, sochor) se ohřeje v ohřívací teplotě a po ohřevu se na lisech provádí vlastní proces kování, sestávající z různých operací. Při tomto procesu není nijak omezen pohyb kovu, který je pod vlivem působícího tlaku, kov se může volně šířit. Po kování se odesílá výkovek na další kontroly kvality povrchu a vnitřku. Oproti zápustkovému výkovku nemá volný výkovek tak přesné rozměry a proto je v následujících operacích obráběn za studena. Velikost vstupní vsázky může dosahovat až 250 tun/kus.

Pro kovárny neexistuje BREF. Emisní limity jsou určeny jen pro pece, jiné operace nemají výrazné emise do ovzduší.

Brusírny a obrobný

Brusírny jsou využívány k

- úpravám povrchu válců před jejich nasazením do procesu válcování (před tím jsou válce obráběny na soustruhu). Slouží pro pracovní válce, stejně jako opěrné válce jak pro hotovni, tak předválcovací trať.
- k odstranění vad na hotovém vývalku z kovů
- k zajištění přesných rozměrů vývalků podle specifikace zákazníka

Brusírna –
manipulace s
válcem pro
výrobu plechů
za tepla

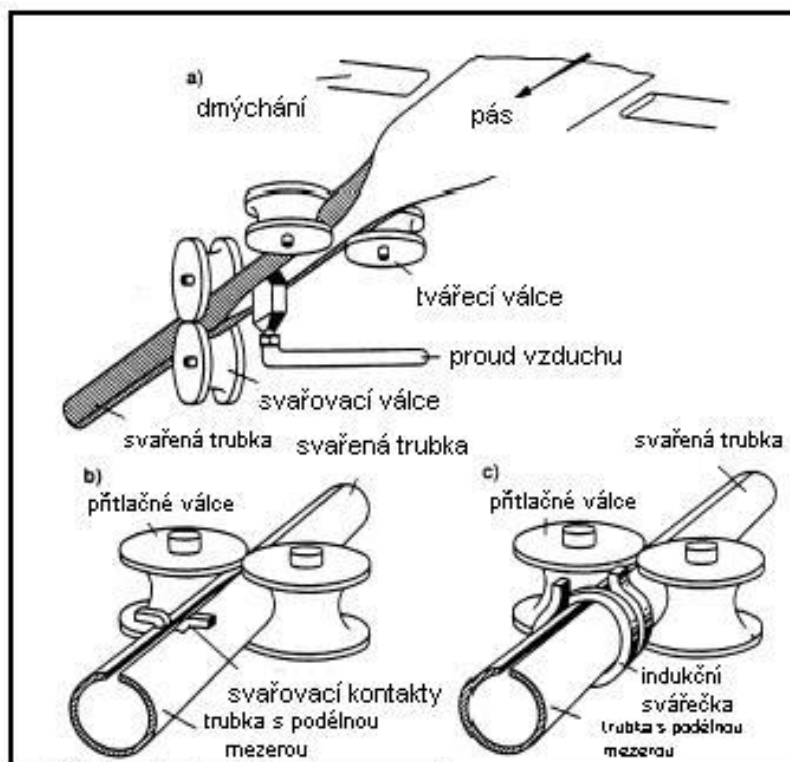


Svařovny

jsou využívány pro výrobu svařovaných trubek z ocelového pásu válcovaného za studena nebo za tepla (pásky, plechy). Sled výroby v zásadě zahrnuje ohýbání pásu nebo tlustého plechu na trubku se štěrbinou a uzavření otvoru svařením – svar má směr buď po délce vstupního plechu/pádu (podélně svařované trubky) nebo vytváří tvar šroubovice (spirálně svařované trubky). Průměr trubky je dán použitou technologií a šířkou vstupního plechu/pádu. Nejobvyklejší rozměr pro plynovody činí 1600 mm.

Při Fretz-Moonově pochodu (tlakové svařování) se ohřívají cívky s pásem válcovaným za tepla na vysokou teplotu v tunelové peci. Hrany pásu se ohřejí na svařovací teplotu přídavnými hořáky. pás je stáčen do trubky s podélnou mezerou. Přítlačné zařízení se dvěma válci při 90° potom zmenšují mezeru a tlačí hrany k sobě tak, že se svaří. Polodokončené trubky procházejí bez dalšího ohřevu válcovnou následující operací, kde se sníží rozměry podle potřeby.

Pochody svařování trubek



trubka s podélnou mezerou

- a) Svařecí postup Fretz-Moonov
- b) Vysokofrekvenční indukční svařování
- c) Vysokofrekvenční indukční svařování

Zdroj: EUROFER, Task Group Hot Rolling, 1998