

Technologie čištění spalin po spalování odpadů

1

Zjišťování emisí – emisní limity

Vyhlášky 415/2012 Sb. předepisuje:

kontinuální měření:

- CO, NO_x, TZL, TOC a referenční údaje – na některých spalovnách SO₂, HCl, výjimečně HF

jednorázové měření:

- zjišťuje hodnoty, které nejsou měřeny kontinuálně (TK, PCDD/DF, HCl, HF, SO₂ akreditovanou laboratoří

Emise	Denní limit	Půlhodinový limit	
		100 %	97%
TZL	10 mg/m ³	30 mg/m ³	10 mg/m ³
TOC	10 mg/m ³	20 mg/m ³	10 mg/m ³
HCl	10 mg/m ³	30 mg/m ³	10 mg/m ³
HF	1 mg/m ³	4 mg/m ³	2 mg/m ³
SO ₂	50 mg/m ³	200 mg/m ³	50 mg/m ³
NO _x	400 mg/m ³	-	-

Emise	Denní limit	Půlhodinový limit	
		97 %	100 %
CO	50 mg/m ³	-	100 mg/m ³

Emise	Limit
Cd, Tl	0,05 mg/m ³
Hg	0,05 mg/m ³
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V	0,5 mg/m ³
Dioxiny a furany	0,1 ng/I _E /m ³

2

Zjišťování emisí – emisní limity

PROVÁDĚCÍ ROZHODNUTÍ KOMISE (EU) 2019/2010 ze dne 12. listopadu 2019, kterým se stanoví závěry o nejlepších dostupných technikách (BAT) pro spalování odpadu podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU

<https://www.mpo.cz/assets/cz/prumysl/ipcc-integrovana-prevence-a-omezovani-znečisteni/aktuality/2019/12/Zavery-o-BAT-pro-spalovani-odpadu.pdf>

Rozšiřuje počet kontinuálně sledovaných emisí a zpřísňuje úroveň emisí

Kontinuální měření:

- CO, NO_x, TZL, SO₂, HCl, TVOC, HF, Hg

Jednorázové měření:

- zjišťuje hodnoty, které nejsou měřeny kontinuálně (TK, N₂O, PCDD/F, PBDD/F, PCB) akreditovanou laboratoří

3

Zjišťování emisí – emisní limity

Úrovně emisí spojené s nejlepšími dostupnými technikami (BAT-AEL) u řízených emisí (mg/Nm³)

	nový zdroj	stávající zdroj
TZL	2–5	
Cd+Tl	0,005–0,02	
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V	0,01–0,3	
HCl	2–6	2–8
HF	1	1
SO ₂	5–30	5–40
NOX	50–120	50–150
CO	10–50	10–50
NH ₃	2–10	2–10
TVOC	3–10	3–10

4

Spaliny po spálení odpadu

- při spalování odpadu vznikají spaliny
 - tuhé
 - popel a škvára – snaha využít jako VEP, zbytek se ukládá na skládky
 - popílek – je zachycen a následně solidifikován
 - plynné
- plynné spaliny obsahují
 - standardní složky - dusík (N₂), kyslík (O₂), oxid uhličitý (CO₂) a vodní páru (H₂O)
 - plyny kyselého charakteru jako je například chlorovodík (HCl), fluorovodík (HF), oxid siřičitý (SO₂) a oxid sirový (SO₃)
 - toxické složky

5

Proces čištění spalin

Pro zachycení mechanických částic lze použít:

- mechanické odlučovače suché/mokrý (cyklony) – mají nízkou účinnost a nepoužívají se
- elektrické odlučovače - odlučování TZL pomocí přitažlivých sil mezi nabitými částicemi a opačně nabitou sběrací elektrodou
- filtry látkové a keramické – využívá se i jejich schopnost adsorpce plynných složek na zachycených mechanických částicích popela či aditiva

6

Proces čištění spalin

Hlavními toxickými složkami plyných spalin jsou:

- polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU),
- polychlorované dibenzodioxiny (PCDD),
- polychlorované dibenzofurany (PCDF)
- polychlorované bifenylly (PCB)

Pro zachycení nebezpečných plynů je nutné vybudovat zařízení pro čištění spalin

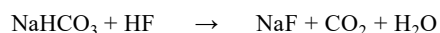
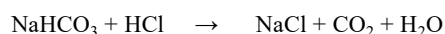
- metody se dělí podle skupenství chemických reagentů, které se v daném systému využívají:
 - suché metody
 - polosuché metody
 - mokré metody

7

Proces čištění spalin

Suché metody

- používá se sorbent v suchém stavu v podobě jemně rozemletého prášku
- hlavní složkou je hydroxid vápenatý, který při rozptýlu ve spalinách reaguje s kyselými složkami spalin
- využívá se také hydrogenuhličitan sodný, který reaguje následovně



8

Proces čištění spalin

Suché metody

- jemný prach je rozptýlován do proudu spalin a to v přibližném přebytku sorbentu 1,2 až 1,4
- zreagovaný sorbent je zachytáván na látkovém filtru
- odpadní produkt je následně z těchto filtrů odstraněn
- záchyt je nutné solidifikovat a uložit na skládku nebezpečného odpadu

Výhodou tohoto postupu je

- jednoduchost
- nízké pořizovací náklady

Nevýhodou je

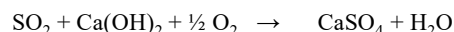
- nízká účinnost
- velká produkce nebezpečného odpadu

9

Proces čištění spalin

Polosuchá metoda

- vodní suspenze sorpčního činidla je rozstříkována do proudu spalin
- voda ze suspenze se odpaří – z procesu vystupuje suchý produkt
- jako sorpční činidlo se nejčastěji využívá hydroxid vápenatý případně látky na podobné bázi



10

Proces čištění spalin

Polosuchá metoda

- pro reakci se volí teplota od 120 °C do 160 °C
- výsledným produktem je prášek zachycený na látkovém filtru
- produkt je následně deponován
- prášek je alkalický a má schopnost vázat těžké kovy - vyluhování těchto kovů je obtížné

Výhodou tohoto procesu je zvýšená účinnost oproti suché metodě.

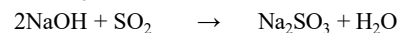
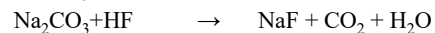
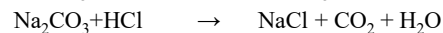
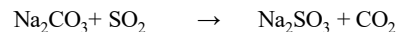
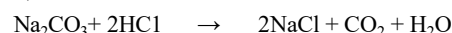
Nevýhodou jsou vyšší investiční i provozní náklady.

11

Proces čištění spalin

Mokrá metoda

- využíváno je fyzikálně-chemických procesů absorpce a chemisorpce
- spaliny se v reaktoru sprchují sorpčním roztokem
- běžně používaným sorpčním činidlem je roztok NaOH a $\text{Ca}(\text{OH})_2$



12

Proces čištění spalin

Mokrý metoda

Proces se dělí do několika stupňů:

- v prvním stupni dojde ke snížení na pH 2 až 3 - dochází k odloučení prachu, halogenidů (HCl a HF) a těžkých kovů
- v dalším stupni se pomocí zásaditých roztoků (louh sodný, vápenné mléko) pH zvýší na 6 až 7 - zde dochází k odloučení převážně kyselých plynů (zejména SO₂)
- v případě vysokých koncentrací škodlivin se zařazuje i 3. stupeň, tzv. dočišťující
- produktem je mokrý kal
 - musí se dále zpracovávat

13

Proces čištění spalin

Mokrý metoda

Výhodou je

- velmi vysoká účinnost čištění
- zachycení těžkých kovů – Hg, Cd – z produktu je lze zpětně získávat
- odloučení zbytkového prachu, který je obsažen ve spalinách

Nevýhodou je vysoká cena technologie a drahý provoz

14

Proces čištění spalin

Odstraňování perzistentních polutantů

- při spalování látek obsahujících chlor (PVC) mohou vznikat velmi toxické plyny
- mezi nejvíce diskutované toxické plyny patří již zmíněné PCDD a PCDF (souhrnný název „dioxiny“)
- u těchto plynů dochází při teplotách v ohništi nad 850 °C k rozpadu, avšak při snížení teploty spalin dochází k opětovné rekombinaci
- při čištění spalin je nutné těmto plynům věnovat zvláštní pozornost
- využívají se následující technologie:
 - adsorpční metody
 - selektivní katalytická oxidace dioxinů
 - katalytická filtrace a další

15

Proces čištění spalin

Odstraňování perzistentních polutantů

- adsorpční metody - využívají sorbentů s velkým vnitřním povrchem např. aktivní uhlí
- selektivní katalytická oxidace dioxinů - je často spojena i se selektivní katalytickou redukcí NO_x
 - pracuje na principu vstřikování roztoku amoniaku (NH₃) do proudu spalin v teplotním rozmezí přibližně 250 °C až 350 °C
 - dochází ke snížení koncentrace NO_x až o 90 %
 - aby došlo i k oxidační reakci dioxinů (případně furanů), je nutná přítomnost katalyzátoru
 - nejčastěji využívaný katalyzátor je oxid titaničitý (TiO₂)

16

Proces čištění spalin

Odstraňování perzistentních polutantů

- katalytická filtrace spalin - je využito speciálního filtračního materiálu
 - zachytává tuhé znečišťující látky (TZL)
 - dochází v něm ke katalytické oxidaci dioxinů
- katalyzátor (převážně vzácné kovy) je v tomto případě nanesen přímo na materiál, ze kterého je vyroben základ filtrační tkaniny (např. expandovaný polytetrafluorethylen), do kterého je vpichován katalyzátor
- na povrchu filtrační rukávce je membrána, která má za úkol odstraňovat TZL
- metoda je realizována v zařízení pro energetické využití komunálního odpadu TERMIZO Liberec

17

Zpracování produktů po spalování

- ve škváře, strusce nebo popelu je obsažen vysoký podíl železných kovů - jsou magneticky separovány
- zbylý materiál je skládkován nebo je podroben certifikaci a následně využíván pro stavební účely jako umělé kamenivo
- jemné tuhé částice, které jsou z proudu spalin zachytávány, obsahují nebezpečné látky a jsou zpracovávány následujícími metodami:
 - cementace
 - bitumenace
 - vitrifikace



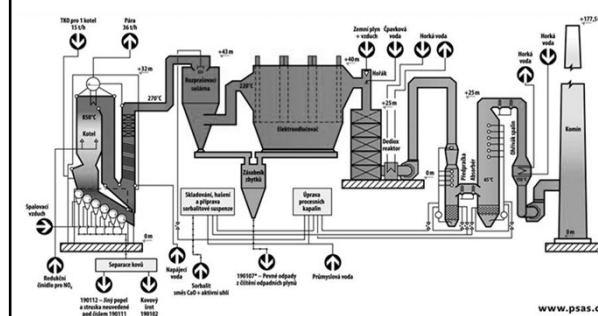
18

Zpracování produktů po spalování

- cementace - odpadní popílek obsahující nebezpečné látky je smíchán se speciálním cementem a vodou a směs je ukládána na skládky ve formě cementové „kaše“ nebo jsou z tohoto materiálu odlévány cementované bloky, které jsou deponovány až po vytvrnutí
- bitumenace - spočívá v zatavení odpadu do bitumenu (živice) – ten je plněn do sudů či kontejnerů a následně deponován
- vitrifikace - metoda je určena pro popílky s vysokým obsahem toxických látek a těžkých kovů
 - nejdříve dochází k roztavení popíleků (teplota přibližně 1 500 °C) a následnému vzniku skelného kmene
 - produkt je velmi těžko vyluhovatelný a za splněných podmínek lze tento odpad ukládat na skládky typu O-O

19

ZEVO Malešice



20

ZEVO Malešice

- čištění spalin je založeno na dvoustupňovém vypírání spalin zbavených prachu
- čistící linka je sestavena z rozprašovací sušárny, elektrofiltru, pračky s odlučovačem kapek, směšovače spalin, parního ohřivače spalin a kouřového ventilátoru.
- spalin z kotle mají teplotu 230°C - 270°C jsou zavedeny do tangenciální rozprašovací sušárny - proti rotačnímu pohybu spalin je rozprašována upravená odpadní suspenze z pračky a absorbéru
- spalin s teplotou 190°C jsou vedeny přes tříkomorový elektrofiltr, v němž je odloučen prach
- spalin přehřívají plynem pro katalytický deNO_x (SCR)
- spalin pokračují do pračky

21

ZEVO Malešice

- v horní části pračky procházejí spalin chladičem, kde jsou ochlazeny na 80°C, aby se nepoškodilo vnitřní pogumování pračky
- spalin procházející pračkou a jsou promývány vápennou suspenzí
- v pračce se odlučuje převážná část HCl, HF, HBr, Hg, další těžké kovy a zbytky prachu
- spalin pokračují přes odlučovač kapek do absorbéru
- zde proudí směrem vzhůru a jsou promývány vápennou suspenzí – zachytí se zbytek HCl, HF a SO₂
- vyčištěné spalin jsou za pračkou ochlazeny na 65-70°C
- pro zlepšení jejich rozptýlu jsou ohřívány v parním trubkovém ohřivači spalin na teplotu 110°C
- ohřáté spalin jsou dopravovány ventilátorem do komína

22

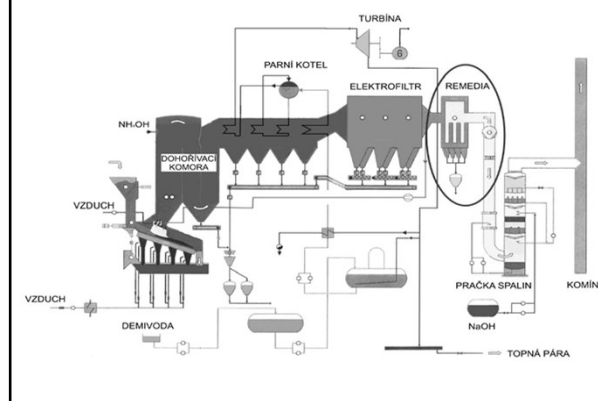
ZEVO Malešice

Popis metody odstraňování PCDD/PCDF (2005)

- metoda je založena na aplikaci aktivního uhlí do mokré vápenné vypírky, kde dojde k vyvázání těžkých kovů (hlavně Hg) a zároveň dioxinů
- metoda byla dříve aplikována jako polosuchá – zde poprvé použita jako mokrá
- experimentálně optimalizováno použití aktivního uhlí typu AK NORIT L 140 (89% vápno + 11% AC) - látka je obchodně nazývána Sorbalit, s jemnou granulací max. 90 mikronů
- tím odpadá nutnost budovat velmi nákladné zařízení pro záchyt dioxinů - třetí stupeň čištění

23

Termizo Liberec

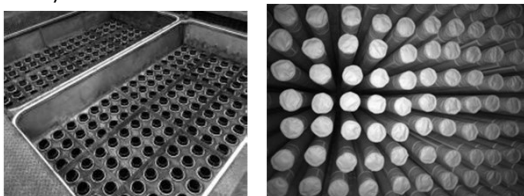


24

Termizo Liberec

Použito 4^o čištění spalin:

- SNCR nástřikem močoviny do kotle pro snížení NO_x
- elektrofiltr pro záchyt tuhých látek ze spalin
- Remedía - katalytická filtrace spalin pro zachycení dioxynů



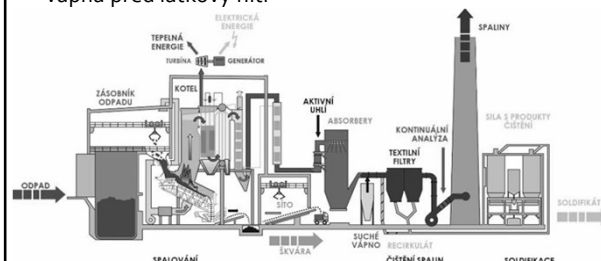
- pračka spalin s mokrou vypírkou NaOH

25

SAKO Brno

Čištění spalin:

- deNO_x – SNCR – nástřik močoviny v kotli
- adsorpce těžkých kovů a dioxinů na aktivním uhlí
- polosuchá vápenná metoda s intenzifikací – dávkování vápna před látkový filtr

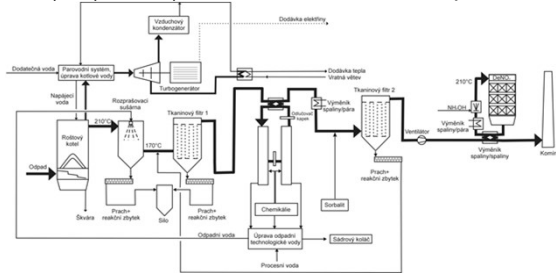


26

ZEVO Chotíkov

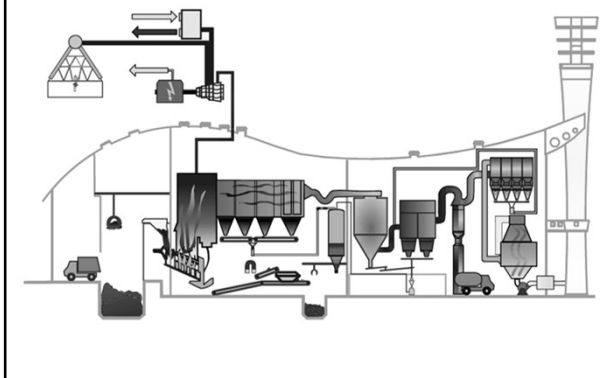
Čištění spalin:

- rozprašovací sušárna s nástřikem odpadní vody,
- tkaninový filtr,
- dvoustupňová pračka spalin, odlučovač kapek a aerosolů,
- pojistný filtr,
- katalytický reaktor pro destrukci NO_x (SCR) a dioxinů,



27

ZEVO Chotíkov



28

PŘIPRAVOVANÉ PROJEKTY

1) **KIC Karviná:** 2003 byly zpracovány srovnávací studie, 2004 studie proveditelnosti, oznámení EIA, technicko-ekonomická analýza 2005, další studie proveditelnosti s výběrem vhodné lokality (2008), Dokumentace EIA (2009) a vydáno souhlasné stanovisko MŽP (červen 2010) s dobou platnosti 5 let. Současně byla zpracována Dokumentace pro územní řízení a následně vypracována dokumentace pro výběr zhotovitele. Výběrové řízení se zatím neuskutečnilo, kraj zvažuje výstavbu třídící linky namísto spalovny; projekt 192 000 t/rok, 2 kotle

2) **EVO Komořany:** V areálu TKY (UE,a.s.), 150 000 t/rok; EIA 2010. proběhlo úspěšně řízení pro výběr zhotovitele a bylo vydáno stavební povolení. Z důvodu nejasné situace ohledně poplatků za skládkování a neschválení novely zákona o odpadech se obě smluvní strany (UE, a. s. a vybraný dodavatel) dohodly na přerušení plnění předmětu smlouvy. Systém podobný jako Termizo Liberec.

29

PROJEKTOVÉ ZÁMĚRY

1) **Cheb:** plán 2 linky po 10000 t/rok, využití v CZT města; pravděpodobně se bude projekt kryt se záměrem Sokolovské uhelné na vybudování Regionálního centra zpracování odpadů Karlovarského kraje, které by mělo komunální odpad třídit a jeho složky využívat v Palivovém kombinátu Vřesová. Kapacita tohoto zařízení má být 60 000 tun/rok

2) **Přerov:** plán 100000 t/rok, lokalitu řeší město s provozovatelem teplárny

3) **Zlín:** příprava studie na 30-40 tis. tun/rok, opět jedná město+teplárna

30

Speciální způsoby spalování

Mobilní a modulární spalovny a zařízení na vypalování kontaminovaných zemin

- sanace lagun rafinérských zbytků, malá zařízení ve střediscích sezónních sportů.

„Mokrý“ spalování kyslíkem nebo vzduchem za vysokého tlaku a teploty

- technologie používané k oxidaci kalů z ČOV (USA), možné je i použití pro jiné průmyslové a nebezpečné odpady

Spalování v plazmových zařízeních

- může mít význam pro některé speciální případy (likvidace bojových plynů, PCBs, odpadních HCX...).

31

Spoluspalování odpadů v cementářských pecích

- vysoká účinnost spalování za vysoké teploty a dlouhé doby zdržení
- zachycení popelovin ve slínku a jejich následné vázání v betonu
- protiproudý pohyb suroviny a spalin – malá možnost vzniku PCDDs/Fs rekombinací z radikálů a z volného chlóru v pásmu s teplotou asi 900 °C
- vhodné pro zneškodňování odpadních rozpouštědel, zbytků barev a pigmentů, pneumatik...

Nevýhody:

- žádná reálná možnost zachycení Hg
- únik toxických látek a částečně i Cd (při nedostatečné účinnosti zachycení cementového prachu)

32

Spoluspalování odpadů v jiných technologiích (elektrárny, teplárny)

- problematické - zařízení nejsou primárně určena k odstraňování odpadů
- nutné technické a stavební úpravy technologie (dávkování, čistění emisí)
- nezbytná pečlivá předúprava alternativního paliva (certifikace paliva na výrobek)
- výhřevnost odpadu optimálně vyšší než 15 MJ/kg a obsah chlóru pod 1%hm
- zvýšená nároky na homogenitu a chemickou stálost paliva

33