

Eliminace některých plynných škodlivin jejich spalováním na žhaveném drátu

Autoři:

*RNDr. Jiří Píša, CSc., Ing. Dana Chabičovská – ILD cz. s.r.o.
Ing. Petr Hutla, CSc., Ing. Petr Jevič, CSc., prof. h.c. – VÚZT v.v.i., Praha
Ing. Pavel Machač, CSc. – VŠCHT Praha*

Souhrn

Zařízení pro likvidaci vybraných škodlivin jejich spalováním na žhavených drátech mohou nalézt uplatnění v různých oborech lidské činnosti jako alternativní postupy již zavedených technologií dopalování plynem, katalytického spalování, adsorpcí na vhodných sorbentech či absorpcí v roztocích nebo suspenzích. Jsou vhodná zejména tam, kde se jedná o likvidace malých výronů vysoce toxických nebo silně páchnoucích látek, a kde přitom nehrozí nebezpečí výbuchu, protože koncentrace spalitelných látek ve vzdušině zdaleka nedosahuje dolní meze výbušnosti. Mnohdy se přitom jedná o koncentrace menší než desítky nebo stovky ppm, které však mohou mít dalekosáhlé následky a je nutné je bezpečně likvidovat.

Equipment for elimination of selected pollutants by their combustion on heated wires could be applied in different fields of human activity as an alternative solution to already established technologies as after-burning by gas, catalytic combustion, adsorption on suitable adsorbents or absorption in solutions or suspensions. This kind of equipment is suitable for elimination of small quantities of highly toxic or strong-smelling substances when there is no explosion hazard because concentration of combustibles in off gases is far from reaching of Lower Explosive Limit there. The concentrations of the pollutants are often lower than tens or hundreds ppm but they could have far-reaching consequences and it is necessary to provide their safe disposal.

Klíčová slova: *Spalování, škodliviny, žhavený drát, spalování škodlivin, likvidace VOC, snižování emisí, likvidace plynných škodlivin, snižování emisí plynných škodlivin, spalování plynných látek, likvidace zápachu, snižování pachové zátěže*

Key words: *Combustion, harmful compound, heated wire, combustion of pollutants, VOC elimination, emission decreasing, gas pollutants disposal, decreasing of emissions of gas pollutants, combustion of gaseous substances, odour liquidation, odour load decreasing*

Vybrané fyzikálně chemické způsoby snižování pachové zátěže

V rámci projektu Alfa (TA02020601) s názvem „Eliminace některých plynných škodlivin jejich spalováním na žhaveném drátu“ podporovaném TA ČR v letech 2012-2015 zpracovali řešitelé projektu certifikovanou metodiku, která uvádí základní informace o možnostech eliminace plynných škodlivin. Jedná se především o katalytické spalování, adsorpci, absorpci či biologické postupy. Alternativou či doplňkovou technologií může být i likvidace některých látek jejich spalováním na žhaveném drátu (HWC).

Navržení nejvhodnější metody likvidace pro konkrétní zadání je úkolem projektanta. Ten musí získat relevantní informace o všech situacích, které mohou nastat a rozhodnout o nejvhodnějším způsobu řešení.

Více informací viz. *CERTIFIKOVANÁ METODIKA* s názvem „Vybrané fyzikálně-chemické způsoby snižování pachové zátěže“ (ISBN 978-80-86884-87-5), kterou naleznete ve sborníku.

Posouzení vhodnosti technologie HWC pro řešení daného problému podle požadavků zákazníka

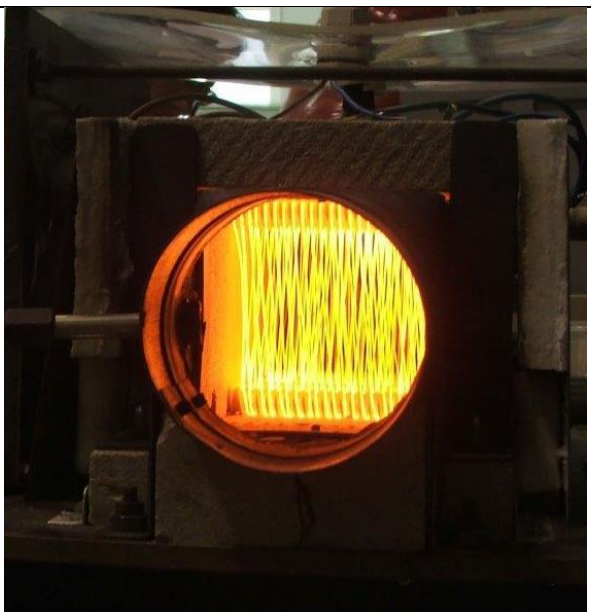
Při zodpovědném posuzování, zda je technologie HWC vhodná pro řešení problémů konkrétního zákazníka je zapotřebí zvážit mnoho faktorů:

- Složení plynného proudu. Látky, které je třeba odstranit, musejí podléhat oxidační destrukci vzdušným kyslíkem čili spalování. Nespalitelné látky není možno touto technologií likvidovat. Při posuzování je zapotřebí znát pokud možno všechny hlavní složky a rozsahy kolísání jejich koncentrace ve vzdušině. To může způsobovat problém.
- Požadovanou účinnost destrukce přítomných látek s ohledem na tvorbu produktů nedokonalého spalování (PIC's) a tolerovatelné koncentrace výchozích i dceřiných sloučenin ve vzdušině vystupující ze zařízení. Snížení koncentrace celkového organického uhlíku (TOC) vyžaduje zcela odlišný přístup, než totální destrukce (pokud možno) všech spalitelných látek přítomných v kontaminované vzdušině.
- Nepřítomnost vyšších koncentrací látek, které mohou způsobovat korozi topnic, nosné keramiky, tepelných izolací nebo pláště spalovacího zařízení, eventuálně i ventilátoru. Jedná se především jak o volné halogeny a halogenovodíky, tak i o jejich organické deriváty, z nichž se po spálení halogenovodíky a volné halogeny uvolňují. Zvláštní pozornost zasluhují sloučeniny brómu, které se v poslední době více používají.
- Technika HWC je konkurenceschopná zejména při likvidaci vybraných škodlivin z menších toků vzdušiny, kdy je relativně vysoká spotřeba elektrické energie na jednotku čištěné vzdušiny bohatě vyvážena jednoduchostí a spolehlivostí jednotky. Proti katalytickému spalování zpravidla nepotřebuje predehřev, proti termické likvidaci spoluspalování s plynem nepotřebuje hlídač plamene a další zabezpečovací prvky, atd.

Má-li být technologie HWC implementována jako retrofit ke stávající výrobní technologii, je nanejvýš doporučeníhodné provést a dobře vyhodnotit spalovací zkoušky s malou mobilní jednotkou.



Ověření technologie HWC v praktickém provozu pomocí mobilní spalovací jednotky



Pohled na jeden ze spalovacích paketů mobilní spalovací jednotky. Kontaminovaná vzdušina prochází několika žhavenými pakety, díky nimž dochází ke spalování škodlivin

Výpočet potřebného příkonu spalovacích zařízení HWC

Jednou z nejpodstatnějších informací pro potenciálního zákazníka je informace o příkonu spalovacího zařízení, pro jehož stanovení je mimo jiné třeba znát především hmotnostní tok znečištěné vzdušiny a teplotu, při které dochází k destrukci likvidované látky.

Nejdůležitější parametry pro návrh zařízení

Výchozí teplota vzdušiny do termické likvidace [°C]: t_1

Požadovaná teplota termické destrukce [°C]: t_2

Požadovaná doba zdržení na teplotě [s]: d

Hmotnostní tok znečištěné vzdušiny [kg/s]: m

Koncentrace spalitelných složek ve vzdušině [kg/kg]: C_c

Výhřevnost spalitelných složek ve vzdušině [kJ/kg]: Q_i

Koeficient pro korekci tepelných ztrát zařízení [-]: k

Měrné teplo vzdušiny při stálém tlaku [kJ/kg.K]: C_p

Čistý příkon pro ohřev vzdušiny [kW]: P_c

$$P_c = (t_2 - t_1) \cdot m \cdot C_p$$

Hodnotu měrného tepla suchého vzduchu udává následující tabulka:

Teplota °C	Měrné teplo C_p kJ/kg*K	Teplota °C	Měrné teplo C_p kJ/kg*K	Teplota °C	Měrné teplo C_p kJ/kg*K	Teplota °C	Měrné teplo C_p kJ/kg*K
-20	1,003	120	1,013	350	1,055	1000	1,185
0	1,004	140	1,015	400	1,068	1100	1,198
20	1,005	160	1,017	500	1,092	1200	1,213
40	1,006	180	1,022	600	1,115	1300	1,231
60	1,007	200	1,026	700	1,135		
80	1,008	250	1,034	800	1,154		
100	1,010	300	1,047	900	1,170		

Příkon spalovací jednotky se vypočítá podle vztahu:

$$P_p = k \cdot P_c - m \cdot C_c \cdot Q_i$$

Poznámky:

- 1) volbě koeficientu korekce tepelných ztrát je třeba věnovat zvýšenou pozornost, protože jeho hodnota závisí na tom, zda je použit tepelný výměník, jaká je požadovaná doba zdržení horké vzdušiny v dopalovacím prostoru (či komoře) a z čeho - a jak kvalitně - budou provedeny tepelné izolace. Protože povrch spalovací komory a dopalovacího prostoru je funkcí druhé mocniny

velikosti zařízení, zatímco objemový průtok funkcí mocniny třetí, je koeficient korekce tepelných ztrát závislý na velikosti zařízení jako takového. U malých laboratorních zařízení jeho hodnota – pokud zařízení není izolováno vůbec – může být i větší než 2. Naopak - při použití vhodného tepelného výměníku - jeho hodnota může být i menší než 0,5.

- 2) Teplo vznikající oxidací likvidovaných látek je ve většině případů možno zanedbat, protože koncentrace spalitelných látek bývají obvykle velmi nízké.

Příkon potřebný pro ohřátí 1 kg vzdušiny za hodinu z teploty 20 °C na požadovanou teplotu

Požadovaná teplota horkého prostoru	Střední měrné teplo C_p pro ohřev z teploty 20°C	Minimální příkon topnic	Požadovaná teplota horkého prostoru	Střední měrné teplo C_p pro ohřev z teploty 20°C	Minimální příkon topnic	Požadovaná teplota horkého prostoru	Střední měrné teplo C_p pro ohřev z teploty 20°C	Minimální příkon topnic
°C	kJ/kg*K	kW	°C	kJ/kg*K	kW	°C	kJ/kg*K	kW
100	1,0074	0,022	630	1,0626	0,180	800	1,0792	0,234
200	1,0147	0,051	640	1,0637	0,183	810	1,0801	0,237
300	1,0247	0,080	650	1,0648	0,186	820	1,0809	0,240
400	1,0362	0,109	660	1,0658	0,189	830	1,0817	0,243
500	1,0480	0,140	670	1,0668	0,193	840	1,0826	0,247
510	1,0491	0,143	680	1,0679	0,196	850	1,0834	0,250
520	1,0503	0,146	690	1,0689	0,199	860	1,0842	0,253
530	1,0515	0,149	700	1,0699	0,202	870	1,0850	0,256
540	1,0526	0,152	710	1,0709	0,205	880	1,0858	0,259
550	1,0538	0,155	720	1,0718	0,208	890	1,0865	0,263
560	1,0549	0,158	730	1,0728	0,212	900	1,0873	0,266
570	1,0560	0,161	740	1,0738	0,215	910	1,0881	0,269
580	1,0572	0,164	750	1,0747	0,218	920	1,0888	0,272
590	1,0583	0,168	760	1,0756	0,221	930	1,0895	0,275
600	1,0594	0,171	770	1,0765	0,224	940	1,0903	0,279
610	1,0605	0,174	780	1,0774	0,227	950	1,0910	0,282
620	1,0616	0,177	790	1,0783	0,231	960	1,0917	0,285

Příklad:

Do neutralizační jímky přitéká za minutu až 120 litrů zásadité odpadní vody obsahující alkalické sulfidy a 20 litrů kyseliny sírové pro neutralizaci. Při neutralizační reakci se uvolňuje sulfan, jehož koncentrace ve vzdušině dosahuje až 200 ppm. Objem sulfanu můžeme zanedbat. Pro udržení mírného podtlaku v neutralizační jímce je třeba odsávat o 50 % objemu více, než kolik kontaminované vzdušiny je z nádrže vytlačováno přitékajícími tekutinami. Určete minimální teoretický příkon topnic, aby teplota ve spalovací komoře dosáhla hodnoty 520 °C (což při zdržení vzdušiny v horkém prostoru po dobu 0,5 s odpovídá účinnosti destrukce sulfanu nejméně 99 %).

Řešení:

- 1) Celkový průtok kontaminované vzdušiny (vytěsněný objem) bude za minutu $120+20=140$ litrů.
- 2) Spálit bude zapotřebí o 50 % vzdušiny více, tedy $1,5 \cdot 140 = 210$ l/min, což je $12,6 \text{ m}^3/\text{h}$.
- 3) Při normálním tlaku a teplotě je hustota vzduchu $1,3 \text{ kg/m}^3$.
- 4) Hmotnostní průtok vzdušiny spalovací jednotkou bude tedy $12,6 \cdot 1,3 = 16,38 \text{ kg/h}$.
- 5) Teoretický příkon topnic bude $16,38 \cdot 0,146 = 2,39 \text{ kW}$.

Poznámka: pokud půjde o šaržovitou výrobu a neutralizace bude v provozu 1-2 x týdně po dobu dvou hodin, mělo by být spalovací zařízení uvedeno do provozu cca 5 minut před zahájením neutralizace, pak standardně provozováno po celou dobu neutralizace (např. 2 hodiny), a pak ještě cca 2-4 hodiny pro odstranění sulfanu z roztoku (za případného provzdušňování - stripovacím vzduchem, který současně zbylý sulfan oxiduje na elementární síru). V tomto případě zřejmě nemá smysl uvažovat o použití tepelného výměníku, který by spotřebu elektrické energie snížil. Cena za výměník ani vyšší náklady na pořízení výkonnějšího ventilátoru by se patrně provozovateli nikdy nevrátily.

Kontaktní údaje

V případě zájmu o posouzení vhodnosti metody s využitím žhaveného drátu (HWC) pro Váš konkrétní případ nás neváhejte kontaktovat prostřednictvím e-mailu ild@ild.cz nebo telefonicky na číslech +420 603 290 665 nebo 604 234 670.