

doc. Ing. Karel CIAHOTNÝ, CSc.
VŠCHT Praha
Ústav plynárenství, koksochemie
a ochrany ovzduší

Metody odstraňování těkavých organických látek z odpadních plynů

Methods of Removing Volatile Organic Compounds from Waste Gasses

Recenzent
doc. Ing. Jiří Hemerka, CSc.

Článek je věnován popisu metod a technologií, které se v průmyslovém měřítku nejčastěji používají k odstraňování organických látek z odpadních plynů vznikajících v různých průmyslových procesech. Jsou popsány principy jednotlivých technologií a uvedeny oblasti jejich typického použití včetně výhod a nevýhod jednotlivých technologií a možných úskalí při jejich provozním nasazení v určitých případech.

Klíčová slova: VOC, adsorpce, spalování, vymražování, biofiltrace

The author dedicates his article to the description of methods and technologies that are used most frequently for removal of organic compounds from waste gasses arising during the various industrial processes. There are described fundamentals of individual technologies and specifies areas of their typical use including advantages and disadvantages of individual technologies as well as possible difficulties during their operational application in certain events.

Key words: VOC (volatile organic compound), adsorption, burning (combustion), freezing out, bio-filtration

ÚVOD

Roční světové emise těkavých organických látek (VOC) do ovzduší jsou odhadovány na cca 500 mil. tun. V České republice podle evidence ČHMÚ činily emise VOC v roce 2011 cca. 139 tis. tun [1]. Z tohoto množství asi polovina připadá na emise z procesů používajících organická rozpouštědla, po 15 % tvoří emise z dopravy a ze zemědělství, 10 % emise z průmyslových procesů, 5 % emise ze spalování paliv a zbytek pak připadá na domácnosti a ostatní malé zdroje.

Pokud chceme účinně snižovat emise VOC, je nutné se zaměřit především na největší skupinu zdrojů, tedy procesy používající různá organická rozpouštědla. Jedná se především o lakovny a další podobné procesy používající nátěrové hmoty, procesy zajišťující výrobu součástek pro automobilový průmysl (použití lepidel a výplňových organických hmot), technologie výroby sanitární techniky a dalších výrobků na bázi organických pryskyřic, extrakční procesy v potravinářském průmyslu a farmacii a procesy výroby a skladování organických rozpouštědel a pohonných hmot.

TECHNOLOGIE POUŽÍVANÉ K ODSTRAŇOVÁNÍ VOC Z ODPADNÍCH PLYNŮ

K odstraňování VOC z odpadních plynů se v provozní praxi prosadily především následující technologie:

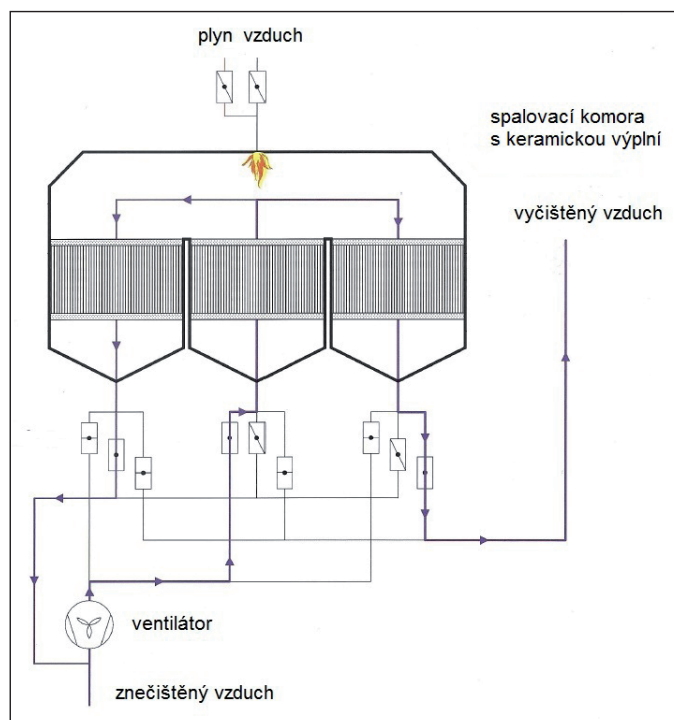
- termické spalování (vhodné pro velmi vysoké koncentrace org. látek v jednotkách až desítkách g/m^3),
- katalytické spalování (vhodné pro vysoké koncentrace org. látek v jednotkách g/m^3),
- adsorpce (vhodná pro střední koncentrace org. látek v desítkách až stovkách mg/m^3),
- kondenzace (vhodná pro vysoké a velmi vysoké koncentrace org. látek v desítkách až stovkách g/m^3),
- biofiltrace (vhodná pro nízké koncentrace org. látek v jednotkách až stovkách mg/m^3).

Všechny tyto technologie mají svá specifika a typické oblasti použití. Pro výběr nevhodnější čistící technologie jsou kromě koncentrace organických látek v čistěném vzduchu rozhodující také jeho teplota a objem

vzduchu, který je nutné za určitý čas vyčistit, hmotnostní tok směsi organických látek, složení směsi organických látek (např. přítomnost halogenovaných uhlovodíků), typ provozu zdroje (přetržitý či nepřetržitý provoz) a další specifické aspekty.

Termické spalování

Tato technologie využívá k likvidaci organických látek z odpadních plynů jejich oxidace za vysokých teplot bez použití katalyzátoru. Oxidace probíhá většinou při teplotách převyšujících $800\text{ }^\circ\text{C}$, aby bylo zaručeno dokonalé spálení org. látek v odpadním plynu. Pro zajištění účinného spalování je spalovací prostor obvykle vyplněn vhodnou keramickou výplní. Při vysokých koncentracích org. látek v čistěném plynu může proces probíhat bez spalování přídavného paliva, při poklesu koncentrací org. látek v čistěném plynu nebo při najždění jednotky se potřebná



Obr. 1 Jeden ze způsobů termické likvidace VOC z odpadních plynů [2]

energie zajišťuje také spalováním přídavného paliva. Zpětné získávání tepla se provádí jeho akumulací do vhodné keramické výplně, přičemž se do provozní praxe prosadily různé konstrukce výměníků (komorové nebo rotorové systémy).

Zařízení pro termickou likvidaci je možné najít ve velkých provozech spotřebovávajících obrovská množství organických látek, jako jsou např. lakovny karoserií ve firmách vyrábějících motorová vozidla, velké tiskárny, nebo průmyslové procesy zpracovávající velké objemy organických rozpouštědel (rafinérie, technologie z oblasti koksochemického průmyslu, např. zařízení na zpracování benzolu a dehtu, apod.).

Pokud jsou zařízení na termickou likvidaci org. látek správně navržena, pracují spolehlivě a bez větších problémů a jsou schopna zajistit vyčištění odpadních plynů na úroveň požadovanou legislativními předpisy. Při použití tohoto způsobu čištění odpadních plynů s velmi proměnlivou koncentrací VOC nebo nízkými koncentracemi VOC se však zvyšuje spotřeba přídavného paliva a tím i provozní náklady zařízení.

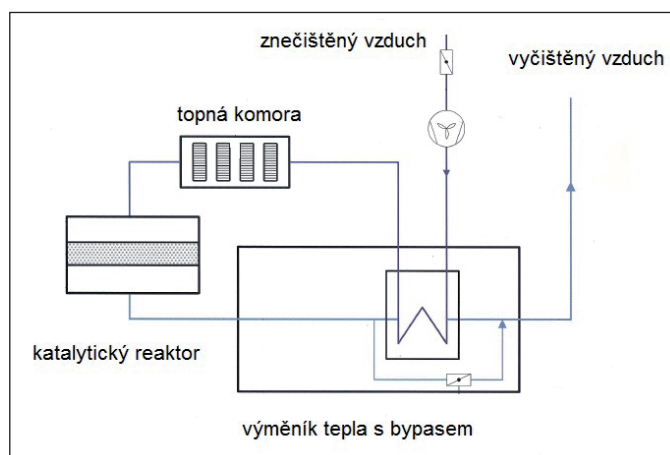
Příklad zařízení pro termickou likvidaci org. látek z odpadních plynů využívajícího tříkomorový systém je uveden na obrázku 1.

Čištěný vzduch v tomto případě prochází nejdříve jednou ze spalovacích komor s keramickou výplní, kde dochází k jeho předehřevu na teplotu potřebnou ke spálení par organických látek. Po průchodu komorou se vzduch v horní části zařízení dostává do prostoru společného pro všechny tři komory, kde je umístěn hořák pro spalování přídavného paliva. Tento hořák je v provozu v případech, kdy je teplota plynů v tomto prostoru nedostatečná (při najíždění jednotky, nebo při nízkém obsahu org. látek v čištěném plynu). Vyčištěný vzduch pak prochází druhou ze spalovacích komor, ve které dochází k akumulaci tepla horkého plynu do keramické výplně komory a současněmu ochlazení vyčištěného vzduchu. Při reverzaci toku čištěného vzduchu se čištěný vzduch zavede do druhé ze spalovacích komor a odchází ze zařízení přes třetí spalovací komoru. První komora, která sloužila jako předehřívací, se propláchne malým množstvím vyčištěných spalin. Následně je pak tato komora připravena k nasazení (jako komora pro akumulaci tepla) pro další pracovní cyklus. Tříkomorový systém je ve srovnání s dříve používanými dvoukomorovými systémy výhodnější v tom, že v okamžiku reverzace toku čištěného vzduchu nedochází k vyfouknutí nevyčištěného objemu vzduchu z předehřívací komory do ovzduší.

Katalytické spalování

Jednotky katalytického spalování VOC z odpadních plynů pracují na podobném principu, jako jednotky termického spalování. Použití katalyzátoru však snižuje pracovní teploty, při kterých může probíhat účinná oxidace organických látek. Podle typu spalovaných látek a typu použitého katalyzátoru pracují tyto jednotky s teplotami v rozmezí od cca 250 do cca 550 °C. Jako katalyzátory se většinou používají katalyzátory na bázi drahých kovů (Pt, Rh, Pd) nanesené na vhodném nosiči (obvykle gama-alumina), nebo katalyzátory na bázi oxidů kovů (např. CuO, MnO₂, apod.). Procesy katalytického spalování jsou vhodné pro likvidaci org. látek z odpadních plynů s koncentracemi VOC v jednotkách gramů na m³ plynu. Při vyšších koncentracích hrozí nebezpečí přehřátí katalyzátoru a zničení jeho aktivní vrstvy s velkým reakčním povrchem, proto je nutné v těchto případech čištěný plyn odpovídajícím způsobem ředit čistým vzduchem.

Zařízení je podobně jako zařízení určené k termickému spalování org. látek z odpadního vzduchu vybaveno systémem přídavného ohřevu, který se uplatňuje při najíždění jednotky nebo v případech, kdy z důvodu nízké koncentrace org. látek v čištěném plynu není možný autotermní provoz zařízení.



Obr. 2 Schéma zařízení pro katalytickou likvidaci VOC z odpadních plynů s rekuperací tepla [2]

Pro vrácení potřebného tepla do procesu spalování se používají buď systémy s rekuperací tepla (výměníky tepla), nebo účinnější systémy s regenerací tepla jeho akumulací do vhodné keramické náplně.

Systémy katalytického čištění odpadních plynů jsou citlivé na katalytické jedy (např. sloučeniny síry) nebo prachové částice v čištěném plynu, které zanášejí porézní strukturu katalyzátoru a zmenšují tak reakční plochu pro oxidaci org. látek, což se projeví snížením účinnosti jejich spalování. Proto je potřeba po určité době provozu katalyzátor vyměnit za nový. Životnost katalyzátoru se podle provozních podmínek pohybuje obvykle v rozmezí 2 až 5 let.

Systémy katalytického spalování org. látek z odpadních plynů jsou v ČR poměrně rozšířeny, zejména ve spojení s technologií adsorpce org. látek a následné termické regenerace nasyceného adsorbentu, při které jsou org. látky zachycené v adsorbentu vypuzovány horkým vzduchem a následně likvidovány právě kat. spalováním.

Příklad zařízení pro katalytickou likvidaci org. látek z odpadních plynů s rekuperací je uveden na obr. 2.

Čištěný vzduch v tomto případě prochází nejdříve výměníkem tepla, kde se předehřívá na potřebnou teplotu teplem odebíraným vyčištěným vzduchem. Předehřátý vzduch dále prochází topnou komorou (s elektrickým ohřevem nebo s hořákem na plyná nebo kapalná paliva), kde se může dále ohřát, není-li jeho teplota dostatečná pro katalytické spalování org. látek. Předehřátý vzduch dále prochází katalyzátorem, kde dojde ke spálení org. látek a teplota vzduchu dále vzroste o několik desítek °C. Poté se vzduch zbytečný org. látkami vrací do výměníku tepla, kde předává teplo vzduchu vstupujícímu do čistícího zařízení. Vyčištěný a ochlazený vzduch z výměníku tepla je vypouštěn do ovzduší.

Adsorpční technologie pro odstraňování VOC z odpadních plynů

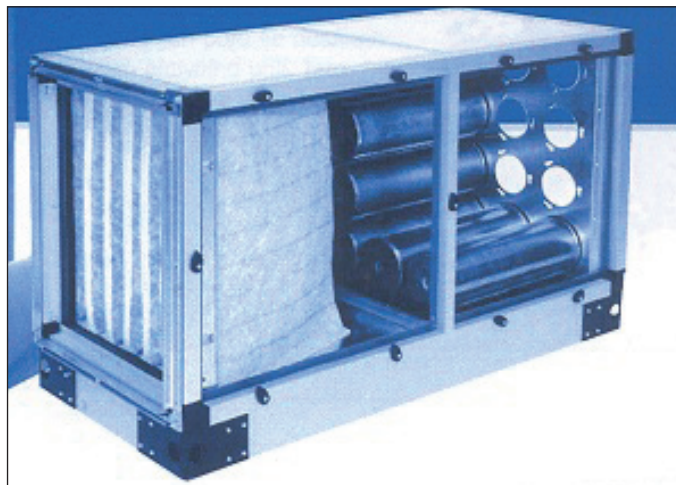
Tyto technologie jsou vhodné zejména pro koncentrace VOC v odpadním vzduchu pohybující se v desítkách a stovkách mg/m³ a teploty čištěného vzduchu do cca 50 °C. Dají se použít i pro vyšší koncentrace org. látek, je však zapotřebí tomu přizpůsobit řešení adsorpčního zařízení (odvod adsorpčního tepla, integrovaná regenerace adsorbentu v adsorpčním zařízení, zabezpečení procesu proti vznícení adsorbentu). Výhodou adsorpčních technologií používaných pro záchyt VOC je to, že jsou poměrně málo citlivé na kolísání koncentrací VOC v čištěném vzduchu a při správně navržených rozměrech adsorpčního zařízení, správné volbě vhodného adsorbentu a správně stanovených pracovních podmínkách adsorpčního zařízení dosahují tyto technologie velmi vysoké účinnosti čištění. Určité omezení pro použití adsorpce se týká polymerujících organických látek (např. styrénu), které podléhají po zachycení na vnitřním

povrchu adsorbentu polymeraci a nedají se úplně desorbovat. Čištěný vzduch s obsahem VOC je zapotřebí před přivedením do adsorpčního zařízení zbavit mechanických nečistot (prachových částic), jinak hrozí nebezpečí zanesení porézního systému adsorbentu a jeho následná deaktivace vedoucí ke snížení účinnosti čištění vzduchu od VOC. Nebezpečí hrozí také při sorpci reaktivních organických látek (např. některých ketonů) které podléhají v adsorbovaném stavu autooxidaci (jenž je podporována katalytickými účinky adsorbentu), což může způsobit významné zvýšení teploty adsorbentu vedoucí až k jeho vznícení, pokud se jedná o uhlíkaté adsorbenty. Tyto jevy jsou pozorovány i na anorganických adsorbentech (silikagel, zeolity) a jejich důsledkem většinou bývá poškození adsorpčního zařízení vlivem velmi vysoké teploty.

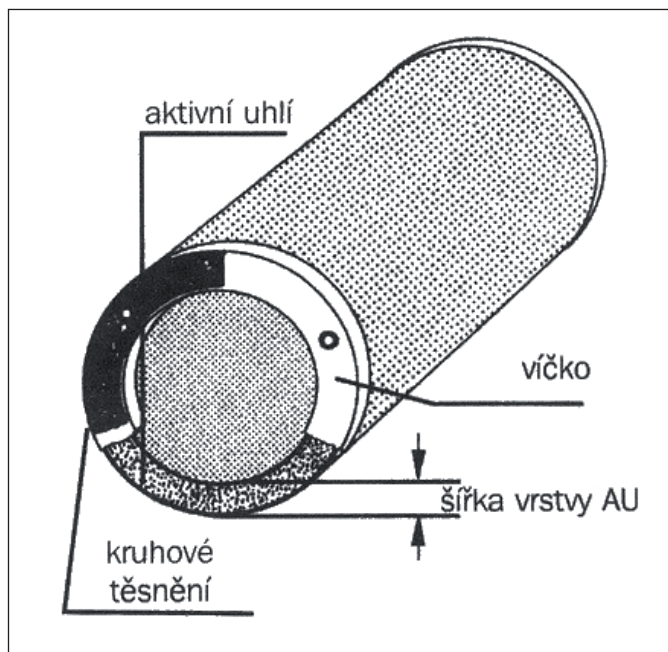
Do technické praxe byla zavedena celá řada adsorpčních zařízení používaných k zachytu VOC z odpadních plynů od jednoduchých adsorbérů bez regenerace nasyceného adsorbentu přes jednotky s integrovanou regenerací nasyceného adsorbentu zvýšením teploty nebo propařováním adsorbentu až po složité jednotky (např. s pohyblivým se ložem adsorbentu nebo tzv. adsorpční kola s adsorbentem otáčejícím se mezi adsorpční a desorpční částí zařízení). Výběr vhodného zařízení závisí na každém konkrétním aplikačním případě a dále na finančních možnostech každého investora.

Nejjednodušší adsorbéry pro zachyt VOC se vyrábějí jako nádoby ve tvaru sudu (stojatého válce) s dvojitým dnem, z nichž vnitřní dno je děrované a slouží jako dno vlastního adsorbéru. Válec je uzavřen snímatelným víkem, ve kterém je příruba pro odvod čištěného plynu. Plyn je do adsorbéru přiveden přes přírubu umístěnou v dolní stěně válce pod děrovaným dnem adsorbéru a odváděn z horního prostoru nádoby. Náplň adsorbentu má objem kolem 200 dm³. Tyto adsorbéry jsou stavěny pro max. přetlak čištěného plynu 0,5 bar a max. průtok čištěného plynu 250 m³/hod. V případě většího průtoku plynu je možné použít paralelního zapojení několika adsorbérů vedle sebe.

Podobnou variantou adsorpčního zařízení bez regenerace adsorbentu je zařízení, ve kterém je adsorbent uložen v adsorpčních patronách válcového tvaru nebo patronách ve tvaru hranolu; v obou případech jsou stěny patrony dvojitě a adsorbent se nachází v prostoru mezi oběma stěnami. Čištěný plyn proudí obvykle přes stěnu do vnitřního prostoru válce (hranolu) adsorpční patrony a odtud je odváděn do sběrače a následně do ovzduší. Předností této varianty adsorpčního zařízení je jeho stavební konstrukce umožňující přizpůsobit velikost zařízení (počet adsorpčních patron) konkrétním provozním podmínkám. Tato zařízení se uplatňují při čištění větších proudů plynu znečištěného VOC, kde však koncentrace org. látek nejsou příliš vysoké. Typickým příkladem pro aplikace těchto zařízení jsou lakovny malé a střední velikosti a obdob-



Obr. 3 Foto adsorpčního zařízení s adsorbentem v adsorpčních patronách [3]



Obr. 4 Detailní zobrazení adsorpční patrony naplněné akt. uhlím [3]

né provozy produkující odpadní vzduch znečištěný menším množstvím VOC. Foto adsorpčního zařízení s adsorbentem umístěným v adsorpčních patronách je na obr. 3. Detailní zobrazení adsorpční patrony naplněné aktivním uhlím znázorňuje obr. 4.

Použití adsorpčních jednotek s výměnnými adsorpčními patronami však může být problematické v případě větších hmotnostních toků zachycovaných VOC. V takových případech je zapotřebí velmi častá výměna náplně adsorpčních patron, aby byla dodržena požadovaná účinnost odstraňování VOC z čištěného vzduchu. V případech, kdy se jedná o vyšší hmotnostní toky odstraňovaných látek, je proto výhodnější použít adsorpční zařízení s integrovanou regenerací adsorbentu. V této oblasti bylo do provozní praxe zavedeno několik typů adsorpčních zařízení lišících se svou konstrukcí a způsobem regenerace nasyceného adsorbentu. Nejstarším typem s největším množstvím provozních aplikací i zkušeností jsou zařízení s pevným ložem adsorbentu používající regeneraci nasyceného adsorbentu pomocí propaření vodní parou. Tato technologie se s výhodou uplatňuje pro zachyt nepolárních VOC na uhlíkatých adsorbentech (aktivním uhlí), kdy použití vodní páry při desorpci nečiní potíže. Naopak nasazení polárních adsorbentů na bázi silikagelu nebo zeolitických molekulových sít neumožňuje použití tohoto způsobu regenerace nasyceného adsorbentu, protože vodní pára je na polárních adsorbentech velmi pevně sorbována a následně sušení adsorbentu nasyceného



Obr. 5 Foto adsorpčního zařízení s parní regenerací nasyceného adsorbentu [4]

vodou vyžaduje v těchto případech velké množství energie. Zařízení s pevným ložem adsorbentu a regenerací vodní parou se uplatňují např. v tiskárnách, výrobních náplastí a lepicích pásek, při čištění odpadního vzduchu z větších extrakčních procesů (např. extrakce řepkového oleje z pokrutin), při čištění odpadního vzduchu ze skladování motorových paliv či v jiných podobných technologiích produkujících odpadní vzduch s vysokým obsahem nepolárních organických látek. Fotografie ležatých válcových adsorbérů s parní regenerací je na obr. 5.

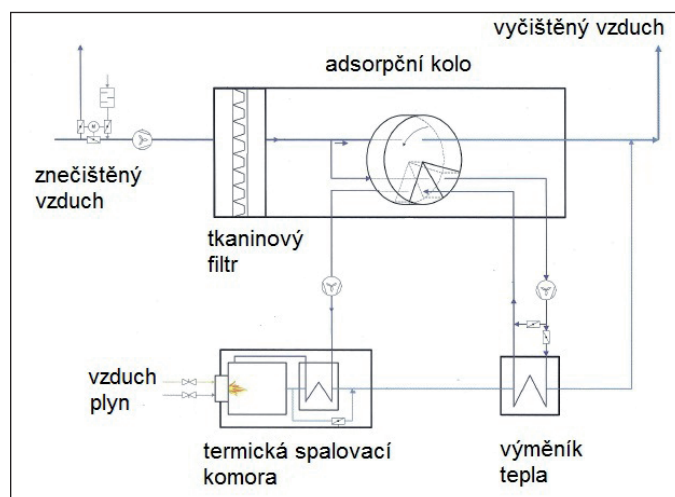
Čištěný vzduch proudí vrstvou adsorbentu směrem zespoda nahoru a opouští adsorbéry výfuky umístěnými v horní části jednotlivých adsorbérů. Parní regenerace se provádí protiproudým způsobem, přívod vodní páry je vždy do dvou míst v horní části každého adsorbéru. Páry odváděné během desorpce jsou kondenzovány a vzniklý kondenzát je následně rozdělen na dvě vrstvy. Organickou vrstvu je možné příp. znovu využít v technologickém procesu, ze kterého dané VOC unikly, nebo zlikvidovat spálením; vodní vrstva se likviduje na ČOV. Po propaření je nutné adsorbent nasycený vodou vysušit suchým horkým vzduchem a následně ochladit na pracovní teplotu pod 50 °C.

V případech, kdy adsorbované VOC nenachází opakované uplatnění v výrobním procesu a je výhodnější jejich likvidace, se používají adsorpční technologie s integrovanou regenerací adsorbentu horkým vzduchem a následně zařazenou termickou nebo katalytickou likvidací VOC uvolněných během regenerace adsorbentu. Teplota vzniklé spálením desorbovaných VOC se dá využít k ohřevu adsorbentu v procesu desorpce. Fotografie adsorpčního zařízení pracujícího s desorpcí zachycených látek ohřevem adsorbentu v proudu horkého plynu a následným katalytickým spalováním desorbovaných VOC z proudu desorpčního plynu je na obr. 6.

Adsorbent je umístěn v několika vrstvách nad sebou v kontejnerech, výška vrstvy adsorbentu se pohybuje v desítkách cm. Čištěný vzduch je rozveden pod jednotlivé vrstvy, kterými prochází a je zbavován VOC; vyčištěný vzduch je následně sveden do sběrného potrubí a odváděn do ovzduší. Po nasycení adsorbentu VOC se proud čištěného vzduchu převede do druhého kontejneru a v prvním kontejneru s nasyceným adsorbentem se provede regenerace. Adsorbent se postupně zahřívá na vyšší teploty v malém proudu vzduchu, který je následně veden do jednotky termické nebo katalytické likvidace desorbovaných VOC. V systému bývá zařazen výměník tepla pro předehřev plynu vstupujícího do zařízení pro katalytickou likvidaci VOC a zařízení pro předehřev desorpčního plynu (elektrický topný systém nebo plynový hořák, či hořák na kap. palivo). Plyn opouštějící jednotku katalytické likvidace VOC je po průchodu výměníkem tepla veden zpět do kontejneru, ve kterém



Obr. 6 Foto adsorpčního zařízení s regenerací nasyceného adsorbentu horkým vzduchem [5]



Obr. 7 Schéma technologie používající rotorový adsorbér s termickým spalováním desorbovaných látek [2]

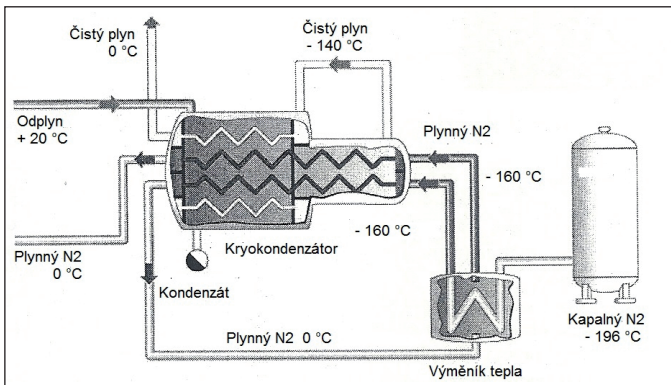
probíhá desorpce VOC. Postupné zvyšování teploty v kontejneru, kde probíhá desorpce VOC, je prováděno regulací teploty desorpčního plynu; většinou se míchá horký plyn vystupující z jednotky likvidace VOC se studeným vzduchem.

Jinou variantou adsorpčního procesu s integrovanou regenerací adsorbentu je použití tzv. adsorpčního kola, ve kterém je adsorbent naplněn v navzájem oddělených sekcích tvořících výseče kola. Adsorpční kolo se otáčí, přičemž některé ze sekcí jsou zapojeny do proudu čištěného plynu a dochází k syčení adsorbentu v těchto sekcích zachycovanými VOC. Při pootočení kola se sekce s nasyceným adsorbentem postupně dostávají do polohy, ve které probíhá regenerace adsorbentu jeho zahříváním v malém proudu plynu proudícím adsorbentem protiproudě vzhledem ke směru proudění čištěného vzduchu. Desorbované látky jsou pak z desorpčního plynu odstraňovány kondenzací nebo spalováním. Princip činnosti rotorového adsorbéru je schematicky znázorněn na obr. 7.

Znečištěný vzduch prochází nejdříve tkaninovým filtrem pro odstranění tuhých znečišťujících látek a dále pak vstupuje do některé ze sekcí adsorpčního kola nacházejících se ve výseči pro čištěný vzduch. Po průchodu adsorpční sekcí odchází vyčištěný vzduch do ovzduší. Adsorpční kolo se otáčí a sekce s adsorbentem nasyceným organickými látkami z adsorpční výseče se dostanou do regenerační sekce, kterou proudí v protisměru regenerační vzduch zahřátý na vysokou teplotu. Zvýšením teploty adsorbentu dojde k desorpci zachycených org. látek, které jsou přes výměník tepla odváděny do termické spalovací komory, kde dojde k jejich oxidaci. Horké spaliny z této komory se vracejí do výměníku tepla a poté jsou odváděny do komína. Místo termické spalovací komory bývá často používána katalytická spalovací jednotka. Po provedení desorpce se následně sekce s horkým adsorbentem po pootočení do další polohy chladí proudem čištěného vzduchu, který se pak používá po zahřátí k desorpci org. látek zachycených v adsorbentu.

Technologie kondenzace VOC z odpadních plynů

Tato technologie je vhodná pro vysoké a velmi vysoké koncentrace org. látek v odpadním vzduchu. Pro dosažení předepsaného emisního limitu je většinou zapotřebí hluboké chlazení čištěného plynu (alespoň na teploty – 60 až – 80 °C). Proto se tato technologie s výhodou používá tam, kde je k dispozici potřebný chlad (např. v místech s velkou spotřebou dusíku, který je dodáván v kapalném stavu). Někdy se tato technologie kombinuje s jinými čistícími metodami (např. adsorpce). Takováto zařízení je možné najít např. v rafinériích pohonných hmot, kde se používají ke zpětnému získávání benzínu z benzínových par. V prvním kondenzačním stupni se vzduch ze skladovacích nádrží nasycený benzínovými



Obr. 8 Schéma technologie nízkoteplotní kondenzace VOC [6]

parami předčistí chlazením na teploty kolem mínus 20 °C a ve druhém – adsorpčním stupni pak probíhá jeho dočištění. Regenerace nasyceného adsorbentu se provádí horkým inertním plynem, plyn z regenerace se vede do kondenzačního stupně.

Technologie kondenzace VOC z odpadních plynů je provozně dražší, proto se používá ke zpětnému získávání drahých chemických produktů.

Schéma technologie nízkoteplotní kondenzace VOC je znázorněno na obr. 8.

Technologie DuoCondex® vyvinutá firmou Messer, která je znázorněná na obr. 8, využívá postupného chlazení čistěného vzduchu proudem velmi chladného plynného dusíku. Ten se připravuje ve výměníku tepla tak, aby jeho výsledná pracovní teplota odpovídala teplotě požadované pro kondenzaci odstraňovaných látek. Tímto způsobem je možné využít veškerý chlad kapalného dusíku. Zařízení je možné použít tam, kde je velká spotřeba dusíku, který je dodáván v kapalně podobě.

Odstraňování VOC z odpadních plynů biofiltrací

Tato technologie je vhodná pro nízké koncentrace org. látek (např. odpadní vzduch z biologického stupně čištění odpadních vod). Protože odbourávání org. látek probíhá v tomto případě s použitím vhodných mikroorganismů ve vodném prostředí, měl by být čistěný vzduch vlhký. Organické látky zachycené v biofiltru přecházejí pomalu do vodného prostředí a slouží mikroorganismům přítomným v biofiltru jako potrava. Odbourávání probíhá relativně pomalu, větší objemy čistěného vzduchu proto vyžadují velké biofiltry. Tato technologie není vhodná pro přetržitý provoz s delšími odstávkami, protože je zapotřebí během odstávek udržovat mikroorganismy v aktivním stavu přiváděním náhradních živin do biofiltru.



Obr. 9 Foto biofiltru [7]

Do provozní praxe se prosadily tzv. biologické filtry, kde odbourávání org. látek probíhá na vhodném substrátu tvořícím náplň filtru a biologické pračky (odbourávání org. látek probíhá ve vodném prostředí). Fotografie jednoduchého biofiltru je na obr. 9.

ZÁVĚR

Pro likvidaci VOC z procesního vzduchu a odpadních plynů je k dispozici řada vyzkoušených technologií. Výběr vodné technologie, která dokáže z odpadních plynů VOC účinně odstraňovat za přijatelných nároků na investiční prostředky a přijatelných provozních nákladů, záleží na mnoha parametrech. Nejdůležitější z nich jsou průtok čistěného plynu, koncentrace VOC v odpadním plynu, typ odstraňovaných VOC a teplota plynu. Volba nevhodného způsobu odstraňování VOC pro určitý konkrétní případ má obvykle za následek problémy s dodržováním předepsaného emisního limitu pro VOC, enormně vysoké provozní náklady a v nehorších případech i takové provozní problémy čistícího zařízení, které nedovolí zařízení vůbec provozovat.

Technologie termického spalování VOC jsou obvykle provozně spolehlivé a jsou-li správně navrženy, nemají problémy s dodržováním předepsaného emisního limitu pro VOC. Jsou relativně málo citlivé na kolísání koncentrace VOC v čistěném plynu a jeho znečištění prachovými částicemi nebo katalytickými jedy. Je-li však koncentrace org. látek v čistěném vzduchu příliš nízká, rostou neúměrně provozní náklady zařízení způsobené vysokou spotřebou přídavného paliva.

Technologie katalytického spalování pracují spolehlivě v případě čistění odpadních plynů od VOC s nízkými koncentracemi tuhých znečišťujících látek a katalytických jedů. Při vyšším obsahu prachových částic a katalytických jedů dochází k rychlé deaktivaci katalyzátoru a poklesu účinnosti spalování org. látek. Spotřeba přídavného paliva v tomto případě kromě koncentrace org. látek závisí také na způsobu vrácení tepla do čistícího procesu. Systémy s regenerací tepla vykazují vyšší účinnost vrácení tepla do procesu ve srovnání se systémy používajícími rekuperaci tepla. Procesy katalytického čištění odpadních plynů od VOC jsou ve srovnání s procesy termického spalování více citlivé na kolísání průtoku plynu a kolísání koncentrací VOC. Provozní náklady systémů katalytického spalování jsou nižší, než podobných systémů termického spalování; investiční náklady na zařízení jsou však ve srovnání s termickými spalovacími jednotkami podobných velikostí vyšší.

Adsorpce je technologie, která našla široké uplatnění při odstraňování VOC z odpadního vzduchu především při nízkých a středních koncentracích. Stejně, jako u systémů katalytického spalování, by odpadní vzduch neměl být znečištěn prachovými částicemi.

Pro malé objemy čistěného vzduchu a malé hmotnostní toky VOC je nejjednodušší použití tzv. sudových adsorbérů s pevným ložem bez regenerace adsorbentu. Výměnu adsorbentu za nový zajišťují dodavatelské firmy servisním způsobem.

Pro větší objemy čistěného vzduchu s nízkým obsahem VOC je možné použít systémy používající adsorpční patrony. Výměnu adsorbentu za nový po jeho nasycení zajišťují opět dodavatelské firmy servisním způsobem.

Pro případy, kdy je zapotřebí čistit větší objemy vzduchu od VOC přítomných ve vyšších koncentracích, je vhodné použít některý ze systémů s integrovanou regenerací adsorbentu pomocí propaření nebo zahřívání v malém proudě vzduchu či inertního plynu.

Technologie nízkoteplotní kondenzace org. látek z odpadních plynů je provozně velice drahá, je proto vhodná k získávání a zpětnému využití

drahých organických látek, např. ve farmaceutickém průmyslu. Její aplikace v běžných průmyslových procesech není ve srovnání s předchozími typy čistících procesů tak častá.

Biofiltrace je technologií vhodnou k odstraňování nízkých koncentrací organických látek z vlhkého vzduchu zdrojů s nepřetržitým provozem. Mohou to být aerobní stupně průmyslových čistíren odpadních vod v rafinériích a chemických provozech, nebo např. systémy odsávání zápachajících vzduchu v kafilériích a podobných typech provozů. Biofiltrace pracuje s poměrně nízkými provozními náklady, účinnost čištění závisí na péči o zařízení, stabilním přísunu organických látek a živin do biofiltru. Není však příliš vhodná pro zdroje s přetržitým provozem.

Kontakt na autora: Karel.Ciahotny@vscht.cz

Použité zdroje:

- [1] http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/embil/11embil/rezzo1_4/rezzo1_4_CZ.html (4. 6. 2013)
- [2] prospekt firmy ELVAC EKOTECHNIKA s.r.o.
- [3] KS Klimaservice, podklady dostupné z <http://www.ksklimaservice.cz/cz/kompaktni-jednotka-s-aktivnim-uhli-ks-bd-filtracni-system-ks-kopa> (4. 6. 2013)
- [4] prospekt firmy NORIT
- [5] reklamní leták firmy HK Engineering, Chrudim
- [6] Kroupa A.: Snižování emisí VOC kryogenní technikou; Sborník konference VOC 2009, Pardubice, str. 33 - 38
- [7] prospekt firmy DEKONTA a.s.

KS Klima-Service®

VZDUCHOVÉ FILTRY A FILTRAČNÍ ZAŘÍZENÍ
AIR FILTERS AND FILTRATION EQUIPMENT



- kapsové filtry, filtrační média
- filtry a komponenty pro vysoké nároky na čistotu
- kompaktní filtry, HEPA a ULPA filtry
- adsorpční filtry pro odloučení plyných škodlivin a zápachů
- speciální filtrační zařízení a příslušenství
- vývoj, výroba, montáž, servis

www.ksklimaservice.cz info@ksklimaservice.cz +420 318 541 111



Informace denně již 13 let zdarma!

 **tzbinfo**
stavebnictví, úspory energií
technická zařízení budov
www.tzb-info.cz

- 
Články
- 
Přehled trhu
- 
Zákony a normy
- 
E-shopy
- 
Reportáže
- 
Videa
- 
Diskuze

