

Moderní postupy pro ekologické a ekonomické provádění povrchových úprav velkorozměrových a hmotných ocelových konstrukcí a dílů



Ing. Karel Hromek, CSc.

Problematika lakování velkorozměrových dílů nabývá v současné době stále více na značném významu. V následujícím příspěvku bude představena unikátní (nicméně referencemi ověřená) technologie lakování na volných plochách výrobních hal, alternativně ve spojení s BAT technologií likvidace emisí těkavých organických látek (dále též VOC).

Technologie, typy výrobků a důvody použití

Technologie

- Vzduchotechnická technologie sekční ventilace při lakování na volné ploše výrobních hal pomocí tzv. stropních trysek (lakovny na volné ploše výrobních hal).
- Technologie likvidace emisí těkavých organických látek (VOC) ve velkých objemech vzdušiny a při relativně nízkých koncentracích na bázi zeolitového koncentračního rotoru a následné termické oxidace (spalování) VOC.

Dotčené typy výrobků

- Rozměrné ocelové konstrukce.
- Nádrže, nádoby, sila.
- Kontejnery.
- Kolejová a kolová vozidla nebo jejich části (podvozky, korby, nástavby apod.).
- Přívěsy a návěsy.
- Velké a hmotné odlitky.
- Velké a hmotné svařence.

Hlavní důvody použití

- Stále se zpřísňující normy a zákony z oblasti ochrany ovzduší.
- Stále rostoucí ceny energií a požadavky na jejich úspory.
- Velmi omezená a obtížná manipulace s uvedenými výrobky v uzavřených kabinách, kde jsou prováděny povrchové úpravy.
- Volnou plochu výrobních hal, která je určena k lakování, je možno použít k jakémukoliv jinému účelu.

Článek si klade za cíl představit ekonomicky efektivní, úsporné a ekologické řešení při použití veškerých nátěrových hmot včetně tzv. rozpouštědlových. Právě rozpouštědlové nátěrové hmoty, tedy s obsahem organických rozpouštědel, se u shora uvedených typů výrobků téměř výhradně používají, přičemž jsou významným zdrojem emisí těkavých organických látek (VOC). Použití rozpouštědlových nátěrových hmot tedy vyžaduje následné zajištění likvidace emisí uvolňovaných těkavých organických látek (VOC).

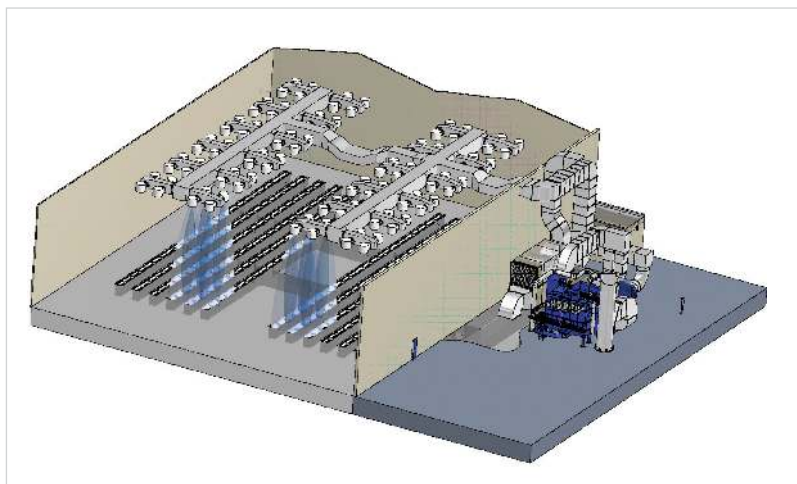
Spojení uvedených technologií představuje výrazné úspory v oblasti investiční a provozní (energetické) náročnosti oproti klasickým technologiím, spočívajícím v lakování shora uvedených typů výrobků v uzavřených kabinách s celoplošnou ventilací filtračním stropem lakovací kabiny a odtahovými kanály v její podlaze.

Technologie lakování na volné ploše výrobních hal

Tato technologie, jak je již shora stručně uvedeno, umožňuje výraznou úsporu investičních a zejména provozních nákladů podstatným snížením množství přiváděného a odváděného vzduchu při lakování velkorozměrových dílů (např. ocelových konstrukcí) na volné ploše výrobních hal bez nutnosti výstavby velkých lakovacích kabin.

Povrchová úprava velkorozměrových dílů, např. kolejových a kolových vozidel, ocelových konstrukcí, kontejnerů apod. vyžaduje v klasických uzavřených kabinách vysoký objem přiváděného a odváděného větracího vzduchu v celé ploše kabiny. To způsobuje enormně vysoké nároky na spotřebu energie a v případě použití rozpouštědlových barev též nutnost realizace nákladnějších technologií pro likvidaci těkavých organických látek v odpadním vzduchu.

Je třeba si uvědomit, že dle příslušných závazných norem pro stříkací kabiny, kde se používají rozpouštědlové barvy, musí být tzv. klesavá rychlost vzduchu (čerstvý přiváděn celoplošně tzv. filtračním stropem kabiny, odpadní vzduch s VOC a přestříky barev odváděn většinou podlahovými kanály) v uzavřené kabině 0,25 – 0,30 m/s. Výpočet objemu odtahovaného odpadního vzduchu s VOC je třeba provádět dle normy pro prázdnou kabínu, kdy objem [m³/h] = vnitřní



Obr. 1 - 3D projektový model lakovací plochy s vyznačením právě aktivních ventilovaných sekcí, vpravo vzduchotechnická jednotka lakovací plochy a technologie likvidace emisí VOC, viz též níže obr. 13



Obr. 2 a 3 – Fyzická realizace lakovny ve dvou lodích výrobní haly



Obr. 4 a 5 – Technologie likvidace emisí VOC, vlevo sekce zeolitového rotačního koncentrátoru s pomocným ohřevem, vpravo spalovací jednotka typu regenerativní termické oxidace (RTO)

plocha kabiny [m²] x klesavá rychlost [m] x 3.600 [s].

Shora uvedené znamená např. pro modelový příklad uzavřené stříkací kabiny pro rozměrné díly o vnitřních rozměrech (š x v) 6 x 20 m, odtahované množství odpadní vzdušiny 108 000-129 600 m³/h. Stejně množství čerstvého vzduchu se pochopitelně musí přivést celoplošně filtračním stropem s plynovým ohřevem na pracovní teplotu. I když je zde vřazen rekuperátor,

znamená to značnou dodatečnou spotřebu tepelné energie.

V případě volné plochy se sekční ventilací je možno danou celkovou plochu rozdělit např. na 5 sekcí o velikosti 6 x 4 m, což pro práci lakýrníka je zcela dostačující. V této aktivní sekci by probíhalo lakování, po ukončení práce přejde lakýrník do další sekce. Při povrchové úpravě rozměrného výrobku stačí tedy vždy aktuálně 1 ventilovaná sekce o rozměru 6 x 4 m, tedy ob-

jem výměny vzduchu bude pouze 21 600–25 920 m³/h. To znamená nejen významnou energetickou úsporu při ventilaci lakovacího prostoru a při investici do pořízení lakovny, ale i významnou úsporu investičních a provozních nákladů v případě pořízení technologie na likvidaci emisí VOC.

Dalším negativem uzavřených lakovacích kabin je omezená možnost manipulace s rozměrnými a hmotnými díly, kdy není možno uvnitř manipulovat jeřábem, manipulace probíhá většinou zavážecími vozy nebo závěsnými manipulatory.

Řešením uvedené problematiky pro shora uvedené díly je použití systému přívodu vzduchu do prostoru lakování přímo na volné ploše výrobní haly pomocí tzv. stropních trysek dalekého dosahu s tzv. sekční ventilací, které umožňují cílený přívod ohřátého vzduchu k podlaze volného lakovacího prostoru nebo výrobní haly ve zvolené aktivní sekci.

Systém sekční ventilace pomocí stropních trysek tedy zajišťuje cílené vedení vzduchu, přičemž stropní trysky jsou navíc přestavitelné pomocí servomotorů. Díky proměnné geometrii tak lze vzduch přivádět do prostoru různým směrem.

Odsávání vzduchu je realizováno v příslušné aktivní sekci podlahovými kanály za součinnosti podlahových vzduchotechnických klapek.

Sekční ventilace na volném prostoru výrobní haly znamená, že ventilace (řízený přívod a odvod vzduchu) je realizována pouze v místě momentálního nanášení nátěrové hmoty v dané sekci. Po dokončení operace se (buď automaticky, nebo ručně) přepne ventilace do další sekce a tak si postupně lakýrník vlastně „bere s sebou“ čerstvý vzduch pro prostor lakování.

3D projektový model lakovací plochy včetně technologie na likvidaci emisí VOC a včetně fotodokumentace fyzické realizace je ukázán na obrázcích 1 až 5, další příklady realizací lakoven na volné



Obr. 6 - Volná lakovací plocha výrobní haly obsluhovaná manipulačně mostovými jeřáby jezdícími pod distribučním potrubím přívodního čerstvého vzduchu se stropními tryskami (stříbrné potrubí nahoře se stropními tryskami) a kolejovým vozem jezdícím po kolejkách určených pro zavážení do původní zrušené uzavřené lakovací kabiny



Obr. 7, 8 a 9 - Realizace lakoven velkorozměrových dílců se sekční ventilací na volné ploše výrobní haly

ploše jsou na zobrazeny na obrázcích 6 až 9.

Princip ventilace pomocí stropních trysek dalekého dosahu

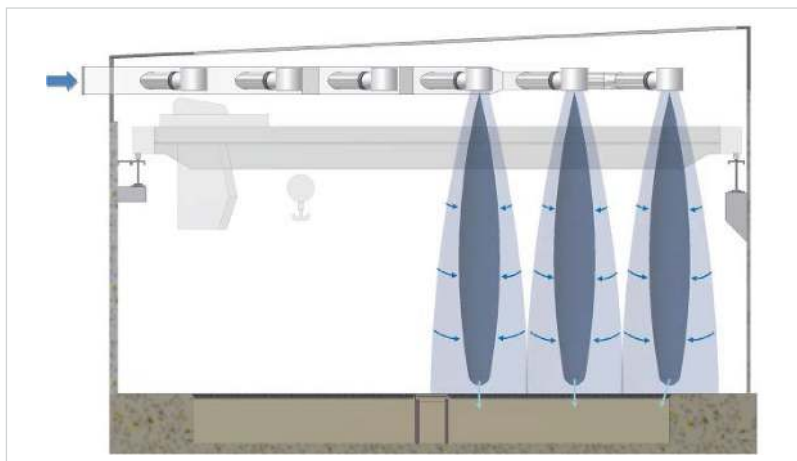
Z daného schematického znázornění (obr. 10) je zřejmé, že kmenový proud přiváděného čerstvého vzduchu do lakovacího prostoru příslušné sekce si vlivem speciální konstrukce použité konkrétní stropní trysky a vytvářeného vířivého proudu vzduchu přisává z okolí tzv. indukovaný vzduch (viz též dále popis funkce stropní trysky), takže nedochází k rozptýlu cíleně směřovaného přiváděného vzduchu a tedy ani k rozptýlu přestříků barev do okolního prostoru ostatních neaktivních sekcí, jestliže pod stropními tryskami je podlahový odsávací kanál a dále je zaručeno, že přiváděný vzduch, vzhledem k energii, kterou mu stropní tryska udělí, je se „strženými“ přestříky barev dopraven až k příslušnému odsávacímu místu.

Popis stropní trysky dalekého dosahu a její funkce

Stropní tryska dalekého dosahu (viz detail na obr. 11) je ve své podstatě speciálně pro daný případ speciálně zaregulovaná vysoce induktivní vířivá výúst s vířivou komorou ze speciálního žabrového plechu integrovanou v přípojovací komoře a s vertikálně přestavitelnou regulační tryskou (tryska dalekého dosahu).

Po vstupu vzduchu do přípojovací komory vzduch proudí přes vodící prvky tangenciálně do vířivé komory. Ve vířivé komoře přitom vzniká intenzivní vířivý proud. Vzduch vystupuje ven přestavitelnou regulační tryskou (tryska dalekého dosahu), která podle poloh trysky a podle nastavení ovlivňuje sílu víření a šíření proudu vystupujícího vzduchu.

Vzduch proudící tangenciálně do přípojovací komory přes vodící prvky vytváří ve vířivé komoře intenzivní vířivý proud. V závislosti na vertikální poloze trysky se změnil následující faktory, které určují



Obr. 10 - Princip ventilace pomocí stropních trysek dalekého dosahu



Obr. 11 - Detail stropních trysek, pod nimiž jezdí mostový jeřáb pro manipulaci s výrobky na volné lakovací ploše

druh tvaru proudu vystupujícího vzduchu:

- Množství vzduchu vstupujícího nad tryskou a intenzita víření vystupujícího vzduchu. Vzhledem k tomu, že vzduch přiváděný nad trysku neproudí podél kontury trysky, nýbrž jako vertikální proud vnitřkem trysky (účinek trysky jako usměrňovače), redukuje se při nízké poloze trysky intenzita víření vystupujícího vzduchu. Oproti tomu při vysoké poloze trysky proudí vzduch podél vnější kontury trysky a s vířením vystupuje štěrbinou trysky mezi její vnější konturou a čelní maskou;
- Velikost štěrbinu trysky, která vzniká mezi konturou regulační trysky a radiálně vystupující konturou čelní masky. Velikost štěrbinu ovlivňuje odchýlení a intenzitu vystupujícího vířivého proudu.

Polohou trysky tak lze celkové víření vystupujícího vzduchu změnit tím, že vznikají jak horizontální, tak vertikální proudy s variabilní in-

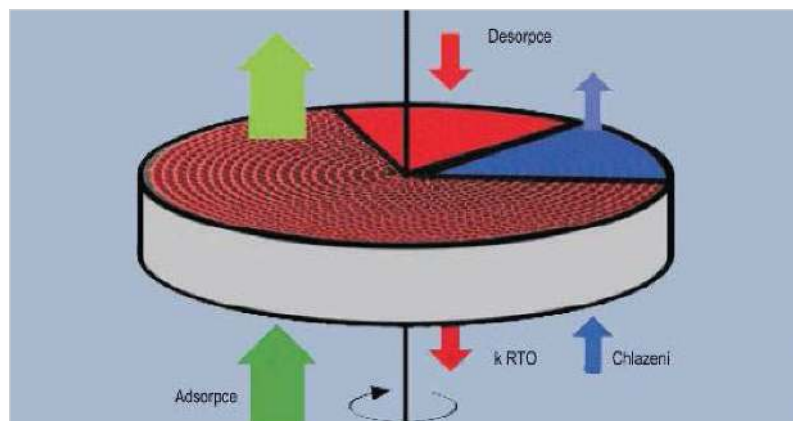
dukci a hloubkou dosahu proudu vzduchu.

Technologie likvidace těkavých organických látek (VOC) pro velké lakovny, resp. lakovací prostory na volných prostorech výrobních hal

Pro lakovny a další pracoviště povrchových úprav pracujících

s nátěrovými systémy na bázi organických rozpouštědel se používají osvědčené a provozně ověřené systémy likvidace těkavých organických látek (VOC) v odpadním vzduchu na bázi zeolitového rotačního koncentrátoru a spalovací jednotky typu RTO (regenerativní termická oxidace). To je technologie, která nachází využití především při vysokých objemech odváděného odpadního vzduchu (desítky až stovky tisíc m^3/h) a relativně nízkých koncentracích těkavých organických látek (desítky až stovky $mgVOC/m^3$).

Princip je, stručně vyjádřeno, následující. Procesní vzdušina kontaminovaná organickými látkami vychází z výrobní technologie (v tomto případě z lakovny) a prochází rotačním koncentrátorem. V průběhu této adsorpční fáze je přibližně 80 % plochy rotačního koncentrátoru v činnosti a adsorbují organické látky. V průběhu rotace koncentrátoru je jejich příslušná část kontinuálně desorbována. Znečištěný vzduch s obsahem VOC prochází tedy adsorbční částí rotoru (80 % rotoru), kde je adsorbce na povrch zeolitu snižována koncentrace VOC na požadovanou hodnotu. Desorbční (chladný) vzduch, který je odebírán před koncentrátorem, prochází nejdříve chladicí částí rotoru (10 % rotoru), tím ochlazuje část horkého zeolitového sektoru, který byl regenerován horkým vzduchem. Tímto se zároveň tento chladný vzduch ohřeje



Obr. 12 - Princip činnosti zeolitového rotačního koncentrátoru



Obr. 13 - Technologie likvidace emisí VOC – celkový pohled (v popředí spalovací RTO jednotka, vlevo vzduchotechnická jednotka lakovacího prostoru) z výrobní haly lakovny ocelových konstrukcí (viz shora obr. 1 až 3)

a vstupuje do desorpčního ohřevu, zeolitu) plynovým ohřevem. Poté kde je dohřát na desorpční teplotu je přiváděn do desorpčního sektoru (dostatečnou teplotu pro desorpci ru (10 % rotoru) zeolitového roto-

ru, kde vysokoteplotně desorbují naadsorbovaná VOC, tímto se tato sekce zahřívá a desorpční vzduch ochlazuje (princip viz obrázek 12).

Tyto tři cykly se kontinuálně střídají rotací rotoru. Tímto uspořádáním je dosažen „přechod“ nízkých koncentrací VOC ve velkých objemech na vysoké koncentrace v malých objemech. Takto upravená vzdušina (snížený objem a zvýšená koncentrace VOC) je vedena do oxidační - spalovací jednotky, kde je definitivně zbavena organických látek.

Uvedeným způsobem dochází ke snížení objemu vzdušiny kontaminované těkavými organickými látkami (VOC) v poměru 1 : 20 až 1 : 25 a zvýšení jejich koncentrací na hodnotu umožňující autotermní (tedy bez potřeby dodatečného tepla) provoz spalovací jednotky. Spalovací jednotka je typu regenerativní termické oxidace (RTO) s plynovým hořákem a teplosměnnými procesními výměníky naplněnými keramickou akumulací hmotou. Tepelná účinnost dosahuje cca 95 %. Ukázky realizací takovýchto technologií jsou na obrázcích 13 a 14. **(kontakt na str. 13).**



Obr. 14 - Technologie likvidace emisí VOC se spalovací jednotkou regenerativní termické oxidace s koncentrací VOC na zeolitovém rotačním koncentrátoru pro likvidaci emisí VOC z haly lakovny ocelových konstrukcí (viz shora obr. 7 až 9). Technologie je umístěna, z prostorových důvodů, na ocelové konstrukci ve výšce cca 8 m