

XVI. LAMINOVANIE DREVA A PLASTOV

Činnosť "**laminácia dreva a plastov**" je definovaná ako akákoľvek činnosť spájajúca drevo a/alebo plast na výrobu laminovaných výrobkov. Táto štúdia je zameraná na zariadenia, v ktorých sa táto činnosť vykonáva s ročnou spotrebou organických rozpúšťadiel vyššou ako 5 t.

Táto činnosť nezahŕňa:

- spájanie hliníka a plastu s cieľom vyrobiť laminovaný výrobok
- lamináciu spojenú s potlačou, ktorá spája dva alebo viac flexibilných materiálov
- nátery lepidlami, ktoré sú zhrnuté v kapitole IX (t.j. používanie lepidiel na inú činnosť ako je výroba drevných a/alebo plastových laminátov)

16.1 VŠEOBECNÝ OPIS ČINNOSTI A JEJ NAJČASTEJŠIE VYUŽITIE V PRIEMYSELNÝCH SEKTOROCH

Laminovanie dreva a plastu sa uskutočňuje buď v špecializovaných firmách, alebo ako výrobný krok napr. v drevárskom priemysle (výroba parkiet).

Namiesto splnenia emisných limitov sa prevádzkovatelia môžu rozhodnúť použiť redukčný plán podľa špecifikácií uvedených v prílohe č. 6 k vyhláske MŽP SR č. 410/2012 Z.z. v znení neskorších predpisov.

Osobitné požiadavky platia pre VOC klasifikované ako CMR látky (karcinogénne látky s priradenými výstražnými upozoreniami H350 (Môže spôsobiť rakovinu.), mutagénne látky s priradenými výstražnými upozoreniami H340 (Môže spôsobiť genetické poškodenie.), alebo látky toxické pre reprodukciu s priradenými výstražnými upozoreniami H360Fd (Môže poškodiť plodnosť. Podozrenie z poškodzovania nenarodeného dieťaťa.), ako aj pre halogenované VOCs, ktorým sú priradené označenia špecifických výstražných upozornení H351 (Podozrenie, že spôsobuje rakovinu.) alebo H341 (Podozrenie, že spôsobuje genetické poškodenie.)

Vo všeobecnosti platí, že pokiaľ je to možné, musí prevádzkovateľ prípravky s obsahom CMR nahradiť menej škodlivými látkami alebo prípravkami v čo najkratšom čase.

Najmodernejšie lepidlá pri procese laminácie sú lepidlá na báze vody, alebo bez rozpúšťadiel. Stále však existujú výnimky, kedy je výhodnejšie používať lepidlá na báze rozpúšťadiel, pretože výslednému produktu poskytujú lepšie vlastnosti z hľadiska chemickej a tepelnej stability spájaných komponentov.

V prípade aplikácie lepidiel na báze rozpúšťadiel sa vyžaduje termické dočistenie odpadových plynov s obsahom organických rozpúšťadiel a minimalizácia fugitívnych emisií. Tieto kroky môže viesť k tomu, že emitované množstvá znečisťujúcich látok budú takmer porovnateľnými s emisiami, aké sú dosiahnuteľné pri aplikácii lepidiel na báze vody.

Laminácia sa vykonáva v rôznych odvetviach priemyslu, a to najmä pri výrobe flexibilných obalov (vrecúška, tašky vyrobené z fólií, ktoré majú po naplnení pružný tvar) a pri spracovaní dreva (výroba laminátov na parkety, nábytok a iné). Pri výrobe laminovaných parkiet a nábytkových kompozitov sa zvyčajne nepoužívajú lepidlá na báze rozpúšťadiel, ale najmä lepidlá (živice) vytvrdzované za tepla, ktoré môžu obsahovať formaldehyd alebo fenoly.

16.2 OPIS ŠTANDARDNÉHO TECHNOLOGICKÉHO PROCESU VRÁTANE BLOKOVEJ SCHÉMY A OPISU JEDNOTLIVÝCH TECHNOLOGICKÝCH ÚKONOV, PRI KTORÝCH SA POUŽÍVAJÚ ORGANICKÉ ROZPÚŠŤADLÁ ALEBO KDE DOCHÁDZA K EMISIÁM PRCHAVÝCH ORGANICKÝCH LÁTKO

16.2.1 OPIS ŠTANDARDNÉHO TECHNOLOGICKÉHO PROCESU

Na lamináciu dreva/plastu sa využívajú dekoratívne fólie alebo papiere, ktoré sú s drevom/plastom spájané lepidlami. Tieto materiály môžu byť neimpregnované, predimpregnované alebo impregnované dodatočne. Najčastejšie sa povrchovo upravujú drevné kompozity ako napr. drevovláknité alebo drevotrieskové dosky, pričom výsledné produkty sú podlahy a rôzne nábytky.

Impregnácia je proces, v ktorom sú tieto fólie/papiere upravené živicami (predimpregnované – živice sa pridávajú v procese výroby papiera na papierenskom stroji; impregnované dodatočne – živica sa pridáva až po výrobnom procese). Fólie/papiere, ktoré boli impregnované živicami, sa dodávajú už vytvrdené, a preto sa na ich ďalšie použitie v povrchovej úprave dreva/plastu vyžaduje lepidlo.

16.2.1.1 LAMINÁCIA DREVA

Lepidlá sa skladujú v uzavretých nádržiach, odkiaľ sa čerpajú do zmiešavacej nádrže a následne do nanášacieho valca, prípadne do živicového kúpeľa. Zloženie lepidla dodáva výslednému produktu špecifické vlastnosti a vzhľad. Najprv sa pripravujú laminátové fólie/papiere namáčaním v kúpeli, alebo nanášaním lepidla valcom. Takto pripravené lamináty sa sušia, kým lepidlo úplne nevytvrdzuje. Sušenie prebieha v sušiacich peciach, ktorú môžu byť vyhrievané horúcim vzduchom, infračerveným ohrevom alebo tepelnými olejovými a parnými vykurovacími systémami. Úplné vytvrdenie lepidla nastáva až v kroku laminácie kompozitu. Po sušení laminátu sa výrobok reže na samostatné hárky, alebo sa roluje do nekonečnej rolky. Takto pripravené lamináty majú krátku životnosť a ich skladovanie je prísne kontrolované najmä z hľadiska vlhkosti v sklade.

LEPIDLÁ POUŽÍVANÉ NA LAMINACIU DREVA

Na lepenie laminátov na povrch drevných kompozitov sa používa niekoľko druhov lepidiel, ktoré sa volia najmä na základe požiadavky na výsledný produkt. Používané lepidlá možno rozdeliť na:

- **termosety (reaktoplasty)**
- **termoplastické lepidlá**
- **kontaktné lepidlá**

Termosety (reaktoplasty) sú lepidlá, ktoré sa vytvrdzujú pri bežnej izbovej teplote, alebo v horúcom lise. V dôsledku chemickej reakcie vytvárajú presietenia, ktoré sú stabilné a v prípade, že sú neskôr vystavené ďalšiemu, teplu ostávajú nezmenené.

Medzi termosety patria najmä:

- močovino-formaldehydové lepidlá,
- rezorcinol, fenol-rezorcinové a fenolrezorcino-formaldehydové lepidlá,
- fenol-formaldehydové lepidlá,
- melamíno-formaldehydové lepidlá,
- kazeínové lepidlá,
- epoxidové lepidlá.

Termoplastické lepidlá vytvrdzujú pri bežnej izbovej teplote tým, že sa z nich odparuje voda alebo rozpúšťadlo. Po ich opätovnom vystavení teplu znovu mäknú, teda nie sú termicky odolné.

Medzi termoplastické lepidlá patria najmä:

- polyvinylacetátové lepidlá (biele lepidlá)
- katalyzované polyvinylacetátové lepidlá

Kontaktné lepidlá môžu byť na báze vody alebo rozpúšťadla. Aplikujú sa na oba spájané povrchy pri izbovej teplote. Takmer hneď po spojení oboch povrchov sa vytvára vode vzdorný a vysoko pevný spoj. Lepiaci línia ostáva pružná a tým sa minimalizuje tendencia deformácie hotového výrobku.

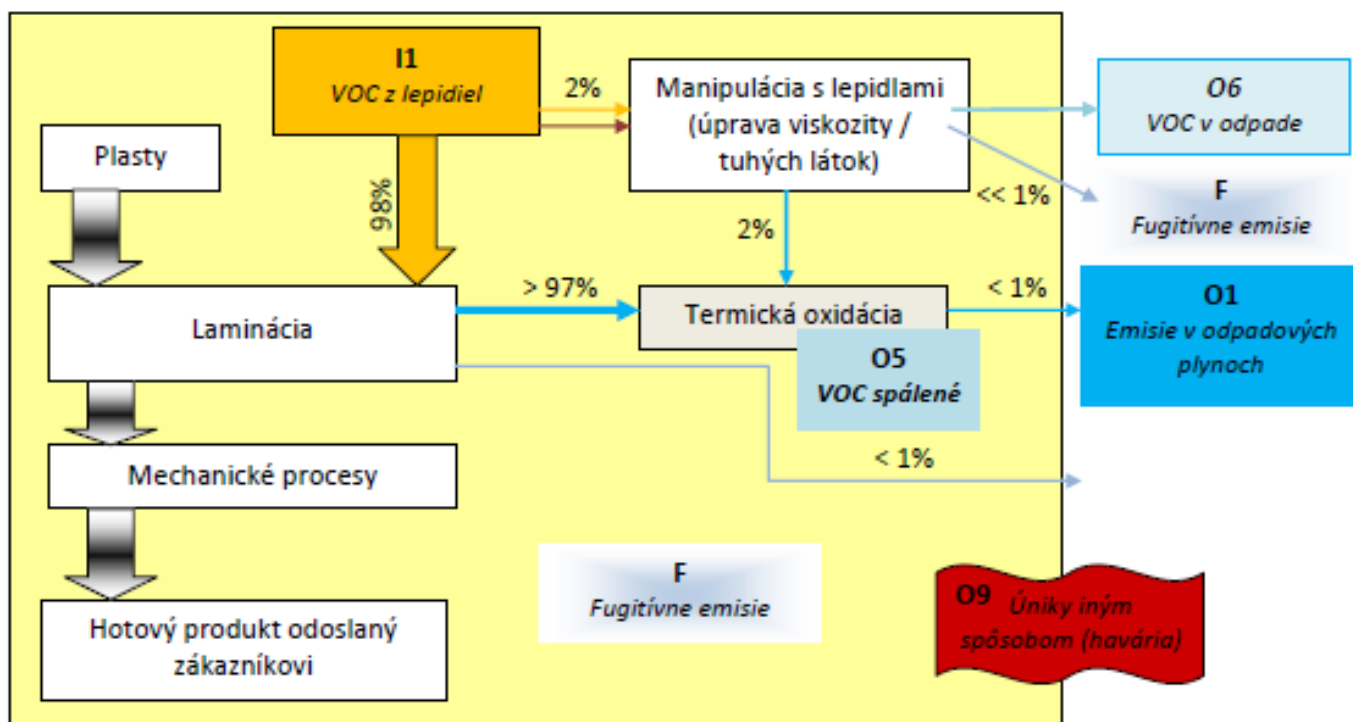
16.2.1.2 LAMINÁCIA PLASTOV

Lepidlá na báze rozpúšťadiel, ktoré sa využívajú na lamináciu plastov sú zvyčajne polyuretánové systémy rozpustené v etylacetáte (etylster kyseliny octovej). Obsah rozpúšťadla v lepidle dodávanom výrobcom je zvyčajne 30 – 50% a prídavom ďalšieho rozpúšťadla v procese aplikácie sa zvyšuje až na 60 – 70%.

Nanášanie polyuretánového lepidla prebieha na jednom z dvoch spájaných povrchov, ktoré sú následne kontinuálne tlakom spájané pri rýchlostiach 120 – 180 m/min. Proces sušenia sa vykonáva v tom istom zariadení, pričom sa používa horúci vzduch s teplotou 60 – 70°C. Sušiarne sú kontrolované a riadené tak, aby sa obsah rozpúšťadla pohyboval na 20 – 25% dolnej hranici výbušnosti (LEL, lower explosive limit), aby sa minimalizovala spotreba energie v procese.

Ak sa v procese používa len etylacetát, emisie VOC sú zvyčajne na úrovni 15 – 19 g/m³ rozpúšťadla.

16.2.2 BLOKOVÁ SCHÉMA PROCESU



Upravené podľa pôvodného zdroja: Guidance on VOC Substitution and Reduction for Activities Covered by the VOC Solvents Emissions Directive (Directive 1999/13/EC) - Guidance 15: Wood and plastic lamination

Najvýznamnejšie zdroje emisií, ktoré vznikajú v procese laminácie, sú priame emisie do ovzdušia, ktoré zahŕňajú fugitívne emisie a následne emisie z termickej oxidácie (v závislosti od účinnosti odľučovacieho zariadenia).

Rozpúšťadlo sa do procesu dostáva spolu s lepidlom – slúži na riedenie lepidla s cieľom znížiť jeho viskozitu a tak zabezpečiť rovnomerné nanášanie lepidla.

16.3 POUŽITIE ORGANICKÝCH ROZPÚŠŤADIEL A ICH CHARAKTERISTIKY (NAJMÄ BEZPEČNOSTNÉ, ENVIRONMENTÁLNE A ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ)

16.3.1 POUŽITIE ORGANICKÝCH ROZPÚŠŤADIEL A ICH CHARAKTERISTIKA

Najdôležitejším rozpúšťadlom pre laminovanie plastov je etylacetát (> 90%). Ďalšími možnosťami sú metyl-etyl-ketón alebo acetón.

V závislosti od použitých plastov a požadovaných vlastností výsledného produktu, sa spotreba rozpúšťadla pohybuje v intervale 4 – 8 g/m². Za predpokladu, že priemerná rýchlosť laminácie je 160 m/min a šírka fólie je 1 m, spotreba VOC je potom 40 – 80 kg/h.

Prietok vzduchu zo sušiackej jednotky závisí od veľkosti laminovacieho zariadenia. Pre vyššie opísaný príklad sa bežne uplatňuje rozsah 4 000 – 6 000 m³/h (pri tlaku 1 atm. a štandardnej teplote v prevádzke).

Celkový objem odpadového plynu, vrátane odsávania pracovnej plochy, závisí od veľkosti a počtu laminovacích zariadení.

16.3.2 BEZPEČNOSTNÉ, ENVIRONMENTÁLNE A ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ

V prítomnosti slnečného žiarenia sú VOC emisie unikajúce do ovzdušia, spolu s emisiami NO_x, prekurzormi tvorby prízemného ozónu. K emisiám do ovzdušia môžu prispievať aj úniky (rozliatie a pod.) zo skladovacích priestorov a tieto úniky majú tiež potenciál kontaminovať pôdu a/alebo podzemnú vodu.

Etylacetát, acetón a etyl-metyl-ketón sú pre vodné organizmy nízko rizikové.

Etylacetát dráždi oči a opakovaná expozícia môže spôsobiť vysušenie alebo popraskanie pokožky, navyše výpary môžu spôsobiť ospalosť a závraty. Etylacetát je nízko rizikový pre vodné organizmy

Acetón spôsobuje podráždenie očí a jeho výpary môžu spôsobiť ospalosť a závraty; opakovaná expozícia môže vyvolať vysušenie alebo popraskanie pokožky.

Etyl-metyl-ketón spôsobuje vážne podráždenie očí, môže spôsobovať ospalosť a závraty a opakovaná expozícia môže vyvolať vysušenie alebo popraskanie pokožky.

Pri laminovaní dreva sa z lepidiel uvoľňuje najmä **formaldehyd**.

Formaldehyd patrí medzi veľmi prchavé zlúčeniny. Je toxický pri požití, styku s kožou alebo pri vdýchnutí, spôsobuje vážne poleptanie kože a poškodenie očí, môže vyvolať alergickú kožnú reakciu, môže spôsobiť podráždenie dýchacích ciest. Existuje podozrenie, že spôsobuje genetické poškodenie, môže spôsobiť rakovinu a spôsobuje poškodenie orgánov. Je karcinogénny pre ľudí (KARC 1) a je škodlivý pre vodné organizmy.

Formaldehyd sa uvoľňuje zo syntetických živíc a lepidiel – zvyškový nekopolymerizovaný formaldehyd, ale aj viazaný formaldehyd v dôsledku starnutia materiálu. Uvoľňovanie zvyškového formaldehydu z fenol-formaldehýdových živíc sa časom znižuje, avšak z močovino-formaldehýdových živíc je jeho uvoľňovanie intenzívne počas celej doby životnosti výrobku.

Zvýšené emisie v počiatočnej fáze vyrobeného produktu sledujeme v dôsledku difúzie formaldehydu z pórov, do ktorých sa dostal v procese lepenia. Intenzita uvoľňovania formaldehydu závisí od teploty, vlhkosti a času, ktorý uplynul od výroby dosky. So zvyšujúcou sa teplotou a vlhkosťou dochádza k nárastu množstva uvoľňovaného formaldehydu.

Laminované drevné kompozity obsahujúce formaldehyd musia spĺňať prísne normy (EN 13986) či už budú použité v exteriéri alebo v interiéri.

Trieda E1 (interiér): ≤ 8 mg/100 g suchej dosky alebo $< 0,124$ mg/m³ (norma EN 717-1)

Trieda E2 (exteriér): 8 – 30 mg/100 g suchej dosky alebo 0,124 – 0,3 mg/m³ (norma EN 717-1)

Pri sušení laminovaného produktu sa uvoľňujú aj iné VOC, ktoré závisia najmä od zloženia lepidla, avšak lepidlá na lamináciu dreva zvyčajne neobsahujú rozpúšťadlá. Najčastejšie bývajú tieto lepidlá na vodnej báze.

V nasledovnej tabuľke sú uvedené príklady rozpúšťadiel obsiahnutých vo zvyčajne používaných prípravkoch pri laminácii dreva a plastov:

Rozpúšťadlo	CAS	Špecifická H-veta	Výstražné upozornenie
Etylacetát	141-78-6	H225 H319 H336	Veľmi horľavá kvapalina a pary. Spôsobuje vážne podráždenie očí. Môže spôsobiť ospalosť alebo závraty.
Acetón	67-64-1	H225 H319 H336 EUH 066	Veľmi horľavá kvapalina a pary. Spôsobuje vážne podráždenie očí. Môže spôsobiť ospalosť alebo závraty. Opakovaná expozícia môže spôsobiť vysušenie alebo popraskanie pokožky.
Metyl-etyl-ketón (MEK)	78-93-3	H225 H319 H336	Veľmi horľavá kvapalina a pary. Spôsobuje vážne podráždenie očí. Môže spôsobiť ospalosť alebo závraty.
Formaldehyd	50-00-0	H351	Podозrenie, že spôsobuje rakovinu.

16.4 NAJLEPŠIE DOSTUPNÉ TECHNIKY - NÁHRADY ŠTANDARDNÝCH TECHNÍK POUŽÍVAJÚCICH ORGANICKÉ ROZPÚŠŤADLÁ

16.4.1 SYSTÉMY BEZ VOC

16.4.1.1 POUŽÍVANIE VÝROBKOV BEZ OBSAHU VOC

Prvé zavedené bezrozpúšťadlové lepidlá boli na báze **polyuretánu**.

Prvá generácia týchto výrobkov vyžadovala aplikačné teploty 90 – 100°C a mala problémy s tvorbou bublín (pri reakcii dochádzalo k tvorbe CO₂) a niekedy so zakaleným vzhľadom filmu.

Druhá generácia prekonala tieto problémy, ale dochádzalo k tvorbe vysokého množstva zvyškových voľných izokyanátov (a ich difúzií do prostredia) a nízkej počiatočnej pevnosti väzieb.

Tretia generácia s veľmi nízkym obsahom voľných izokyanátov (ale stále sporným pre aplikácie v potravinárskom priemysle) potrebuje aplikačné teploty 50 – 70°C, pričom tieto teploty musia byť dosiahnuté už 24 hodín pred ich použitím (teda aj pri skladovaní lepidiel pred ich priamou aplikáciou pri laminovaní).

Ďalšou zaujímavou technológiou na laminovanie plastov je použitie lepidiel bez rozpúšťadiel na báze **epoxidov**. Použitie týchto lepidiel vyžaduje skladovanie výsledných pripravených výrobkov pri teplote 35 – 45°C po dobu niekoľkých dní. Použitie týchto systémov je obmedzujúce z hľadiska termickej stability výrobku a tiež z hľadiska nižšej chemickej odolnosti výrobku.

Kvôli znižovaniu VOC pristupujú niektoré podniky k aplikáciám lepidiel bez obsahu formaldehydu.

16.4.2 SYSTÉMY SO ZNÍŽENÝM OBSAHOM VOC

Systémy so zníženým obsahom VOC nie sú často používané v prevádzkach, ktoré využívajú rozpúšťadlá. Tieto prevádzky sú od počiatku vybavené napr. termickou oxidačnou jednotkou a spĺňajú požiadavky legislatívy, preto nezavádzajú nové systémy.

16.4.1.2 SYSTÉMY NA VODNEJ BÁZE

Lepidlá na báze vody sú **polyuretánové disperzie**, ktoré môžu byť použité na lamináciu širokého spektra plastových výrobkov. Pre aplikácie, ktoré vyžadujú menej striktné kritériá, môžu byť použité lepidlá na báze **akrylovej emulzie**.

Obmedzenia aplikácie systémov na vodnej báze súvisia s konečným použitím výrobku.

Hlavné prekážky môžu byť aplikácie, ktoré vyžadujú nasledovné:

- sterilizácia – lepidlá nemôžu byť vystavené dlhšiu dobu vysokej teplote
- chemická odolnosť – difúzia určitých chemikálií (kyseliny, zásady, pachy/chute) môže spôsobiť poškodenie lepidiel na báze vody
- adhézne vlastnosti – akrylové emulzie

Lepidlá na báze vody sú zvyčajne lacnejšie ako tie na báze rozpúšťadiel a obsahujú menej ako 2% VOC. Ich nevýhodou je, vyššia spotreba energie (v dôsledku termodynamických vlastností vody v porovnaní s rozpúšťadlami) – na sušenie je potrebná vyššia teplota a dlhší čas. V porovnaní s rozpúšťadlovými lepidlami, je energetická náročnosť lepidiel na báze vody viac ako dvojnásobná.

16.4.3 MODIFIKÁCIA LEPIDIEL S BIOPOLYMÉRMÍ

Použitie prírodných materiálov, ako náhrada syntetických polymérov v lepidlách, sa v súčasnosti využíva najmä pri výrobe drevných kompozitov (drevotrieskové dosky, drevovláknité dosky). Najčastejšie sa používajú biopolyméry na báze sójových bielkovín, tanínov alebo lignínov. Ich aplikácia pri laminovaní dreva a plastov je však obmedzená najmä kvôli ich vysokej viskozite, ktorá znemožňuje rovnomerné nanášanie na technologickej linke.

16.5 MOŽNOSTI PREVENČIE A ZNIŽOVANIA EMISÍ PRCHAVÝCH ORGANICKÝCH LÁTKO PRI ŠTANDARDNÝCH PROCESOCH

Ak náhrada VOC nie je možná, na zníženie emisí VOC sa môžu použiť rôzne preventívne opatrenia, zlepšenia procesov a techniky znižovania emisí.

Typické opatrenia na zníženie fugitívnych a procesných emisí VOC z procesu laminovania sú:

- a) uzavretie laminovacieho zariadenia a termická oxidácia odsávaného odpadového plynu,
- b) efektívne vetranie okolo laminovacieho zariadenia ako dodatok k ventilačnému systému samotného zariadenia; automatické dvere a uzavreté okná efektívne znižujú fugitívne emisie;
- c) riadená prevádzka lisu s vyváženou teplotou, tlakom a rýchlosťou lisovania
- d) uzatvorené in-line zariadenie na pridanie rozpúšťadla do lepidla na úpravu jeho viskozity pred aplikáciou,
- e) preventívna údržba počas bežných prestojov zariadenia,
- f) dobré hospodárenie s lepidlami, rozpúšťadlami a s odpadmi obsahujúcimi rozpúšťadlá – jedná sa hlavne o jednoduché opatrenia, ako je zabránenie ponechania otvorených plechoviek alebo sudov s rozpúšťadlom, s chemikáliami obsahujúcimi rozpúšťadla, s handrami a iným materiálom;
- g) použitie lepidiel s nižším obsahom formaldehydu;
- h) inštalácia zberných nádrží na rozpúšťadlá s vybavením spätného kondenzačného potrubia;
- i) termická oxidácia odsávaného odpadového plynu;
- j) mokré pranie zozbieraných odpadových plynov;
- k) mokry elektrostatický odľučovač plynov.

Zavedením týchto opatrení sa dosiahnu celkové hodnoty emisí nižšie ako 5% vstupného rozpúšťadla.

16.6 PREHĽAD NAJLEPŠÍCH DOSTUPNÝCH TECHNÍK A MOŽNOSTÍ OBMEDZOVANIA PRCHAVÝCH ORGANICKÝCH LÁTKO

16.6.1 ODLUČOVACIE ZARIADENIE / ZARIADENIA NA ZNIŽOVANIE EMISÍ VOC

Najčastejšie využívaným zariadením na znižovanie VOC v procese laminácie plastov je zavedenie **termickej oxidácie**.

Používajú sa tri typy takýchto zariadení:

- regeneračná termická oxidácia
- rekuperatívna termická oxidácia
- katalytická oxidácia

Všetky tri technológie redukovujú VOC spaľovaním (oxidáciou), líšia sa účinnosťou a tým, ako sa regeneruje vznikajúce teplo.

Regeneračná termická oxidácia má najmenej dva (častejšie tri) výmenníky tepla, ktoré pozostávajú z lôžok naplnených materiálom, ktorý umožňuje prechod vzduchu za súčasného absorbovania a kumulácie tepla. Jedno lôžko je ohrievané spalinami z horáka, ďalšie lôžko odovzdáva akumulované teplo privádzanému vzduchu s obsahom VOC. Regeneračná termická oxidácia je viac efektívna ako rekuperatívna, pretože účinnejšie využíva získanú energiu na predhriatie vstupujúceho vzduchu na teplotu oxidácie (~ 800°C) s čím súvisia aj prevádzkové náklady. Tie sú výrazne nižšie práve pri regeneračných oxidačných systémoch. Tieto systémy sú efektívnejšie v procesoch s relatívne nízkym obsahom rozpúšťadla, ale celkové náklady závisia od účinnosti výmenníka tepla. Výhodou je, že nie sú citlivé na zloženie odpadových plynov (druhy rozpúšťadiel, ktoré sa v odpadových plynoch nachádzajú) a ich koncentráciu v prúde

odpadového plynu privádzaného na termickú oxidáciu. Rekuperačné systémy sa používajú hlavne pri malých objemových prietokoch - pri vyšších rýchlostiach nie sú tieto systémy nákladovo efektívne. Často sa používajú v kombinácii s katalytickými oxidačnými systémami.

Pri **rekuperatívnej termickej oxidácii** sa teplo prenáša priamo od výstupného prúdu odpadového plynu k vstupujúcemu prúdu vzduchu. Používajú sa hlavne pri malých prietokoch vzduchu – pri vyšších nie sú efektívne vzhľadom na náklady. Často sa používajú v kombinácii s katalytickými oxidačnými systémami.

Katalytické oxidačné systémy pracujú na podobnom princípe ako termické oxidačné systémy. Z hľadiska konštrukcie ide o jednoposchodové jednotky. Privádzaný odpadový plyn prechádza najprv plameňom a následne cez katalyzátor, čo spôsobuje zvýšenie rýchlosti oxidačnej reakcie pri nižšej reakčnej teplote (350 – 500°C), preto sú aj emisie NO_x výrazne nižšie. Tieto systémy sú citlivé na prach a prítomnosť katalyzátorových jedov (napríklad zlúčenín síry) v odpadových plynch.

Pri procesoch laminovania s použitím lepidiel na báze rozpúšťadiel sa často používajú regeneračné a katalytické systémy, pretože zaťaženie odsávaných odpadových plynov VOC je vysoké (obsah organických rozpúšťadiel v odpadových plynch je nad hranicou autotermického procesu) a relatívne konštantné (je kontrolované sušiacou jednotkou laminovacieho zariadenia).

Na ohrev termických oxidátorov na prevádzkovú teplotu 800°C - 850°C (400°C pre katalytickú oxidáciu) je potrebné nábehové palivo – zvyčajne je to zemný plyn. Teplo, vznikajúce pri oxidácii odpadových plynov s obsahom VOC, sa môže kumulovať a môže sa v rámci technologického procesu použiť na rôzne procesné účely – napr. na ohrev vzduchu v sušiacej jednotke laminovacieho zariadenia.

Prevádzkové náklady sú vo veľkej miere závislé od:

- priemernej koncentrácie VOC v odpadovom plyne;
- času prevádzky zariadenia;
- druhu a nákladov na nábehové (prípadne aj stabilizačné) palivo potrebné na prevádzku koncového odlučovacieho zariadenia.

Zvyčajne je prúd odpadového plynu tvorený zmesou odpadových plynov odvádzaných priamo zo sušiacej jednotky laminovacieho zariadenia a odvetrania pracovného priestoru výrobných hál. Koncentrácia VOC je zvyčajne výrazne nad hranicami automatického prevádzkovania koncového odlučovacieho zariadenia (~ 2 g/m³).

Ďalšie koncové odlučovacie systémy na čistenie odpadových plynov zahŕňajú mokré práčky, mokré biofiltre a koncové spaľovacie komory.

ZHRNUTIE OPATRENÍ NA ZNÍŽENIE EMISÍ VOC

V nasledujúcej tabuľke sú zhrnuté opatrenia na zníženie emisí VOC:

Cieľ	Opis	
Systém bez obsahu VOC	Lepidlá na báze epoxidov	Je potrebná teplota skladu
Systémy so zníženým obsahom VOC	Polyuretánové lepidlá na vodnej báze	Obsahujú menej ako 2% rozpúšťadla
Optimalizácia procesu	Uzavreté laminovacie zariadenie Uzavreté zariadenie na prípravu lepidla Preventívna údržba linky Správne hospodárenie s lepidlami a rozpúšťadlami Riadená prevádzka lisu	Aplikovateľné pre viaceré zariadenia

Cieľ	Opis	
Koncové odľučovacie zariadenia	Regeneratívna termická oxidácia	Obmedzenie pre väčšie prevádzky kvôli vysokým prvotným nákladom
	Rekuperatívna termická oxidácia	Široko uplatniteľné, ale nie tak účinné ako regeneračné
	Katalytická oxidácia	Aplikovateľné len pre dobre definované zloženie odpadového vzduchu