

VIII. POVRCHOVÁ ÚPRAVA NAVÍJANÝCH DRÔTOV

Činnosť: "**povrchová úprava navíjaných drôtov**" (vodičov na vinutia) je definovaná ako akákoľvek činnosť povrchovej úpravy kovových vodičov používaných na navíjanie cievok v transformátoroch a motoroch atď.. Táto štúdia sa zameriava na zariadenia, v ktorých sa táto činnosť vykonáva s ročnou spotrebou organických rozpúšťadiel vyššou ako 5 ton.

Lakovanie vodičov pre vinutia je povrchová úprava, ktorá v zásade zahŕňa nanášanie elektrickej izolačnej vrstvy (laku) na povrch medeného alebo hliníkového drôtu. Na povrch sa môže aplikovať aj definovaná vrstva maziva, aby sa zabezpečila dobrá schopnosť navíjania a hladké pokladanie vodiča vo vinutí.

Namiesto splnenia emisných limitov sa prevádzkovatelia môžu rozhodnúť použiť schému znižovania emisií podľa špecifikácií uvedených v prílohe č. 6 k vyhláske MŽP SR č. 410/2012 Z.z. v znp. Osobitné požiadavky platia pre VOC klasifikované ako látky CMR, ako aj pre halogenované VOCs, ktorým sú priradené špecifické výstražné upozornenia H351 (Podozrenie, že spôsobuje rakovinu.) alebo H341 (Podozrenie, že spôsobuje genetické poškodenie.). Existuje všeobecná povinnosť nahradiť látky CMR - pokiaľ je to možné - menej škodlivými látkami alebo prípravkami v čo najkratšom čase.

8.1 VŠEOBECNÝ OPIS ČINNOSTI A JEJ NAJČASTEJŠIE VYUŽITIE V PRIEMYSELNÝCH SEKTOROCH

Vodič pre vinutia sa používa pre cievky motorov, transformátorov a iné elektromagnetické zariadenia používané na transformáciu energie - z elektrického na mechanické a mechanické na elektrické.

Pri povrchovej úprave drôtov sa rozpúšťadlá používajú ako pri nanášaní samotného laku, tak pri nanášaní mazacieho filmu. K dispozícii sú mazivá bez rozpúšťadiel a používajú sa v komerčných aplikáciách, ale ich použitie je stále veľmi obmedzené na jemné drôty a tam, kde nie sú kladené vysoké požiadavky na kvalitu.

Vodiče pre vinutia sa vyrábajú s kruhovým alebo pravouhlým prierezom v rôznych rozmeroch, ale kruhové sú všeobecne zoskupené podľa nasledovnej tabuľky:

Typ drôtu	Priemer drôtu	
Veľmi jemné (tenké)	-	≤ 0.040 mm
Jemné (tenké)	> 0.040 mm	≤ 0.10 mm
Stredné	> 0.10 mm	≤ 1.0 mm
Hrubé	> 1.0 mm	≤ 6.0 mm

Množstvo rozpúšťadiel používaných na lakovanie a mazanie veľmi závisí od priemeru navíjaného drôtu (vodiča na vinutie). Tenké drôty zvyčajne vyžadujú použitie väčšieho množstva rozpúšťadiel [na kg výrobku] z dvoch dôvodov. Prvý z nich spočíva v tom, že tenké drôty majú vyšší pomer povrchu k objemu a preto je potrebné väčšieho množstva náterových materiálov na kg medi. Druhým dôvodom je, že jemné a veľmi jemné drôty sú veľmi krehké a nemôžu vydržať silné ťažné sily. Čím je obsah rozpúšťadiel v mazivách/náteroch nižší, tým väčší je trecí odpor a tým väčšia je tendencia vyťahovania drôtu, čo môže viesť až k pretrhnutiu.

Mnohé mazivá obsahujú zmes VOCs s celkovým obsahom 98 až 99,9%, zostávajúci 0,1 - 2% je parafín (vosk) alebo minerálny olej, ktoré sú skutočným mazivom.

V odvetví výroby navíjaných drôtov (vodičov pre vinutia) sú rôzne typy izolačným materiálov. Tieto sa líšia svojim priemerným obsahom rozpúšťadiel. Laky na spájkovateľné vodiče kruhového prierezu majú priemerný obsah rozpúšťadla medzi 65 a 80%, laky pre vodiče kruhového prierezu s vyššou teplotnou triedou asi 55 až 75% a laky pre vodiče s pravouhlým prierezom okolo 60 až 80%.

Bežne sa používajú laky s vysokým podielom tuhých (pevných) látok (30 až 45%). Typické hodnoty emisií VOC pre celkový proces (lakovanie a lubrikácie povrchu) sú blízke 5 g_{VOC}/kg_{výrobku} pre drôty s priemerom nad 0,10 mm a 10 g_{VOC}/kg_{výrobku} pre vodiče s priemerom pod 0,10 mm. V prípade použitia mazív bez rozpúšťadiel sa môžu celkové emisie VOC znížiť o približne 60%.

Výsledné emisie VOC závisia, okrem iného, od technológie, procesu spracovania, od priemeru vodiča a od požadovanej kvality výrobku.

Najbežnejšie používaným opatrením na znižovanie emisií VOC je katalytická oxidácia s účinnosťou najmenej 97%.

8.2 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 LÁTOK

8.2.1 OPIS ŠTANDARDNÉHO TECHNOLOGICKÉHO PROCESU

Vyrábajú sa dva rôzne typy vodičov pre vinutia: kruhového a pravouhlého prierezu. Z hľadiska emisií VOC je hlavným rozdielom to, že iba na povrch vodičov kruhového prierezu bývajú aplikované mazivá, aby sa zabezpečilo ich pravidelné ukladanie vo vinutí, bez nadmerného mechanického namáhania.

Pri výrobe vodičov pre vinutia kruhového prierezu existujú dve operácie, pri ktorých sa môžu použiť rozpúšťadlá: lakovanie a aplikácia maziva. V procese lakovania sa používajú rozpúšťadlové laky, ktoré tvorí polymérna zložka, rozpustená vo vhodnom rozpúšťadle.

Povrchová úprava vodičov pre vinutia pozostáva z nanášania maziva s obsahom parafínu alebo oleja, ktoré sa väčšinou rozpúšťajú v rozpúšťadle. Počas lakovania vodič prechádza vaničkou s lakom alebo lakom impregnovanou plstou. Pre dosiahnutie požadovaného prírastku izolácie býva nanášanie laku viacnásobné.

Existujú dva rôzne spôsoby použitia lubrikantov (mazív) na lakované vodiče:

- nanášanie bez rozpúšťadiel,
- bežnejší proces s použitím rozpúšťadiel.

Aplikácia mazív s obsahom rozpúšťadiel je hlavným zdrojom fugitívnych (prchavých) emisií VOC.

8.2.1.1 LAKOVANIE V KÚPELI S LAKOM S OBSAHOM ROZPÚŠŤADIEL PRIEVLAKMI

Lakovanie vodičov sa robí ich viacnásobným prechodom vaničkou s rozpúšťadlovým lakom s koncentráciou rozpúšťadla 50 až 80% v závislosti od produktu. Čím sú vyššie požiadavky na kvalitu a jemnejší drôt, tým vyšší je obsah rozpúšťadla. Pre každú vrstvu sa nadbytočný lak odstráni priechodom vodiča cez prievlak (matricu). Vrstvy laku majú hrúbku medzi 1

a 10 µm. Každá vrstva laku sa vysuší a vytvrdzuje v smaltovacej peci, kde sa rozpúšťadlo odparí. Zvyčajne sa na povrch vodiča pre vinutia nanáša 5 až 10 vrstiev.

8.2.1.2 APLIKÁCIA ROZPÚŠŤADLOVÉHO LAKU POMOCOU PLSTI

Ďalším spôsobom nanášania izolácie na vodič je jeho prechod cez plst' impregnovanú rozpúšťadlovým lakom. Táto technológia sa zvyčajne používa na jemné vodiče pre vinutia kvôli menšiemu mechanickému namáhaniu. Plst' (so zvyškami laku a rozpúšťadla) sa potom musí likvidovať ako nebezpečný odpad.

8.2.1.3 MAZANIE POVRCHU VODIČA NA VINUTIE

Aplikácia mazív (lubrikantov) na báze rozpúšťadiel na povrch vodiča sa tiež nazýva mazanie za mokra. V tomto procese sa vodič ťahá cez plst', ktorá je nasiaknutá lubrikantom obsahujúcim približne 98 až 99% rozpúšťadla a 1% maziva (parafínu alebo minerálneho oleja). Plst' sa nesmie recyklovať a musí sa likvidovať ako nebezpečný odpad.

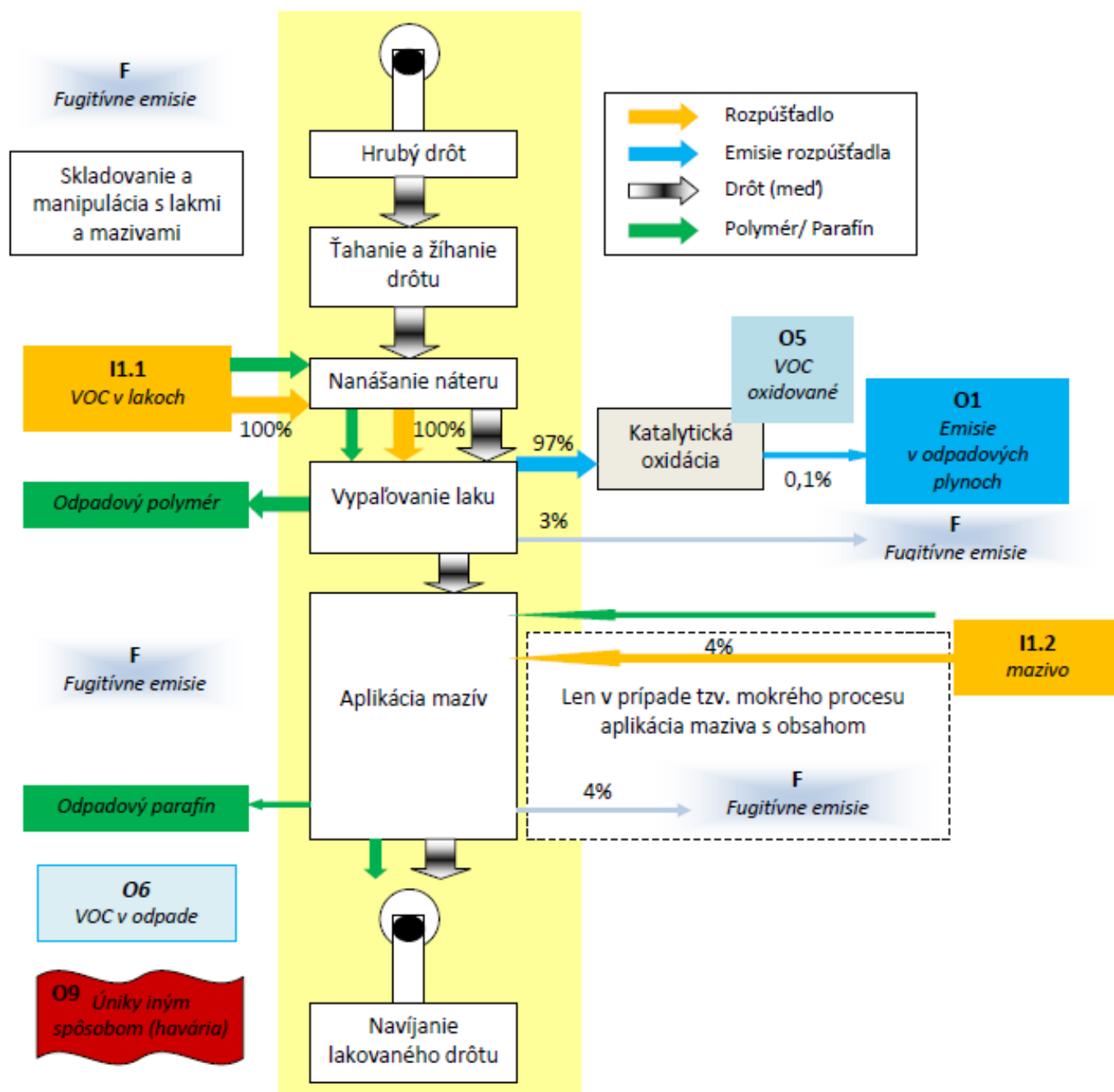
Pre výrobu vinutí je potrebná presne definovaná vrstva maziva (lubrikantu). Príliš malé alebo príliš veľké množstvo maziva spôsobuje lepivosť navíjaného drôtu a zabraňuje jeho tesnému ukladaniu. Vrstva maziva na povrchu vodiča je takmer monomolekulárna s približne 30 - 60 mg/m² maziva aplikovaného na stredné alebo hrubé drôty a 5 - 10 mg/m² maziva aplikovaného na jemné drôty s priemerom menej ako 0,10 mm.

Lubrikant s obsahom rozpúšťadla sa nemôže sušiť v smaltovacej peci, pretože vosk, ktorý sa v lubrikante nachádza, by sa mohol pri vysokých teplotách spáliť. Preto sušenie prebieha pri izbovej teplote v neuzavretej časti technológie (požadovaná dĺžka sušiacej zóny ~ 10 m). Odsatie a následné spaľovanie týchto veľkých množstiev vzduchu s nízkymi koncentraciami VOC (50 - 100 ppm) a teplotou je veľmi neefektívne a energeticky náročné. Rozpúšťadlo z maziva predstavuje približne 60% fugitívnych (prchavých) emisií z procesu ako celku.

Vrstva maziva na povrchu vodiča sa môže dosiahnuť aj bez rozpúšťadiel. Roztavené, bezrozpúšťadlové mazivo sa aplikuje na povrch vodičov napríklad pomocou plsti alebo vlákien.

8.2.2 BLOKOVÁ SCHÉMA PROCESU

Bloková schéma znázorňuje hlavné kroky procesu lakovania a aplikácie maziva s obsahom rozpúšťadla na povrch lakovaného vodiča kruhového prierezu. Výroba vodičov s pravouhlým prierezom zahŕňa rovnaké procesné kroky okrem mazania. Pri vodičoch s pravouhlým prierezom sa na ich povrch neaplikuje vrstva maziva.



Upravené podľa pôvodného zdroja: Guidance on VOC Substitution and Reduction for Activities Covered by the VOC Solvents Emissions Directive (Directive 1999/13/EC) - Guidance 9: Winding wire coating

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

8.3.1 CHARAKTERISTIKA POUŽÍVANÝCH ROZPÚŠŤADIEL

Typickými rozpúšťadlami pre laky (nátery) sú n-metylpyrolidón (NMP), nafta a iné aromáty, napr. krezoly (kyselina krezolová) s xylénom ako riedidlom. Všetky tieto rozpúšťadlá majú veľmi nízku rýchlosť odparovania. Izoméry krezolu majú napríklad rýchlosť odparovania, ktorá je 40 až 100-krát nižšia ako butyl acetát.

Krezol a n-metylpyrolidón sú veľmi silné rozpúšťadlá a typicky sa používajú na rozpustenie polymérov s vysokou molekulovou hmotnosťou, ktoré sú potrebné na dosiahnutie vrstiev odolných voči vysokej teplote. Propylénkarbonát, ktorý má nižší potenciál toxicity, by sa mohol použiť ako alternatíva pre krezol.

Pre mazivá je bežne používaným rozpúšťadlom benzín.

V súčasnosti sa už halogénované VOC pri výrobe vodičov pre vinutia nepoužívajú.

8.3.2 BEZPEČNOSTNÉ, ENVIRONMENTÁLNE A ZDRAVOTNÉ RIZIKÁ

Emisie VOC spolu s emisiami NO_x sú, za prítomnosti slnečného žiarenia, prekursorom tvorby prízemného ozónu.

Emisie VOC do ovzdušia môžu vznikáť z/zo:

- skladovania a manipulácie s rozpúšťadlami,
- procesov nanášania a sušenia,
- čistenia technologického zariadenia.

Procesné/technologické a havarijné úniky a úniky zo skladovacích priestorov môžu spôsobiť emisie do pôdy a podzemných vôd.

Tento proces vytvára odpad obsahujúci rozpúšťadlá, ktoré je potrebné likvidovať takým spôsobom, aby sa vylúčili alebo obmedzili emisie do ovzdušia, pôdy a podzemných vôd.

Kresol je jedovatý pri požití, pri vdýchnutí a pri kontakte s pokožkou. Spôsobuje vážne podráždenie pokožky a očí a môže spôsobiť popáleniny alebo zmenu farby pokožky. Chronická expozícia môže viesť k poškodeniu obličiek alebo pečene.

N-metylpyrolidón dráždi oči a pokožku.

V nasledovnej tabuľke sú uvedené príklady rozpúšťadiel obsiahnutých vo zvyčajne používaných prípravkoch na povrchovú úpravu navíjaných drôtov:

Rozpúšťadlo	CAS	Špecifická H-veta	Výstražné upozornenie
Kresol	62625-29-0	H331 H311 H301 H314	Toxický pri vdýchnutí. Toxický pri kontakte s pokožkou. Toxický po požití. Spôsobuje vážne poleptanie kože a poškodenie očí.
N-metylpyrolidón	872-50-4	H319 H315	Spôsobuje vážne podráždenie očí. Dráždi kožu.
Xylén	1330-20-7	H226 H312 H332 H315	Horľavá kvapalina a pary. Škodlivý pri kontakte s pokožkou. Škodlivý pri vdýchnutí. Dráždi kožu.

Rozpúšťadlo	CAS	Špecifická H-veta	Výstražné upozornenie
		H319 H335 H373 H304	Spôsobuje vážne podráždenie očí. Môže spôsobiť podráždenie dýchacích ciest. Môže spôsobiť poškodenie orgánov. Môže byť smrteľný po požití a vniknutí do dýchacích ciest.
Benzínové rozpúšťadlo (ropné), ľahká aromatická frakcia	64742-95-6	H226 H304 H411 H332 H315 H335	Horľavá kvapalina a pary. Môže byť smrteľný po požití a vniknutí do dýchacích ciest. Toxický pre vodné organizmy, s dlhodobými účinkami. Škodlivý pri vdýchnutí. Dráždi kožu. Môže spôsobiť podráždenie dýchacích ciest.

8.4 NAJLEPŠIE DOSTUPNÉ TECHNIKY - NÁHRADY ŠTANDARDNÝCH TECHNÍK POUŽÍVAJÚCICH ORGANICKÉ ROZPÚŠŤADLÁ

Postup aplikácie maziva s vysokým obsahom rozpúšťadla je hlavným zdrojom emisií VOC v tomto priemyselnom sektore, a preto je dôležitým procesným krokom, pokiaľ ide o zníženie emisií VOC. Najčastejšie možnosti zníženia emisií VOC sú:

- vodič sa ťahá cez plst' zmáčanú lubrikantom,
- využitie špeciálneho vosku, ktorý sa taví trením,
- využitie tuhého laku s obsahom pevných častí 45%, pri výrobe jemných drôtov je obsah pevných častí v laku cca 30%.

8.4.1 SYSTÉMY BEZ VOC

8.4.1.1 LUBRIKANTY BEZ OBSAHU VOC

Existujú dva možné spôsoby použitia mazív bez použitia rozpúšťadiel obsahujúcich VOC. Jedným zo spôsobov je použitie mazivom zmáčanej plsti. Vodič prechádza cez plst', ktorá je impregnovaná mazivom. Tým sa vytvára vrstva roztaveného maziva na povrchu vodiča.

Iným spôsobom je použitie vlákna impregnovaného mazivom, cez ktoré prechádza vodič, čiastočne zohriaty zvyškovým teplom z lakovania a trecím teplom. Vlákno je obopnuté 2 – 3-krát okolo lakovaného vodiča a pohybuje sa v tom istom smere za použitia nižšej rýchlosti než vodič.

Mazivo musí spĺňať špecifikované požiadavky zabezpečujúce primeranú konštantnú hrúbku a rovnomernosť filmu na povrchu vodiča, ktoré sa dajú dosiahnuť vo vyššej kvalite, ak je mazivo riedené v rozpúšťadle (typicky VOC). Obzvlášť jemné drôty (menšie ako 0,15 mm) sú citlivé na roztrhnutie kvôli vyššiemu treniu počas nanášania lubrikantu bez rozpúšťadiel. Parametre ako rýchlosť, teplota a trakcia vodiča musia byť trvalo monitorované a automaticky nastavované ovládacím zariadením, aby sa predišlo problémom s kvalitou a trhaním drôtu.

8.4.1.2 LAK BEZ ROZPÚŠŤADIEL

V súčasnosti nie je aplikovaný žiadny bezrozpúšťadlový lak.

8.4.2 SYSTÉMY SO ZNÍŽENÝM OBSAHOM VOC

Ak úplné nahradenie organických rozpúšťadiel nie je možné, potom by sa mali aplikovať systémy so zníženým obsahom VOC.

8.4.2.1 NÁTER S VYSOKÝM OBSAHOM TUHÝCH LÁTOK

Počas posledných rokov sa obsah tuhých (pevných) látok v používaných lakoch všeobecne zvýšil z 30 na 45%. V prípade vodičov s priemerom menším ako 0,10 mm sa obsah tuhých látok v lakoch zvýšil z 20 na približne 30%. Tieto laky sú považované za "vysoko pevné" laky, keďže je obsah rozpúšťadiel menej ako 70%.

Zníženie používania rozpúšťadiel bolo kompenzované skúsenosťami, že zvyšovanie obsahu tuhých látok má tendenciu viesť k nižšej kvalite nanášaných vrstiev. Je tiež zložitejšie dosiahnuť správnu hrúbku každej vrstvy izolácie. Všetky zariadenia v EÚ v súčasnosti používajú vlaky s obsahom pevných látok najmenej 30% pre vodiče na vinutia s priemerom < 0,2 mm.

8.5 MOŽNOSTI PREVENČIE A ZNIŽOVANIA EMISÍ PRCHAVÝCH ORGANICKÝCH LÁTOK PRI ŠTANDARDNÝCH PROCESOCH

Pre zníženie emisií VOC, ak nie je možná ich náhrada, sa môžu použiť iné preventívne opatrenia, optimalizácia procesov a koncové odlučovacie zariadenia. Až 40% prchavých emisií z procesu lakovania vodičov pre vinutia vzniká pri skladovaní a manipulácii s rozpúšťadlami.

Najbežnejšie používané opatrenia na zníženie fugitívnych (prchavých) emisií zahŕňajú zlepšenie procesu odsávania výparov unikajúcich z výrobných technológií, sušiacich priestorov, skladovacích a manipulačných priestorov atď. v miestnych odsávacích ventilátoroch a ich následná úprava alebo znižovanie.

Je možný široký rozsah opatrení na zlepšenie procesu, ktorého cieľom je znižovanie emisií VOC a/alebo zber, ako napr.:

- zvýšená efektívnosť optimalizovaných výrobných technológií,
- používanie uzatvorených alebo krytých výrobných systémov,
- použitie uzavretých kontajnerov na prepravu a prechodné skladovanie rozpúšťadiel,
- zavádzanie systémov kontroly prevencie úniku,
- optimalizácia parametrov procesu,
- efektívne plánovanie výroby a údržby.

8.6 PREHĽAD NAJLEPŠÍCH DOSTUPNÝCH TECHNÍK A MOŽNOSTÍ OBMEDZOVANIA PRCHAVÝCH ORGANICKÝCH LÁTOK

8.6.1 KATALYTICKÁ OXIDÁCIA

Vzhľadom na skutočnosť, že v súčasnosti nie sú k dispozícii žiadne laky bez VOC, je dôležitá adekvátna technológia koncového znižovania emisií. Katalytická oxidácia je bežne používanou technológiou vo výrobe vodičov pre vinutia. Výhodou katalytickej oxidácie (napríklad použitím oxidu kovu, drahých kovov ako katalyzátora) v porovnaní s bežnou termickou oxidáciou je to, že sa uskutočňuje pri nižších teplotách a tým je nižšia spotreba energie.

Na použitie katalytickej oxidácie musia spaľované odpadové plyny spĺňať tieto podmienky:

- dobre definovaný obsah a zloženie rozpúšťadla,
- nízke prietoky,
- odpadový plyn nesmie obsahovať katalytické jedy (napríklad ťažké kovy).

Katalytická oxidácia môže prebiehať pri teplotách 280 až 350°C. Pri výrobe vodičov pre vinutia sa katalyzátor prevádzkuje pri teplote 500 až 700°C, aby sa dosiahla lepšia oxidácia použitých rozpúšťadiel a zvýšila sa účinnosť odstraňovania VOC najmenej 97%.

Zvyčajne dosiahnuté úrovne emisií pre celkový proces (lakovanie a mazanie) sú menej ako 5 g_{VOC}/kg_{výrobku} pre vodiče s priemerom nad 0,10 mm a 10 g_{VOC}/kg_{výrobku} pre drôty s priemerom pod 0,10 mm. Až 50% energie potrebnej na proces lakovania môže byť dodávaný z katalytickej oxidačnej sústavy.

8.6.2 SAMOMAZNÉ LAKY

Všeobecne sa mazivosť používaných lakov zlepšuje pridaním malého množstva lubrikantov (napríklad systémov polyolefínov alebo systémov esterov mastných kyselín). Pretože samotný náterový systém už obsahuje špeciálne mazadlo na vosk a tak pôsobí rovnako ako mazivo, už nie je potrebný samostatný krok lubrikácie povrchu lakovaného vodiča.

V súčasnosti dostupný samomazací lak ešte potrebuje dodatočné nanášanie vonkajšieho mazadla na dosiahnutie rovnakých vlastností ako bežné laky. S aktuálne dostupnými produktmi je vinutie menej efektívne a pomalšie a faktor plnenia je znížený.

Dnes je toto riešenie vhodné len vtedy, keď mazivo nie je povolené, napr. z dôvodov požiarnej ochrany v niektorých typoch chladiacich kompresorov, kde zákazníci musia potom akceptovať nižšie výkony navíjania. V súčasnosti sa testuje širšia škála ďalších aplikácií.

Táto technológia však nie je aplikovateľná na výrobu pravouhlých vodičov pre vinutia.

8.6.3 POVRCHOVÁ VRSTVA NA BÁZE VODY

K dispozícii sú vodou riediteľné laky, ktoré ale stále obsahujú aspoň 15% rozpúšťadla, aby sa zachoval povrchový účinok náteru. Okrem toho testy preukazujú, že laky s tak nízkymi obsahmi rozpúšťadiel nespĺňajú prísne kvalitatívne požiadavky. Použitie vodných systémov vyžaduje vyššiu spotrebu energie, aby sa zabezpečila dlhšia a horúcejšia sušiacia zóna. Zariadenia musia byť navyše vybavené rúrkami z nehrdzavejúcej ocele.

8.6.4 UV LAKY

Zatiaľ čo v prípade náterov na báze rozpúšťadiel dochádza k vytvrdzovaniu laku v dôsledku odparovania rozpúšťadla, vytvrdzovanie UV náterov sa uskutočňuje UV-svetlom.

Táto technika je bez VOC a môže sa stať alternatívou voči konvenčným náterom na báze rozpúšťadiel. V súčasnosti však existujú značné problémy pri dosahovaní správnej hrúbky nanášaného vrstvy. Okrem toho všetky povrchové chyby, ktoré sú výsledkom tohto procesu, ohrozujú elektrický výkon. Laky vytvrdzujúce UV žiarením majú nepríjemný zápach a pracovníci môžu byť na ne alergickí. Použitie akrylátov ďalej nemusia spĺňať požadovanú teplotnú odolnosť.

8.6.5 POVRCHOVÁ ÚPRAVA LAKU ZA TEPLA

Ako spojovacie laky sa môžu použiť rôzne typy materiálov:

- termoplasty - horúce taveniny, sú polyméry, ktoré sú kvapalné pri vyššej teplote. Pri zvýšenej teplote (> 100°C) sa horúca tavenina nanáša na závitový vodič ako tavenina. Horúca tavenina tuhne, keď je vodič pre vinutia ochladený. Táto technika je takmer bez rozpúšťadiel, okrem niektorých alkoholických látok v nátere,
- termosety - termosetový materiál sa nanáša cez prievlaky, ale vyžaduje nové stroje.

Aplikácia horúcich tavenín vyžaduje cirkulačné čerpadlá pre živici, ktoré pracujú pri teplotách približne 80 až 100°C. Testy vodičov s priemerom > 0,355 mm ešte nedokázali poskytnúť produkt, ktorý dokáže splniť minimálne poodolnosti, odolnosti proti oderu a stredovej sily izolačného filmu. Vzhľadom na vysoký obsah tuhých látok v produkte, ktorý vyžaduje menej izolačných vrstiev, zatiaľ nebolo možné dosiahnuť hrúbky izolácie s požadovanou presnosťou.

V dôsledku nedostatku výkonnosti, vysokých nákladov a technologických a bezpečnostných aspektov sa táto alternatíva ešte neosvedčila v praxi.

ZHRNUTIE OPATRENÍ NA ZNÍŽENIE EMISÍ VOC

V nasledujúcej tabuľke sú zhrnuté opatrenia na zníženie emisií VOC:

Cieľ	Opis	Aplikovateľnosť
Systém bez obsahu VOC	Lubrikanty bez obsahu VOC	Nie je použiteľný vo všetkých prípadoch, problematický je najmä pre tenké vodiče s priemerom ≤ 0.10 mm
Systémy so zníženým obsahom VOC	Vysoko pevný náter - lak s vysokým obsahom tuhých (pevných) látok	Neuplatňuje sa vo všetkých prípadoch, zvlášť problematický pri tenkých vodičoch
Optimalizácia procesu	Dobrá údržba Správna manipulácia s rozpúšťadlami	Uplatniteľné vo všetkých prípadoch podľa stavu techniky
Koncové odľučovacie zariadenia	Katalytická oxidácia	Uplatniteľné vo všetkých prípadoch podľa stavu techniky