



IVANA TUREKOVÁ

Hodnotenie fyzikálnych a chemických faktorov drevných prachov

Evaluation of Physical and Chemical Factors of Wood Dust

Doc. Ing., PhD., Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, Pedagogická fakulta, Katedra techniky a informačných technológií, Slovenská republika

Abstrakt

V drevospracujúcom priemysle významné postavenie majú drevné prachy, ktoré možno hodnotiť podľa nebezpečných vlastností z rôznych hľadísk. Prvým je nebezpečnosť charakterizovaná požiaro-technickými vlastnosťami a k druhým patria hygienicko-zdravotné hľadiská. Hoci každé z nich predstavuje osobitnú sféru záujmu, spoločným rysom na takýchto pracoviskách je zabezpečiť také pracovné prostredie, ktoré zodpovedá požiadavkám zdravotnej bezpečnosti a technickej bezpečnosti pri práci.

Kľúčové slová: drewný prach, fyzikálne a chemické vlastnosti, hygienické limity, požiaro-technické charakteristiky

Abstract

In wood-processing industry important position belongs to the wood dusts. They can be evaluated according hazardous properties, physical and chemical, of two ways. The first is characterized as a fire-technical properties and the second way includes the health aspects. Although each of which represents a particular sphere of interest, a common feature in such works is to ensure a working environment that meets the requirements of public health and technical safety.

Key words: wood dust, physical and chemical properties, hygiene limits, fire-technical characteristics

Úvod

Technologické postupy sú hlavným zdrojom emisií škodlivého prachu na pracoviskách. Technológie spracovania tvrdého dreva sú považované za karcinogénne. Štúdie ukázali, že expozícia prachu dreva je spojená s rozvojom rakoviny nosovej dutiny a prínosových dutín, ale údaje týkajúce sa vývoja rakoviny pľúc sú rozporuplné a nejednoznačné.

Hygienické posudzovanie pevných aerosólov

Medzinárodná organizácia pre štandardizáciu (ISO) a Európsky výbor pre štandardizáciu (CEN) definovali rôzne veľkosti častíc a rozdelili ich do frakcií z dvoch hľadísk (Koppová a kol., 2007, 107).

1. Pre účely odberu vzoriek a analytické metódy je používaná terminológia TSP (*Total suspended particulates*) - celkový polietavý prach, meraný gravimetricky:

- PM₁₀ – prachové častice s aerodynamickým priemerom 10 μm a menším,
- PM_{2,5} – prachové častice s aerodynamickým priemerom 2,5 μm alebo menším (Dzurenda, 2007, s. 16–36).

2. Z fyziologického hľadiska a miesta depozície v respiračnom trakte podľa konvencií pre jednotlivé frakcie po medzinárodnej harmonizácii (USA – ACGIH, EPA a Európa - ISO, CEN, BMRC) členenie vyzerá nasledovne:

- vdychovateľná (inhalovateľná) hmotnostná frakcia < 100 μm,
- thorakálna frakcia 5 – 10 μm,
- tracheobronchiálna (respirabilná hmotnostná) frakcia 2,5 – 5 μm;
- vysoko respirabilná hmotnostná frakcia < 2,5 μm (Vlčková, 2009, s. 310).

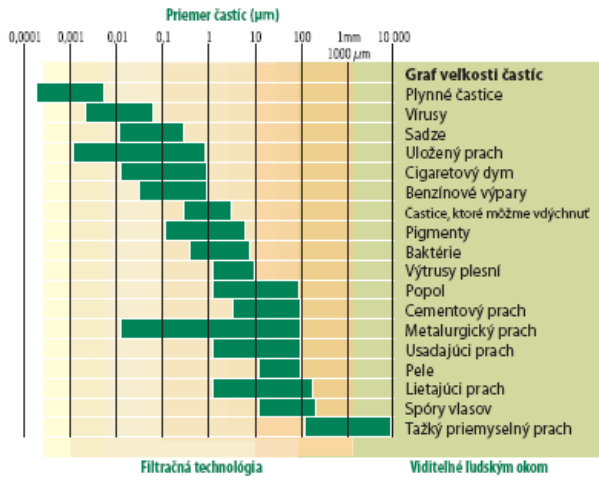
Od veľkosti prachových častíc závisí i prienik do dýchacích ciest a ich ďalší osud. Veľké prachové častice ($0 > 10 \mu\text{m}$) v prostredí rýchlo sedimentujú. Zachytávajú sa už v horných častiach dýchacích ciest a spolu s hlienom a činnosťou riasinkového epitelu posúvajú hore do nosohltana, odkiaľ sa môžu dostať do tráviaceho traktu alebo sa eliminovať z organizmu kašľom. Menšie častice ($0 < 5 \mu\text{m}$) – tzv. respirabilná frakcia – zotrávajú v ovzduší dlhý čas. Prenikajú aj do pľúcnych alveol, kde sú fagocytované alveolárnymi makrofágmi. Tu môžu ostať deponované a vyvolávať lokálne biologické účinky, alebo môžu preniknúť do krvi a lymfy. Na Obrázku 1 je rozdelenie častíc. Tento diagram ukazuje, že viac ako 99,90% vzduchom nesených častíc má veľkosť menšiu alebo rovnú ako 1 μm. Táto napríklad aj hlavná časť filtrácie vzduchu sa odohráva v neviditeľnej oblasti (ľudské oko je schopné registrovať časticu veľkosti 30 μm) (Buchancová, 2003).

Toxicita drevných prachov

Toxická aktivita je u drevín špecifická. Poznať presný druh dreveniny je dôležité pre predikciu potenciálnych toxických účinkov. Pre kontrolu látok nebezpečných pre zdravie pre prach z tvrdého aj mäkkého prachu z dreva bol priradený maximálny limit expozície vo výške dýchacej zóny 5 mg/m^3 (8 hodín časovo vážený priemer pre vdychnutelný prach). IARC potvrdila zvýšené riziko vzniku sinonazálnej rakoviny pri expozícii tzv. tvrdým drevám, ktoré zaradila medzi dokázané humánne karcinogény (skupina 1).

Podľa OSHA, "súvislosť medzi rakovinou pľúc a ochranou pred prašnosťou dreva je nejednoznačný, aj keď niektoré epidemiologické štúdie poukázali na

nárast rakoviny pľúc u pracovníkov exponovaných drevnému prachu“. Zvýšený výskyt iného typu rakoviny, Hodgkinova choroba, bola pozorovaná u niektorých typov pracovníkov v drevospracujúcom priemysle (Eckhoff, 1997).



Obr. 1. Diagram veľkosti častíc znečisťujúcich ovzdušie (Buchancová, 2003)

Hlavným účinkom dreva **na kožu** je podráždenie. Je to spôsobené priamym kontaktom kožou s drevom, jeho prachom, kôrou, miazgou alebo dokonca aj lišajníkmi rastúcimi na kôre. Podráždenie môže spôsobiť vyrážky alebo dermatitídu. K osvedčeným postupom pre prácu s drevným prachom patria:

1. vyhnúť sa zbytočnému vdýchnutiu prachu. Pri operáciách s vysokou prašnosťou je nutné používať respirátor podľa platných štandardov,
2. dodržiavať pravidlá osobnej hygieny, aby sa zabránilo kožným problémom,
3. poznať druh dreveniny s ktorou sa pracuje (napr. červený céder môže spôsobiť alergiu),
4. vyhnúť sa prášeniu pri čistení, bezpečnejšie sú vákuové zariadenia,
5. rezné nástroje je potrebné udržiavať ostré a v dobrom stave, aby sa zabránilo nadmernému treniu a páleniu dreva,
6. poznať chemikálie na pracovisku (Balog, 2008, s. 45–46).

Drevený prach je považovaný za nebezpečnú chemickú látku. Preto ako pre každú nebezpečnú látku v pracovnom procese by mal byť vypracovaný prevádzkový poriadok a posúdené riziko z jeho expozície.

Limity expozície a súvisiace podmienky

V SR sú stanovené limity pre pevné aerosóly s prevažne dráždivým účinkom. Tabuľka 1, v Tabuľke 2 sú stanovené ďalšie používané limitné hodnoty.

Tabuľka 1. Tuhé aerosóly s prevažne dráždivým účinkom

Faktor	Faktor NPELc (mg.m ⁻³)
pevný aerosól z dreva	
a) exotické dreviny 1	1
b) ostatné dreviny	8
c) dub, buk (karcinogén kategórie 1)	5 (TSH)*
ostatný rastlinný pevný aerosól	6

* – karcinogény a mutagény zaradené do kategórií 1 a 2, pre ktoré nemôžu byť v súčasnosti stanovené najvyššie prípustné expozičné limity vzhľadom na ich predpokladané bezprahové účinky. Sú to minimálne hodnoty zistiteľné v pracovnom ovzduší dostupnými analytickými metódami, ktoré možno dodržať technickými opatreniami. Ich dodržiavanie znižuje pravdepodobnosť škodlivých účinkov na zdravie, ale nemôže ich úplne vylúčiť. TSH znamenajú časovo vážený priemer koncentrácie plynov, pár a aerosólov vrátane minerálnych vlákien za 8-hodinový zmenu a 40-hodinový pracovný týždeň.

Tabuľka 2. Ostatné limity pre drevné prachy (HSE Books, 1996)

OSHA	<i>The Occupational Safety and Health Administration</i>	PEL <i>Permissible Exposure Limit</i>	15 mg.m ⁻³ 5 mg.m ⁻³ pre respirabilnú frakciu
ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>	TLV -Threshold Limit Value STEL - Short-term Exposure Limit	1 mg.m ⁻³ 5 mg.m ⁻³ – mäkké drevo 10 mg.m ⁻³ – tvrdé drevo
NIOSH	<i>The National Institute for Occupational Safety and Health</i>	REL as a TWA <i>Recommended Exposure Limit</i> (10 /deň a 40h/týždeň)	1 mg.m ⁻³

Bezpečnostné aspekty drevných prachov

Deflagrácia prachu nastáva, ak koncentrácia horľavého prachu, ktorý je prítomný vo vzduchu, je dostatočná na šírenie plameňa po zapálení dostatočne veľkým energetickým zdrojom zapálenia. Okrem výbušnej atmosféry tvorenej vzduchom (oxidačným činidlom) a horľavou látkou (prachom alebo plynom) je pre výbuch nevyhnutný aj iniciačný zdroj. Iniciačné zdroje sú predmety alebo látky, ktoré sú schopné odovzdať také množstvo energie určitého druhu, teploty a po určitú dobu, že sa tým vyvolá vznietenie určitej zmesi horľavej látky a oxidačného prostriedku (Mračková, 2013, s. 19–26). Všeobecne možno povedať, že pre zapálenie plynnej atmosféry je dostatočná iba 10 až 1000-krát nižšia energia ako pre prachovú atmosféru. Kompletný zoznam zdrojov zapálenia uvádza EN 1127-1:12. Preventívne opatrenia možno rozdeliť:

Primárne (aktívne) opatrenia

Sú opatrenia, ktoré zamedzia alebo obmedzia vytváranie nebezpečného množstva výbušnej zmesi, ako:

- odstránenie alebo náhrada horľavých látok menej horľavými,
- čiastočná alebo úplná inertizácia napr. plynmi N₂, CO₂, vzácnymi plynmi, vodnou parou a pod., čím sa zníži obsah vzdušného kyslíka,
- obmedzenie vytvárania výbušného prostredia v okolí zariadenia.

Najúčinnejšie ochranné opatrenie je časté odstraňovanie prachu bez jeho vírenia. Pre stanovenie periódy čistenia možno použiť výraz:

$$\tau_{KRIT} = \frac{c_{MIN} \cdot h}{m_{SED}} \quad (1)$$

kde

τ_{KRIT} je kritická doba, t.j. maximálnadoba do ďalšieho čistenia v hod,

m_{SED} je hmotnosť usadeného prachu za hodinu (deň) v ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$),

h je výška miestnosti (m),

c_{MIN} je dolná medza výbušnosti v ($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$).

V prípade výsky tuhy bridnej prímеси horľavého plynu alebo pary horľavej kvapaliny sa táto dobavý razne skraccuje.

Sekundárne opatrenia, ktoré obmedzia iniciáciu

Pre posúdenie možnosti iniciácie sa používajú:

- minimálna teplota vznietenia usadeného prachu t^{u}_{MIN} ,
- minimálna teplota vznietenia rozvíreného prachu t^{r}_{MIN} ,
- minimálna iniciačná energia E_{MIN} .

Nebezpečenstvo iniciácie usadenej vrstvy prachu hrozí, ak

$$t_{PRAC} \geq k_t \cdot t^{u}_{MIN} \quad (2)$$

Kde

t_{PRAC} je teplota horúceho povrchu v °C,

k_t je bezpečnostný koeficient, ktorý má hodnotu 0,8 s výnimkou elektrotechnických zariadení, kde $k_t = 0,7$.

Nebezpečenstvo iniciácie rozvíreného prachu odhorúceho prostredia hrozí, ak

$$t_{PRAC} \geq 0,8 \cdot t^{r}_{MIN}. \quad (3)$$

Preto je potrebné vykonávať testovanie prachov, čo znamená získanie bezpečnostno-technických charakteristik. Je základným krokom pri hľadaní možných iniciačných zdrojov, hodnotenia rizika príp. následkov prachov pri požiaroch.

Diskusia

Na základe štúdií z literatúry perspektívy protivýbuchovej prevencie budú v budúcnosti smerovať nasledovne:

1. Priemysel bude usilovať o nákladnejšie ale efektívnejšie bezpečnostné opatrenia.

2. Bude sa zvyšovať povedomie o výhodách zabezpečovania osobnej bezpečnosti v procese projektovania výroby, spracovania a manipulácie s horľavými prachmi.

3. Hodnotenie možných zdrojov zapálenia bude podrobnejšie a diferencované v súlade s realitou.

4. Zvýši sa používanie kombinovaných ochranných riešení.

5. Vysoko kvalitné školenie/vzdelávanie nahradí krátkodobé kurzy.

6. Výskum sa bude musieť uberať štúdiom bezpečnostno-zdravotných aspektov nanočastíc na zdravie človeka, pretože technologické použitie predbehlo vedomosti o bezpečnosti a ochrane zdravia človeka v pracovnom procese.

Záver

V príspevku sú zhodnotené nebezpečné vlastnosti drevného prachu – z hľadiska hygienických limitov a technickej bezpečnosti. Spoločným ukazovateľom je, že ak chceme posudzovať hygienické aspekty musíme poznať charakter dreva a veľkosť častíc. Veľkosť častíc zohráva rozhodujúcu úlohu aj v protipožiarnych a proti protivýbuchových opatreniach. Rozhodujúcu úlohu má prevencia, smerovaná na zníženie nebezpečenstva z potenciálne výbušných a toxicky nebezpečných atmosfér drevných prachov, na možnosti ktorej je zameraný aj článok

Acknowledgments

This article was supported by the Grant Agency Ministry of Education SR KEGA – project no. 014UKF-4/2016.

Literatúra

Balog, K., Tureková, I. (2008). Riziká prachu v pracovnom prostredí. In *Spektrum*, 8 (1), 45–46.

Buchancová, J. a kol. (2003). *Pracovné lekárstvo a toxikológia*. Martin: Osveta.

Dzurenda, L. (2007). Sypká drevná hmota, vzduchotechnická doprava a odlučovanie. *TU vo Zvolene*, 182, 16–36.

HSE Books (1996). *Softwood Dust: Criteria Document for an Occupational Exposure Limit*.

Koppová, K. a kol. (2007). *Dopadová štúdia vplyvov navrhovanej činnosti na zdravie obyvateľov Trebišova*. Banská Bystrica: UMB.

Mračková, E. (2013). Explosion Protection and Fire Protection in Wood Industry. In: *Riziká i bezbednosni inženjering* (s. 19–26). Novi Sad: UNS.

STN EN 1127-1: 2012 Výbušné atmosféry. Prevencia a ochrana pred výbuchom. Časť 1: Základné pojmy a metodika.

Vlčková, H. (2009). Fugitívne emisie tuhých znečisťujúcich látok zo skladov drevnjej hmoty. DP. *TU vo Zvolene*, 310–315.