

RIZIKÁ PRIEMYSELNÝCH DREVNÝCH PRACHOV

IVANA TUREKOVÁ

RISK OF WOOD INDUSTRY DUSTS

ABSTRAKT

V drevospracujúcom priemysle významné postavenie majú drevné prachy, ktoré možno hodnotiť z dvoch hľadísk. Prvým sú nebezpečnosť charakterizovaná požiaro-technickými vlastnosťami a druhým sú hygienicko-zdravotné hľadiská. Hoci každé z nich predstavuje vlastnú sféru záujmu, spoločným rysom je zabezpečiť také pracovné prostredie, ktoré zodpovedá požiadavkám bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci.

Kľúčové slová: drevný prach, limitné hodnoty, požiaro-technické vlastnosti

ABSTRACT

In wood-processing industry important position belongs to the wood dusts, which can be evaluated from two views. At first it is dangerous characterized fire-technical properties and at the second are they hygienically-health aspects. Although each of them is introducing its own field of interests, common attribute is to provide work environment, which is responsible for the security claim and protection of health at work.

Key words: wood dust, limit values, fire-technical properties

ÚVOD

Pri mletí a brúsení dreva vzniká horľavý drevný prach, a to buď ako vedľajší produkt drevárskej výroby pri povrchovej úprave dreva, alebo pri samotnom výrobnom postupe. Pri povrchovej úprave dosiek vzniká brúsny prach, pričom 98 % objemu tohto odpadu tvoria častice menšie než 0,5 mm [1].

Drevný prach má byť z miesta jeho vzniku odsávaný a zneškodňovaný všade v drevárskej výrobe aj na miestach s ručnou výrobou. Dnes už existujú odsávacie kanály vybavené mobilným odsávaním najmodernejšieho typu, ktorého objemový prúd vzduchu môže byť nastavovaný [1, 2].

Pokiaľ odstraňovanie prachu nie je dostatočné, prach sa voľne šíri do prostredia haly a postupne sa usadzuje na povrchov strojov, potrubíach, zariadeniach atď. a predstavuje tu dvojité nebezpečenstvo:

1. vznietenie usadeného prachu od horúcich povrchov,
 2. nebezpečenstvo vytvorenia výbušnej koncentrácie v prípade rozvĺrenia tohto usadeného prachu.
- Ak sa nachádza drevný prach vo vnútri technologického zariadenia či potrubia, potom v závislosti na jeho množstve, vlastnostiach a prevádzkových podmienkach i tu vzniká toto nebezpečenstvo [3].

Ale prach je nebezpečný aj z hygienického hľadiska. Jedným z najviac sledovaných parametrov pracovného prostredia, ktoré môžu nepriaznivo ovplyvňovať zdravie človeka, je množstvo prachu, resp. koncentrácia tuhých znečisťujúcich látok v ovzduší. Vysoké nebezpečenstvo je hlavne v prípade, ak zdroje prachu sú v zle vetraných priestoroch, kde sa prach hromadí a zvyšuje sa jeho koncentrácia v ovzduší. Vysoké koncentrácie prachu v ovzduší môžu spôsobiť závažné zdravotné ťažkosti a pri niektorých druhoch prachu hrozí aj potenciálne nebezpečenstvo výbuchu [4].

Meranie a hodnotenie prašnosti prostredia

Prašnosť prostredia je potrebné posudzovať z dvoch hľadísk - hygienického a technického.

1. Hygienické hľadisko: vychádza z lekárskeho výskumu, kde prachové častice hlavne podľa svojej veľkosti rôznym spôsobom zaťažujú dýchacie orgány a spôsobujú ich trvalé ochorenie. Európska norma STN EN 481 O vzduchu na pracovisku. Určenie veľkosti frakcií na meranie častíc rozptýlených vo vzduchu definuje 3 zložky prašnosti podľa ich veľkosti a schopnosti ohrozovať dýchacie orgány:

- inhalable - vdychovaná zložka,
- thoracic - pľúcna zložka,
- alveolic - respirabilná zložka.

Najväčšie nebezpečenstvo pre dýchacie orgány predstavuje respirabilná (alveolárna) zložka s veľkosťou častíc pod 10 μm . Charakteristickým znakom hygienických vyjadrení prašnosti je ich gravimetrické vyjadrenie, zvyčajne v $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ [5].

Hygienických merania prašnosti

Používajú sa rôzne skupiny prístrojov. Veľmi často používanými sú odberové osobné čerpadlá ktoré pri registrovanom a regulovanom prietoku vzduchu zachytávajú prachové častice na membránových filtroch, kde sa potom vážením zachytenej vzorky prachu vyhodnotí gravimetrický prašnosť. Ich výhodou je cenová dostupnosť. Nevýhodou je, že potláčajú význam malých častíc, ktoré sú pre dýchacie orgány viacej nebezpečné ako častice väčšie. Preto sa pri ich prevádzke používajú rôzne odlučovacie hlavice. Ďalšou ich nevýhodou je hodnoty prašnosti sa nemôžu získať v reálnom čase priamo na mieste (In Situ), ale až po zvážení filtrov v laboratóriu.

Prístroje novej generácie využívajú techniky založené na rozptyle svetla. Ich veľkou prednosťou je, že vyhodnotia prachové častice podľa ich veľkosti v požadovanom rozsahu a tak reálne zhodnotia možné zdravotné účinky na dýchacie orgány. Navyše majú možnosť zachytenia prachovej vzorky na filtri a jeho možné ďalšie gravimetrické alebo mikroskopické vyhodnotenie. Sú schopné vyhodnotiť prašnosť v reálnom čase na mieste - In Situ.

2. Technické hľadisko: Niektoré priemyselné výroby (výroba elektroniky, liekov, potravín) vyžadujú kontrolované prostredie na prítomnosť prachových častíc, ktorých prítomnosť v neželateľnej miere by znehodnotila kvalitu produkcie. Používané medzinárodné štandardy definujú pre jednotlivé prostredia triedy čistoty. Technické vyjadrenie prašnosti je v jednotkách počet častíc $\times \text{m}^{-3}$.

Technické merania

U technickom hodnotení prašnosti nejedná sa o hygienickú kontrolu prostredia, ale o kontrolu tried predpísanej čistoty prostredia, ktoré si vyžadujú niektoré výrobné technológie, aby bolo možné dosiahnutie požadovanej kvality výrobku. Hlavnou požiadavkou na meracie prístroje je, aby vedeli určiť veľkosť a príslušný počet častíc v určitom veľkostnom spektre. Používajú sa hlavne prístroje založené na optickom princípe rozptylu svetla nazývané často počítače častíc [5].

Účinky dreveného prachu

Drevený prach je radený do skupiny dráždivých prachov. Ďalej je členený podľa typu dreveniny na prach z mäkkých drev, tvrdých drev a ešte na špeciálnu samostatnú skupinu exotických drev. Účinok dreveného prachu je rôzny a líši sa podľa zaradenia do skupiny drev resp. typu dreveniny.

Vplyv dreveného prachu na ľudské zdravie je akútny alebo chronický. Účinok dreveného prachu na ľudský organizmus môže byť aj kontaktom s kožou a sliznicou očí alebo inhaláciou dýchacími cestami do pľúc a môže vyvolať:

- dermatózy ,
- respiračné ochorenie,
- alergie,
- karcinogénne pôsobenie,
- otravy prítomnosť toxických látok, okamžité príznaky [4, 6].

Pri hodnotení prašnosti významnú úlohu zohráva podiel respirabilnej frakcie v dýchacej zóne zamestnanca a doba expozície. Výsledky je potrebné porovnať s limitnými hodnotami. Potrebné je prijatie opatrení na zníženie expozície zamestnancov pevným aerosólom, prípadne pri prekročení limitných hodnôt aj kategorizácia práce.

Najvyššie prípustné expozičné limity plynom, parám a aerosólom s prevažne toxickým účinkom v pracovnom ovzduší (NPEL) sú uvedené v prílohe č. 1 Nariadenia vlády SR č. 355/2006 Z. z. o ochrane zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou chemickým faktorom pri práci.

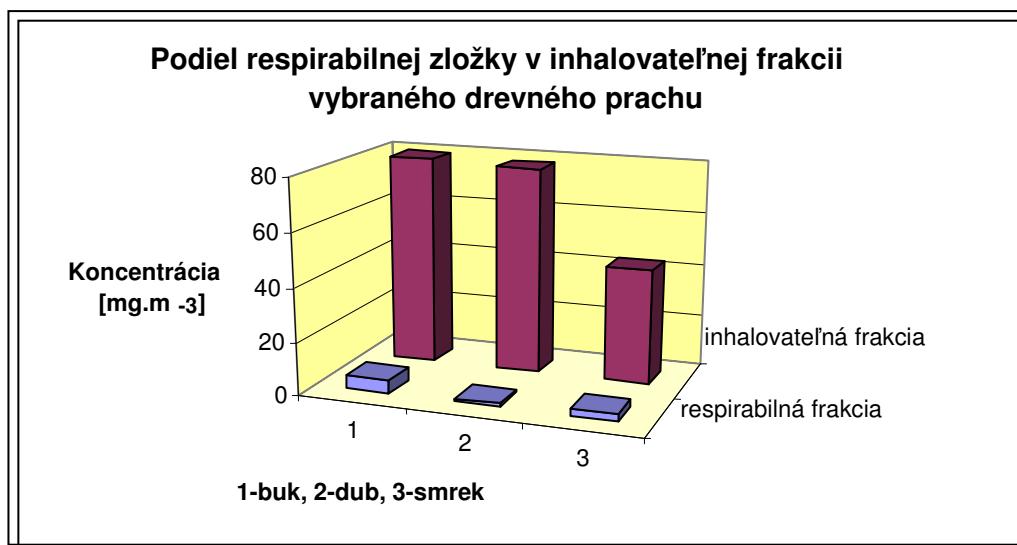
Tabuľka č. 1 Najvyššie prípustné expozičné limity pevným aerosólom z dreva [7]

Pevný aerosól z dreva	[mg.m⁻³]
Exotické dreveniny	1,0
Ostatné dreveniny	8,0
Dub, buk (karcinogén kategórie 1)	5,0 (TSH)

Technické smerné hodnoty plynov, pár a aerosólov s karcinogénnymi a mutagénnymi účinkami v pracovnom ovzduší (TSH) sú uvedené v prílohe č. 2 Nariadenia vlády SR č. 356/2006 Z. z. o ochrane zdravia zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou karcinogénnym a mutagénnym faktorom pri práci.

Odberovou aparatúrou boli odobraté vzorky drevených prachov z brúsenia dreva bukového, dubového a smrekového dreva z technológie rezania. Výsledky respirabilnej a inhalovateľnej frakcie sú uvedené na obrázku č.1.

Meraním boli zistené, že v prípade zohľadnenia neistoty merania TSH pre bukový prach by boli prekročené, je preto potrebné pristúpiť k opatreniam technickým, organizačným v zmysle platnej legislatívy.



Obr. 1 Zastúpenie respirabilnej frakcie v inhalovateľnej zložke drevných prachov

Požiarno-technické vlastnosti drevných prachov

Drevné prachy zaraďujeme medzi horľavé organické prachy. Horľavý prach je prach schopný oxidačnej reakcie, ktorý môže vo vzduchu horieť plameňom alebo tlieť a môže vytvárať v zmesi so vzduchom výbušnú zmes za atmosférického tlaku a normálnej teploty [8, 9].

Existujú ďalšie reálne nebezpečenstvá v drevospracujúcich prevádzkach, pokiaľ odstraňovanie prachu nie je dostatočné:

1. V dôsledku usadzovania drevného prachu na horúcich povrchoch strojov a zariadení môže dôjsť k jeho vznieteniu.
2. Môže sa vytvoriť výbušná koncentrácia v prípade rozvírenia takto usadeného prachu (vibráciami, otrasmami, prúdom vzduchu a pod.) [10].

Základné požiarotechnické charakteristiky usadeného a rozvíreného prachu a ich výbuchové parametre sú dôležitými ukazovateľmi na posudzovanie požiarneho nebezpečenstva a sú v tabuľke č.2. *Tabuľka 2 Požiarno-technické charakteristiky usadeného a rozvíreného prachu [10, 11]*

Usadený prach	Rozvírený prach
minimálna teplota vznietenia usadeného prachu $t_{\min}^u$ a príslušná indukčná doba vznietenia τ_i	minimálna teplota vznietenia rozvíreného prachu $t_{\min}^r$ a príslušná indukčná doba vznietenia τ_i
rýchlosť šírenia plameňa	dolná medza výbušnosti $C_{\min}$
spalné teplo a výhrevnosť	maximálne výbuchové parametre, t.j. maximálny výbuchový tlak $P_{\max}$ a maximálna rýchlosť nárastu výbuchového tlaku $(dp/d\tau)_{\max}$
kritická degradačná teplota	minimálna iniciačná energia $E_{\min}$
kritický tepelný tok sálavého tepla na zapálenie usadeného prachu	limitný obsah kyslíka

kyslíkové číslo	
-----------------	--

Usadený prach má po iniciácii sklon iba k pomalým oxidačným reakciám, ako je tlenie, žeravenie alebo nízкотеплотná karbonizácia. Rýchlosť horenia usadeného prachu sa môže pohybovať v širšom intervale od pomalého šírenia a tlenia až po prudký výbuch [8].

Rozvírený prach môže pri vhodnej koncentrácii za prítomnosti vhodného iniciačného zdroja explozívne horieť. Reakcia má charakter výbuchu a za určitých podmienok môže prejsť do detonácie. Nebezpečenstvo požiaru tvorí už sedimentovaná vrstva prachu hrúbky 1 mm. Býva dostatočná na to, aby pri rozvírení a iniciácii došlo k explózii.

Ku kvantitatívnemu porovnaniu horľavosti a výbušnosti prachov, k stanoveniu nebezpečenstva požiaru a výbuchu a k navrhovaniu preventívnych opatrení slúžia požiaro-technické vlastnosti. Stanovenie týchto vlastností výpočtom nie je možné, a preto sa najspôľahlivejšie stanovujú praktickými skúškami na posudzovanie požiarneho nebezpečenstva.

Stanovenie teplôt vznietenia drevných prachov

K stanoveniu boli použité nasledovné druhy drevných prachov:

- bukový prach,
- dubový prach,
- smrekový prach z pásovej brúsky,
- zmesný prach z pásovej brúsky.

U testovaných prachov bola uskutočnená sitová analýza a stanovené teploty vznietenia rôznymi metódami.

1. Stanovenie granulometrického zloženia drevného prachu

Bola uskutočnená sitová analýza testovaných prachov na vibračnej preosievačke LPZF. Pred analýzou bol každý prach stabilizovaný v exikátore 24 hodín pri teplote 23 °C a vlhkosti 34 %. Výsledky jednotlivých analýz prachov sú v tabuľke č. 3 vyjadrené ako percentuálny podiel jednotlivých hmotnostných frakcií.

Tabuľka3 Výsledky sitovej analýzy drevných prachov

Rozmer oka [mm]	Hmotnostný podiel frakcií [%]			
	Dubový prach	Bukový prach	Smrekový prach	Zmesný drevný prach
0,020	1,76	4,51	3,16	0,72
0,056	8,99	16,25	5,57	2,90
0,071	46,71	45,07	21,55	3,44
0,100	31,78	16,24	15,65	9,21
0,160	3,75	6,89	12,18	16,24
0,200	2,94	5,08	16,69	15,88
0,250	0,89	2,70	22,28	49,10
straty	3,18	3,27	2,95	2,51

Na základe vykonanej sitovej analýzy možno konštatovať, že dominantnou frakciou v prípade bukových a dubových vzoriek prachu bola frakcia zachytená na site s veľkosťou ôk 0,071 mm, v prípade smrekových a zmesných vzoriek prachu sa najviac prachu zachytilo na site s najväčšími menovitými rozmermi otvorov 0,250 mm resp. 0,315 mm.

2. Stanovenie minimálnej teploty vznietenia usadeného drevného prachu

Stanovenie minimálnej teploty vznietenia prachov v usadenom stave $t_{\min}^u$ bolo vykonané podľa normy . Výška vzorky prachu bola 5 mm. Dosiahnuté výsledky sú uvedené v tabuľke č. 4 [12].

Tabuľka 4 Minimálna teplota vznietenia drevných prachov vo vrstve

Vzorka prachu	Teplota vznietenia [°C]
Smrekový prach	340
Bukový prach	320
Dubový prach	320

Dosiahnuté výsledky korešpondujú s granulometrickým zložením jednotlivých prachov a s hustotou prachu.

Vo vrstve prachu vznikli najskôr v blízkosti okrajov kruhu tlejúce prachové hniezda, ktoré sa rozširovali smerom do stredu kruhu. Následne bolo pozorované prvé žeravenie, ktoré taktiež začínalo pri okraji kruhu a postupovalo smerom k stredu. V počiatočných fázach bol pozorovaný krátky nárast teploty. Po chvíli začala teplota mierne klesať a v okamihu, keď sa žeravenie približovalo k meraciemu bodu termočlánku, teplota začala opäť stúpať, až nakoniec presiahla teplotu vyhrievaného povrchu.

Možno konštatovať, že u všetkých drevných prachov prebiehalo horenie vo forme uhoľnatenia s následným vznikom dymov a žeravenia, ktoré postupovalo vrstvou prachu a zanechávalo zvyšky popola.

3. Stanovenie minimálnej teploty vznietenia rozvíreného drevného prachu

Teplota vznietenia rozvíreného prachu je najnižšia teplota horúcej vnútornej strany pece, pri ktorej dôjde k vznieteniu rozvíreného prachu vo vzduchu vnútri tejto pece (tabuľka 5).

Tabuľka 5 Minimálne teploty vznietenia rozvírených drevných prachov

Druh prachu	Minimálna teplota vznietenia [°C]
Smrekový drevný prach	380
Dubový drevný prach	380
Bukový drevný prach	390
Zmesný drevný prach	360

Z výsledkov merania vyplýva, že najvyššiu teplotu vznietenia rozvíreného prachu mala vzorka bukového prachu 390 °C. Naopak najnižšiu hodnotu minimálnej teploty vznietenia rozvíreného prachu, 360 °C, mala vzorka zmesného dreveného prachu. Minimálna teplota vznietenia vzorky smrekového a dubového prachu bola 380 °C.

4. Stanovenie teploty vznietenia

Inou metódou na stanovenie teplôt vznietenia (vzplanutia) je metódy STN ISO 871: 1999. Plasty. Stanovenie zápalnosti v teplovzdušnej peci, tzv. Setchinov test. Vzorky drevených prachov boli pred skúškou. kondicionované pri teplote 23 °C a relatívnej vlhkosti 50 % počas minimálne 40 hodín. Výsledky teploty vznietenia (SIT) vybraných druhov drevených prachov uvádza tabuľka č. 6.

Tabuľka 6 Teplota vznietenia (SIT) podľa ISO 871 vybraných drevených prachov

Druh prachu	SIT [° C]	Indukčná perióda vznietenia [min]
Smrek	240	9:33
Dub	250	9:57
Zmesný prach	250	9:59
Buk	240	9:03

Vzorky drevených prachov horeli žeravením, t.j. pre tento typ horenia sa indukčná perióda nestanovuje.

ZÁVER

Poznanie požiarno-technických vlastností drevených prachov umožňuje kvantitatívne porovnanie horľavosti a výbušnosti horľavých prachov. V príspevku boli odprezentované dve metódy stanovenia teploty vznietenia drevených prachov a teploty vznietenia pre tieto prachy v rozvírenom stave. Výsledky pri daných podmienkach testovania sa výrazne nelíšili, i napriek tomu hladne teplota vznietenia rozvírených zmesných prachov dosiahla najnižších hodnôt, čo bolo pravdepodobne spôsobené prímiesami používanými pri výrobe rôznych drevených výrobkov. Prach treba hodnotiť aj z hľadiska hygienického, nakoľko tvrdé prachy sú klasifikované ako karcinogénne látky.

LITERATÚRA

- [1] SIMANOV, V. *Energetické využívaní dříví*. Olomouc: Terrapolis, 1995.
- [2] MRAČKOVÁ, E. Výbuchy horľavých prachov a sledovanie účinkov dreveného prachu z hľadiska jeho karcinogenity. IN *Zborník vedeckých prác Drevárskej fakulty TU vo Zvolene*. Zvolen: Drevárska fakulta TU, 1998. ISBN 80-228-0810-5.
- [3] CONEVA, I. *Nebezpečenstvo vzniku požiaru a výbuchu dreveného prachu*. In.. 5.medzinárodná vedecká konferencia, "Drevo a protipožiarna bezpečnosť." Zvolen, DF, KPO, 2004. ISBN 80-228-1321-4.
- [4] BUCHANCOVÁ, J. *Pracovné lekárstvo a toxikológia*. Martin : OSVETA, 2003, 1133 s. ISBN 80-8063-113-1
- [5] dostupné na internete: <http://www.sstp.sk/Diagnostika%20prostredia.htm>, 20.04.2009
- [6] IRSA, A. *Zákerný prach*. In *Rezbárstvo* [online]. 2007 [cit. 14. 03. 2009], dostupné na internete <http://www.rezbarstvo.sk/index.php?option=com_content&task=view
&id=119&Itemid=1. >
- [7] JAROŠ, F. *Choroby dýchacích orgánov a organický prach*. Martin : Osveta, 1995. s. 178 –

RUSKO, M. – BALOG, K. [Eds.] 2008:
Manažérstvo životného prostredia 2008 ▼ ▲ ▼ Management of Environment '2008
Zborník z VIII. konferencie so zahraničnou účasťou konanej 5.-6.12. 2008 v Bojniciach
Proceedings of the International Conference, Bojnice, December 5 - 6, 2008.
Žilina: Strix et VeV. Prvé vydanie. ISBN 978-80-89281-34-3.

-
181. ISBN 80-217-0470-5
- [8] BALOG, K. *Samovznietenie*. Ostrava: Edice SPBI spektrum 21, 1999.
- [9] TUREKOVÁ, I., BALOG, K. Fire-safety parameters of wood dusts. In CO-MAT-TECH 2004. Trnava: STU, MtF, 2004. s. 1424 – 1431.
- [10] Damec, J. 1993. Nebezpečí výbuchů průmyslových prachů. Část 2. In: *150 Hoří*, roč. 3, 1993, č.2, s. 6,7.
- [11] Cashdollar, K. L. *Overview of dust explosibility characteristics*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 13 (2000) 183–199. Dostupné na: <
www.elsevier.com/locate/jlp>.
- [12] STN EN 50281-2-1 Elektrické zariadenia do priestorov s horľavým prachom Časť 2-1: Skúšobné metódy. Metódy na stanovenie minimálnych teplôt vznietenia prachu – (metóda A a B).

ADRESA AUTORA:

Doc. Ing. Ivana TUREKOVÁ, PhD., Katedra bezpečnostného inžinierstva, Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva, Materiálovotechnologická fakulta v Trnave, Paulínska 16, 917 24 Trnava, e-mail: ivana.turekova@stuba.sk

RECENZENT:

prof. Ing. Karol BALOG, PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovo-technologická fakulta Trnava, Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika, e-mail: karol.balog@stuba.sk