

Snižování prašnosti strojních zařízení používaných na dolech a lomech

Ing. Jaromír Täuber, Ing. Vlastimil Moni, Ph.D.

Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most; tauber@vuhu.cz

Přijato: 29. 4. 2015, recenzováno: 20. 5. a 13. 8. 2015

Abstrakt

Zvýšené koncentrace prachu v ovzduší přináší řadu zdravotních rizik. Prach je vnímán i jako významně obtěžující prvek. V pracovním prostředí prach, mimo zdravotních rizik, přináší v některých případech i bezpečnostně požární rizika. Předkládaný článek podává informace o možném řešení problematiky snižování prašnosti strojních zařízení používaných na dolech a lomech a o provedených provozních zkouškách realizovaných in situ, při kterých byl využit a v praxi odzkoušen rotační atomizér.

Dust reduction of the technological machinery used in mines and quarries

The increased concentration of dust in the air yield a number of health risks. The dust is perceived as significantly annoying element as well. In addition to the health risks, dust in the working environment brings in some cases safety risk of fire. The present article provides information about a possible solution to the issue of reducing the dust of machinery used in mines and quarries and about operational tests carried out in situ using and testing the rotary atomizer in practice.

Staubbekämpfung auf den Maschinenanlagen in Gruben und Tagebauen

Die erhöhten Staubkonzentrationen in der Luft bringen eine ganze Reihe von Gesundheitsrisiken. Der Staub wird auch als bedeutend belästigendes Element wahrgenommen. Im Arbeitsmilieu bringt der Staub außerhalb der Gesundheitsrisiken in manchen Fällen auch Sicherheits- und Feuerrisiken. Der vorgelegte Artikel bietet Auskünfte über einer möglichen Lösung bei dem Herabsetzen der Staubbigkeit der Maschinenanlagen, die in Gruben und Tagebauen verwendet werden und über in situ umgesetzten Betriebsprüfungen, bei denen der Rotationsatomiseur genutzt und in Praxis erprobt wurde.

Klíčová slova: prach, prašnost, mlžení, rotační atomizér, drtič, pásový dopravník.

Keywords: dust, water spraying, rotary atomizer, crusher, belt conveyor.

1 Úvod

V rámci své činnosti se Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s. (dále VÚHU a.s.) již přibližně 4 roky zabývá prašností na hnědouhelných lomech, a to nejen z pohledu měření (více jak 30 let zkušeností), ale i z pohledu vlastní eliminaci prachu v místě vzniku. Za tu dobu se zcela jasně vyprofilovaly oblasti, do kterých VÚHU a.s. směřuje své aktivity. Jedná se o:

- přesypy pásové dopravy,
- skládky uhelných produktů,
- technologická zařízení pro zakládání prašných materiálů.

V těchto vyjmenovaných oblastech bylo v minulosti již realizováno několik aplikací a v současné době se úspěšně rozšiřuje jejich počet.

Při likvidaci prašnosti v místě vzniku jsou využívány dva základní principy:

- mokré odprášení pomocí rotačních atomizérů,
- tzv. suché odprášení na přesypech pásové dopravy, a to jak dálkové pásové dopravy, tak technologické pásové dopravy.

2 Mokrý odprášení

Při využití mokrého odprášení musí být provedena atomizace (rozprašování) vody. Atomizace je rozpad kapaliny do kapek,

kterého lze dosáhnout několika způsoby. Základní rozdělení je podle druhu energie potřebné k rozprašování:

- jednofázové rozprašování (hydraulické), tlaková atomizace – využití kinetické energie kapaliny,
- dvoufázové rozprašování (vzduchové rozmlžování), pneumatická atomizace – využití rychlosti proudícího plynu,
- elektrostatická, ultrazvuková, akustická atomizace – využití vibrační, elektrické energie,
- rotační atomizace – využití mechanické energie rotující součásti.

Zařízení pro zkrápění by mělo splňovat následující podmínky:

- schopnost poskytovat dobré rozprašení v širokém rozsahu průtoků kapaliny,
- rychlou reakci na změnu průtokové rychlosti,
- nemělo by reagovat na nestabilitu průtoku,
- nízké nároky na energii potřebnou pro rozprašování,
- nízkou cenu, hmotnost, snadná údržba a opravy.

Základem zkrápění prašných míst je tedy vytvoření dostatečného množství jemné vodní mlhy, která je dopravena do místa emise prašných částic. Zde dochází k „nabalení“ prašných zrn na kapičky vodní mlhy a zrychlené sedimentaci prašných zrn ve zkrápěném prostoru. Aby mohl být efektivně likvidován i uhelný prach ve vznosu, je zapotřebí, aby velikost kapičky vody dosáhla velikosti do 30 µm. Bylo provozně odzkoušeno, že při této veli-

kosti kapičky dochází již ke smáčení uhelného prachu a jeho zrychlené sedimentaci ve zkrápěném prostoru.

Jednofázové rozprašování (hydraulické)

Zúžením výkonového průřezu trysky se zvýší rychlost proudění rozstříkovaného média. Potenciální energie se mění v energii kinetickou (rychlost). Uvolněním kapaliny při výstupu z trysky vznikají kapalinové lamely s aerodynamickým vlněním, které způsobí rozklad kapaliny do kapek různých velikostí (0-300 μm). Jednofázové rozprašování dále dělíme podle velikosti vstupního tlaku do trysek:

- vysokotlaké skrápěcí systémy (1,0-15,0 MPa),
- středotlaké skrápěcí systémy (0,3-1,0 MPa).

Vysokotlaké zkrápěcí systémy používané na povrchových lomech představují především tzv. MinJety firmy BPO, skrápěcí jednotky ZJ firmy Mega Systém apod. Jsou to systémy na povrchových lomech dlouhodobě zavedené a používané. Tyto systémy vyžadují poměrně náročnou úpravu vody, a to především z hlediska obsahu nerozpuštěných látek (NL) ve vodě. I tak dochází k postupnému vydírání mlžících trysek, které způsobují snížení výstupní rychlosti kapaliny z trysky a tím výrazné zvětšení velikosti kapky a snížení účinnosti. Velkým problémem je zarůstání trysek řasami, což způsobuje jejich zneprůchodnění. Výše uvedené důvody vedou ke zvýšení časové náročnosti údržby a oprav skrápěcího zařízení, které se projevuje ve zvýšení provozních nákladů. Aby byly tyto systémy využitelné při zkrápění uhelných přesypů, musí být použito smáčedlo, které vede opět ke zvýšení provozních nákladů. Zařízení je rovněž energeticky náročné provozem vysokotlakého čerpadla.

Středotlaké skrápěcí systémy pracují s tlakem do 1,0 MPa. Využívají tlaku v běžných vodovodních rozvodech. Princip rozmlžování je stejný jako u vysokotlakých systémů. Vlastní skrápěcí zařízení tvoří rampy s tryskami, umístěné do přesypů či nad horní větví pásového dopravníku. Vzhledem k malým tlakům je výsledná velikost kapičky poměrně velká, 100-350 μm , takže nedochází zcela k vyplnění zkrápěného prostoru vodní mlhou. Proto je účinnost těchto systémů nižší. Přesto jsou v praxi často používané.

Dvoufázové rozprašování (vzduchové rozmlžování)

Pneumatické atomizéry využívají k rozpadu kapaliny kinetickou energii plynu (vzduch nebo pára). Jedná se o nejstarší typ atomizérů. Ke vzájemné interakci těchto dvou médií může docházet uvnitř nebo vně atomizéru (vnitřní a vnější míchání směsí).

Základem pneumatické atomizace je smykové napětí na rozhraní mezi kapalinou a plynem. Kapalina může mít před kontaktem s plynem různou podobu (list, kapky, tenký sloupec). Kapalina ve formě listu má větší kontaktní plochu s plynem, tím pádem dochází ke snadnému rozprašování. Pokud má tvar tenkého sloupce, dochází k rozpadu při relativně nízkých rychlostech. Existují dva mechanismy atomizace pomocí plynu, a to odtržením kapek z povrchu kapaliny nebo rozpadem kapaliny na hraně trysky. Pokud je kapalina ve formě kapek, nastává sekundární rozpad při působení proudění plynu.

Dvoufázové rozprašování (vzduchové rozmlžování) není na povrchových lomech příliš rozšířeno. Důvodem je potřeba tlakového vzduchu a technická složitost vlastních trysek.

3 Rotační atomizace

K rozprašování u těchto atomizérů dochází mechanickou energií dodanou rotující součástí atomizéru. Konstrukce těchto atomizérů směřuje k zajištění efektivního přenosu této energie. Rotující součást atomizéru může podle své konstrukce rotovat kolem vertikální nebo horizontální osy. Mezi hlavní výhody patří:

- atomizace velmi viskózních a znečištěných kapalin,
- malý tlak přiváděné kapaliny,
- možnost kontroly průtoku bez ovlivnění kvality atomizace,
- možnost použití vysokých průtoků kapalin,
- snadná údržba,
- relativně nízká spotřeba elektrické energie.

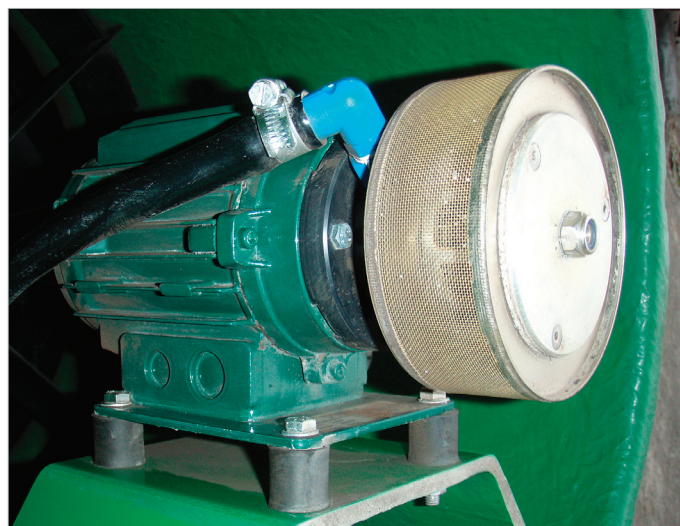
VÚHU a.s. při svých aktivitách [1,5,10] začalo aplikovat právě posledně uvedený způsob mokrého odprášení pomocí rotačních atomizérů. Zpočátku bylo používáno mlžící zařízení firmy PROBE. Jedná se o anglickou firmu využívající odstředivou sílu rotační vnitřní hlavy, která vytlačí kapky vody na vnější pevné síto, kde dojde k roztříštění kapek na mikroskopické kapičky (velikosti desítek mikrometrů) [2,3,11].

4 Rotační atomizér firmy PROBE

Rotační atomizér firmy PROBE (obrázek č. 1) je charakterizován těmito vlastnostmi:

- malá spotřeba vody od 10-180 l.hod⁻¹,
- nízká energetická náročnost, instalovaný příkon cca 1 kW,
- nízké nároky na kvalitu vstupní vody, NL do velikosti 0,5 mm,
- odolnost proti zarůstání řasami,
- velikost otáček rotační hlavy cca 11 500 ot.min⁻¹,
- velikost kapiček 20-100 μm .

Mlžící jednotky, využívající rotačních atomizérů PROBE, byly realizovány v několika případech. Jako první využití byla instalace na špičce zakládání výložníku na zakladači ZPD 8000/98 SD a.s. v roce 2012 (obrázek č. 2). Dalším příkladem nasazení rotačních atomizérů je mlžící stěna na provozním depu č. 2 Vršanské uhelné a.s. (obrázek č. 3).



Obr. 1: Rotační atomizér firmy PROBE.



Obr. 2: Umístění mlžícího zařízení na špičce základacího výložníku ZPD 8000/98.



Obr. 3: Mlžící stěna na provozní depu č. 2 Vršanské uhelné a.s.



Obr. 4: Nasazení rotačního atomizéru na USSK3 Vršanské uhelné a.s.

Tato stěna je tvořena 6 sloupy, na jejichž vrcholu jsou umístěny mlžící jednotky s oscilací. Stěna je díky unikátnímu řešení v provozu celoročně, tzn. včetně zimního období! Stěna je plně v automatickém provozu, je spouštěna vždy při směru větru na obec Čepirohy, avšak umožňuje i ruční spuštění, např. při zakládání uhlí na skládku.

Na Vršanské uhelné a.s. se realizovalo další nasazení rotačního atomizéru, a to na skládkovém stroji pro omezení prašnosti při zakládání uhlí na skládku (obrázek č. 4).

Použití rotačních atomizérů PROBE přineslo tyto poznatky [7]:

- vysoká účinnost odprašení,
- nízké provozní náklady – nízká spotřeba el. energie, nízká spotřeba vody,
- nevhodné řešení rotačních hlav (havárie na Z 98),
- nižší životnost ložisek vysokootáčkového el. motoru rotačního atomizéru,
- nevhodné řešení oscilace mlžící jednotky,
- méně odolná skříň mlžící jednotky vyrobená ze sklo-laminátu.

Zkušenosti [1,4,6,8,9] vedly VÚHU a.s. k vývoji vlastního rotačního atomizéru. Základem je skříň z nerezového plechu, v níž je uložen motor rotačního atomizéru s nově vyvinutou rotační hlavou, která umožnila snížit otáčky motoru ($11\,500\text{ ot.min}^{-1}$ PROBE). Nově jsou použity el. motory s jmenovitými otáčkami $3\,000\text{ ot.min}^{-1}$, s přetočením pomocí frekvenčních měničů až na $6\,000\text{ ot.min}^{-1}$, přičemž velikost vytvořených kapiček byla zachována! Nově vyvinuté mlžící zařízení může být doplněno oscilací a servopohonem naklápění. Popis nově vyvinuté mlžící jednotky je uveden dále.

Na přání odběratele je možno řady rotační mlžící jednotky (RMJ) vybavit následujícím příslušenstvím:

- oscilační jednotka,
- servopohon naklápění.

5 Rotační mlžící jednotka VÚHU a.s.

Ventilátor

V případě ventilátoru se jedná o axiální potrubní ventilátor, který je instalován v držáku uvnitř skříně. Vstupní strana skříně na straně ventilátoru je opatřena krycí bezpečnostní mřížkou – sací dýzou.

Mlžící hlava s pohonem

Mlžící hlava s pohonem je tvořena mlžící hlavou nasazenou na výstupní hřídel elektromotoru a díly pro rozvod vody – viz obrázek č. 5. Celek je za patky elektromotoru upevněn k držáku ve skříni. Na hřídel elektromotoru je nasazena mlžící hlava a na přírubě elektromotoru je uchycen držák s tryskami a rozvodnými díly přívodu vody.

Rozvod vody

Rozvod vody se skládá z regulační části upevněné na boku skříně RMJ nebo na instalačním držáku, dále z propojovací hadice a vstřikovacích trysek s držákem. Regulační část se skládá z regulátoru tlaku, elektromagnetického ventilu a škrťacího ventilu pro regulaci množství protékající vody. Na vnější přívod vody se rotační mlžící jednotka připojuje bajonetovou rychlospojku s hadicovou vsuvkou pro hadici o světlosti $\frac{1}{2}$ ".

Tab. 1: Přehledná tabulka základních parametrů výkonnostní řady RMJ.

Typ	RMJ400	RMJ500	RMJ560	Jednotky
Vodní výkon mlžící jednotky	max. 200	max. 400	max. 500	[l.h ⁻¹]
Vzduchový výkon	max. 4 500	10 000	14 000	[m ³ .h ⁻¹]
Napájecí napětí	1 x 230 V/50Hz			
Celkový instalovaný výkon	1,1	1,5	1,9	[kW]
Minimální tlak přívodní vody	0,3	0,3	0,3	[MPa]
Hmotnost základní RMJ	38,0	49,0	55,0	[kg]
Rozsah oscilace	±60° od střední polohy			
Rozsah naklápění při pevném nastavení	-90° až +30° od vodorovné roviny			
Rozsah naklápění se servopohonem	-60° až +30° od vodorovné roviny			

Instalační držák

Instalační držák je svařenec z ocelových plechů a profilů. Provedení držáku umožňuje natočení a naklopení mlžící jednotky do požadovaného směru. Ve spodní části je příruba s otvory pro upevnění na ocelovou konstrukci nebo na betonovou podlahu. Instalační držák je zároveň zinkován. Mlžící jednotky s oscilací jsou upevněny přímo na oscilační část. Instalační držák se nepoužívá.

Řídící skříň s elektroinstalací

Řídící skříň je vyrobena z ocelového plechu s povrchovou úpravou polyuretanovou barvou a slouží k řízení chodu oscilační jednotky. Krytí skříně je IP 66. Na boku je instalován hlavní vypínač, ve dveřích jsou ovládací prvky. Ve skříně jsou instalovány frekvenční měniče pro řízení chodů instalovaných pohonů RMJ. Jsou použity frekvenční měniče řady ACS 150 od firmy ABB. Počet a výkon měničů odpovídá počtu a výkonu instalovaných pohonů RMJ. Dále jsou ve skříně instalovány jističe a propojovací kabely. Na spodní straně je průchodka pro přivedení síťového napětí a vývodky pro připojení jednotlivých pohonů rotační mlžící jednotky. Propojovací kabely mezi řídicí skříní a RMJ jsou opatřeny mnohapólovými průmyslovými konektory WIELAND. Při případné instalaci většího počtu

i různých RMJ je možno elektroinstalaci umístit do společné řídicí skříně. V tom případě je nutno skříň napájet 3x400 V.

Řídící skříň RMJ VÚHU a.s.

Oscilační jednotka

Oscilační jednotka slouží k natáčení mlžící jednotky kolem svislé osy. Maximální výchylka je 60° na obě strany od základní polohy. Velikost výchylky je plynule seřizovatelná. Oscilační jednotka se skládá ze základního rámu, natáčecího držáku, uloženého v ložiskách, a pohonu. Základní rám a natáčecí držák jsou svařence z ocelových plechů a profilů. Pohon je tvořen šnekovou elektropřevodovkou s čelním předstupněm a klikovým mechanismem.

Oscilační jednotka RMJ VÚHU a.s.

Servopohon naklápění

Servopohon naklápění slouží k natáčení mlžící jednotky kolem vodorovné osy. Maximální výchylka je -60° dolů a +30° nahoru od vodorovné roviny. Servopohon naklápění se skládá z rámu a vlastního a pohonu. Tento celek je uchycen k instalačnímu držáku nebo oscilační jednotce. Rám je svařenec z nerezových profilů a plechů, pohon je tvořen šnekovou elektropřevodovkou s čelním předstupněm. Krajní polohy jsou omezeny koncovými vypínači.

6 Závěr

Provozní nasazení mlžících jednotek RMJ jednoznačně prokázala vysokou účinnost likvidace uhelného prachu [1,4,10], vznikajícího provozem strojních zařízení používaných na dolech a lomech bez použití smáčedel. Byly získány stěžejní poznatky, jak zařízení provozovat v důlním provozu při minimalizaci jeho údržby.

Literatura

- [1] TÄUBER, J., BREJCHA, J., VAIDIŠOVÁ, L.: Snížení prašnosti v okolí dolů. Rešerše TPTK – 057/09, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., 2009.
- [2] BREJCHA, J.: Fungisivní emise prachu z povrchových dolů. Příloha Zpravodaj Hnědé uhlí 4/2009, str. 58-62, ISSN 1213-1660.



Obr. 5: Mlžící hlava rotační mlžící jednotky VÚHU a.s.

- [3] BREJCHA, J.: Zjišťování původu prachu v rozsahu frakce velikosti částic PM_{10} . Zpráva AZL-068/09, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., 2009.
- [4] MONI, V.: Studie možností snížení prašnosti v areálu slo-
žišť. VEP Severní lom-Elektrárny Prunéřov, Studie TPD-
041/12, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., 2012.
- [5] SVOBODA, J., TÄUBER, J., HOLÝ, F.: Odprášení
drtiče a třídiče, linka B. Zpráva TPD-013/12, Výzkumný
ústav pro hnědé uhlí a.s., 2012.
- [6] KRESL, P., HOLÝ, F.: Úpravy přesypů nutné ke snížení
primární prašnosti zauhlování EMĚ III. Zpráva TPTK-
012/11, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., 2011.
- [7] BREJCHA, J.: Měření koncentrace poletavé prašnosti
a spadu prachu po řešení minimalizace prašnosti. Zpráva
AZL-183/04, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., 2004.
- [8] ŘEHOŘ, M.: Hodnocení vlivu větrné eroze na rekultivo-
vané plochy. Zpráva TPTK-109/08, Výzkumný ústav pro
hnědé uhlí a.s., 2008.
- [9] BREJCHA, J.: Stanovení pádové prášivosti s využitím
vertikální pádové komory. Zpravodaj Hnědé uhlí, 4/2011,
str. 30-36, ISSN 1213-1660.
- [10] BREJCHA, J.: Ověření možností snížení prašnosti při
zakládání skrývkových zemin. Zpráva AZL-076/2011,
Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., 2011.
- [11] BREJCHA, J., SCHMIDT, P.: Zjišťování rizik prášivosti
v provozech Dolu Bílina ve vztahu k investičním zámě-
rům v rámci opatření pro snížení celkové prašnosti. Zpráva
AZL-121/10, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., 2010.