



FUGITIVE DUST CONTROL AT CONVEYOR TRANSFER POINTS – A SOLUTION FOR PUZZLE

KONTROLA FUGITIVNE PRAŠINE NA PRESIPNIM MESTIMA TRANSPORTERA - REŠENJE ZA SLAGALICU

Dejan MIRAKOVSKI¹, Zoran DESPODOV¹
¹ Faculty of Mining and Geology, Štip, Macedonia

Abstract: Efficient and economic operation in modern mineral industry is not possible without addressing the problem of dust control through the material handling and processing operations. Health and safety risks, environmental concerns and public pressure, as much as operational problems connected with excessive dust emissions, urge proper solution for this problem. The paper presents the causes and countermeasures, including independent review of latest dust control technologies available to the market.

Key words: dust control, transfer points, containment, suppression, collection

Apstrakt: Efikasno i ekonomično poslovanje u modernoj mineralnoj industriji je nemoguće bez rešavanja problema sa kontrolom prašine u operacijama transporta i prerade mineralnih sirovina. Zdravstveni i bezbednosni rizici, problemi sa zagađenjem životne sredine, pritisak javnosti, kao i problemi sa funkcionisanjem opreme povezani sa visokim emisijama prašine, zahtevaju hitno rešenje. Ovaj rad opisuje uzroke i kontramere, uključujući jedan neutralni pregled najnovijih tehnologija za kontrolu prašine dostupne na tržištu.

Ključne reči: kontrola prašine, presipna mesta, zadržavanje, suzbijanje, skupljanje

1 INTRODUCTION

Controlling fugitive dust at conveyor transfer point has been a problem since their introduction in the industry. This issue turns in one of the limitations for more widely use and development of this otherwise highly economic and efficient transportation means.

Cleaning up material lost from conveyors, day after day, consume expensive labor hours increasing operating costs. Loosing a portion of already processed material like airborne dust, simply mean blowing a huge amount of money to the wind, which could be especially extensive in systems conveying minerals with lower specific gravity (coal, industrial minerals etc.). Premature

1 UVOD

Kontrola fugitivne prašine na presipnim mestima transportera postala je problem još sa njihovim uvođenjem u industriju. Ovaj problem je jedna prekretnica u ograničenju za širu upotrebu i usavršavanjem ovih, za razliku od ostalih, visoko ekonomičnih i uspešnih transportnih sredstava.

Svakodnevno čišćenje izgubljenog materijala iz transportera, potroši skupe radne sate povećavajući troškove, iz godine u godinu. Gubljenje dela već prerađenog materijala u obliku lebdeće prašine jednostavno znači gubljenje novca na vetru, koji bi mogao biti naročito obiman u sistemima za transport minerala sa malom specifičnom težinom (ugalj,

worning and damage of conveyor components by fugitive dust, simply pumping the maintenance budgets to unacceptable levels. Costs for unplanned brake downs and manpower engaged exceed millions of dollars throughout the industry.

But with overall rise in awareness in industry (and in the general public) of the problems caused by airborne dust and other fugitive materials concerning the health -safety hazards and environmental pollution issues, a new dimension of this "edge old" problem was given. In the light of government regulations mandating improvements in air quality a costs for avoidable safety hazards, unwanted community attention, and preventable regulatory citations continue to escalate.

For any industry, unnecessary and repetitive costs like before mentioned can no longer be tolerated and much different approach to controlling dust must be adopted.

Unfortunately, applicable dust control technologies in general still stay in the area of "dark box" and expert knowledge filed, and there is a desperate need for scientific and educational efforts to put a new light and make them routine knowledge available for all engineers involved in the industry. Moreover, today's market offer a hole set of applicable engineered dust control systems, which properly combined and applied could provide efficient and economic solution for the problem. So it is time to collect the pieces and solve the puzzle.

2 DUST CONTROL TECHNOLOGIES – SENT CONDITION

The most widely accepted classification for all dust control technologies, categorize them into three major groups, depending on the applied approach to the solution; - containment, suppression, and collection.

- dust containment consists of set of mechanical and other means (systems) applied to keep material inside the limited space around the transfer point.
- dust suppression systems increase the cohesion between small particles (preventing them to become airborne) and mass of suspended dust particles,

industrijski minerali i sl.). Prerano habanje i oštećenje delova transportera zbog fugitivne prašine, prosto povećava budžet održavanja na neprihvatljiv nivo. Troškovi za neplanirane zastoje i upošljavanja dodatne radne snage prevazilaze milione dolara širom industrije.

Međutim, sa ukupnim porastom svesti u industriji i opštoj javnosti o problemima izazvanim lebdećom prašinom i drugim fugitivnim materijalima u pogledu zdravlja – sigurnosti i problemima sa zagađenjem sredine, data je nova dimenzija ovom "starom" problemu. U svetlosti poboljšanja važećih vladinih propisa u pogledu kvaliteta vazduha, troškovi koji se mogu izbeći, rizike, nepoželjne pažnje javnosti i preventivni sudski pozivi produžavaju da eskaliraju.

Nijedna industrija ne može dalje tolerisati nepotrebne i ponovljive troškove kao što su pomenuti. Zbog toga se mora usvojiti drugačiji prilaz u pogledu kontrole prašine.

Na žalost, postojeće tehnologije za kontrolu prašine generalno su još uvek u zoni ekspertskog znanja, zbog čega se javlja hitna potreba od naučnih i edukativnih napora za njihovu širu primenu koje bi bile raspoložive za sve inženjere uključene u ovu industriju, naročito, zbog toga što današnje tržište nudi široki spektar sistema za kontrolu prašine koji, kada se pravilno kombinuju i primene mogu obezbediti efikasno i ekonomično rešenje ovog problema. Znači, došlo je vreme da se skupe svi komadići i slagalica sastavi.

2 TEHNOLOGIJE ZA KONTROLU PRAŠINE - SADAŠNJE STANJE

Najšira prihvaćena klasifikacija svih tehnologija za kontrolu prašine u zavisnosti od primenjenog prilaza klasifikuje ih u tri glavne grupe: zadržavanje, suzbijanje i skupljanje.

- zadržavanje prašine obuhvata komplet mehaničkih i drugih sredstava (sistema) primenjenih da zadrže materijal unutar ograničenog prostora pretovarnog mesta,
- sistemi za suzbijanje prašine povećavaju kohezije između malih čestica (sprečavajući ih da počnu da lebde) i mase čestica, suspendirane prašine

- (allowing them to fall from the air stream).
- dust collection is the mechanical capture and return of airborne material after it becomes airborne from the main material body.

In the past, these three approaches have always been seen as separate solutions, competing in the marketplace. Each system claimed its own technology was the best, providing the most effective, most cost-efficient, most maintenance-free solution, pointing to the other systems weaknesses. But, in reality, many plants throughout the industry face with failure and poor performance of this separate systems approach. It's become obvious that no single technology can provide a satisfactory solution, especially from the standpoint of health and environmental problems which force more efficient control of fine particles (below 10 micrometers).

In order to assure successful dust control program the three different technologies should not be seen as a competitors, but as interrelated components working together for success. All three systems should be carefully evaluated, one by one and together to determine the most effective and economic way to control the fugitive dust.

3 DUST CONTROL TECHNOLOGIES – BASIC DESCRIPTION

As we mention before, only integrated solution which use the best from each different dust control approach, could achieve the goal for efficient and economic dust control. Containing the material within main material flow and reducing the air movement inside the transfer point zone is a key for successful operation of dust suppression or collection systems. Applications of suppression or collection are determined by specific conditions of process, equipment and material. More detailed description of each different system follow.

3.1 DUST CONTAINMENT

The containment as most fundamental step must be accomplished by careful selection of effective mechanical and other means to keep the material

- (mešajući ih da padnu sa vazdušnog toka),
- skupljanje prašine je mehaničko zarobljavanje i vraćanje lebdećeg materijala ka glavnom telu toka materijala.

U prošlosti ova tri prilaza bila su razmatrana kao izdvojena rešenja koja konkurišu međusobno na tržištu. Svaki dobavljač promovisao je da je njegova tehnologija najbolja i da obezbeđuje najveću efikasnost, ekonomičnost i održivost, istovremeno ukazujući na slabosti ostalih sistema. Međutim, u realnosti, mnoga postrojenja u industriji suočena su sa neuspehom i lošim performansama svakog izdvojenog sistema. Postalo je očividno da nema pojedinačne tehnologije koja bi mogla obezbediti zadovoljavajuće rešenje, naročito sa aspekta zdravlja i problema životne sredine koji više zahtevaju uspešnu kontrolu finih čestica (čestica ispod 10 mikrometara).

Sa namerom da se obezbedi uspešnost programa za kontrolu prašine, ove u osnovi raznolike tehnologije ne treba da budu posmatrane kao konkurencija, već kao međuzavisne komponente koje bi radile zajedno do uspeha. Sva tri sistema trebalo bi pažljivo proceniti, izdvojeno ili zajedno kako bi se odredio efikasniji i ekonomičniji način kontrole fugitivne prašine.

3 TEHNOLOGIJE ZA KONTROLU PRAŠINE - OSNOVNI OPIS

Kao što smo pomenuli ranije, samo integralno rešenje koje će iskoristiti najbolje od pojedinih različitih prilaza, može postići ciljeve za efikasnu i ekonomičnu kontrolu prašine. Zadržavanje fugitivnog materijala u glavnom toku i smanjenje kretanje vazduha unutar zone presipnih mesta je jedini ključ uspešnosti sistema za suzbijanje i/ili skupljanje prašine. Primena postupaka za suzbijanje i/ili skupljanje prašine je određena specifičnim uslovima procesa, opreme i materijala. U daljem tekstu sledi detaljniji opis svakog pojedinačnog sistema.

3.1 ZADRŽAVANJE PRAŠINE

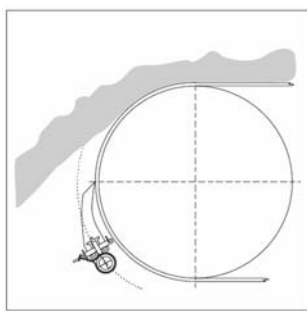
Zadržavanje kao osnovni korak mora biti ostvareno pažljivim izborom efikasnih mehaničkih i drugih sredstava koji će zadržati

on the conveyor and reduce air movement in loading zone. Effective containment could significantly reduce dust generation and dispersion potential, and improve performance of suppression or collection systems. Since each conveyor and each loading zone has unique characteristics of the material and components at that given conveyor and load zone, the sources of fugitive material must be properly identified and controlled. The sources of fugitive material include:

- belt carry back,
- conveyor side spillage,
- tail area spillage, and
- exit area dust creation.

3.1.1 Carry back

The material which adhering the belt and pass the discharge point is best controlled by applying multiple cleaning systems. These consist of a precleaner on the face of the head pulley to remove the majority of material and one or more secondary cleaners to perform final precision cleaning. The secondary cleaner(s) are installed at the point where the belt leaves the head pulley or further along the conveyor return.



materijal na transporteru i smanjiti kretanje vazduha u utovarnoj zoni. Efikasno zadržavanje moglo bi značajnije smanjiti generisanje prašine i potencijal njenog širenja i poboljšati performanse sistema za suzbijanje ili skupljanje. Imajući u vidu da svaki transporter i da svaka utovarna zona imaju unikatne karakteristike materijala i komponente, izvori fugitivnog materijala moraju biti osobno identifikovani i kontrolisani. U izvore fugitivnog materijala se uključuju:

- vraćanje materijala sa trake,
- bočno prosipanje materijala sa trake,
- prosipanje u zoni povratne stanice i
- širenje prašine iz izlazne zone.

3.1.1 Vraćanje materijala sa trake

Materijal koji se lepi na traku i prolazi nepadajući na istovarno mesto najbolje je kontrolisati primenjujući višestruke sisteme za čišćenje. Ovi sistemi obuhvataju jedan primarni čistač na čelu pogonskog bubnja za skidanje većine materijala i jedan ili više sekundarnih čistača sa ciljem da izvrše finalno precizno čišćenje. Sekundarni čistači su montirani na mestu gde traka napušta pogonski bubanj ili dalje uzduž povratne grane transportera.

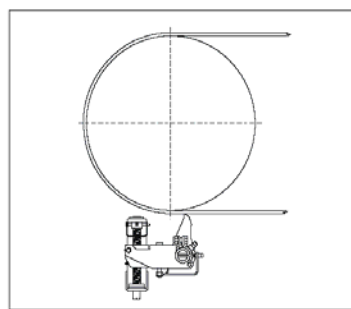


Figure 1 Cleaner systems consist of a precleaner on the face of the head pulley, and one or more secondary cleaners

slika 1 Sistemi za čišćenje, sastavljeni od primarnog čistača na čelu pogonskog bubnja i jednog ili više sekundarnih čistača

3.1.2 Side spillage

Conveyor side spillage is best controlled by a three-part program consisting of; proper belt support, wear liners inside the chute to protect the sealing system and multiple-layer edge seals to contain any escaping fines.

3.1.2 Bočno prosipanje materijala

Bočno prosipanje materijala sa trake najbolje je moguće kontrolisati trojnim programom koji obuhvata: prikladnu (odgovarajuću) potporu trake, habajuće zaštitnike unutar šuta koji štite zaptivni sistem i višestruke ivičaste zaptivače koji služe da zadrže neki umaknuti sitnež.

Proper belt support consists of cradles (Figure 3) installed in-line with the carrying idlers to absorb impact and to eliminate fluctuations at the belt line. This impact absorbing systems support belt through the loading zone preventing the belt sag (Figure 2) and maintain effective seal.

Prikladnu potporu trake sačinjavaju gumene gredice (slika 3), montirane u liniji sa nosećim slogovima, sa funkcijom da prihvate udare i eliminišu odstupanja trake od ose transportera. Ovi sistemi za prihvatanje udara podupiru traku u utovarnoj zoni sprečavajući ugib (slika 2) trake i održavajući efikasno zaptivanje.

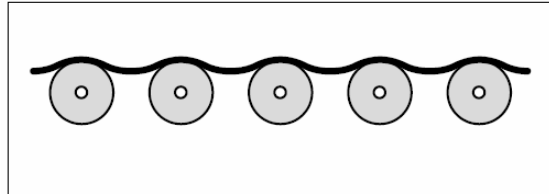


Figure 2 Belt sag allows spillage and risks material entrapment and belt damage
slika 2 Ugib trake koji dopušta prosipanje materijala i oštećenje trake

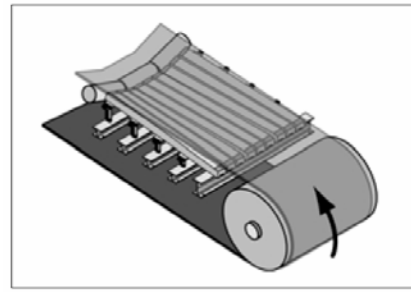


Figure 3 Impact absorbing belt support cradle
slika 3 Potpora sa gumenim segmentima za prihvaćanje udara

Wear liner is a flat sacrificial surface placed inside the chute wall to form a long-lasting barrier to protect the edge seals (Figure 4). Liner materials could be mild or stainless steel, abrasion-resistant plate, ceramic faced or hard-faced steel, rubber, urethane, or plastic, depending on the specifics of the application.

Habajući zaštitnik je jedna ravna žrtvujuća površina smeštena u unutrašnosti zidova šuta koja formira dugotrajnu barijeru i koja štiti ivičaste zaptivače (slika 4). Materijal za izradu zaštitnika može biti topljeni ili nerđajući čelik, abrazivno-otporne ploče, obrađena keramika ili grubo obrađeni čelik, guma, uretan ili plastika u zavisnosti od specifičnosti aplikacije.

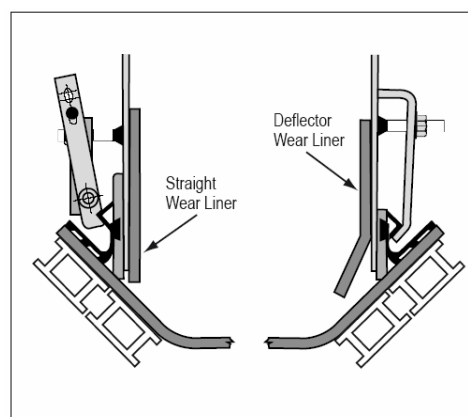


Figure 4 Wear liners installed inside the chute to protect the sealing
slika 4 Habajući zaštitnik montiran unutar šuta

It is critical that wear liners be installed as a smooth seamless layer that does not interfere with flow

The main goal of sealing is to effectively contain material fines and to keep material on the belt. This is typically accomplished by installing a flexible elastomer strip on the sides of the skirt board to close the space between the steel structures and the moving belt.

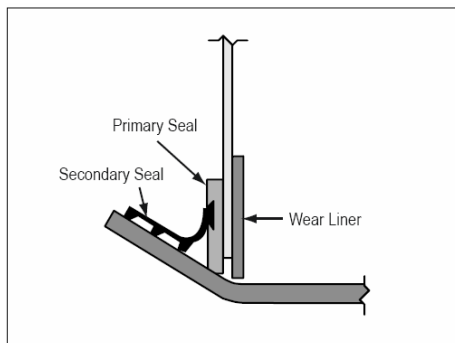
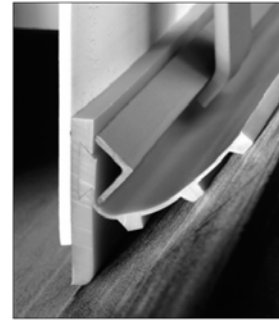


Figure 5 Multiple-layer sealing system
slika 5 Višestruki zaptivni system



Bitno je da habajući zaštitnici budu montirani kao glatki sloj koji neće remetiti tok materijala.

Glavni cilj zaptivanja je da efikasno zadrži sitnež materijala i da zadrži materijal na traci. Najčešće se ostvaruje instaliranjem trake od elastičnog elastomera na bokovima, kako bi se zatvorio prostor između čelične strukture i trake u kretanju.

3.1.2 Control of air movement

Conveyor loading zones and discharge points are prime sources for the creation and release of airborne dust. Depending on a number of factors, including the nature of the material carried the height of drop and the speeds and angles of unloading and loading belts, various systems to control airborne dust should be installed at conveyor loading and unloading zones.

The essence of this system is to actually reduce dust generation and dispersion potential. In the simplest form this could be accomplished by following this three design parameters:

- limit air coming into the enclosure and the material stream.
- reduce the creation of dust inside the enclosure.
- lower air velocities within the enclosure, allowing suspended dust to fall back on the conveyor belt.

Air is stopped from entering the enclosure at the head pulley of the discharging conveyor by conventional rubber curtain seals at the belt's entrance to the enclosure and by keeping the material in a consolidated stream as it moves through the transfer point.

3.1.2 Kontrola kretanja vazduha

Utovarne zone i istovarna mesta trakastog transportera su primarni izvori za stvaranje i oslobađanje lebdeće prašine. U zavisnosti od brojnih faktora, uključujući prirodu transportovanog materijala, visinu pada, brzine i uglove istovarnih i utovarnih traka, mogu biti instalisani različiti sistemi za kontrolu lebdeće prašine na utovarnim i istovarnim zonama transportera.

Sušтина ovog sistema je da trenutno smanji generisanje i potencijal širenja prašine. U jednostavnoj formi ovo može biti ostvarljivo kroz realizaciju dole pomenutih projektnih parametara:

- ograničenja dolaska vazduha u ograđeni potok materijala,
- smanjenja stvaranja prašine unutar ograde,
- sniženja brzine vazduha u ogradi, dopuštajući suspendovanoj prašini da opet padne na transportnu traku.

Vazduh je stopiran od ulazne vodilice ograde na pogonskom bubnju istovarnog transportera sa klasičnom gumenom zavesom na ulazu trake ka ogradi i sa zarobljavanjem sitneža u toku materijala koji se kreće kroz presipno mesto.

Keeping the material in a consolidated body will reduce the amount of air that will be entrained or carried along. Best results are achieved by use of “hood and spoon” design (Figure 6).

Zarobljavanjem materijala u konsolidovanom telu smanjiće se količina vazduha koja će biti vođena ili transportovana uzduž. Najbolji rezultati su ostvareni upotrebom sistema poklopac - kašika (slika 6).

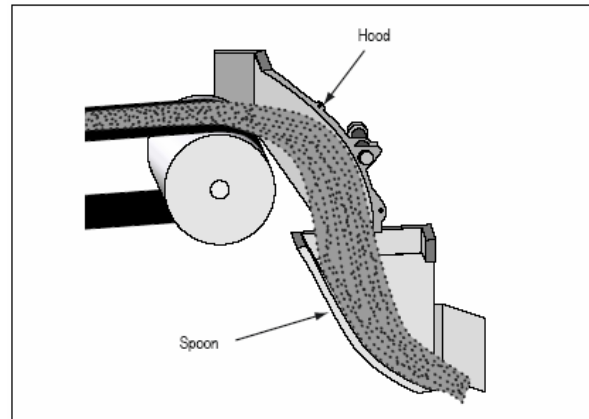


Figure 6 “hood and spoon” chute minimizes the air entrained with the material, and so reduces airborne dust.
slika 6 Šut izvedbe poklopac-kašika

The hood minimizes the expansion of the material body while the spoon provides a curved loading chute so the material slides down to the loading zone. By reducing the velocity and force of material impacting the load zone, the dust generation and air speed are significantly reduced.

Poklopac minimizuje širenja tela materijala dok kašika obezbeđuje zakrivljeni utovarni šut tako da materijal klizi ka utovarnoj zoni. Smanjenjem brzine i sile materijala koji udara na utovarnu zonu, stvaranje prašine i brzina vazduha su znatno smanjeni.

The final phase of this system is to lower the air speed in the enclosure. The goal is to quiet air velocities in order to let dust settle and fall back onto the belt. This is accomplished by making the enclosure large enough and then slowing the air movement. Typically a rubber dust curtains hanging from the top are used. (Figure 7) These rubber exit curtains inhibit the amount and velocity of air passing out of the loading zone, and so minimize the escape of dust.

Završna faza ovog sistema je sniženje brzine vazduha u ograđenom prostoru. Cilj je smanjiti brzinu vazduha sa namerom pribrati prašinu i nju vratiti na traku. Ovo je ostvarljivo postavljanjem dovoljno velike ograde i zatim usporavanjem kretanja vazduha. Korišćene su tipične gumene zavese za prašinu koje vise na vrhu (slika 7). Ovaj izlaz od gumene zavese sprečava količinu i brzinu vazduha koji prolazi kroz utovarnu zonu i tako minimizira bekstvo prašine.

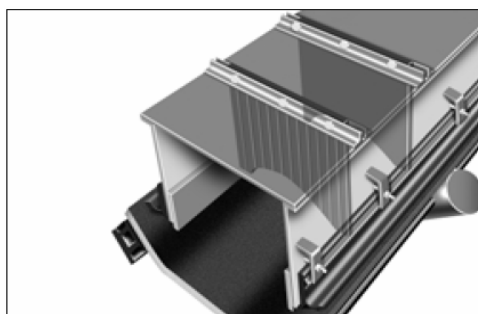


Figure 7 Dust curtains
slika 7 Zavese za zadržavanje prašine

3.2 DUST SUPPRESSION SYSTEMS

In a dust suppression system a water/chemicals are used in a form of spray/fog/foam to increase cohesiveness (agglomeration) between particles and prevent dust generation, as much as to increase mass of already suspended particles and knock them down to the material body.

There are a number of mechanical systems used for this purpose, ranging from simple sprays to sophisticated, automated systems.

3.2.1 Water

The water spraying is the oldest dust control system in which by adding the moisture to the material, weight/mass ratio and cohesiveness of the material is increased, so it is less likely for the particles to become airborne. Efficiency of water suppression systems varies widely and usually a huge amount of moisture (1% to 10%) is needed to achieve satisfactory results. On the other side, excessive moisture can produce problems with material handling/processing (add weight, screens blinding, belt slippage, material frosting....) and to adversely affect material quality/performance (reduce coal thermal power....). But the biggest limitation of these systems is their poor performance in control of small (respirable) dust particles. Therefore modern operation really uses these systems, so a further elaboration in this paper will be omitted.

3.2.2 Chemical additives / wetting agents

Wetting agents are surfactant formulations that improve the ability of water to wet and agglomerate fine particles. Wetting agents designed for dust control generally improve both wetting actions (spread and capillary wetting phenomena). Available products range from single component commodity surfactants to specialty chemical formulations that contain blends of surfactants with organic and inorganic additives. Binding agents may also be included for long-term (residual) dust control effects.

Although use of these additives can increase the operation costs of dust control systems, residual dust control throughout the material transportation and storage could bring great

3.2 SISTEMI ZA SUZBIJANJE PRAŠINE

Kod sistema za suzbijanje prašine moguće je koristiti vodu ili neke hemikalije u obliku spreja, magle ili pene, kako bi se povećala kohezivnost (aglomeracija) između čestica materijala i sprečilo stvaranje prašine. Time se povećava masa već ranije suspendovanih čestica i vrši njihovo obaranje na materijal.

Postoje brojni sistemi koji se koriste u tu svrhu, počev od jednostavnih sistema za rasprskavanje, pa sve do sofisticiranih automatskih sistema.

3.2.1 Voda

Prskanje vode je najstariji sistem za kontrolu prašine kod koga se kroz povećanje vlažnosti materijala povećava težina i kohezivnost između čestica, pa ih je teže suspendovati u vazduhu. Efikasnost sistema za suzbijanje prašine vodom varira u širokim granicama i najčešće su potrebne veće količine vode u iznosu od 1 do 10% kako bi se postigli zadovoljavajući rezultati. Sa druge strane, višak vode može prouzrokovati probleme sa transportom, prerade (kao što su: povećanje mase, začepljenje sita, proklizavanje trake, smrzavanje materijala) i negativno uticati na kvalitet materijala (smanjenja toplotne moći uglja i sl.). No, najveća ograničenja u primeni ovih sistema su njihove nemogućnosti kontrolisanja sitnih respirabilnih čestica. Zbog toga savremena postrojenja ređe koriste ove sisteme, i zato će njihova dalja elaboracija u ovom radu biti izostavljena.

3.2.2 Hemijski aditivi (kvašljivci)

Kvašljivci su smeše surfaktanta koji poboljšavaju sposobnost vode u kvašenju i aglomeraciju sitnih čestica materijala. Ove hemikalije dizajnirane za kontrolu prašine poboljšavaju oba fenomena vlažnjenja (vlažnjenje širenjem i kapilarno vlažnjenje). Na tržištu se mogu naći od jednokomponentnih surfaktanata do specijalnih hemijskih formulacija koji sadrže surfaktante organskog i neorganskog porekla. Vezivni aditivi mogu biti iskorišćeni za obezbeđivanje dugotrajnih efekata.

Pored toga što upotreba ovih aditiva može povećati operativne troškove, njihov rezidualan efekat kroz celokupni transportni sistem i sistem skladiranja materijala obezbeđuje znatnu korist

benefits for extensive systems (like coal operations). Of course, additional (and continuing) cost of the additive and the impact of the chemical on the material's eventual use must be carefully considered.

3.2.3 Foam

Foaming agents are used to convert water and air into foam. Dust control foam is dry, stable, small-bubbled foam with a consistency similar to shaving cream. Foaming agents are primarily high foaming surfactants, and may also contain wetting and binding agents. Dust control foam functions similarly to liquid spray wet suppression, in that the foamed liquid wets and agglomerates fine particles.

The advantages of foam over liquid sprays are improved liquid distribution, resulting in lower liquid feed rates; and improved fine particle capture, which reduces breathable dust. Improved liquid distribution is realized by the large increase in liquid surface area. The improved fine particle capture is believed to be due to the foam's ability to engulf and wet fine particles, and/or the "shrapnel" effect, where fragments of bursting bubble films contact, wet and agglomerate fine dust particles.

Because foam dust control mechanisms involve the contact of foam with dust particles, foam is used primarily for bulk agglomeration applications. This mechanism provides "carry on" dust control effect over longer transportation distances and several transfer points. With addition of residual agents (binders and tackifiers) dust control over the entire process of transportation, storage and reclaiming could be achieved.



kod velikih sistema, kao na primer, sistema za transport i skladiranje uglja. Svakako da dopunski (tekući) troškovi aditiva i uticaj hemikalija na buduću upotrebu materijala moraju biti pažljivo razmotreni.

3.2.3 Pena

Penušavci su aditivi koji se koriste da bi pretvorili vodu i vazduh u penu. Pena koja se upotrebljava za suzbijanje prašine je suva, stabilna, i sa sitnim mehurićima. Penušavci su primarno visoko penušavi surfaktanti, a mogu sadržati aditive za kvašenje i vezivanje. Tretman penom je sličan sa vodenom supresijom sa razlikom što penušasta tečnost na vlaži i aglomerira sitne čestice.

Prednosti tretiranjem penom u poređenju sa vodenim sprejem su: poboljšana distribucija tečnosti (što prouzrokuje manje zahteve za vodu) i poboljšano hvatanje sitnih čestica, čime se redukuje respirabilna prašina. Bolju distribuciju tečnosti je moguće realizovati kroz povećanje površine raspoložive tečnosti, a bolje hvatanje čvrstih čestica je rezultat sposobnosti pene za zarobljavanje i kvašenje sitnih čestica i/ili takozvani šrapnel efekat, kada komadići ispucalih mehurića pene dodiruju, vlaže i aglomeriraju sitne čestice materijala.

Imajući u vidu da mehanizam funkcionisanja pene uključuje kontakt pene i sitnih čestica zbog toga se pena generalno koristi za aglomeraciju materijala. Ovaj mehanizam obezbeđuje takozvani rezidualni (carry on) efekat kod dužih transportnih trasa i kroz više presipnih mesta. Dodavanjem rezidualnih aditiva (bindera i takifera) moguće je postići kontrolu prašine u celokupnom procesu: transporta, skladiranja i utovara materijala.



*Figure 8 Dry foam applied at conveyer transfer point.
slika 8 Suva pena primenjena na presipnom mestu transportera*

Moisture addition from foam dust suppression systems ranges from 0.08% to 0.2% by weight. At these reduced levels of added moisture, the adverse affects associated with excess moisture are greatly reduced or eliminated.

This make the foam dust control very convenient in cases where excess of moisture is not acceptable and flexibility and high efficiency are crucial.

3.2.4 Fog

Fog suppression systems are new level of classic water spray systems. These systems use special nozzles to produce extremely small water droplets in a dispersed mist. (Figure 11.3) The fog system atomizes the water to reduce the surface tension of the water droplets, while increasing the number of droplets in a given area, which consequently provide better contacting and agglomeration of already suspend fine particles. The increased weight of combined particles allows them to settle back to the water while minimizing the amount of water added to the product.

There are two methods of producing finely atomized water fog. One method produces fog from water and compressed air by passing them together through a two fluid nozzle. The other system uses an ultra-fine stream of water pumped at high pressure through single-fluid atomizing nozzles.

A well-designed fogging system can provide excellent control of dust at reasonable operating costs. But because of the small orifice size of the nozzles, they can easily plug if not serviced at required intervals. Also, for truly effective performance, fog dust suppression systems require tight enclosure of the transfer point, which is not always easy to obtain. Another potential drawback of a fogging application is that dust control is achieved only at the point of application (no "carry on" effect). So, a capital investment can be very high for complex conveyor systems with multiple transfer points.

3.3 DUST COLLECTION SYSTEMS

Dust collection system utilizes mechanical power to collect air passing trough the point of dust generation/liberation. Collected air is then passed

Dodatak vlage kod apliciranja pene kreće se u intervalu od 0.08 do 0.2 težinskih procenata. Kod ovog smanjenog nivoa dodatka vlažnosti negativni efekti zbog viška vlage su znatno smanjeni ili eliminisani u celosti. Ove činjenice ukazuju na to da je kontrola prašine sa penom prioritelnija u slučajevima gde je višak vlage neprihvatljiv, a fleksibilnost i veće performance su od suštinskog značenja.

3.2.4 Magla

Sistemi za suzbijanje prašine sa maglom su viši nivo od klasičnih vodenih sprej sistema. Ovi sistemi upotrebljavaju specijalne mlaznice da bi proizveli ekstremno male vodene kapljice u jednu disperzovanu sumaglicu. Magleni sistem raspršava vodu da bi smanjio površinski napon vodenim kapljicama, pri povećavanju broja kapljica u jednom prostoru, koji zbog toga obezbeđuje bolji kontakt i aglomeraciju već suspendovanih finih čestica. Povećana masa kombiniranih čestica dozvoljava im da se talože ponovo u vodu što dovodi do minimiziranja količine vode koja se pridodaje proizvodu.

Postoje dve metode za stvaranje fine raspršivane vodene magle. Jedan metod proizvodi maglu od vode i komprimiranog vazduha koje prolaze zajedno kroz jednu dvofluidnu mlaznicu. Drugi sistem koristi jedan ultra-fini mlaz vode isumpavan pod visokim pritiskom kroz jednofluidne atomizirajuće mlaznice.

Dobro projektovani magleni sistem može obezbediti odličnu kontrolu prašine sa umerenim operativnim troškovima. Međutim, imajući u vidu da mlaznice imaju otvore sa malom veličinom, oni se mogu lako zapušiti ako nisu servisirane u zahtevanim intervalima. Takođe, za zaista efikasne performanse, sistemi za supresiju prašine maglom zahtevaju zaptivnu ogradu na presipnom mestu, koju nije svaki put lako realizovati. Drugi potencijalni nedostatak jedne maglene aplikacije je to što kontrola prašine se postiže jedinstveno na mestu aplikacije (nema carry on efekta), tako da, jedna kapitalna investicija može biti mnogo visoka za kompleksne transportne sisteme sa više presipnih mesta.

3.3 SISTEMI ZA SKUPLJANJE – FILTRIRANJE PRAŠINE

Sistemi za skupljanje prašine koriste mehaničku silu da bi usisali vazduh koji prolazi kroz zone

through some form of filtration device (electrostatic percipator, bag filter, cyclone, and scrubber) to remove dust particles and after released in the atmosphere. Beside these systems there are “passive” systems, which use the positive pressure inside the chute enclosure to allow the air to pass through the filters, Figure 9.

stvaranja/disperziranja prašine. Usisani vazduh, zatim, prolazi kroz neki uređaj za filtraciju (elektrostatički percipator, vrećasti filter, ciklon, skruber i sl.), u koji se čestice prašine odstranjuju, a čisti vazduh ispušta u atmosferu. Pored ovih, postoje i takozvani pasivni sistemi koji koriste pozitivni pritisak u kućištu sipke da bi omogućili vazduhu da prođe kroz filterske uređaje, slika 9.

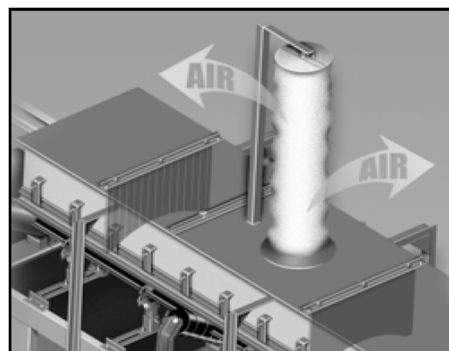
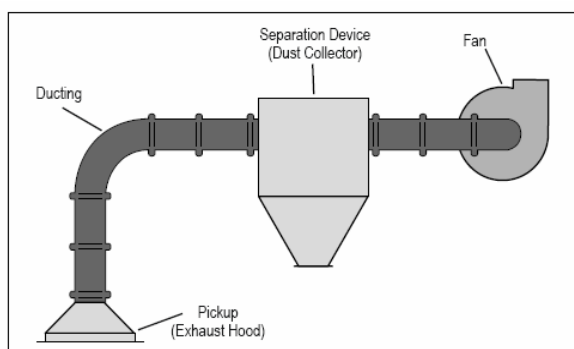


Figure 9 Mechanical collection system (left) and passive collection system (right)
slika 9 Mehanički sistemi za skupljanje (levo) i pasivni sistemi (desno)

Dust collection system usually provides high efficiency if properly designed and constructed. Tight enclosure of transfer point and correct assessment of air that must be pulled through the system is fundamental for efficient and economical dust collection.

Sistemi za skupljanje prašine najčešće obezbeđuju visoku efikasnost ukoliko se pravilno projektuju i instaliraju. Hermetično zatvaranje presipnih mesta i pravilna procena količine vazduha koje treba usisati u system, su od suštinskog značaja za efikasnost i ekonomičnost ovih sistema.

Due to the movement of material through the transfer point, three types of air movement can be observed; displaced air induced air and generated air. Therefore, totals air flow in a given transfer point can be determined with the following equation:

Kao rezultat kretanja materijala kroz presipno mesto javlja se kretanje vazduha, koje u zavisnosti od uzroka njegovog stvaranja može biti: izbacivanje vazduha, inducirano i generisano kretanje vazduha. Ukupnu količinu vazduha koja se kreće kroz određeno presipno mesto moguće je odrediti sledećom jednačinom:

$$Q_{tot} = Q_{gen} + Q_{dis} + Q_{ind}, \quad (1)$$

$$Q_{tot} = Q_{dis} + Q_{ind} + Q_{gen}, \quad (1)$$

Where: Q_{tot} - total air movement,
 Q_{gen} - quantity of generated air,
 Q_{dis} - calculated displaced air,
 Q_{ind} - Calculated induced air,

gde su: Q_{tot} – ukupna količina vazduha,
 Q_{gen} – generisana količina vazduha,
 Q_{dis} – proračunati izbačeni vazduh,
 Q_{ind} – proračunati inducirani vazduh,

$$Q_{ind} = 10 \times A_u \times \sqrt[3]{\frac{R \times S^2}{D}}, \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (2)$$

$$Q_{ind} = 10 \times A_u \times \sqrt[3]{\frac{R \times S^2}{D}}, \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (2)$$

A_u - open area at upstream end at the point where is air induced into the system by action of falling material, (m^2),
 R - rate of material flow, (kg/s),
 S - height of material free fall, (m),
 D - average material diameter, (m),

A_u – otvorena površina ulaznog dela sipke gde se vazduh inducira, (m^2),
 R – kapacitet transportovanog materijala, (kg/s),
 S – visina slobodnog pada materijala, (m),
 D – srednji dijametar zrna materijala, (m),

$$Q_{dis} = \frac{\text{conveyed product (kg/s)}}{\text{bulk density (kg/m}^3)}, (\text{m}^3/\text{s}).$$

Generally, a mechanical dust collection system will be required when the total air flow in the loading zone exceeds 0,5 (m³/s) or if the air velocity in the enclosure cannot be lowered to less than 1.25 (m/sec).

After all design parameters are carefully evaluated, then the type of dust collection system should be selected. There are three basic approaches to dust collection systems: central, unit, or integrated systems. In central method all the individual collection points are by means of ducting connected a single filter in a single location. The unit systems consist of self-contained dust collectors for individual or small and conveniently grouped dust generation points. A logical extension of the unit concept is the integrated system, where insert able filters are installed within the dust generation point itself.

$$Q_{dis} = \text{kapacitet/nasipna masa, (m}^3/\text{s)}.$$

Generalno, mehanički sistemi za skupljanje prašine su neophodni kada je ukupna količina vazduha koja prolazi kroz presipno mesto iznad 0.5 m³/s, odnosno kada se brzina vazduha u kućištu sipke ne može smanjiti ispod 1.25 m/s.

Kada su svi projektni parametri pažljivo procenjeni tada bi trebalo izabrati tip sistema za skupljanje prašine. Postoje tri osnovna sistema za skupljanje prašine: centralni, jedinični i integralni. Kod centralne metode sve individualne tačke skupljanja su povezane cevovodom u centralni filter. Jedinične sistemi sadrže kompletne sisteme za skupljanje i filtraciju prašine za pojedinačna ili mala pogodno grupisana mesta za generisanje prašine. Logički produžetak jediničnog koncepta je integrirani sistem, gde su filtri umetnuti u zonu stvaranja prašine.

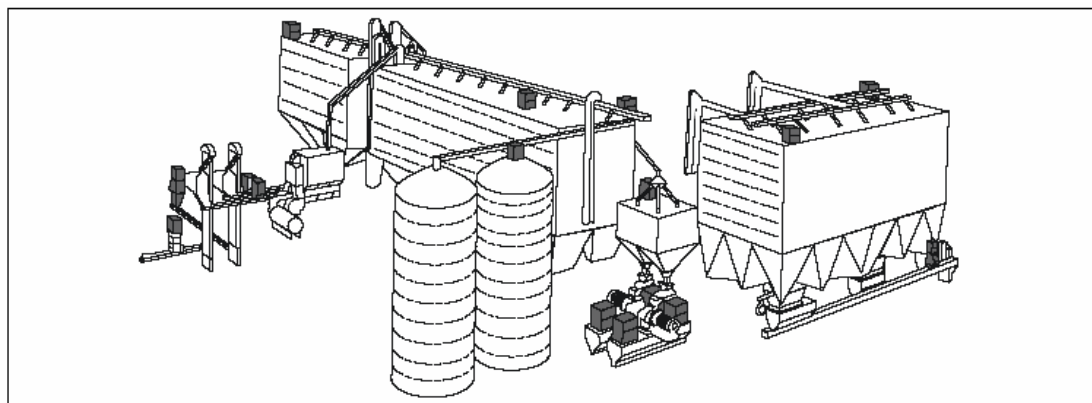
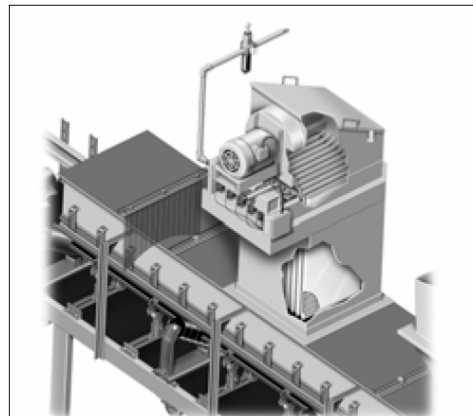
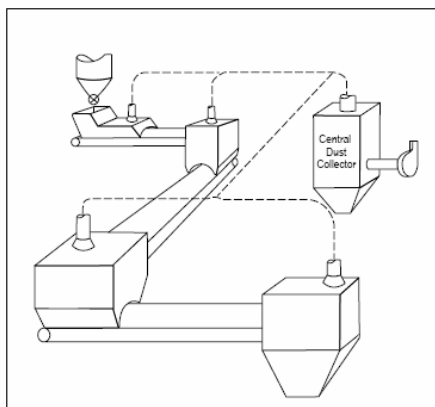


Figure 10 a) Central Dust Collection System; b) Integrated Dust Collection System;
c) Unit Dust Collection System
slika 10 a) Centralni sistem za skupljanje prašine, b) Integrirani sistem za skupljanje prašine,
c) Jedinični sistem za skupljanje prašine

Collection systems are proven and high efficient solution, but their installation involve larger space requirements, modification of existing systems and extensive set of mechanical/electrical and control equipment which make them expensive to install. Also the operating and maintenance costs are high compared to alternative suppression systems. The collected dust must be returned to the material flow (or otherwise disposed of), which may allow the dust to be re-entrained into the air and then re-collected at the next pickup point.

Sistemi za skupljanje prašine su dokazana i visoko efikasna rešenja, no njihova instalacija uključuje zahteve za veći prostor, modifikaciju postojećih sistema i produženje komplet mehaničke/električne i kontrolne opreme, što ih pravi skupe za instaliranje. Takođe, operativni i troškovi održavanja su visoko uporedljivi sa alternativnim sistemima za supresiju. Skupljena prašina mora biti vraćena u tok materijala (ili na drugi način izbačena), što može dozvoliti da ta prašina bude ponovo usisana na sledećom usisnom mestu.

4 CONCLUSIONS

Given the differences in dust control technologies, one of the most critical decisions is to choose proper components and integrate them in one system which can assure the most efficient and economic dust control solution. Only an in-depth look of causes for fugitive material occurrence can provide the engineer with enough information how to solve the problem.

Proper containment measures are fundamental for success of suppression and/or collection systems. Well designed dust control must provide reduction of fugitive dust within the regulation limits and eliminate neighbor complains and regulatory problems. Additional benefits will include reduced maintenance costs, material losses, material flow and freezing problems, as much as improved operations safety, workforce moral and productivity.

4 ZAKLJUČAK

Zbog razlika koje postoje u tehnologijama za kontrolu prašine bitno je pravilno izabrati njihove komponente i iste integrisati u jedan sistem koji bi mogao obezbediti najsigurniju i najekonomičnu kontrolu prašine. Samo detaljnija analiza svih uzroka pojave fugitivne prašine može obezbediti inženjeru dovoljne informacije da bi on rešio ovaj problem.

Ispravne mere za zadržavanje prašine su baza za uspešnost sistema za suzbijanje ili skupljanje prašine. Dobro projektovani sistem za kontrolu prašine mora obezbediti smanjenje koncentracije prašine u zakonskim dozvoljenim granicama i da eliminiše žalbe javnosti i inspekciskih organa. Dopunske dobiti uključuju smanjene troškove održavanja i materijalne gubitke, izbegavanja problema sa smrzavanjem, kao i poboljšanu sigurnost kod operacija i povećan moral i produktivnost radnika.

REFERENCES / LITERATURA

- [1] Godbey, Thomas, "Selecting a dust control system (PartI)," *Powder and Bulk Engineering*, CSC Publishing, Minneapolis, October 1989, p. 37-42.
- [2] Godbey, Thomas, "Selecting a dust control system (PartII)," *Powder and Bulk Engineering*, CSC Publishing, Minneapolis, November 1989, p. 20-30.
- [3] Mirakovski, Vrencovski, Doneva, "Sovremeni tehnologiji za zaštita od fugitativnata prašina", *Međunarodno sovetuvawe - Cement 2002, 15-18 Maj 2002, Struga*.
- [4] Mirakovski, "Kontrola na fugitativnata prašina vo rudarskata industrija """, *Zbornik na Trudovi na Rudarsko geološkiot Fakultet, Juni 2002, Štip*
- [5] Swinderman, Goldbeck and Marti, "FOUNDATIONS -3, *The Practical Resource for Total Dust & Material Control*", *Martin Engineering, Neponset, Illinois, U.S.A., 2002*

Reviewal / Recenzija: prof. dr Miloš Grujić