

Pół-mobilna instalacja odpylająca dla kopalni soli kamiennej

Semi-mobile dedusting installation for a salt mine

Beniamin BIALY¹, Corinna BOTH¹, Artur CANIBOŁ²

¹ CFT GmbH, Beisenstraße 39-41, 45964 Gladbeck, Germany

² CFT Polska Sp. z o.o., 43-100 Tychy, ul. Fabryczna 7; artur.canibol@cft-polska.pl

STRESZCZENIE

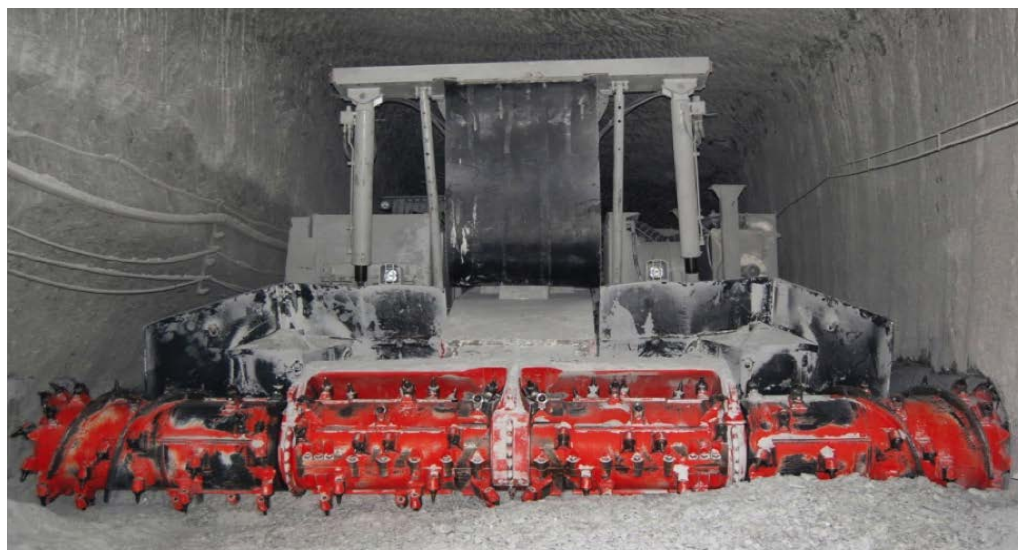
Firma KGHM Polska Miedź S.A. eksploatuje w kopalni Polkowice – Sieroszowice, oprócz rudy miedzi, również towarzyszące jej złoża soli kamiennej. Eksploatacja soli kamiennej odbywa się systemem filarowo – komorowym z wykorzystaniem maszyn urabiających do produkcji ciągłej. Dlatego właśnie, bardzo ważne jest zastosowanie urządzeń wychwytyjących powstający podczas urabiania pył solny dla zapewnienia zarówno bezpiecznych warunków pracy jak i zwiększenia produktywności. Niniejszy artykuł opisuje proces projektowania, wykonania i uruchomienia na dole kopalni pół-mobilnej stacji odpylającej na sucho, dostarczonej w maju 2013 roku przez firmę CFT GmbH, Gladbeck, Niemcy.

Słowa kluczowe: KGHM, sól, continuous miner, pył solny, odpylanie suche, wentylator

ABSTRACT

The mining company KGHM Polska Miedź S.A. operates the Polkowice Sieroszowice mine near Lubin, in Poland, where, among copper ore, rock salt is mined. The salt mining is done with the ‘pillar and room’ system by continuous mining. That is why dust removal from the tunnel and keeping the air clean is extremely important both for health and safety at work and for productivity. This paper describes the design and commissioning of a semi-mobile dry dust removal plant for a tunnelling device, which CFT GmbH, in Gladbeck, Germany, delivered in May 2013.

Key words: KGHM, salt, continuous miner, salt dust, dry dedusting, fan



Ryc. 1. Kombajn CM MB770 produkcji Sandvik w podziemnym wyrobisku soli kamiennej.

Fig. 1. Continuous miner Sandvik MB770 in operation underground.

WSTĘP

W kopalni Polkowice-Sieroszowice należącej do KGHM Polska Miedź S.A., oprócz rudy miedzi, jest również wydobywana sól kamienna ze złoża znajdującego się bezpośrednio nad złożem miedzi. Coroczna produkcja soli kamiennej wynosi ok. 336.000 t.

Wydobycie soli kamiennej realizowane jest na głębokości w zakresie od 800 do 1.000 m, techniką wybierania komorowego za pomocą kombajnów chodnikowych oraz typu Continuous Miner (w dalszej części tekstu „CM”). Kombajn typu MB770 produkcji Sandvik wyposażony jest w walcowy organ urabiający o szerokości 7,2 m a jego wydajność ok. 450 t soli na godzinę. Wysokość wykonywanych komór sięga 10 m a szerokość ok. 14 m. Urabiana sól wywożona jest z wyrobiska za pomocą pojazdów ciężarowych.

Taki proces urabiania generuje w ciągu godziny emisję ok. 2 ton drobnego pyłu solnego.

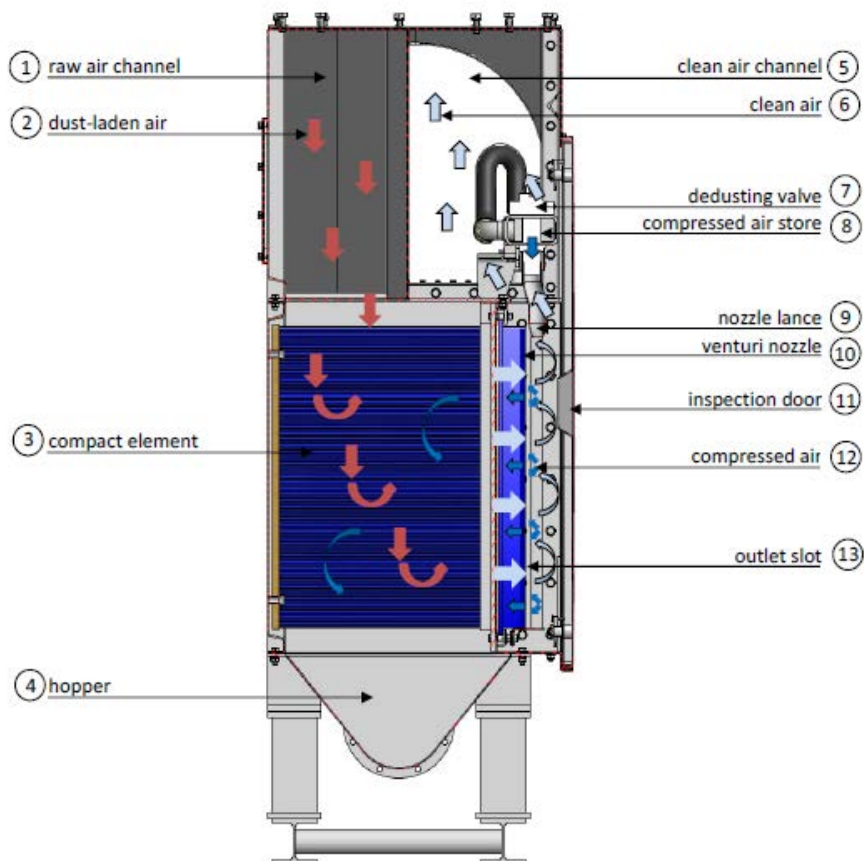
Silne pylenie podczas urabiania prowadzi do znacznego pogorszenia ogólnej widoczności w wyrobisku, co powoduje konieczność regularnego przerywania urabiania, co znacznie wpływa na ograniczenie wydajności. Poza tym wysokie stężenie pyłów w powietrzu stanowi negatywny czynnik zdrowotny, działający na personel obsługi. Istnieje również niebezpieczeństwo przybierki skał otaczających i uwolnienia

również pyłów silikogennych, które stanowią bezpośrednie zagrożenie zdrowia dla pracowników. Wysoki poziom emisji pyłów może również sprzyjać wypadkom.

W polskim górnictwie węgla kamiennego nie określa się obowiązującej, maksymalnej wartości granicznej stężenia pyłów solnych w powietrzu. Pomimo to konieczne jest wdrożenie odpowiednich rozwiązań mających na celu redukcję emisji pyłów, a tym samym poprawę ochrony zdrowia pracowników. Kopalnia Polkowice Sieroszowice poszukiwała skutecznego rozwiązania tego problemu, które - poza poprawą ochrony zdrowia pracowników pracujących pod ziemią - podniosłoby również wydajność urabiania pod ziemią. Kopalnia zdecydowała się na zastosowanie pół-mobilnej instalacji odpylającej na sucho produkcji CFT GmbH Compact Filter Technic.

ZASADA ODPYLANIA NA SUCHO Z FILTRAMI KOMOROWYMI

Emitowany podczas urabiania pył zasysany jest do odpylacza bezpośrednio na czole przodka i podawany dalej do odpylacza specjalnymi lutniami „Flexadux” o owalnym przekroju. Owalny kształt lutni umożliwia prowadzenie lutniociągu po ociosie zapewniając oszczędność miejsca w przekroju wyrobiska. Bardzo niskie opory przepływu umożliwiają odpylanie



Ryc. 2. Schematyczne przedstawienie zasady działania suchej instalacji odpylającej CFT
Fig. 2. Schematic presentation of the operating principles of the CFT dry dedusting installation

chodników o wybiegach nawet 300 m stosując jedynie wentylację ssącą. W odpylaczu cząsteczki pyłu przechodzą najpierw przez pierwsze wstępne sito separatora, które wylapuje większe elementy, takie jak kawałki folii, papieru oraz inne przedmioty ze strumienia powietrza. Separator wstępny musi być kontrolowany regularnie pod względem zanieczyszczeń i oczyszczany, gdyż zbyt duże ilości wylapanych na nim cząstek mogą spowodować znaczne obniżenie ogólnej wydajności całej instalacji.

Za separatorem wstępnym strumień powietrza z pyłem kierowany i rozdzielany jest za pomocą skomplikowanego systemu kanałów równomiernie na elementy filtracyjne. Cząsteczki pyłu osiadają na powierzchni filtrów i tworzą tzw. placek filtracyjny (warstwę stałego osadu powstającego na przegrodzie). Powietrze przepływa przez medium filtracyjne i wypływa po oczyszczeniu z pyłu przez kanał czystego powietrza z odpylacza, a następnie za pomocą wentylatorów ponownie tłoczony jest do otoczenia.

Czyszczenie elementów filtracyjnych realizowane jest za pomocą przerywanych impulsów powietrza sprężonego o kierunku przepływu odwrotnym do normalnego kierunku przepływu strumienia czyszczonego powietrza. Pozwala to na usunięcie zebranej części placka filtracyjnego z wkładu filtracyjnego, który spada do zbiornika ustawionego pod spodem. Ze zbiornika pył przenoszony jest za pomocą przenośnika ślimakowego i dozowników celkowych z odpylacza i ładowany do pojemników transportowych.

Sterowanie zaworami czyszczenia filtra realizowane jest elektronicznie przy wykorzystaniu zaprogramowanych okresów czasowych. Automatyczne i ciągle czyszczenie układu filtra zapewnia optymalne warunki eksploatacji odpylacza i oczyszczenie powietrza, zapewnia w znacznym stopniu usunięcie emitowanego pyłu.

OKREŚLENIE ZADANIA

Instalacja podobnego typu, jak ta oferowana kopalni Polkowice Sieroszowice została wypróbowana już wcześniej w kopalni potasu Zielitz (K+S GmbH). Doświadczenia zebrane podczas eksploatacji instalacji w Zielitz zostały wykorzystane po odpowiednim dopasowaniu do warunków panujących w polskiej kopalni soli.

Zadanie objęło nie tylko samo wykonanie, dostawę i uruchomienie instalacji, ale również opracowanie kompletnej koncepcji procesu przewietrzania i odpylania dla urabiania kombajnem CM. Uwzględnić należy oczywiście również ogólne warunki ramowe panujące na miejscu.

MIEJSCE EKSPLOATACJI I WARUNKI EKSPLOATACJI

Odpylacz, podobnie zresztą jak każde inne pracujące pod ziemią urządzenie, musi wytrzymać trudne warunki eksploatacji. Samo urządzenie i wszystkie jego komponenty muszą być odpowiednio wytrzymałe, zapewniać ochronę przed

mechanicznymi uszkodzeniami i muszą być dopasowane do szczególnych warunków i czynników obecnych w otoczeniu pracy (jak pył i warunki klimatyczne).

Wymiary poszczególnych elementów instalacji uzależnione są od ograniczeń wymiarowych i geometrii dróg transportowych w kopalni, przy czym najczęściej czynnikiem decydującym są wymiary szybu. Maksymalne wymiary poszczególnych elementów w kopalni Polkowice Sieroszowice ograniczone były wymiarami klatki szybu i wynosiły 1,6 m szerokości, 4,95 m długości i 6,5 m wysokości. Wszystkie podzespoły wchodzące w skład instalacji muszą być wykonane w taki sposób, aby nie ucierpiały podczas podziemnego transportu z licznymi punktami przeładunkowymi aż do miejsca ostatecznego montażu.

Temperatury panujące w strefach urabiania w kopalni Polkowice Sieroszowice przekraczają często 37°C. Z tego względu zamontowane urządzenia, a w szczególności urządzenia elektroniczne, muszą być dostosowane do pracy przy tak wysokich temperaturach otoczenia.

Instalacja odpylacza musi być przemieszczana za kombajnem zgodnie z postępem urabiania. Instalacja musi mieć możliwość stabilnego zamocowania na podłożu, pomimo tego, że jest ono często bardzo nierówne. Z tego względu mówimy w tym przypadku o instalacji pół-mobilnej.

WYKONANIE ODPYLACZA I WENTYLACJI

Wentylacja i odpylanie procesu urabiania kombajnowego CM muszą być precyzyjnie zaplanowane i wykonane. Usługi inżynierskie świadczone przez firmę CFT obejmowały przede wszystkim obliczenie wymaganej ilości dopływowej świeżego powietrza oraz ilości powietrza zasysanego zanieczyszczonego pyłami z urobiska na bazie udostępnionych danych, m.in. wymiarów poprzecznych urobiska i jego długości, wartości doświadczalnych odnośnie parametrów pyłu i wydajności maszyn eksploatowanych na miejscu.

Dla każdego rodzaju urabiania podziemnego określone są przepisami wymagane ilości powietrza wentylacyjnego, które musi być doprowadzone do czoła przodka i uwzględnione w ramach obliczeń. Sama technologia wylapywania pyłu bazuje głównie na odpowiednim know-how i doświadczeniu producenta instalacji odpylającej, co pozwala na uzyskanie optymalnego ograniczenia emisji.

Na podstawie wymienionych powyżej, wyjściowych parametrów zespół projektowy CFT przygotował schemat przebiegu procesów wentylacyjnych stanowiący podstawę do dalszego projektowania. Uwzględniając pozostałe założenia techniczne, takie jak np. średnica lutni, odległość źródła zasilania powietrzem od czoła przodka, rodzaj zasysania itd. dla kopalni Polkowice Sieroszowice wybrana została instalacja odpylania na sucho typu HTKK 1/750-2. Charakteryzuje się ona objętościowym natężeniem przepływu do 1 500 m³/min i sprawdza się w podziemnym górnictwie soli.

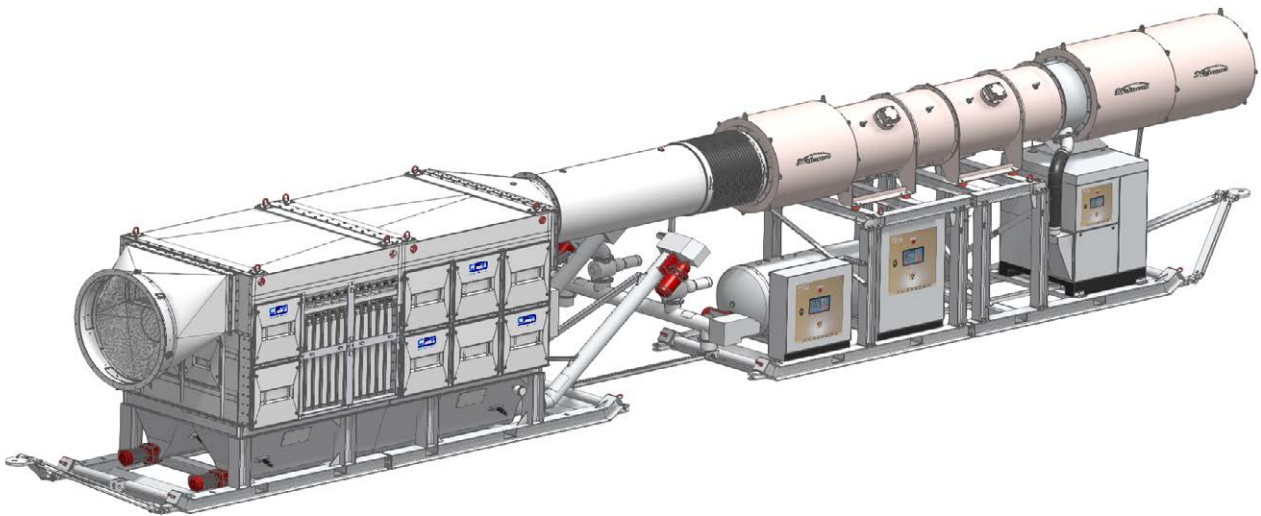
PODZESPOŁY INSTALACJI ODPYLAJĄCEJ NA SUCHO

Instalacja odpylania suchego dostarczona do kopalni w Polkowicach-Sieroszowicach obejmuje następujące najważniejsze komponenty:

- jednostkę odpylacza,
- stację wentylatorów,
- stację sprężarek,
- ramę z płozami,
- jednostkę sterowania,
- ciągi lutni ssących.

JEDNOSTKA ODPYLACZA

Najważniejszym komponentem instalacji odpylającej jest jednostka odpylacza. W kopalniach soli standardowo stosowane są jednostki odpylaczy suchych z kompaktowymi wkładami filtracyjnymi osiągającymi sprawność czyszczenia powietrza do 99,997 %. Wartości te potwierdzone zostały przez jednostkę Deutsche Montan Technologie (DMT) w Essen, patrz [1] protokół kontrolny DMT z dnia 18.07.2006. W celu osiągnięcia wymienionej wydajności konieczne jest zastosowanie materiału filtracyjnego pokrytego powłoką mikroporo-



Ryc. 3. Wizualizacja 3D całej instalacji odpylającej na suchu.

Fig. 3. 3D impression of a dry dedusting installation.



Ryc. 4. Jednostka odpylacza ze zbiornikiem i przenośnikiem ślimakowym w zakładzie CFT.

Fig. 4. Deduster unit, with a container and auger transporter, in a CFT plant.

watą, która spełnia wymagania dla górnictwa podziemnego i zapewnia zakładany stopień filtracji.

Taki typ odpylacza stosowany jest również w kopalni Polkowice Sieroszowice. Urządzenie o wydajności 1 500 m³/min należy do największych tego typu instalacji, jakie wykonane zostały przez CFT do eksploatacji w kopalniach podziemnych. Odpylacz składa się z 288 wkładów filtracyjnych o powierzchni całkowitej 650 m². Czyszczenie elementów filtracyjnych realizowane jest za pomocą przerywanych impulsów powietrza sprężonego o kierunku przepływu odwrotnym do normalnego kierunku przepływu strumienia czyszczonego powietrza. Zużycie sprężonego powietrza do oczyszczania wkładów filtracyjnych wynosi ok. 4 m³/min, a ciśnienie 4,5 bar. W celu zapewnienia prawidłowej eksploatacji instalacji zainstalowane są różne czujniki monitorujące prędkości obrotowe, wartości ciśnienia i poziomy napełnienia.

STACJA WENTYLATOROWA

Zadaniem wentylatorów jest generowanie wymaganego podciśnienia, które umożliwia eksploatację instalacji odpylającej. W kopalni Polkowice Sieroszowice wykorzystywane są wentylatory o wysokiej wydajności zapewniające optymalną wydajność odpylania. W celu wybrania odpowiednich wentylatorów najpierw musiały zostać określone obliczeniowe parametry robocze. Parametry takie obliczane są na podstawie ciśnienia i przynależnego im objętościowego natężenia przepływu wentylatora. W rozpatrywanym przypadku określone zostało objętościowe natężenie przepływu rzędu 1 050 m³/min i wartość ciśnienia do 6 MPa.

Rozruch wentylatorów odbywa się za pomocą układów rozruchowych gwiazda-trójkąt. Podciśnienie działające na lutnie ssące wzrasta dzięki układowi gwiazda-trójkąt stopniowo, co zapewnia ochronę lutni. Zapobiega to nagłemu spadkowi ciśnienia w lutni, który mógłby spowodować zapadanie przewodów i ich uszkodzenie.

STACJA SPRĘŻAREK

Oczyszczanie wkładów filtracyjnych wymaga podania ok. 4 m³/min powietrza sprężonego. Ponieważ kopalnie soli rzadko wyposażone są w instalacje powietrza sprężonego, to istnieje konieczność instalacji własnej stacji sprężarek pod ziemią w kopalni Polkowice Sieroszowice.

Stacja sprężarek musi spełnić wymagania związane z eksploatacją podziemną; zapylenie i wilgotność powietrza to główne czynniki, których negatywny wpływ musi uwzględnić stacja sprężarek. W celu uniknięcia uszkodzenia instalacji sprężonego powietrza sprężarka musi być wyposażona w specjalne filtry służące do czyszczenia powietrza pobieranego z otoczenia. Zainstalowane separatory wody wychwytyują wilgoć z powietrza sprężonego i zapewniają prawidłową eksploatację całej instalacji sprężonego powietrza. W celu zapewnienia ciągłego zasilania sprężonym powietrzem zainstalowany będzie zbiornik buforowy o objętości 1 500 l.

RAMA Z PŁOZAMI

W celu umożliwienia stabilnego i bezpiecznego ustawienia instalacji odpylającej na nierównym podłożu wyrobiska zostanie ona wyposażona w masywną konstrukcję ramową z płozami. Instalacja odpylająca pracująca bezpośrednio za



Ryc. 5. Stacja wentylatorów i sprężarek w zakładzie CFT.

Fig. 5. Fan and compressor station in CFT plant.



Ryc. 6. Zespół sterowania w zakładzie CFT.

Fig. 6. Control unit in a CFT plant.

kombajnem musi być regularnie przemieszczana. Przesuwanie całej instalacji stanowi czynnik znacznie obciążający konstrukcję instalacji o wadze ok. 24 t. Konstrukcja nośna zapewnia optymalną stabilność i umożliwia bezpieczne przemieszczanie urządzenia.

W celu ułatwienia przesuwania konstrukcji, wyposażona jest ona w specjalne dyszle mocowane bezpośrednio do napędu ciągnika, który przesuwa instalację. Na odcinkach prostych oraz odcinkach o lekkim łuku instalacja odpylająca może być ciągnięta razem ze stacją wentylatorów jako jedna grupa. W razie konieczności pokonania ostrzejszych zakrętów stacja wentylatorów musi być odpięta od odpylacza. Połączenia wtykowe pomiędzy przewodami i szafami rozdzielczymi, szybko-złączki ciągów lutni zapewniają szybkie rozłączenie i ponowne podłączenie elementów instalacji.

ZESPÓŁ STEROWANIA

Instalacja odpylająca sterowana jest za pomocą dwóch głównych szaf rozdzielczych: jednej szafy sterowniczej i jednej zasilania. W szafie rozdzielczej zasilania znajdują się wszystkie elementy związane z zasilaniem instalacji, jak układy rozruchowe gwiazda-trójkąt i styczniki. Szafa sterownicza zapewnia sterowanie odbiornikami, w rozpatrywanym przypadku dotyczy to silników. Kompletny układ sterowania czyszczeniem filtra mieści się również w szafie sterowniczej i regulowany jest elektronicznie.

KANAŁY ZASYSAJĄCE

Ciągi zasysające o długości całkowitej nawet do 300 m wykonane miały być początkowo jako lutnie z blachy. Jednak podciśnienie rzędu do maks. 3 200 Pa panujące w ciągu

na całej długości nie zapewnia w przypadku lutni blaszanych uzyskania wymaganych rezultatów. Przy uruchamianiu wentylatorów dochodziło do częstych uszkodzeń lutni blaszanych, ponieważ ścianki zapadały się, odginane przy spadku ciśnienia, co uniemożliwiało dalszą eksploatację lutni.

Rozwiązaniem okazało się zainstalowanie owalnych lutni wzmacnianych włóknem szklanym „Flexadux”. Lutnie te są bardzo sztywne, stabilne i względnie lekkie. Dzięki systemowi połączeń łączenie i eksploatacja poszczególnych segmentów lutni jest łatwiejsza w porównaniu z lutniami z blachy. Specjalne segmenty przejściowe, trójniki, rozgałęźniki i kolanka pozwalają na dowolne prowadzenie ciągu. Gładka powierzchnia wewnętrzna ścianek ciągów charakteryzuje się niewielkim współczynnikiem tarcia, który nie powoduje dodatkowego wzrostu ciśnienia w ciągu lutni, a tym samym redukuje obciążenie ciągów lutni. Nawet jeśli lutnia z włókna szklanego ulegnie odkształceniu w wyniku działania czynników zewnętrznych, to wraca do swojej pierwotnej formy.

Lutnie z włókna szklanego są bardziej wytrzymałe i mogą być użytkowane znacznie dłużej niż lutnie standardowe z blachy, w przypadku których odkształcenia stają się przyczyną wycofania z eksploatacji. Zastosowanie lutni z włókna szklanego sprawdziło się również w wielu innych projektach z zastosowaniem odpylaczy CFT.

OPTIMALIZACJA ROZWIĄZANIA DLA GÓRNICTWA SOLI

Szczególną cechą pyłu solnego jest jego tendencja do zbrylania się. Zbrylanie się pyłu prowadzi do tworzenia się złożeń w odpylaczu, we wszystkich innych podzespołach układu odbierania pyłu, takich jak zbiornik, ślimak czy też dozownik.



Ryc. 7. Stacja odpylająca po uruchomieniu pod ziemią.

Fig. 7. *Dedusting station after underground start-up.*

W celu zmniejszenia tworzenia się aglomeratów pyłu solnego wszystkie podzespoły odpylacza, które mają bezpośredni kontakt z pyłem, pokryte są warstwą specjalnej substancji zmniejszającej tarcie, co zapobiega przyczepianiu się cząstek pyłu i tworzeniu się tym samym złożeń. Na zbiorniku pyłu zainstalowane zostały również dodatkowe wibratory, których zadaniem jest rozbijanie osadów gromadzących się we wnętrzu zbiornika w regularnych odstępach czasu.

Ponieważ sól ma działanie agresywne na metale, w szafach rozdzielczych zastosowane musiały być przekaźniki 230V. Działają one z większą siłą niż modele 24V. Dzięki temu powierzchnie styków przekaźników pozostają czyste i przekaźniki działają bezproblemowo. Poza tym we wnętrzu szaf rozdzielczych panuje lekkie nadciśnienie zapewniające ochronę wrażliwych elementów elektronicznych, uniemożliwiające wnikanie cząstek pyłu do wnętrza szaf i zapewniające ochronę przed usterkami.

Emisja pyłu stanowi również negatywny czynnik dla pracy sprężarki. Filtry powietrza układu zasysania sprężarki zatykają się szybko i muszą być czyszczone relatywnie często. Z tego względu pomiędzy wentylatorem a sprężarką założony jest przewód obejściowy. Wentylator wdmuchujący oczyszczone powietrze zapewnia, że sprężarka pobierać będzie tylko powietrze oczyszczone z pyłu. Oznacza to, że filtr powietrza pozostaje stale czysty.

UWAGI KOŃCOWE

W ostatnich latach coraz większy nacisk kładzie się na instalowanie odpowiednich układów odpylających w kopal-

niach podziemnych umożliwiających poprawę metod zapobiegania chorobom zawodowym.

Spółka CFT GmbH opracowała i wykonała kompletną koncepcję instalacji wentylacyjnej i odpylania wyrobisk prowadzonych przez kombajny CM dla wydobywania podziemnego soli kamiennej w kopalni soli Polkowice Sieroszowice. Instalacja - oprócz właściwej jednostki odpylacza - wyposażona jest w stacje wentylacyjne, sprężarki, ramę nośną z płozami, zespół sterowania oraz lutniociąg do zasysania powietrza. Komponenty te zostały zaprojektowane zgodnie z panującymi na miejscu warunkami eksploatacji, zainstalowane i uruchomione.

Podczas projektowania instalacji wprowadzone zostały liczne optymalizacje umożliwiające eksploatację w kopalniach soli mające na celu maksymalizację wydajności pracy całej instalacji. Instalacje tego typu w przyszłości wykorzystywane będą również w innych miejscach.

LITERATURA / REFERENCES

- [1.] CANIBOL A., BOTH R., KUCZERA Z., 2014. Sposoby zwalczania zapylenia w górnictwie. IV Międzyn. Konf. Nauk.-Szkol. pt. „Wybrane zagadnienia wentylacyjne i pożarowe w kopalniach”, 24-26.09.2014, Jankowice Rudzkie
- [2.] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy z dnia 29 listopada 2002 r. (Dz.U. Nr 217, poz. 1833) wraz ze zmianami z dnia 10 października 2005 roku (Dz.U. Nr 212, poz. 1769).
- [3.] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28.06.2002 r., w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego

- w podziemnych zakładach górniczych (Dz. Ust. Nr 139 poz. 1169 z dnia 02.09.2002 r.).
- [4.] SuvaPro, 2011. Wartości graniczne w miejscu pracy (oryg.: Grenzwerte am Arbeitsplatz). *Publikacje Instytutu Medycyny Pracy* Lucerna, Szwajcaria.
- [5.] SZŁĄZAK J., SZŁĄZAK N., 2005. Bezpieczeństwo i higiena pracy. *Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH*, Kraków.
- [6.] URBAŃSKI P., SADOWSKI A., 2014. Eksploatacja złoża soli kamiennej w obszarze górniczym „Bądzów” w zg „ Polkowice-Sieroszowice”. Międzyn. Symp. Solne QVS, Wągrowiec, 8-11.10.2014. Mat. Konf.: 46-48.
- [7.] Wentylatory Korfmann typoszeregu ES – materiały firmy CFT GmbH oraz CFT Polska Sp. z.o.o.