

Zalety stosowania materiałów z ubocznych produktów spalania:

- trwałość i niezawodność materiału,
- niska cena materiału (1 m<sup>2</sup> drogi wykonanej z udziałem UPS jest tańszy w stosunku do technologii tradycyjnej nawet do 60%),
- niski ciężar objętościowy materiału (po zagęszczeniu wynosi od 1,1 – 1,3 kg/dm<sup>3</sup>), a co za tym idzie zmniejszenie kosztów transportu i zapotrzebowania nawet do 40%,

- łatwa dostępność,
- wysoka wytrzymałość i mrozoodporność,
- podbudowa z udziałem UPS posiada właściwości elastyczne szczególnie przydatne na terenach szkód górniczych,
- na podbudowie z udziałem UPS można układać każdy rodzaj nawierzchni ścieralnej,
- unikanie degradacji zasobów naturalnych.

Artur Zając,  
Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Handlowe  
UTEX Sp. z o.o.

Marian Madaj  
Politechnika Śląska  
Wydział Górnictwa i Geologii

## Uboczne produkty spalania węgla kamiennego w technologiach górniczych

Wzrastające z rozwojem gospodarczym ilości wytwarzanych odpadów energetycznych (ubocznych produktów spalania – UPS) stwarzają określone problemy z ich zagospodarowaniem. Sposób zagospodarowania ubocznych produktów spalania węgla kamiennego zależy w dużej mierze od regionu, w którym powstają. Uwzględniając specyfikę regionu *Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Handlowe UTEX Sp. z o.o.* w Rybniku od początku swej działalności zajmowało się głównie zagospodarowaniem UPS w podziemnych wyrobiskach górniczych kopalń węgla kamiennego do zwalczania zagrożeń pożarowych i metanowych poprzez wypełnianie i doszczelnianie pustek poeksploatacyjnych, początkowo w postaci mieszanin podsadzkowych popiołowo-wodnych, a od 1993 r., dodatkowo w postaci mineralnych materiałów wiążących, tzw. spoiw górniczych *UTEX* produkowanych na bazie UPS.

Trudne warunki górniczo-geologiczne oraz wieloletnie pozytywne doświadczenia kopalń związane ze stosowaniem mieszanin podsadzkowych popiołowo-wodnych wpływają na ciągły wzrost zainteresowania kopalń stosowaniem wymienionych mieszanin w technologiach górniczych. Obecnie stosowane w kopalniach węgla kamiennego metody utrzymania i ochrony wyrobisk korytarzowych w celu zapewnienia ich funkcjonalności ruchowej polegają na stosowaniu w szerokim zakresie mineralnych materiałów wiążących, tzw. spoiw górniczych. W *PP-H UTEX Sp. z o.o.* na bazie UPS produkowane są następujące mineralne spoiwa górnicze: *UTEX-5*, *UTEX-15*, *UTEX-50*, *UTEX-TZ*, *SOLITEX-G* i *SOLITEX-W* o zróżnicowanych właściwościach fizykomechanicznych.

### Mieszaniny podsadzkowe na bazie UPS

Uboczne produkty spalania węgla kamiennego dostarczane do kopalń węgla kamiennego stanowią bazę surowcową do wytwarzania w kopalnianych instalacjach podsadzkowych

mieszanin popiołowo-wodnych, które transportowane rurociągami z powierzchni do podziemnych wyrobisk górniczych stosowane są głównie w ramach profilaktyki pożarowej i metanowej do wypełniania oraz doszczelniania pustek poeksploatacyjnych.

Właściwości mieszanin podsadzkowych zależą w głównej mierze od: właściwości chemicznych i fizycznych dostarczanych ubocznych produktów spalania, rodzaju dodawanych odpadów kopalnianych, rodzaju stosowanej wody oraz możliwości technicznych dozowania składników w instalacji podsadzkowej.



Rys. 1. Instalacja do wytwarzania mieszanin podsadzkowych na bazie UPS w KWK Borynia

Nowoczesne instalacje do wytwarzania mieszanin podsadzkowych na bazie UPS, projektowane i wykonywane przez *PP-H UTEX* między innymi na terenie kopalń *Borynia*, *Chwałowice*, *Szczygłowice* i *Brzeszcze*, pozwalają na precyzyjne dozowanie składników tych mieszanin (odpady poflotacyjne, stłone wody dołowe, drobny kamień popłuczkowy, cement), co stwarza możliwość wytwarzania mieszanin podsadzkowych o powtarzalnych właściwościach fizykomechanicznych.

Stosowane w energetyce nowe technologie odsiarczania spalin powodują powstawanie UPS różniących się właściwościami chemicznymi i fizycznymi. Szczególnego znaczenia nabiera więc konieczność doboru takich technologii przetwarzania odpadów energetycznych, aby mogły być stosowane w sposób bezpieczny zarówno dla ludzi jak i środowiska naturalnego, a jednocześnie stanowiły element bezpiecznej eksploatacji pokładów węgla kamiennego.

## Mineralne spoiwa górnicze UTEX

Mineralne spoiwa górnicze znajdują od lat szerokie zastosowanie w technologiach górniczych jako cenny materiał konstrukcyjny lub wypełniający i trudno sobie wyobrazić bezpieczną i efektywną ekonomicznie eksploatację pokładów węgla kamiennego bez stosowania tego typu materiałów. Odpowiednio wyselekcjonowane popioły lotne i denne ze względu na swoje własności (pucolanowe i/lub hydrauliczne) stanowią w *PP-H UTEX* bazę surowcową do produkcji mineralnych materiałów wiążących popiołowo-cementowych dla budownictwa podziemnego, tzw. spoiw górniczych.

Właściwości chemiczne i fizykomechaniczne spoiw górniczych zależą w dużej mierze od właściwości ubocznych produktów spalania węgla kamiennego (rodzaju popiołu lotnego i/lub dennego, rodzaju cementu i stosowanych dodatków chemicznych). Spoiwa mineralne *UTEX* należą do grupy spoiw pylistych (*UTEX-5*, *UTEX-15*, *UTEX-50*, *SOLITEX-G*) lub ziarnistych (*UTEX-TZ*, *SOLITEX-W*).

W zależności od właściwości fizykomechanicznych stosowane są w technologiach górniczych do celów konstrukcyjnych (ochronne pasy podporowe, torkret) lub wypełniających (tamy



Rys. 2. Instalacja do produkcji górniczych spoiw mineralnych *UTEX*

i korki izolacyjne). Według klasyfikacji górniczej uwzględniającej dynamikę narastania wytrzymałości na ściskanie w czasie, to spoiwa wczesnopodporowe (*UTEX-50*), późnopodporowe (*UTEX-TZ*, *UTEX-15*) i wypełniające (*UTEX-5*, *SOLITEX-G*, *SOLITEX-W*). Spoiwa typu *UTEX* należą do grupy spoiw hydraulicznych, co oznacza, że procesy wiązania i twardnienia zachodzą zarówno w obecności powietrza atmosferycznego jak i w wodzie. Są odporne na działanie środowiska wodnego, co jest szczególną zaletą w kopalniach zawodnionych.

Górnice spoiwa mineralne znajdują zastosowanie w budownictwie podziemnym przede wszystkim do wykonywania: ochronnych pasów podporowych wzdłuż chodników przyścianowych ścian zawałowych, izolacyjnych pasów podsadzkowych, tam izolacyjnych i przeciwybuchowych, torkretu. Stosowane są także do wzmacniania skorodowanej obudowy stalowej, wypełniania przestrzeni pomiędzy obudową a górotworem (wykładka), wypełniania wyryw i pustek w górotworze, uszczelniania zrobów ścian zawałowych, doszczelniania korków izolacyjnych, iniekcji górotworu, kotwienia z użyciem zaczynów mineralno-cementowych, likwidacji szybów itp.

## Czynniki wpływające na celowość stosowania UPS w technologiach górniczych

Program restrukturyzacji polskich kopalń węgla kamiennego przywiązuje szczególną uwagę do wzrostu koncentracji wydobycia oraz likwidacji nierentownych kopalń. Wzrost koncentracji wydobycia pociąga za sobą ograniczenie ilości ścian i tym samym zwiększenie ich znaczenia w procesie wydobywczym. Głównymi zagrożeniami związanymi z eksploatacją pokładów węgla kamiennego oraz bezpieczeństwem ludzi pracujących pod ziemią są zagrożenia pożarowe i metanowe.

Czynniki wpływające na celowość stosowania mieszanin podsadzkowych na bazie UPS w technologiach górniczych to:

- prowadzenie profilaktyki pożarowej i metanowej poprzez doszczelnianie i wypełnienie zrobów zawałowych, co zapobiega powstawaniu pożarów endogenicznych i zmniejsza niebezpieczeństwo wydzielania się metanu i innych gazów ze zrobów,
- izolowanie pól pożarowych i nieczynnych wyrobisk górniczych poprzez wykonywanie izolacyjnych korków podsadzkowych,
- podsadzanie pustek poeksploatacyjnych i wzmacnianie mechaniczne górotworu, co wpływa na zmniejszenie wielkości deformacji powierzchni,
- upraszczanie systemów wentylacyjnych kopalń poprzez wykonywanie korków izolacyjnych i przeciwybuchowych.

Stosowanie mieszanin podsadzkowych w ramach profilaktyki pożarowej i metanowej do wypełniania pustek poeksploatacyjnych oraz mineralnych spoiw górniczych *UTEX* do utrzymania stateczności i funkcjonalności ruchowej wyrobisk korytarzowych wpływa na utrzymanie ciągłości wydobycia, poprawę warunków BHP i wentylacji oraz zmniejszenie wpływów eksploatacji górniczej na wielkość deformacji powierzchni terenu.

## Warunki górniczo-geologiczne

Wzrost głębokości eksploatacji pokładów węgla kamiennego wpływa na zmianę warunków górniczo-geologicznych, takich jak temperatura pierwotna skał, wzrost ciśnień reformacyjnych, ilość zaburzeń tektonicznych, wzrost zagrożeń pożarowych i metanowych. Likwidacja zbędnych i nieczynnych wyrobisk górniczych często wymaga szczelnego ich odizolowania od wyrobisk czynnych wentylacyjnie. Stosowanie technologii wypełniania i doszczelniania mieszaninami podsadzkowymi popiołowo-wodnymi pustek poeksploatacyjnych zapobiega gromadzeniu się w nich niebezpiecznych gazów, takich jak  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ . Stosowanie technologii wykonywania ochronnych pasów podporowych lub pasów izolacyjnych wzdłuż chodników przyścianowych ścian zawałowych i torkretu ze spoiw mineralnych typu *UTEX* wpływa na utrzymanie stateczności wyrobisk przyścianowych, ograniczenie migracji powietrza do zrobów oraz ogranicza bądź całkowicie eliminuje wydobywanie się gazów ze zrobów do prądu świeżego powietrza wentylacyjnego. Powyższe technologie sprawiają, że trudne warunki górniczo-geologiczne wpływają w niewielkim stopniu na ciągłość procesu wydobywania i bezpieczeństwo załóg górniczych.

## Profilaktyka pożarowa i metanowa

Statystyki górnicze wykazują, że pożary endogeniczne powstają najczęściej w rejonach występowania zaburzeń tektonicznych, w zrobach zawałowych ścian lub w starych nieczynnych wyrobiskach, do których bezpośredni dostęp jest znacznie utrudniony lub wręcz niemożliwy. Z uwagi na często niekontrolowany mechanizm ich powstawania w czasie, zagrożenia pożarowe mają znacznie większą rangę niż zagrożenia metanowe. W kopalniach silnie zagrożonych pożarami endogenicznymi, już na etapie projektowania ścian z uwzględnieniem likwidacji chodników przyścianowych, przewiduje się stosowanie mieszanin podsadzkowych wykonanych na bazie UPS w profilaktyce pożarowej i metanowej, polegającej na wypełnianiu pustek poeksploatacyjnych za frontem ściany.



Rys. 3. Poadszanie wyrobiska korytarzowego przyścianowego mieszaniną podsadzkową na bazie UPS (ZG Piekary)



Rys. 4. Doszczelnianie zrobów zawałowych mieszaniną podsadzkową na bazie UPS (ZG Piekary)

Mieszaniny podsadzkowe szczelnie wypełniające pustki poeksploatacyjne wypierają z nich tlen, który razem z temperaturą jest przyczyną pożarów endogenicznych węgla. Wyprzedzające w czasie przygotowanie rejonu eksploatacyjnego poprzez profilaktykę pożarową i metanową z zastosowaniem mieszanin podsadzkowych i spoiw górniczych *UTEX* (ochronne pasy podporowe, tamy izolacyjne i przeciwwybuchowe) pozwala zapobiec powstawaniu obu tych zagrożeń.

## Ochrona wyrobisk korytarzowych przyścianowych

Techniczne i ekonomiczne efekty w procesie wydobywczym złóż węgla kamiennego zależą w dużej mierze od utrzymania stateczności wyrobisk przygotowawczych, w tym chodników przyścianowych ścian zawałowych. Przez stateczność wyrobiska można rozumieć zdolność do pozostawania w potrzebnym czasie w stanie pełnej przydatności technologicznej. Proces utraty stateczności wyrobiska przejawia się deformowaniem obudowy, nadmiernymi jej przemieszczeniami, a w skrajnym przypadku niszczeniem odbudowy.



Rys. 5. Ochronny pas podporowy ze spoiwa mineralnego UTEX-15 w KWK Rydułtowy-Anna

Wyrobisko korytarzowe przyścianowe przestaje pełnić swoją funkcję ruchową, należy go przebudowywać (wymiana obudowy – czynność pracochłonna, kosztowna i niebezpieczna), zamknąć lub wykonać drugie równoległe wyrobisko korytarzowe.

Głównym elementem utrzymywania stateczności wyrobisk korytarzowych w czasie ich użytkowania jest właściwy dobór obudowy. W trudnych warunkach górniczo-geologicznych ochrona wyrobisk przyścianowych za pomocą samej tylko obudowy stalowej jest niewystarczająca nawet przy maksymalnym jej zgęszczeniu. Praktyka dołowa wykazuje, że najskuteczniejszym rozwiązaniem w zakresie utrzymania stateczności wyrobisk przyścianowych jest ich dodatkowa ochrona przy pomocy pasów podporowych z mineralnych spoiw górniczych. Do kopalń węgla kamiennego, które stosowały technologię utrzymywania chodników przyścianowych ze spoiw mineralnych UTEX należą między innymi: *Borynia, Budryk, Chwałowice, Halemba, Jas-Mos, Marcel, Rydułtowy-Anna, Piast, ZG Piekary, Szczygłowice, Śląsk-Wujek*.

## Ochrona powierzchni

W wyniku podziemnej eksploatacji złóż węgla kamiennego powierzchnia terenu ulega deformacjom (odkształceniom), których charakter, wielkość, zasięg i przebieg zależą od wielu czynników geologicznych, górniczych i innych, do których należy także rodzaj podsadzki (materiału).

Jest to zjawisko szczególnie niebezpieczne (topografia terenów górniczych na Śląsku) przy tzw. płytszej eksploatacji pokładów węgla. Najbardziej niekorzystny przypadek występuje wówczas, gdy głębokość eksploatacji jest mała w stosunku do grubości eksploatowanego pokładu. Wskutek deformacji, obniżenia powierzchni terenu występują tzw. szkody górnicze, polegające na uszkodzeniu budynków, dróg, wodociągów, kanalizacji itp. Może nastąpić także groźna w skutkach zmiana poziomów wodonośnych.

Zmniejszenie deformacyjnych wpływów eksploatacji na powierzchnię terenu można uzyskać poprzez szczelne wypełnianie we właściwym czasie i zakresie pustek poeksploatacyjnych materiałami podsadzkowymi o określonych właściwościach fizyko mechanicznych. Nowoczesne instalacje podsadzkowe do wytwarzania mieszanin na bazie UPS do wypełniania pustek poeksploatacyjnych umożliwiają w szerokim zakresie projektowanie końcowych właściwości fizyko mechanicznych tych mieszanin.

## Lokowanie ubocznych produktów spalania (UPS) w górnictwie a ekologia i ekonomia

Lokowanie UPS w podziemnych wyrobiskach górniczych daje widoczne korzyści nie tylko ze względu na ich użyteczność w kopalniach, ale również ze względów ekologicznych oraz ekonomicznych. Wśród tych korzyści możemy wyróżnić:

- oszczędność terenów zielonych pod składowanie odpadów energetycznych, aby zagospodarować 800 000 ton popiołów

przy wysokości składowania 5 m potrzebne jest składowisko o powierzchni 10 ha; składowisko o tak dużej powierzchni i tej ilości zdeponowanego popiołu ma również szkodliwe oddziaływanie na środowisko naturalne;

- zagospodarowanie wraz z popiołami najbardziej zasolonych wód kopalnianych; ogółem przy średnim zasoleniu wód dołowych około 20 000 mg/dm<sup>3</sup>, ilość soli związanych z popiołami sięga 30 000 ton rocznie, zmniejszając zasolenie rzek (głównie Odry);
- wiązanie radioaktywnego radu i baru przez siarczanowy wymywane z popiołów w miejscu ich lokowania, ochrona wód powierzchniowych; wody dopływające do kopalń zawierają znaczne ilości radu i baru; do wytrącania tych toksycznych pierwiastków konieczne są jony siarczanowe; z popiołów, szczególnie z produktami odsiarczania, wymywane są jony siarczanowe, które wchodząc w reakcje z radem i barem wytrącają się w postaci trudno rozpuszczalnych siarczanów radu i baru;
- zastosowanie popiołów lotnych jako materiału wiążącego przy zagospodarowaniu przez kopalnie własnych odpadów poflotacyjnych, co pozwala na oszczędność terenów zielonych pod składowanie odpadów.

## Podsumowanie

Wieloletnie pozytywne doświadczenia kopalń węgla kamiennego dowodzą, że mieszaniny podsadzkowe wykonywane na bazie UPS stosowane w podziemnych wyrobiskach górniczych są nieodzownym elementem profilaktyki pożarowej i metanowej. Nowoczesne instalacje podsadzkowe projektowane i wykonywane na kopalniach przez PPH UTEX pozwalają na wykorzystanie uciążliwych odpadów kopalnianych, takich jak odpady poflotacyjne, stłone wody dołowe, drobny kamień poptuczkowy jako składników mieszanin podsadzkowych, przyczyniając się do ochrony środowiska naturalnego na powierzchni terenów górniczych.

Stosowanie UPS do produkcji spoiw górniczych typu UTEX wpłynęło na poszerzenie asortymentu mineralnych materiałów wiążących stosowanych w budownictwie podziemnym. Praktyka dołowa potwierdza, że mineralne spoiwa górnicze stosowane w technologiach górniczych wraz z dobrze dobraną obudową stanowią najskuteczniejszy sposób ochrony i utrzymania stateczności wyrobisk korytarzowych, co decyduje o bezpiecznej efektywnej eksploatacji pokładów węgla kamiennego. Stosowanie ubocznych produktów spalania węgla kamiennego (UPS) w technologiach górniczych wpływa nie tylko na ochronę środowiska naturalnego, przynosi wymierne efekty techniczne i ekonomiczne zarówno kopalniom jak i PPH UTEX.

