

15

REALIZACJA PROJEKTU INNOWACYJNEJ TECHNOLOGII INERTYZACJI ZROBÓW Z WYKORZYSTANIEM MIESZANINY GAZÓW INERTNYCH UZYSKANYCH Z OCZYSZCZANIA SPALIN Z SILNIKA GAZOWEGO

15.1 WPROWADZENIE

W związku z otrzymaniem przez „AZIS” Mining Service Sp. z o.o. dofinansowania w ramach „Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020”, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, Projekty B + R Przedsiębiorstw – poddziałanie 1.1.1. na realizację projektu pt. *„Innowacyjna i skuteczna technologia inertyzacji zrobów rejonu czynnej lub otamowanej ściany wydobywczej w podziemnym zakładzie górniczym, wydobywającym węgiel kamienny, wykorzystująca mieszaniny gazów inertnych uzyskanych z oczyszczenia spalin z silnika gazowego i zapobiegająca powstawaniu pożarów endogenicznych”* – umowa nr POIR.01.01.01-00-0835/16-00, prowadzone są prace w zakresie realizacji przedmiotowego projektu.

Prowadzenie eksploatacji pokładów węgla w strefach zaburzeń geologicznych (uskoki, rozwarstwienia pokładu, sfałdowania pokładu), prowadzenie eksploatacji grubego pokładu na warstwy, pozostawienie warstwy węgla w stropie z przyczyn technologicznych jak również występowanie w stropie ściany pozabilansowych pokładów węgla itp. powoduje przedostanie się rozdrobnionego węgla do zrobów zawałowych ściany. Sytuacja taka prowadzi przy kontakcie z powietrzem (tlenem) do powstania samozagrzania węgla, a w niekorzystnych warunkach nawet do powstania pożaru endogenicznego.

Przy jednoczesnym dostępie optymalnych ilości powietrza, wzrost do temperatury krytycznej 70°C może być odnotowany w trakcie zaledwie pięciu dni. Skalę i problematykę zjawiska potwierdza i dokładnie obrazuje częstotliwość występowania pożarów.

Na przełomie XX i XXI wieku, w sektorze górnictwa zaobserwowano olbrzymi postęp technologiczny. Rozwój technologii przyczynił się do tego, że liczba

pojawiających się pożarów endogenicznych uległa znacznemu spadkowi, w porównaniu chociażby do lat 50-tych XX wieku [2].

Pomimo poprawy statystyk (zmniejszenia ilości pożarów w odniesieniu do danych z ubiegłego wieku), koszty wystąpienia pożarów są wysokie. Kosztowne rozwiązania technologiczne spotęgowały wysokość strat materialnych i ekonomicznych, ponoszonych corocznie przez zakłady wydobywcze z powodu pożarów endogenicznych, zwiększając także niekorzystny wpływ na krajową gospodarkę.

Istnieje więc potrzeba poszukiwania nowych, skuteczniejszych środków prewencji. Z kolei trudna sytuacja ekonomiczna kopalń węgla wynikająca z utrzymujących się niskich cen nośników energii stwarza silną presję na obniżenie kosztów wydobycia poprzez między innymi obniżenie wydatków na prewencję zagrożeń naturalnych. Przedstawione w niniejszym artykule rozwiązanie wychodzi naprzeciw tym postulatam, proponując wykorzystanie oczyszczonych spalin z silnika gazowego w prewencji pożarowej [1].

15.2 REALIZACJA PROJEKTU

W ramach projektu przewidziano realizację jednego etapu badań przemysłowych i dwóch etapów prac rozwojowych, zakończonych budową oraz demonstracją prototypu. Aktualnie zakończono Etap I – badania przemysłowe oraz na ukończeniu są prace rozwojowe realizowane w ramach Etapu II.

15.2.1 Etap I – badania przemysłowe

W ramach badań przemysłowych zrealizowano 3 zadania:

Zadanie 1 – Opracowanie nowej metody prewencji pożarowej z wykorzystaniem oczyszczonych spalin z silnika gazowego, z określeniem miejsc samozagrzewania się węgla lub ogniska pożaru oraz składu i strumienia gazu inertnego, który powinien być wtłaczany do zrobów.

W tym celu przeprowadzono badania laboratoryjne nad procesem utleniania węgla, charakteryzujących się różnym stopniem metamorfizmu i różną skłonnością do samozapalenia. Przeprowadzono badania teoretyczne. Opracowano modele matematyczne i numeryczne samozagrzewania i samozapalenia warstwy rozkruszonego węgla, jaka może pozostawać w zrobach lub innym fragmencie kopalni oraz przeprowadzono symulacje komputerowe i wyznaczono warunki krytyczne zaistnienia samozapalenia warstwy węgla w złożu. Prowadzono badania numeryczne (symulacje) rozptywu mieszaniny gazów inertnych w zrobach o różnych wartościach współczynnika składowego mieszaniny gazów N_2/CO_2 .

Wyznaczono rozkłady stężeń azotu, dwutlenku węgla i tlenu w zrobach. Wyznaczono również prognozowane stężenia dwutlenku węgla w powietrzu płynącym przez ścianę i chodniki przyścianowe.

Opisane wyżej symulacje umożliwiają taki dobór miejsc zatłaczania gazów, ilości zatłaczanych gazów, składu zatłaczanych gazów, który gwarantuje uzyskanie skutecznej prewencji pożarowej.

Zadanie 2 – Opracowanie nowych metod zwiększenia skuteczności prewencji pożarowej.

Dla zwiększenia skuteczności opracowanej nowatorskiej metody prewencji pożarowej z wykorzystaniem oczyszczonych gazów spalinowych zaproponowano wdrożenie szeregu nowatorskich rozwiązań dotyczących m.in.: nowych metod wczesnego wykrywania pożarów oraz sposobów lokalizacji miejsc samozagrzewania lub pożaru, sposobów ograniczania dopływu powietrza do zrobów polegających na doszczelnianiu zrobów (stref objętych inertyzacją) z wykorzystaniem nowatorskiej technologii wytwarzania pian-inhibitorów procesów utleniania, kształtowania pola potencjału aerodynamicznego wokół zrobów lub zaizolowanych wyrobisk dla uzyskania stabilnego przepływu gazów (strumienia oczyszczonych spalin) przez miejsce samozagrzewania lub pożaru oraz ograniczenia do minimum dopływu tlenu do w/w miejsca, schładzania podawanej do zaizolowanych wyrobisk mieszaniny gazowej. Z przedstawionych obliczeń wynika, że w przypadku intensywnego przewietrzania ściany skuteczna prewencja pożarowa w zrobach wymaga ograniczenia ilości powietrza przepływającego przez zrob w przeciwnym razie nawet duże ilości zatłaczanego gazu inertnego nie będą w stanie spowodować wymaganego obniżenia stężenia tlenu w zrobach.

Zadanie 3 – Opracowanie metody bezpiecznego podawania dużych ilości mieszaniny azotu i dwutlenku węgla oraz dopuszczalnych ilości zatłaczanego gazu w kontekście bezpieczeństwa zatrudnionej załogi i ruchu zakładu.

Gaz inertny powstały w wyniku katalitycznego oczyszczenia gazów spalinowych z silnika gazowego spalającego metan uzyskany z odmetanowania kopalni, stanowić będzie w ponad 98% mieszaninę dwutlenku węgla i azotu. Ilości gazów jakie mogą być zatłaczane do zrobów determinowane są możliwością opanowania środkami wentylacyjnymi zagrożenia stwarzanego przez obecność dwutlenku węgla w przestrzeni roboczej. Brak jest dotychczas doświadczeń z podawaniem większych ilości dwutlenku węgla do zrobów. Dotychczasowe wynikają z podawania do zrobów tego gazu w ilości do około 200 m³/h.

Zatem w oparciu o rozważania teoretyczne i dotychczasowe doświadczenie nie można udzielić jednoznacznej odpowiedzi na pytanie jaka jest dopuszczalna maksymalna ilość zatłoczonej mieszaniny gazowej zawierającej dwutlenek węgla. Odpowiedzi na to pytanie udzielić mogą dopiero wyniki eksperymentów „in situ” przeprowadzonych w wytypowanej ścianie w ramach trzeciego etapu pracy.

W oparciu o przeprowadzone w Etapie I – *Badania przemysłowe* – obliczenia ustalono, że ilość doprowadzanego dwutlenku węgla do zrobów nie powinna przekraczać 400 m³/h, co odpowiada [3]:

- 2000 m³/h mieszaniny 80% azotu i 20% dwutlenku węgla,

- 3000 m³/h mieszaniny 85% azotu i 15% dwutlenku węgla,
- 4000 m³/h mieszaniny 90% azotu i 10% dwutlenku węgla.

Dla zwiększenia poziomu bezpieczeństwa podczas stosowania nowej technologii prewencji pożarowej z wykorzystaniem oczyszczonych spalin zaproponowano sposoby zabezpieczania załogi poprzez odpowiednio intensywną wentylację wyrobisk, w których zabudowane są rurociągi transportujące mieszaninę azot-dwutlenek węgla i wyrobisk w rejonach, w których zatłaczane będą gazy.

Niezbędne jest zapewnienie wysokiej stabilności prądów powietrznych płynących przez te rejon.

Zaproponowano sposób ciągłego monitorowania składu i temperatury gazów doprowadzanych do kopalni. W przypadku, gdy skład gazów nie będzie zgodny z zakładanym, nastąpi zatrzymanie zatłaczania. Monitorowane powinny być też w sposób ciągły stężenia CO₂ i O₂ w miejscach wypływów gazów ze zrobów oraz w wyrobiskach odprowadzających powietrze z rejonu.

15.2.2 Etap II – Prace rozwojowe

Prace przewidziane w ramach realizacji Etapu II również podzielono na 3 zadania, które są następujące:

Zadanie 1 – Wybór optymalnego systemu katalitycznego,

Zadanie 2 – Projekt techniczny instalacji prototypowej,

Zadanie 3 – Wykonanie instalacji prototypowej.

Zadanie 1 – Wybór optymalnego systemu katalitycznego

Spalanie metanu w silniku gazowym powoduje powstanie strumienia gazów spalinowych, emitowanych do atmosfery. Strumień ten, z punktu widzenia dalszego wykorzystania podczas prewencji pożarowej w określonych rejonach kopalni, zawiera gazy potrzebne oraz zbędne, które należy z takiego strumienia wydzielić i usunąć. Jednocześnie wysoka temperatura spalin, wynosząca nawet ponad 400°C, wymaga zastosowania skutecznego sposobu ich wychłodzenia. Posiadając dane o wielkości potrzebnego strumienia gazów inertnych oraz dane o strumieniu spalin z silnika należy ustalić jaką ilość spalin i w jaki technicznie sposób, wydzielić oraz tak dobrać urządzenie katalityczne aby uzyskać strumień gazów inertnych złożony z azotu, dwutlenku węgla oraz tlenu w odpowiednich proporcjach i na zadowalającym poziomie procentowym.

Wyboru systemu katalitycznego dokonano w oparciu o wyniki analizy parametrów spalin z silnika gazowego, przeprowadzoną wielowariantową analizę w opracowaniu [4] oraz wymagania względem składu i ilości mieszaniny gazów inertnych, które będą w stanie zagwarantować prowadzenie skutecznej inertyzacji wybranej przestrzeni zrobowej,

Składniki ilościowe spalin z przedmiotowego silnika gazowego są następujące:

- tlenek węgla 200÷400mg/Nm³,
- tlenki azotu 140÷500 mg/Nm³,

- tlen $6 \div 10\%$ vol,
- dwutlenek węgla $6 \div 8\%$ vol,
- temp. ok. $140 \div 400^\circ\text{C}$.

Do analizy wykorzystano wyniki z raportów badań spalin silnika pobranych z kanału odlotowego o średnicy 500 mm w przeliczeniu na warunki normalne tj. temperaturę 273°K i ciśnienie 1013 hPa.

Jak widać z przeprowadzonej analizy wyników badań strumień objętości gazów spalinowych jak i skład ulegają dosyć dużym wahaniom związanym prawdopodobnie z pracą silnika wynikającą z jakości oraz ilości mieszanki gazowej dostarczanej do silnika.

Z uwagi na zmienną zawartość LZO w spalinach reakcje katalityczne zachodzące w reaktorach mogą spowodować, szczególnie w przypadku niskich zawartości LZO, niedopalenie zawartego w spalinach tlenu. W związku z powyższym należy zastosować układ redukcji tlenu w gazach poreakcyjnych obniżający ich zawartość w gazie inertym do wielkości poniżej 2%.

W przypadku katalizatora dedykowanego do procesu selektywnej redukcji tlenków azotu z gazów o stosunkowo wysokiej zawartości tlenu oraz minimalnej zawartości tlenku węgla i węglowodorów, w praktyce przemysłowej stosuje się niemal wyłącznie układy wymagające wprowadzenia do strefy reakcyjnej czynnika redukującego – amoniaku lub mocznika.

Parametry gazów spalinowych, przede wszystkim zmienna temperatura spalin od $140\text{-}400^\circ\text{C}$, nie pozwalają na zastosowanie układów dopalania w reaktorach rewersyjnych. W wypadku temperatury spalin 400°C nie ma potrzeby podgrzewania złoża do temperatury reakcji, wręcz należałoby gaz schłodzić.

W związku z powyższym w ramach zadania 1 dobrano system katalityczny, z dwoma dopalaczami (proces oczyszczania gazów spalinowych realizowany w dwóch osobnych krokach – utlenianie CO i LZO a następnie redukcja NO_x), zapewniający optymalne warunki pracy instalacji prototypowej.

Z przedstawionych powyżej powodów postawiono na zastosowanie dwóch reaktorów katalitycznych przepływowych. W tej sytuacji do najważniejszych urządzeń katalitycznego oczyszczania spalin należą [4]:

- reaktor dopalania CO i LZO wypełniony katalizatorem palladowym nośnikowanym, pracujący w temperaturze początkowej 285°C ,
- reaktor SCR pracujący na katalizatorze wanadowym domieszkowanym wolframem i tytanem, gwarantującym 80% sprawności usuwania tlenków azotu NO_x (czynnik redukujący to 40% mocznik),
- układ trzech wymienników ciepła, które regulują temperaturę gazów wchodzących do reaktorów na poziomie 285°C ,
- sekcja wychładzania gazu poreakcyjnego do temperatury 20°C bardziej wydajnym czynnikiem chłodniczym – glikolem, celem wykroplenia wody.

Zadanie 2 – Projekt techniczny instalacji prototypowej

Na podstawie doboru optymalnego systemu katalitycznego przeprowadzonego w Zadaniu 1 opracowano projekt techniczny instalacji prototypowej (Zadanie 2) wytwarzania gazu inertnego.

Projekt techniczny wykonania instalacji prototypowej zakłada, że poszczególne fazy procesu przetwarzania spalin w gazy inertne realizowane będą w następujących układach:

- a) układ katalizatora,
- b) układ chłodzenia gazów,
- c) układ sprężania i zatłaczania gazów,
- d) układ monitorowania i sterowania,
- e) układ zasilania.

Proces redukcji tlenu zaprojektowano w generatorze azotu (PSA – Pressure Swing Adsorption) opartym na procesie adsorpcji zmiennociśnieniowej poprzez odpowiednie sterowanie kombinacją zaworów w blokach zaworowych, podczas której tlen i dwutlenek węgla są adsorbowane przez złożę węgla aktywnego natomiast azot przechodzi przez złożę do instalacji podającej. Sekcja separacji PSA w naszym przypadku będzie się składać z ośmiu adsorberów (zbiorników wypełnionych węglem aktywnym) i będzie pracować jako cztery kolumny naprzemiennie.

Z uwagi na zwiększoną zawartość tlenu w gazach poreakcyjnych konieczne było rozszerzenie układu sprężania i zatłaczania gazu o stację przygotowania gazu inertnego.

Powyższy proces redukcji tlenu zaprojektowano w generatorze azotu (PSA – Pressure Swing Adsorption) opartym na procesie adsorpcji zmiennociśnieniowej poprzez odpowiednie sterowanie kombinacją zaworów w blokach zaworowych, podczas której tlen i dwutlenek węgla są adsorbowane przez złożę węgla aktywnego, natomiast azot przechodzi przez złożę do instalacji podającej. Sekcja separacji PSA w naszym przypadku będzie się składać z ośmiu adsorberów (zbiorników wypełnionych węglem aktywnym) i będzie pracować jako cztery kolumny naprzemiennie.

Rozwiązanie w postaci rozszerzenia układu sprężania i zatłaczania gazu o stację przygotowania gazu inertnego, opartą o generator azotu, ma swój aspekt pozytywny. Zaletą tego rozwiązania jest możliwość, w przypadku awarii lub postoju silnika gazowego, zachowania ciągłości inertyzacji zrobów. W sytuacji takiego zdarzenia istniała będzie możliwość, po wyłączeniu instalacji katalitycznej, przesterowania w miejscu zasilania generatora azotu gazami poreakcyjnymi na zasilanie powietrzem atmosferycznym. W tej sytuacji generator azotu będzie nadal pracował, wytwarzając minimum 1400 m³/h azotu o czystości 99%. Chcąc zachować podawanie mieszaniny azotu i dwutlenku węgla można byłoby uzupełniać ten gaz wykorzystując parownicę do skroplonego CO₂, z możliwością podawania do 200 m³/h, zabudowaną w rejonie szybu III.

Zadanie 3 – Wykonanie instalacji prototypowej

Przed rozpoczęciem prac związanych z budową instalacji wytwarzania gazu inertnego poprzez oczyszczanie spalin silnika gazowego pracującego w KWK „Borynia-Zofiówka” Ruch „Borynia” uzyskano zgody Zarządu JSW S.A. i Kierownictwa kopalni na realizację projektu na terenie Ruchu „Borynia” kopalni zespolonej „Borynia-Zofiówka” oraz zawarto stosowne umowy.

Na podstawie warunków i ustaleń z właścicielami terenów tj. JSW S.A. i JSK oraz uzgodnień z Urzędem Miasta Jastrzębie-Zdrój i Okręgowym Urzędem Górniczym w Rybniku wykonane zostały odpowiednie projekty budowlane:

„Budowa pilotażowej, innowacyjnej i testowej instalacji do oczyszczania spalin silnika gazowego w celu wytwarzania gazu inertnego” zawierający projekt zabudowy kanału odgałęzienia spalin silnika agregatu prądotwórczego oraz zabudowy izolowanego termicznie kanału spalin od trójnika do instalacji prototypowej oczyszczania spalin jak również rozmieszczenie i sposób zabudowy urządzeń i obiektów na terenie budowy.

„Budowa na istniejącej konstrukcji wsporczej tymczasowego badawczego rurociągu przesyłowego gazu inertnego” – dotyczący zabudowy rurociągu DN150 od instalacji wytwarzania gazu inertnego do rejonu szybu wentylacyjnego do wpięcia w istniejący rurociąg podający gazy inertne na dół kopalni.

Aby właściwie przygotować teren do posadowienia obiektów i urządzeń instalacji, wykonano badania podłoża gruntowego. Na podstawie przeprowadzonych badań opracowano opinię geotechniczną, która posłużyła do wykonania projektu przygotowania podłoża pod instalację.

W terenie przewidzianym pod zabudowę dokonano wymiany gruntu do głębokości 0.5 m poprzez wykonanie warstwy odsączającej z piasku i tłucznia o frakcji 31,5-60 mm. zagęszczonego mechanicznie, owiniętego geosiatką oraz geowłókniną separacyjno-filtracyjną. Wykonano niwelację terenu przez nadsypanie tłuczniem i zagęszczenie mechaniczne. Pod planowane obiekty i urządzenia zabudowano na podsypce piaskowej płyty betonowe o wymiarach 100 x 300 cm i grubości 15 cm. Teren został ogrodzony za pomocą systemu ogrodzenia panelowego.

Po zrealizowaniu w/w prac przygotowawczych przystąpiono do wykonania obudowy kontenerowej poszczególnych układów i urządzeń, a następnie rozpoczęto montaż w oparciu o przygotowany wcześniej projekt techniczny.

Na przygotowanym terenie zabudowano urządzenia wchodzące w skład instalacji wytwarzania gazu inertnego, zbudowano rurociąg DN500 doprowadzający spaliny oraz rurociąg DN 150 do przesyłania wytworzonego gazu inertnego do sieci kopalnianej. Wykonane zostały połączenia technologiczne kablowe i rurowe pomiędzy urządzeniami. W celu zasilenia instalacji w energię elektryczną wykonano modernizację pola 31 w rozdzielni głównej RG2 oraz zabudowano kabel zasilający stację transformatorowo-sterującą zlokalizowaną w kontenerze KTS na terenie

obiektu wytwarzania gazu inertnego. Dla pomieszczenia centralnego układu sterowania i pracowników obsługi postawiono kontener biurowo-socjalny.

W instalacji do inertyzacji zrobów kopalnianych z wykorzystaniem spalin z silnika gazowego zbudowano następujące elementarne układy funkcyjne i urządzenia wchodzące w ich skład:

1. Układ katalizatora – zbudowany z :
 - a) dwóch reaktorów katalitycznych DR-9000 z urządzeniem dozowania mocznika,
 - b) nagrzewnicy powietrza technologicznego 400kW/300°C,
 - c) wymiennika obrotowego wysokotemperaturowego typu EH-9,5-D,
 - d) wentylatora głównego typu CFH2 315-D3-RD90-160M,
 - e) urządzeń sterujących przepływem spalin i gazów poreakcyjnych.
2. Układ chłodzenia gazów – zbudowany z:
 - a) agregatu chłodzącego wodę procesową – AWL,
 - b) przemysłowej chłodnicy suchej – CHW,
 - c) wstępnego wymiennika ciepła – WT1,
 - d) głównego dwustopniowego wymiennika ciepła – WT3,
 - e) zbiornika buforowego i dwóch pomp obiegowych medium chłodzącego.
3. Układ przygotowania, sprężania i zatłaczania gazu inertnego zbudowany z:
 - a) stacji przygotowania gazu składającej się z dwóch sprężarek VS200 zabudowanych w kontenerze KS1,
 - b) sekcji separacji PSA składającej się z generatora azotu N880x4 złożonego z ośmiu adsorberów wypełnionych węglem aktywnym,
 - c) stacji przygotowania gazu składającej się z dwóch sprężarek VS160 zabudowanych w kontenerze KS2,
 - d) sekcji separacji PSA składającej się z generatora tlenu O1250 x 4 złożonego z ośmiu adsorberów wypełnionych złożem zeolitowym,
 - e) stacji przygotowania gazu odpadowego (azotu i dwutlenku węgla) z generatora tlenu składającej się ze sprężarki śrubowej VS200 zabudowanej w kontenerze KS3,
 - f) 620 m rurociągu przesyłowego DN150 z rur stalowych zabudowanego od instalacji wytwarzania gazu inertnego do rurociągu podsadzkiego w rejonie szybu III.
4. Układ monitorowania i sterowania
 - a) Monitorowanie spalin na drodze od komina do reaktora DR 9000 (KAT1)
 - b) Monitorowanie gazów poreakcyjnych na drodze od reaktora DR 9000 (KAT1) do sekcji separacji PSA
 - c) Urządzenia sterujące przepływem spalin i gazów poreakcyjnych.
5. Układ zasilania i okablowanie.

W celu zasilenia instalacji wykonano modernizację pola 31 rozdzielni głównej RG2 KWK „Borynia-Zofiówka” Ruch „Borynia”, zbudowano kable zasilające od

rozdzielni do kontenera transformatorowo-sterowniczego KTS. W kontenerze KTS zabudowano:

- a) aparaturę 6 kV, składającą się z dwóch odłączników wewnętrznych wysokoprądowych typu OW,
- b) dwa transformatory suche żywiczne typu EG-CR-T-1000-07-P 6,3kV/0,4kV o mocy 1000 kVA każdy.
- c) szafy rozdzielcze typu Prisma P-RN-W 400/230 V.
- d) falownik sterujący pracą wentylatora głównego.

Od kontenera KTS wykonano połączenia kablowe do zasilania kontenerów KS1, KS2, KS3, KT oraz układu chłodzenia gazów. Wewnątrz powyższych kontenerów zabudowano szafy zasilająco-sterownicze do zasilania w energię elektryczną poszczególnych urządzeń. Zasilanie kontenera biurowo-socjalnego zrealizowane zostało linią kablową od kontenera KS2.

Kable zasilające kontenery wprowadzono do rur karbowanych (peszel) i ułożono w ziemi.

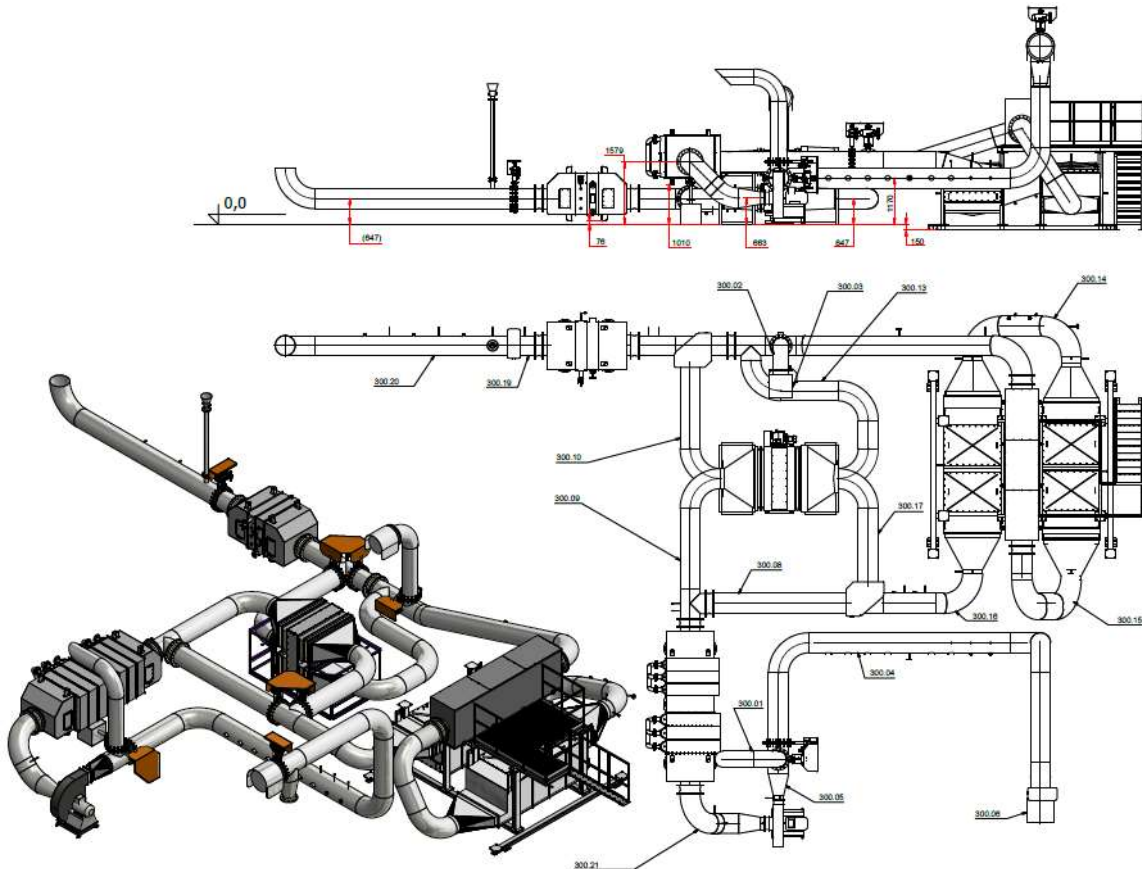
6. W celu umieszczenia urządzeń pomocniczych wykonano kontener techniczny KT, w którym umieszczono sprężarkę powietrza technologicznego, szafę zasilającą nagrzewnicę technologiczną, zbiorniki przelewowe i pompy obiegu glikolu, urządzenie dozowania mocznika, zbiorniki mocznika, zbiornik wody technologicznej, szafę zasilającą urządzenia w powyższym kontenerze z zabudowanym sterownikiem wymiennika WT2.
7. Pomieszczenie sterowni i obsługi osobowej instalacji zabudowano w kontenerze biurowo-socjalnym KBS.

Na rys. 15.1 przedstawiono schemat ideowy instalacji katalitycznej oczyszczania spalin [5].

Zadanie 3 w etapie II projektu przewidywało wykonanie montażu instalacji prototypowej, przeprowadzenie rozruchu mechanicznego i technologicznego.

Z uwagi na przedłużające się terminy dostaw od podmiotów zagranicznych (Niemcy, Chiny, Dania i Słowacja) urządzeń, aparatury pomiarowej i materiałów wsadowych do wypełnienia reaktorów i kolumn adsorbcyjnych nie wykonano uruchomienia prototypu w zakładanym terminie. Dostawa generatorów azotu i tlenu odbyła się dopiero w pierwszej połowie marca, natomiast do chwili obecnej nie dostarczono urządzeń aparatury kontrolno-pomiarowej (wg. pisma producenta przyczyną opóźnień są dostawy materiałów od poddostawców – planowana wysyłka jest na 14.05.2020 r.).

Obecnie trwają prace związane z wykonaniem instalacji zasilania i sterowania urządzeń oraz odbiorami cząstkowymi poszczególnych elementów prototypowej instalacji wytwarzania gazu inertnego. Po wykonaniu odbioru końcowego instalacji i jej uruchomieniu przystąpimy do realizacji etapu III projektu.



Rys. 15.1 Schemat ideowy instalacji katalitycznej

15.3 PODSUMOWANIE

Realizowany projekt dot. innowacyjnej technologii inertyzacji zrobów umożliwi przekształcenie szkodliwych dla środowiska spalin silnika gazowego w mieszaninę azotu i dwutlenku węgla a następnie zatłoczenie siecią rurociągów kopalnianych do zrobów i przekształcenie tej mieszaniny w nieszkodliwe dla środowiska substancje. Produkowana mieszanina gazów inertych złożonych z gazów o różnym ciężarze właściwym dostarczana będzie w konkretne miejsce występowania zagrożenia. Po przetworzeniu spalin w kolejnych układach funkcjonalnych, powstanie mieszanina gazów, która będzie złożona z dużych ilości azotu i dwutlenku węgla, dobranych w odpowiednich wzajemnych proporcjach i podawanych jednocześnie, przez jedno urządzenie. Odmienne właściwości fizykochemiczne azotu i dwutlenku węgla, w tym ciężar właściwy umożliwią skuteczną inertyzację pustych przestrzeni w zrobach górniczych. Rozpatrując strukturę geologiczną zrobów jest to szczególnie istotne w rejonach uskoków i pofałdowań pokładu, gdzie procesy inertyzacji są ograniczone. Niniejsza cecha innowacyjnej technologii stanowi kluczowy aspekt w kontekście sukcesu rynkowego, ponieważ przekłada się na skuteczność inertyzacji w stosunku do obecnie stosowanej technologii adsorpcji zmiennociśnieniowej i membranowej. Ponadto technologia ta umożliwiła równoczesne rozwiązanie następujących problemów:

- ograniczenie kosztów profilaktyki pożarowej, a tym samym kosztów wydobycia węgla,
 - znaczące zwiększenie skuteczności prewencji pożarowej w wyniku uzyskania znacznie większych niż dotychczas ilości gazów inertnych (oczyszczonych spalin). Tym samym możliwe będzie istotne ograniczenie olbrzymich strat spowodowanych pożarami endogenicznymi w górnictwie węgla kamiennego. Wdrożenie technologii wpłynie także na poprawę bezpieczeństwa pracy, ograniczenie emisji do atmosfery dwutlenku węgla i szeregu toksycznych gazów.
- Przedstawiona w opracowaniu technologia wykorzystuje wytworzone w silniku gazowym spaliny. W przyszłości przewiduje się zastosowanie tej technologii oczyszczania i wykorzystania w procesie inertyzacji spalin pochodzących nie tylko z silników gazowych ale z innych źródeł jak np. kotły gazowe, ciepłownie i elektrociepłownie węglowe itp. [1].
- Możliwe jest również w przyszłości wykorzystanie technologii do gaszenia pożarów w innych obszarach niż górnictwo węgla.

LITERATURA

- [1] Zb. Czernecki, A. Jakubów, M. Lasek: „Koncepcja innowacyjnej technologii inertyzacji zrobów z wykorzystaniem spalin silnika gazowego”. *IV Polski Kongres Górniczy, Materiały Konferencyjne, Kraków 2017.*
- [2] Ocena stanu BHP za 2015 – WUG, 2016: Ocena stanu bezpieczeństwa pracy, ratownictwa górniczego oraz bezpieczeństwa powszechnego w związku z działalnością górnictwo-geologiczną w 2015 roku, (http://www.wug.gov.pl/bhp/stan_bhp_w_gornictwie).
- [3] Dokumentacja pracy badawczo-usługowej Zakładu Aerologii Górniczej GIG – sprawozdanie z badań Etapu I – Badania przemysłowe. Katowice, kwiecień 2018. Praca niepublikowana.
- [4] E. Skrzyńska, W. Cwiąkański: „Dobór katalizatorów i warunków procesowych dla instalacji katalityczno-adsorpcyjnej przeznaczonej do oczyszczania spalin z silnika gazowego celem otrzymania gazu inertnego dla potrzeb kopalni”. Kraków, 2019. Praca niepublikowana.
- [5] Instalacja wytwarzania gazu inertnego uzyskanego z oczyszczenia spalin silnika gazowego agregatu prądotwórczego Jenbacher Typ JMS 612 GS-S.LC zabudowana w KWK „Borynia-Zofiówka” Ruch „Borynia”. Dokumentacja techniczna. Marzec 2020 r. Praca niepublikowana.

Data przesłania artykułu do Redakcji: 03.2020

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 04.2020

REALIZACJA PROJEKTU INNOWACYJNEJ TECHNOLOGII INERTYZACJI ZROBÓW Z WYKORZYSTANIEM MIESZANINY GAZÓW INERTNYCH UZYSKANYCH Z OCZYSZCZANIA SPALIN Z SILNIKA GAZOWEGO

Streszczenie: W artykule przedstawiono przebieg realizacji projektu dotyczącego innowacyjnej i skutecznej technologii inertyzacji zrobów rejonu czynnej lub otamowanej ściany wydobywczej w podziemnym zakładzie górniczym, wykorzystującej mieszaniny gazów inertnych uzyskanych z oczyszczenia spalin z silnika gazowego i zapobiegającej powstawaniu pożarów endogenicznych. W ramach projektu przewidziano realizację jednego etapu badań przemysłowych i dwóch etapów prac rozwojowych, w tym budowy i demonstracji prototypowej instalacji oczyszczania spalin. Punktem charakterystycznym technologii jest wykorzystanie spalin produkowanych przez silniki gazowe spalające metan i związana z tym wysoka wydajność procesu produkcji gazów inertnych. Dodatkowo, zintegrowanie dwutlenku węgla i azotu w odpowiednim stosunku w mieszaninie, stworzy możliwość pełnego wykorzystania zalet każdego z tych gazów, znanych w przypadku stosowania ich w osobnej formie. W rezultacie, biorąc pod uwagę możliwość wygenerowania zdecydowanie większej ilości gazów inertnych w jednostce czasu, w porównaniu do dostępnych technologii oraz połączenie właściwości fizykochemicznych azotu i dwutlenku węgla w ramach jednej mieszaniny, innowacyjne rozwiązanie technologiczne, w znaczący sposób zwiększy skuteczność prewencji pożarowej, obniżając tym samym prawdopodobieństwo wystąpienia pożaru endogenicznego. Innowacyjna technologia inertyzacji, przetwarzająca i powtórnie wykorzystująca spaliny, produkowane przez silniki gazowe napędzane metanem, w kontekście ekologicznym przyczyni się do zmniejszenia wielkości emisji zanieczyszczeń w sektorze górnictwa, a jednocześnie, ze względu na niewielki wydatek energetyczny, przyczyni się do obniżenia kosztów inertyzacji.

Słowa kluczowe: pożary endogeniczne, prewencja zagrożenia pożarowego, skuteczna inertyzacja, katalityczne oczyszczanie spalin z silnika gazowego

IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGY OF GOAF INERTISATION USING INERT GAS MIXTURE OBTAINED THROUGH GAS ENGINE EXHAUST GASES PURIFICATION

Abstract: The paper presents implementation of the project of innovative and efficient technology for inertisation of active or sealed-off longwalls in underground mines, using an inert gas mixture obtained through gas engine exhaust gases purification, which prevents endogenous fires. The project consists of a single stage of industrial research and two stages of development, which include construction and demonstration of the prototype exhaust gas purification plant. The main feature of the technology is using exhaust gases produced by methane engines, which allows high efficiency of producing inert gases. In addition, integrating carbon dioxide and nitrogen in the correct ratio allows fully exploiting the advantages of each of the gases. As a result, by allowing generation of much larger amount of inert gases in a unit of time compared to the available technologies and by combining the physicochemical properties of both nitrogen and carbon dioxide in a single mixture, the innovative technology considerably increases the efficiency of fire prevention, lowering the probability of an endogenous fire occurring. In the context of ecology, innovative inertisation technology of processing and reusing exhaust gases produced by methane engine will decrease pollutant emission in mining. Thanks to low energy consumption it will also decrease the inertisation costs.

Key words: endogenous fire, fire hazard prevention, efficient inertisation, catalytic purification of gas engine exhaust gases

Marian Lasek

„AZIS” Mining Service Sp. z o.o.
Oś. 1-Maja 16 K, 44-304 Wodzisław Śl., Polska
e-mail: lasek@azis.pl

Zbigniew Czernecki

„AZIS” Mining Service Sp. z o.o.
Oś. 1-Maja 16 K, 44-304 Wodzisław Śl., Polska
e-mail: czernecki@azis.pl

Antoni Jakubów

„AZIS” Mining Service Sp. z o.o.
Oś. 1-Maja 16 K, 44-304 Wodzisław Śl., Polska
e-mail: jakubow@azis.pl