

Badania produktów gazowych powstających przy rozwoju źródeł pożarów przenośników taśmowych

W artykule scharakteryzowano główne przyczyny powstawania zagrożenia pożarowego przenośników taśmowych stosowanych w górnictwie podziemnym. Zaprezentowane zostały wyniki badań laboratoryjnych produktów rozkładu termicznego taśm przenośnikowych. Wnioski z przeprowadzonych badań są podstawą do dalszych prac nad wielodetektorowym czujnikiem służącym do wczesnego wykrywania pożarów przenośników.

1. WSTĘP

W kopalniach podziemnych do transportu węgla stosuje się powszechnie przenośniki taśmowe. Praca przenośnika [2] w trudnych warunkach górniczych (uszkodzenia mechaniczne, odchylenia trasy przenośnika, wysokie zapylenie) może być przyczyną powstawania zagrożenia pożarowego. Żeby zminimalizować to niebezpieczeństwo, w górnictwie podziemnym stosuje się wyłącznie trudno palne taśmy przenośnikowe. Mimo tego nie da się wyeliminować zagrożenia [4] związanego z pracą przenośników, polegającego na tworzeniu się, a następnie samozagrzewaniu produktów ścierania bieżników taśm przenośnikowych. Ściery z bieżników taśm przenośnikowych, w warunkach pracy pod ziemią powstają najczęściej na skutek tarcia, co powoduje podwyższenie ich temperatury już podczas samego procesu ich powstawania. Powstający w trakcie tarcia ściery gumowy, chociaż nie ulega zapaleniu, może się żarzyć, a następnie poddany nadmuchowi powietrza wynikającego z konieczności ciągłego przewietrzania chodników kopalnianych ulega nagrzanemu nawet do temperatury 600°C. Zjawisko to stwarza w kopalniach duże zagrożenie pożarowe, gdyż nagrzaną do tak wysokiej temperatury ściery gumowy w zetknięciu ze znajdującymi się w pobliżu przenośnika taśmowego materiałami palnymi może być przyczyną powstania

pożaru. W kopalniach węgla kamiennego zagrożenie pożarem jest większe z uwagi na obecność pyłu węglowego i kawałków węgla.

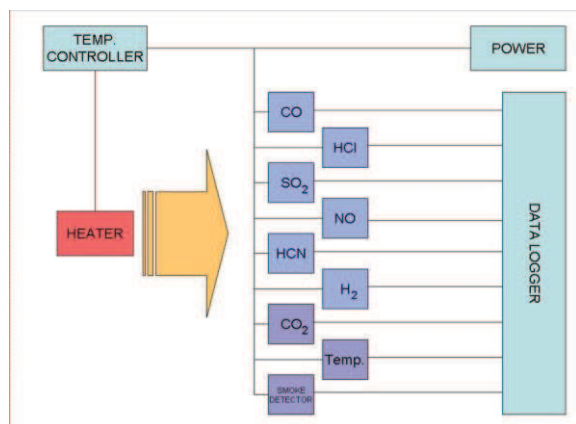
W Instytucie Technik Innowacyjnych EMAG w Katowicach prowadzone są prace w ramach projektu europejskiego Steel & Coal „EDAFFIC”, którego celem jest opracowanie monitorowania [3] oraz wczesnego wykrywania powstających źródeł pożarów przenośników taśmowych [1].

Dla wyboru rodzajów czujników, ich lokalizacji w rejonie konstrukcji przenośnika oraz przetwarzania sygnałów pomiarowych dla wczesnego wykrywania pożarów przeprowadzone zostały badania:

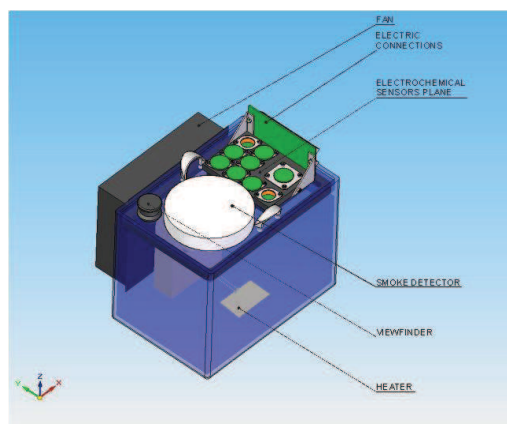
- rozplywu ciepła w konstrukcji przenośnika taśmowego przy podgrzewaniu wybranych elementów,
- produktów gazowych powstających podczas zagrzewania próbek taśm,
- produktów gazowych powstających podczas testu ciernego taśmy.

W niniejszym artykule przedstawione zostały badania laboratoryjne produktów rozkładu termicznego taśm przenośnikowych przy symulowanym ich zagrzewaniu.

Na podstawie analizy otrzymanych wyników badań przedstawiona została opracowana struktura blokowa konstrukcji czujnika wielodetektorowego oraz algorytm przetwarzania sygnałów dla wykrywania pożarów przenośników taśmowych.



Rys. 1. Schemat blokowy stanowiska do badań



Rys. 2. Budowa komory pomiarowej do badań

2. STANOWISKO DO BADAŃ I WYBORU DETEKTORÓW

Celem badań był wybór detektorów o największej czułości na produkty rozkładu termicznego taśmy przenośnikowej. Schemat blokowy stanowiska jest przedstawiony na rys. 1, a budowa komory pomiarowej na rys. 2.

Podczas badań prowadzone były nagrzewania małych próbek taśm oraz rejestracja sygnałów z poszczególnych detektorów. Do badań wybrano następujące detektory:

1. Komora elektrochemiczna dla tlenku węgla CO:
Zakres pomiarowy – 0÷500 ppm; rozdzielczość – 1 ppm,
2. Komora elektrochemiczna dla chlorowodoru HCl:
Zakres pomiarowy – 0÷50 ppm; rozdzielczość – 0,5 ppm,
3. Komora elektrochemiczna dla dwutlenku siarki SO₂:
Zakres pomiarowy – 0÷20 ppm; rozdzielczość – 0,1 ppm
4. Komora elektrochemiczna dla tlenku azotu NO:
Zakres pomiarowy – 0÷250 ppm; rozdzielczość – 0,5 ppm
5. Komora elektrochemiczna dla cyjanowodoru HCN:
Zakres pomiarowy – 0÷50 ppm; rozdzielczość – 0,5 ppm,
6. Komora elektrochemiczna dla wodoru H₂:
Zakres pomiarowy – 0÷1000 ppm; rozdzielczość – 2 ppm,
7. Detektor IR dla CO₂:
Zakres pomiarowy – 0 – 5%; rozdzielczość – 1%,
8. Czujnik temperatury LM35:
Zakres pomiarowy – -55 – 150°C; dokładność – ± 0,5°C.

9. Analogowy detektor dymu MCD-1:
Czujnik dymu MCD-1 przeznaczony jest do zabezpieczania wyrobisk kopalnianych zagrożonych pożarami egzogenicznymi. W czujniku zastosowano izotopową czujkę dymu typu DIO-40 produkowaną przez POLON-ALFA Sp. z o.o. w Bydgoszczy.
Zakres analogowego sygnału wyjściowego – 0,4 – 2 VDC.

3. BADANIA LABORATORYJNE

Badania [1] były przeprowadzone w komorze pomiarowej na stanowisku laboratoryjnym przedstawionym na rys. 3.



Rys. 3. Stanowisko laboratoryjne do badania zagrzewania próbek taśm przenośnikowych

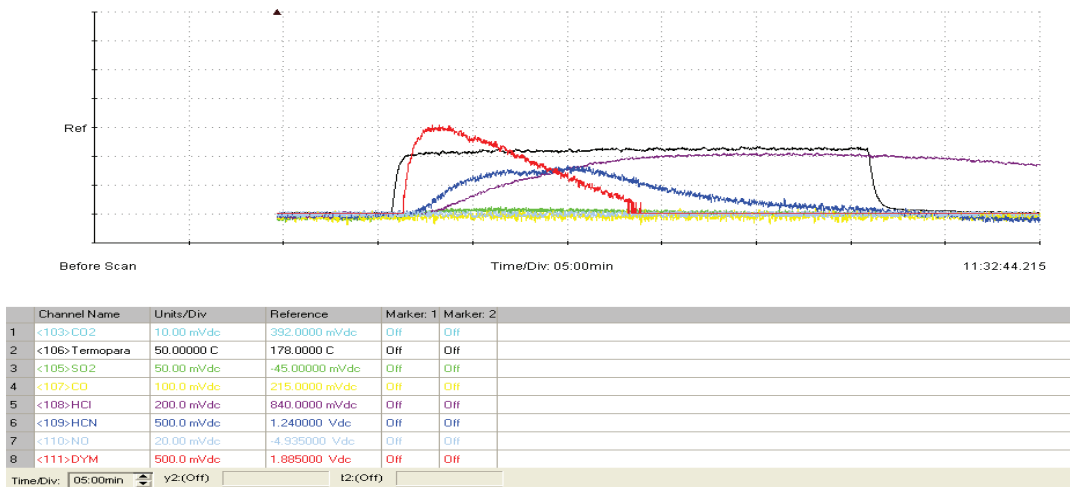
Komora pomiarowa miała pojemność 5 litrów, mieszało w formie wentylatorka umieszczonego w ścianie bocznej i zamontowany regulowany grzejnik elektryczny z powierzchnią z miki, na której można było osiągać temperaturę do 400°C. Zespół czujników gazowych i temperatury oraz czujnik dy-

mu były umieszczone w górnej pokrywie komory. Również w pokrywie tej znajdował się mały otwór manipulacyjny zamykany na czas pomiaru, przez który wprowadzono zasilanie do grzałki i termoparę pomiarową. Termopara ta spełniała dwa zadania: mierzyła temperaturę próbki w czasie pomiaru i utrzymywała ją w miejscu na powierzchni grzejnika. Próbkę wycinano z taśmy przenośnikowej z warstwy gumy okładkowej i międzyprzekładkowej oraz włókna z tkaniny rdzenia taśmy o wadze od 4 mg do 12 mg. Detektory gazowe były zasilane z zasilacza stabilizowanego symetrycznego, a czujnik dymu i grzejnik z zasilacza stabilizowanego. Sygnały wyjściowe z czujników gazowych i termopary oraz czujnika dymu były zbierane i przetwarzane w rejestratorze AGILIENT i dalej rejestrowane i archiwizowane za pomocą specjalistycznego programu w komputerze PC.

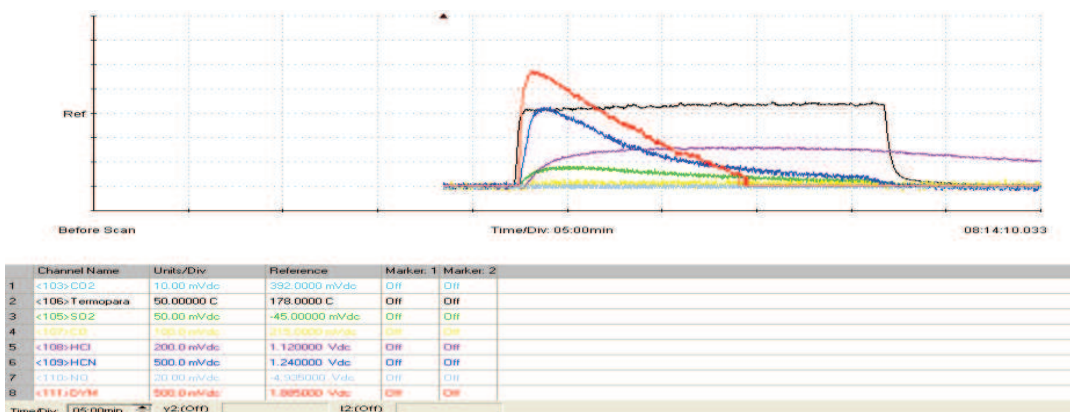
Badania przeprowadzono głównie na taśmie trudno palnej dla górnictwa poziomego typ 1200 14890 GTP EP 1600 4 4+3 LS Nr 3235 GM-130/05. Taśma ta została wybrana do badań ze względu na to, że jest to typowa taśma górnicza stosowana w kopalniach węglowych węgla kamiennego.

Badania taśmy rozpoczęto od badań gumy okładkowej jako pierwszej warstwy ulegającej tarciu i zagrzewaniu. Temperaturę symulującą zagrzewanie się obudowy przenośnika zadawano jako stałą wartość (constans) lub jako wartość skokową. Na rysunku 4 przedstawiono sygnały wyjściowe w funkcji czasu dla kolejnych wartości stałych temperatur i otrzymano dla nich następujące wyniki:

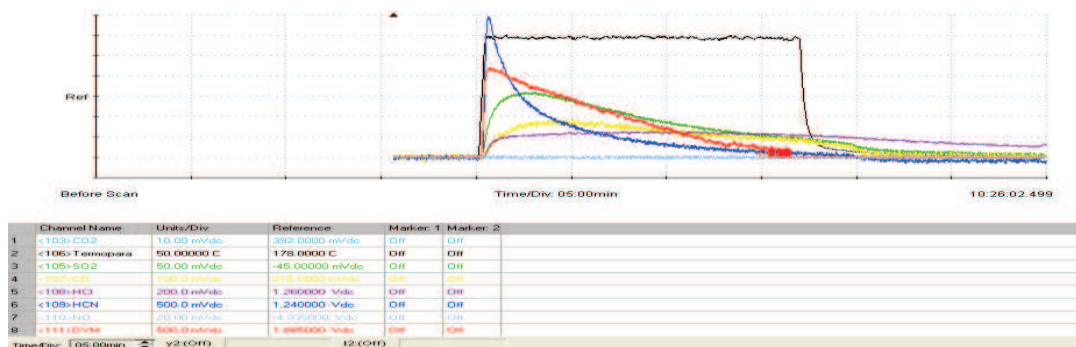
- temp. = 135°C = constans dla próbki $m = 5$ mg pojawia się kolejno: dym, cyjanowódor HCN, chlorowódor HCl i niewielkie zmiany sygnału z czujnika dwutlenku siarki SO₂ (rys. 4a),
- temp. = 200°C = constans dla próbki $m = 5$ mg widać dobrze wyeksponowane sygnały dymu, cyjanowodoru HCN, chlorowodoru HCl i dwutlenku siarki SO₂ (rys. 4b),
- temp. = 320°C = constans dla próbki $m = 5$ mg wysokie sygnały dymu, cyjanowodoru HCN, chlorowodoru HCl, dwutlenku siarki SO₂ i tlenku węgla CO (rys. 4c),
- temp. = 370°C = constans dla próbki $m = 5$ mg bardzo wysokie sygnały dymu, cyjanowodoru HCN, chlorowodoru HCl, dwutlenku siarki SO₂ i tlenku węgla CO (rys. 4d).



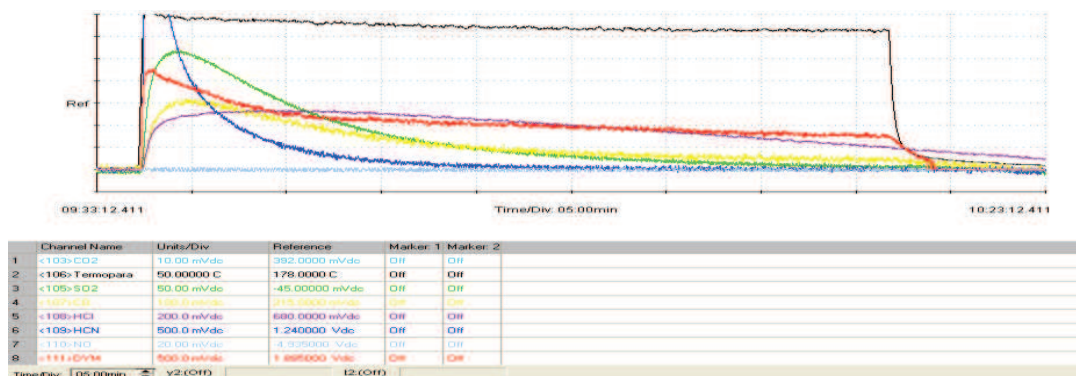
4a) temp. = constans ~ 135°C



4b) temp. = constans ~ 200°C



4c) temp. = constans ~ 320°C

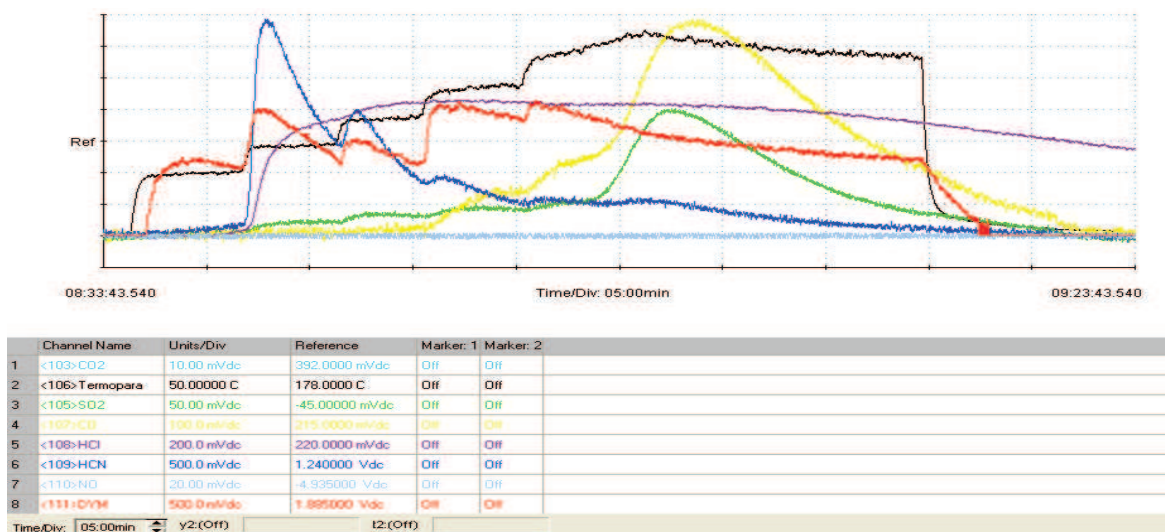


4d) temp. = constans ~ 370°C

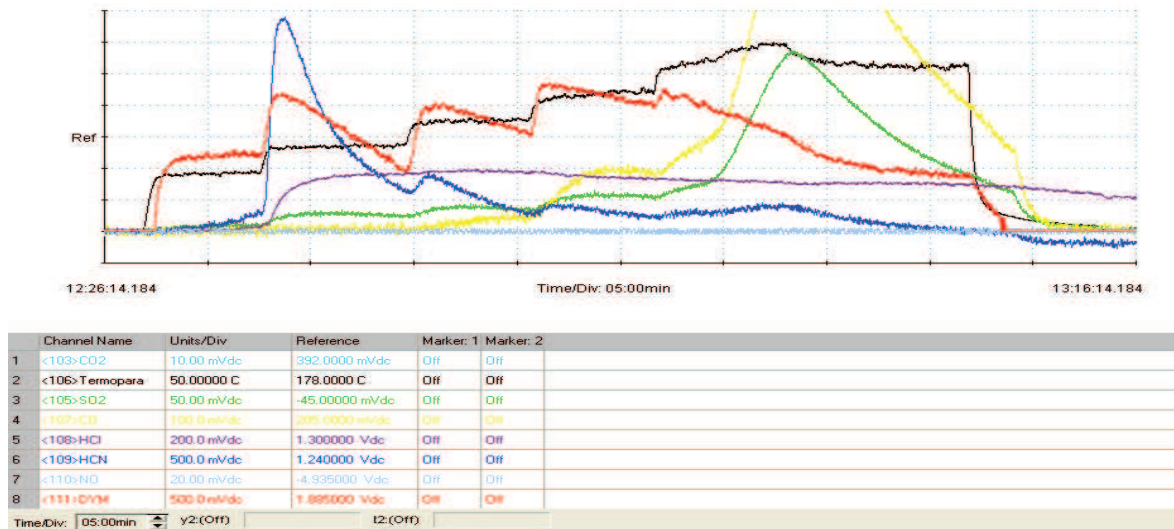
Rys. 4. Sygnały wyjściowe z czujników podczas zagrzewania okładki taśmy trudno palnej

W następnym kroku temperaturę zmieniano skokowo począwszy od temperatury pokojowej do około 350°C dla różnych mas próbek gumy okładkowej.

Sygnały wyjściowe z czujników w funkcji czasu przedstawiono na rysunku 5 (dla: $m = 5$ mg rys. 5a, $m = 8$ mg rys. 5b).



5a) masa $m = 5$ mg, temp. ~ 20°C ÷ ~ 350°C



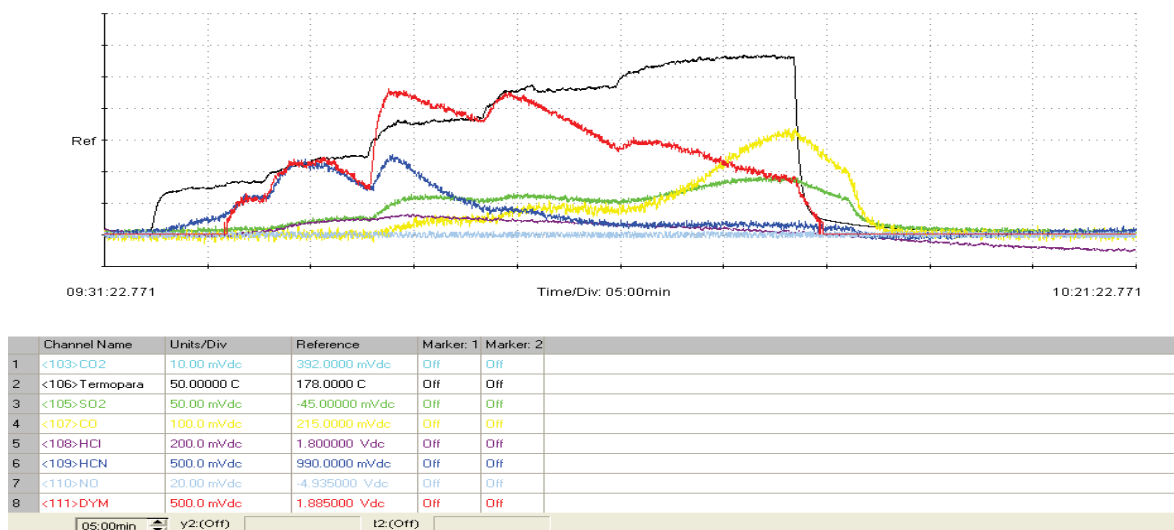
5b) masa $m = 8$ mg, temp. $\sim 20^{\circ}\text{C} \div \sim 325^{\circ}\text{C}$

Rys. 5. Sygnały wyjściowe dla zmiennych skokowo wartości temperatur przy grzaniu okładki taśmy trudno palnej

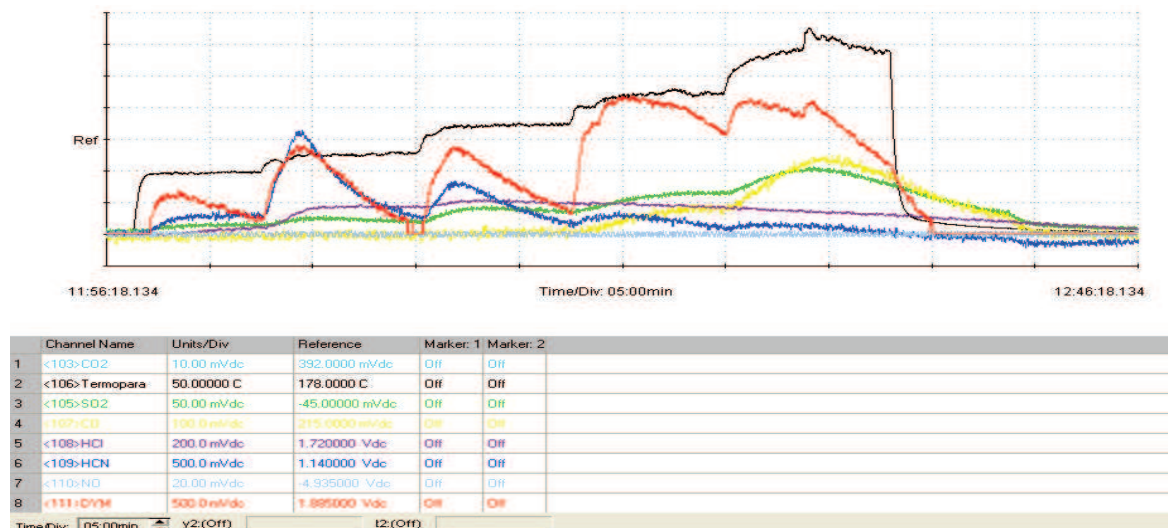
Na wyżej przedstawionych rysunkach można zauważyć że:

- sygnał dymu wzrastał po każdym zwiększeniu temperatury,
- cyjanowodór HCN pojawiający się w okolicy 150°C po stosunkowo niewielkich wzrostach sygnału po kolejnych skokowych wzrostach temperatury, sukcesywnie malał,
- chlorowodór HCl pojawiał się również w pierwszej fazie zagrzewania około 150°C (maksimum), dalej sygnał czujnika bardzo wolno malał bez względu na wzrost czy obniżkę temperatury, zachowując w całym swoim cyklu pracy dużą niestabilność,
- dwutlenek siarki SO_2 zaczął pojawiać się również w pierwszej fazie zagrzewania i wzrastał sukcesywnie, osiągając maksymalne wartości w temperaturze $250^{\circ}\text{C} \div 300^{\circ}\text{C}$,
- tlenek węgla CO pojawiał się w drugiej fazie zagrzewania około 200°C i sygnał czujnika rósł sukcesywnie z temperaturą, osiągając duże (maksyma) wartości w okolicy 300°C ,
- nie zaobserwowano wzrostu sygnałów z czujników dwutlenku węgla i tlenu azotu.

Następnie przeprowadzono badania gumy międzyprzeławkowej, skokowo zmieniając temperaturę. Dla różnych wartości mas sygnały wyjściowe przedstawiono na rysunku 6 (dla: $m = 5$ mg rys. 6a), $m = 9$ mg rys. 6b).

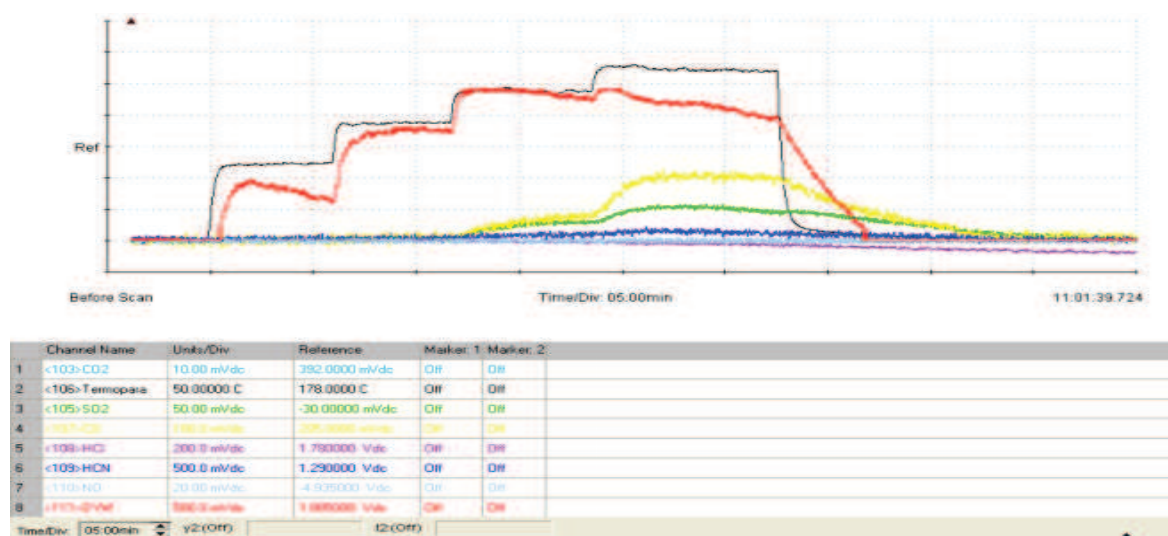


6a) masa $m = 5$ mg, temp. $\sim 20^{\circ}\text{C} \div \sim 305^{\circ}\text{C}$



6b) masa $m = 9$ mg, temp. $\sim 20^{\circ}\text{C} \div \sim 310^{\circ}\text{C}$

Rys. 6. Sygnały wyjściowe przy grzaniu gumy międzyprzekładkowej taśmy trudno palnej



Rys. 7. Sygnały wyjściowe przy grzaniu próbki włókna tkaniny rdzenia taśmy trudno palnej

Ostatnim badaniem dla tego typu taśmy było zagrzewanie włókna tkaniny rdzenia taśmy o masie $m = 8$ mg przy skokowej zmianie temperatury. Charakter sygnałów wyjściowych okazał się nieco inny niż poprzednie (rys. 7). Niezmiennie jedynie na początku, w temperaturze około 150°C pojawił się dym, natomiast przyrosty sygnałów z czujników gazowych dwutlenku siarki SO_2 i tlenku węgla CO oraz nieznacznie cyjanowodoru HCN pojawiły się dopiero około 250°C , osiągając maksimum w około 300°C .

Na podstawie powyższych badań można stwierdzić, że sygnały z czujników gazowych: cyjanowodoru HCN , dwutlenku siarki SO_2 i tlenku węgla

CO oraz z czujnika dymu utrzymywały stabilnie swoje wartości, natomiast sygnał z czujnika chlorowodoru HCl był nie zawsze stabilny, a w czasie badań laboratoryjnych długo utrzymywał przyrost i dopiero po długim czasie osiągał wartość podstawową.

Przeprowadzone badania pozwoliły na określenie produktów zagrzewania taśmy, które najlepiej i najszybciej pozwolą przeprowadzić detekcję powstającego pożaru przenośnika taśmowego.

I tak, dobrymi wskaźnikami rozwijającego się pożaru są:

dym, chlorowódor, cyjanowódor, tlenek węgla, dwutlenek siarki.

Natomiast dwutlenek węgla, tlenek azotu oraz wodór nie powstają w znaczącej ilości we wczesnej fazie rozwoju pożaru przenośnika. Z kolei przebiegi sygnałów z detektora dwutlenku siarki są bardzo zbliżone do sygnałów z detektora tlenu węgla, który jest gazem pożarowym częściej występującym, a charakterystyka przebiegu poziomu zerowego detektora chlorowodoru (HCl), który jest bardzo niestabilny i posiada bardzo długie czasy powrotu do poziomu pierwotnego pokazuje, że nie może być brany pod uwagę w określaniu poziomu zagrożenia pożaru taśmy.

4. PODSUMOWANIE

Pożar taśmy przenośnika jest dużym zagrożeniem dla załóg kopalń podziemnych. Przyjęta metodyka badań rozwoju procesu podnoszenia temperatury taśmy umożliwiła zbadanie produktów tego procesu. Badania przebiegów sygnałów z pomiaru produktów podnoszenia temperatury taśmy, dokonanych w komorze laboratoryjnej do zagrzewania próbek taśm

przenośnikowych, wykazały, że dobrymi wskaźnikami są stężenia dymu, chlorowodoru, cyjanowodoru, tlenu węgla i dwutlenku siarki.

W pracach nad konstrukcją i oprogramowaniem czujnika wielodetektorowego uwzględnione zostaną detektory umożliwiające pomiar dymu, tlenu węgla, cyjanowodoru, dwutlenku siarki oraz temperatury.

Literatura

1. Dokumentacja projektu europejskiego Steel & Coal „EDAF-FIC” Instytut Technik Innowacyjnych EMAG w Katowicach 2009-2010 (niepublikowana).
2. *Hardygóra M, Wachowicz J. i inni*: Taśmy przenośnikowe, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne; Fundacja Książka Naukowo-Techniczna, Warszawa 1999.
3. *Trenczek S., Mróz J., Babecki D., Wojtas P.*: Możliwości zabezpieczania przenośników taśmowych w kopalniach podziemnych przed zagrożeniem pożarowym, Materiały Konferencyjne Międzynarodowego Kongresu Górnictwa Rud Miedzi, Lubin 24-26 września 2009. Wyd. KGHM 2009, T.1, str. 275 – 283.
4. *Wachowicz J., Wypior K.*: Samonagrzewanie produktów ścierania okładek gumowych taśm przenośnikowych. Prace Naukowe GIG Górnictwo i Środowisko Kwartalnik 4/2003.

Recenzent: dr inż. Stanisław Trenczek

