

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **203277**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **362488**

(51) Int.Cl.  
**G01N 21/31 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **29.09.2003**

(54)

**Monitor płomienia**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**04.04.2005 BUP 07/05**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**30.09.2009 WUP 09/09**

(73) Uprawniony z patentu:

**Akademia Górniczo-Hutnicza  
im. Stanisława Staszica, Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**Edward Wojnar, Kraków, PL  
Jan Wasylak, Kraków, PL  
Dominik Dorosz, Białystok, PL  
Bolesław Karwat, Kraków, PL**

(74) Pełnomocnik:

**Postołek Elżbieta, Rzecznik Patentowy,  
Akademia Górniczo-Hutnicza  
im. Stanisława Staszica**

**PL 203277 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest monitor płomienia, optyczne urządzenie przeznaczone do określania proporcji ilościowej między dwoma wybranymi gazami promieniującymi przy spalaniu paliw, zwłaszcza tlenkiem i dwutlenkiem węgla promieniującymi w płomieniu pyłu węglowego lub metanu.

Znane są urządzenia do monitorowania płomienia złożone z zabudowanej w płaszczu komory paleniskowej, chłodzonej wodą, kamery telewizyjnej CCD z zespołem obiektywów i światłowodowych transponderów sygnału optycznego, umożliwiające ciągłą obserwację procesów spalania w bardzo wysokich temperaturach. Z uzyskanych obrazów telewizyjnych odczytuje się informacje o intensywności, częstotliwości migotania, a tym samym o jakości płomienia. Układ optyczny urządzenia musi być zabezpieczony przed zanieczyszczeniami pyłowymi z komory spalania. W rozwiązaniu przedstawionym w polskim opisie patentowym nr 170 713 przed soczewką wejściową układu optycznego umieszczona jest w jej ognisku stała przegroda z koncentrycznym otworem. Strumień powietrza chłodzący rurę nośną, w której zabudowany jest układ optyczny, wypływa do komory spalania przez otwór w przegrodzie i uniemożliwia osadzanie się sadzy i popiołów lotnych na powierzchni soczewki wejściowej układu optycznego. Podobne rozwiązania konstrukcyjne ochrony okienek czy soczewek wejściowych stosowane są w innych urządzeniach optycznych, przykładowo w sondzie analizatora fotometrycznego gazów odlotowych według patentu polskiego nr 160 868.

Znane są inne urządzenia do monitorowania płomienia w tym na przykład urządzenia z fotokomórką w układzie zliczania cyfrowego. Głównym zadaniem tego typu układów z fotokomórką jest wykrywanie zaniku płomienia. Światło płomienia zebrane w układzie soczewek o bardzo małym kącie sferycznym transmitowane jest przez światłowód do fotokomórki. Zespół - soczewki, światłowód, fotokomórka chłodzone są powietrzem, które chroni jednocześnie soczewkę wejściową przed osadzaniem się pyłu. Sygnał elektryczny z fotokomórki po wzmocnieniu i przetworzeniu według założonego algorytmu podlega cyfrowej rejestracji. Układ fotokomórki służy do nadzoru pracy palnika pyłowego lub gazowego.

Znane są także rozwiązania optycznych analizatorów gazów spalinowych montowanych bezpośrednio w kanale spalin. Optyczny układ pomiarowy analizatora zawiera źródło promieniowania, nadawczy zespół optyczny do formowania i wprowadzania wiązki promieniowania w przestrzeń pomiarową wypełnioną spalinami oraz odbiorczy zespół optyczny z detektorem połączonym z elektronicznym układem przetwarzania i rejestracji danych.

Układ monitora płomienia nadzoruje płomień powstający podczas spalania paliw. Przy spalaniu niepełnym obok gazów niepalnych np.  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  powstają także gazy palne np.  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ . W danej temperaturze płomienia gazy niepalne i palne emitują promieniowanie o długościach fal układających się w specyficzne pasma. Pasma zajmujące obszary spektralne 2,4 - 3,0  $\mu\text{m}$ , 4,0 - 4,8  $\mu\text{m}$ , 12,5 - 16,5  $\mu\text{m}$  pochodzą z promieniowania  $\text{CO}_2$ , natomiast promieniowanie z  $\text{CO}$  zajmuje obszary 2,3 - 2,8  $\mu\text{m}$  oraz 4,7 - 5,2  $\mu\text{m}$ . W tej samej temperaturze i dla identycznych długości fal w warunkach równowagi - emisyjność gazów jest równa ich absorpcyjności. Absorpcja promieniowania przez  $\text{CO}_2$  w temperaturze 800 K wykazuje poszerzenie pasm absorpcji w porównaniu z pasmami absorpcji w temperaturze 300 K. Ważne jest to, że pasmo 4,3  $\mu\text{m}$  będące intensywnym pasmem emisji promieniowania  $\text{CO}_2$  będącego w wysokiej temperaturze jest także intensywnym pasmem absorpcji promieniowania przez gazowy  $\text{CO}_2$  w temperaturze pokojowej. Podobnie jest i w przypadku  $\text{CO}$ . Gaz ten promieniuje w wysokiej temperaturze fale o długości 4,7  $\mu\text{m}$  i absorbuje fale o tej samej długości w niskiej temperaturze.

Wysokie stężenie  $\text{CO}$  w porównaniu ze stężeniem  $\text{CO}_2$  w płomieniu świadczy o niedoborze powietrza. Mierząc natężenie promieniowania emitowanego przez  $\text{CO}_2$  oraz  $\text{CO}$  można by określić zawartość poszczególnych gazów w płomieniu. Jednakże z uwagi na poszerzenie pasm absorpcji zarówno  $\text{CO}_2$  i  $\text{CO}$  w wysokich temperaturach, jak i z uwagi na efekt wzajemnego przysłaniania pasm - wyznaczenie stężeń gazów w płomieniu na drodze pomiaru natężenia światła emitowanego jest zadaniem złożonym i dotychczas praktycznie nie rozwiązany w technice pomiarowej.

Monitor płomienia według niniejszego wynalazku przeznaczony jest jedynie do określania proporcji ilościowej między dwoma gazami promieniującymi w płomieniu, zwłaszcza tlenku i dwutlenku węgla. Posiada podobnie jak w opisanych powyżej urządzeniach układ optyczny zabudowany w rurze nośnej, zewnętrznie chłodzonej i wyposażonej w zespół ochrony okienka wejściowego. Istota rozwiązania monitora opiera się na wydzieleniu w rurze nośnej czterech komór. Komory wydzielone są poprzez hermetyczną zabudowę w płaszczyznach prostopadłych do osi rury nośnej: dwóch sztywnych

okienek - przedniego i tylnego, usytuowanych między nimi dwóch elastycznych okienek - przedniego i tylnego oraz osadzonego na końcu rury nośnej zwierciadła sferycznego. W komorze pierwszej, między sztywnym okienkiem wejściowym i elastycznym okienkiem przednim znajdują się: falowód promieniowania, stykający się czołowo z powierzchniami obu okienek oraz zwierciadło płaskie osłaniające powierzchnię elastycznego okienka przedniego i posiadające centralny otwór na falowód promieniowania. Komora druga ograniczona elastycznymi okienkami - przednim i tylnym, połączona jest z czujnikiem ciśnienia. Sygnał z czujnika doprowadzony jest do bloku elektronicznego monitora. Z kolei komora trzecia utworzona jest pomiędzy elastycznym okienkiem tylnym i sztywnym okienkiem tylnym. W komorze czwartej, między sztywnym okienkiem tylnym i zwierciadłem sferycznym, w ognisku zwierciadła umieszczone jest czoło światłowodu, którym prowadzone jest zebrane światło do bloku elektronicznego. Poszczególne komory napełnione są odpowiednio: komora pierwsza gazem identycznym jak jeden z dwóch wybranych gazów promieniujących, komora druga i komora czwarta gazem widmowo obojętnym, zwłaszcza azotem, a komora trzecia gazem identycznym jak drugi wybrany gaz promieniujący w płomieniu.

W przedstawionym rozwiązaniu promieniowanie emitowane z płomienia przenika do komór monitora, gdzie w pierwszej i trzeciej komorze jest odpowiednio absorbowane przez wypełniające te komory gazy dla przykładu w pierwszej przez CO, w trzeciej przez CO<sub>2</sub>, czyli gazami - pierwszym i drugim, identycznymi z gazami promieniującymi w płomieniu, a których ilościową proporcję chcemy wyznaczyć. W wyniku absorpcji promieniowania wzrastają ciśnienia w obu komorach, proporcjonalnie do ilości molekuł gazów - pierwszego i drugiego, promieniujących w płomieniu. Ciśnienia proporcjonalne do stężeń gazów - pierwszego i drugiego, wywierane na elastyczne okienka - przednie i tylne komory drugiej, powodują podwyższenie ciśnienia w komorze drugiej relatywnie do proporcji ilościowej obu gazów w płomieniu. Ciśnienie w komorze drugiej może być mierzone przy pomocy standardowego, odpowiednio dobranego czujnika ciśnienia lub przy pomocy układu światłowodów. Pozostała, nie zaabsorbowana część promieniowania przenika do komory czwartej, zostaje odbita w zwierciadle sferycznym i podana do światłowodu. Sygnał optyczny prowadzony tym światłowodem umożliwia pobór sygnału z czujnika ciśnienia synchronicznie ze światłem pochodzący z płomienia, impulsowanym przez tarcze modulacyjną. Sygnał optyczny z tego światłowodu niesie także informację o migotaniu czy zaniku płomienia.

Tarcza modulacyjna zabudowana pod osłoną napędzana jest powietrzną turbinką łożyskową w osłonie. Powietrze z turbinki kierowane jest pod metalową osłonę równoległe do powierzchni przedniego okienka sztywnego, zabudowanego w rurze nośnej, będącego okienkiem wejściowym. Powietrze to wcześniej przepływa w płaszczu rury nośnej, omywa rurę nośną i ochładza. W metalowej osłonie jest wykonany tylko jeden otwór adekwatny do powierzchni okienka wejściowego, natomiast w tarczy modulatora wycięty jest co najmniej jeden otwór adekwatny do okienka wejściowego. Przed nagrzewaniem się okienka wejściowego od płomienia zabezpiecza okienko ochronne, które umiejscowione przed okienkiem wejściowym, może być zamocowane przed tarczą, w otworze tarczy lub za tarczą modulatora.

Zabudowany w komorze pierwszej falowód promieniowania wykonany może być z jednego lub kilku światłowodów, względnie może mieć postać kapilary wewnątrz złoconej, na końcach zamkniętej okienkami i wypełnionej gazem widmowo obojętnym, zwłaszcza azotem.

Pomiar ciśnienia w komorze drugiej może być dokonywany różnego rodzaju czujnikami z elektrycznym sygnałem pomiarowym. Korzystnym rozwiązaniem jest, gdy czujnik ciśnienia zabudowany jest bezpośrednio wewnątrz komory drugiej i stanowią go przylegające do obu elastycznych okienek - przedniego i tylnego, pierścienie - przedni i tylny. Sąsiadujące, naprzeciwległe powierzchnie czołowe tych pierścieni są karbowane i obejmują poprowadzony między nimi światłowód, w którym prowadzone światło jest modulowane poprzez nacisk pierścieni na światłowód. Światłowód jest poprowadzony z i do układu elektronicznego zawierającego źródło i detektor światła.

Monitor płomienia według wynalazku umożliwia jednoczesny, względny pomiar ilości dwóch gazów promieniujących w płomieniu, w tym gazów charakterystycznych dla jakości spalania, zwłaszcza relatywnej ilości CO/CO<sub>2</sub>. Umożliwia stwierdzenie zaniku płomienia czy też pozwala na określenie częstotliwości i intensywności migotania. Poprzez bezpośrednie monitorowanie płomienia pozwala na bezpieczne prowadzenie kotła i daje możliwości wyprzedzającego wyłączenia elektrofiltru.

Pełne rozumienie wynalazku umożliwi opis przykładowego wykonania monitora płomienia, przeznaczonego do określania proporcji ilościowej między promieniującymi w płomieniu tlenkiem i dwutlenkiem węgla. Monitor pokazany jest na rysunku w wzdłużnym przekroju osiowym.

Monitor posiada rurę nośną 1 o średnicy rzędu 10-20 mm, której wewnętrzna powierzchnia jest poślizcona. Przestrzeń wewnętrzna rury nośnej 1 podzielona jest na cztery komory 2,3,4,5, wydzielone poprzez hermetyczną zabudowę w płaszczyznach prostopadłych do osi rury nośnej 1: dwóch sztywnych okienek - przedniego 7 i tylnego 17, dwóch usytuowanych między nimi elastycznych okienek - przedniego 8 i tylnego 14 oraz osadzonego na końcu rury nośnej 1 zwierciadła sferycznego 18. W komorze pierwszej 2 ograniczonej od strony płomienia 6 sztywnym okienkiem przednim 7 a z drugiej strony elastycznym okienkiem przednim 8 znajdują się: falowód 10 i zwierciadło płaskie 9 osłaniające powierzchnię elastycznego okienka przedniego 8. Sztywne okienko przednie 7 wykonane jest z szafiru, natomiast elastyczne okienko przednie 8 z tworzywa sztucznego, transparentnego dla promieniowania podczerwonego w obszarze fal o długości od 3 do 6  $\mu\text{m}$ . Falowód 10 zbudowany jest z kapilary 11, wewnątrz złożonej a na końcach zamkniętej szafirowymi okienkami kapilary 12, którymi przylega czołowo do powierzchni sztywnego okienka przedniego 7 i elastycznego okienka przedniego 8. Kapilara 11 przeprowadzona jest przez centralny otwór w zwierciadle płaskim 9. Kapilara 11 wypełniona jest azotem. Komora pierwsza 2 wypełniona jest czystym tlenkiem węgla CO. Komora druga 3 znajduje się między elastycznymi okienkami - przednim 8 i tylnym 14. W tym wykonaniu monitora czujnik ciśnienia C zabudowany jest wewnątrz komory drugiej 3, a tworzą go dwa metalowe pierścienie - przedni 13 i tylny 15, obejmujące wprowadzony do środka światłowód 16, o odpowiednio dobrej średnicy i elastyczności. Pierścienie - przedni 13 i tylny 15 ściśle przylegają do obu elastycznych okienek - przedniego 8 i tylnego 14, a ich otwory centralne mają średnice nieco większą od średnicy kapilary 11. Sąsiadujące, naprzeciwległe powierzchnie czołowe obu pierścieni 13 i 15 są promieniście karbowane. Przekazane na karbowane pierścienie 13 i 15 siły nacisku od obu elastycznych okienek 8 i 14, powodują ugięcia światłowodu 16, a tym samym modulację światła prowadzonego w światłowodzie 16 adekwatną do wzajemnej zawartości CO względem CO<sub>2</sub> w płomieniu 6. Światłowód 16 zwinięty w pętlę pomiędzy pierścieniami 13 i 15 wyprowadzony jest na zewnątrz komory i połączony jest z jednej strony ze źródłem światła, z drugiej strony z fotodetekтором w bloku elektronicznym 30 sterownika cyfrowego. Przestrzeń drugiej komory 3 wypełniona jest azotem, gazem widmowo obojętnym. Komora trzecia 4 wyznaczona między elastycznym okienkiem tylnym 14 i sztywnym, kwarcowym okienkiem tylnym 17 wypełniona jest dwutlenkiem węgla CO<sub>2</sub>. Z kolei w komorze czwartej 5, między sztywnym okienkiem tylnym 17 i zwierciadłem sferycznym 18, wypełnionej azotem, w ognisku zwierciadła 18 umieszczono czoło światłowodu 19. Światłowód 19 połączony jest z odpowiednim detektorem w bloku elektronicznym 30. Rura nośna 1 otoczona jest obudową 20, tworzącą płaszcz do którego przez przewód wlotowy medium chłodzącego 21 wtłaczana jest ciecz. Wylot przewodu wlotowego medium chłodzącego 21 doprowadzony jest w strefę najbliższą sztywnego okienka przedniego 7, natomiast przewód wylotowy medium chłodzącego 29 wyprowadzony jest na zewnątrz monitora. W płaszcz między obudową 20 i rurą nośną 1 wprowadzony jest również przewód sprężonego powietrza 22, którego wylot jest szczelnie wbudowany w ściankę czołową przy sztywnym okienku przednim 7. Przed sztywnym okienkiem przednim 7 znajduje się szafirowe okienko ochronne 27 oraz segmentowa tarcza modulacyjna 24 z otworem 26 napędzana powietrzną turbinką 23. Zamocowana w osi tarczy modulacyjnej 24 turbinka 23 wprowadzona jest do wnętrza przewodu 22. Tarcza modulacyjna 24 jest ułożyskowana w osłonie 25. Otwór 26 jest adekwatny do sztywnego okienka przedniego 7. Powietrze wypływające z turbinki 23 kierowany jest przez osłonę 25 równoległe do płaszczyzny okienka ochronnego 27 i sztywnego okienka przedniego 7 powodując ich chłodzenie i oczyszczanie powierzchni z pyłów. Monitor mocowany jest w ścianie komory płomieniowej przy pomocy kołnierza 28.

Działanie monitora jest związane z tym, że promieniowanie emitowane z płomienia 6 przechodzi przez otwór w osłonie 25, przenika przez okienko ochronne 27, przechodzi przez otwór 26 w tarczy modulacyjnej 24 i pada na sztywne okienko przednie 7. Na sztywnym okienku przednim 7 następuje podział promieniowania na wiązkę zewnętrzną przechodzącą przez komorę pierwszą 2 i wiązkę środkową poprowadzoną falowodem 10 do komory drugiej 3 i do kolejnych komór monitora. Wiązka zewnętrzna promieniowania absorbowana jest przez wypełniający komorę pierwszą 2 tlenek węgla CO. Promieniowanie które nie uległo absorpcji zostaje odbite od zwierciadła płaskiego 9 i powraca do strefy płomienia 6. Wiązka środkowa transmitowana kapilarą 11 do komory drugiej 3, nie absorbowana przez azot, przenika przez elastyczne okienko tylne 14 do komory trzeciej 4, wypełnionej dwutlenkiem węgla CO<sub>2</sub>. Promieniowanie emitowane przez gazowy CO<sub>2</sub> w płomieniu 6 zostanie w komorze trzeciej 4 zaabsorbowane, a pozostałe promieniowanie przejdzie przez sztywne okienko tylne 17 do komory czwartej 5 wypełnionej azotem. Padając na zwierciadło sferyczne 18, po odbiciu zostaje skupione i wprowadzone do światłowodu 19, a następnie przesłane do odpowiedniego fotodetektora

w bloku elektronicznym 30. Zaabsorbowane w komorze pierwszej 2 promieniowanie pochodzące od gazowego CO płomienia 6 podnosi temperaturę, a tym samym ciśnienie w komorze. Wzrost ciśnienia jest proporcjonalny do natężenia promieniowania emitowanego przez CO, czyli do ilości molekuł CO w płomieniu 6. Analogicznie w komorze trzeciej 4 nastąpi wzrost ciśnienia proporcjonalny do ilości molekuł CO<sub>2</sub> w płomieniu 6. Siły parcia wywołane ciśnieniami w komorach pierwszej 2 i trzeciej 4, skierowane na elastyczne okienka -przednie 8 i tylne 14, są odpowiednio proporcjonalne do stężeń CO i CO<sub>2</sub> w płomieniu 6. Przekazane na karbowane pierścienie 13 i 15 powodują ugięcia światłowodu 16, modulują światło prowadzone światłowodem, a intensywność modulacji jest funkcją relatywnej zawartości CO/CO<sub>2</sub> w płomieniu 6.

Linia przerywaną pokazano na rysunku możliwość wykonania monitora z zewnętrznym czujnikiem ciśnienia C, którego elektryczny sygnał wartości ciśnienia w komorze drugiej 3 przekazywany jest do bloku elektronicznego 30. W takim wykonaniu oczywistym jest, że w konstrukcji nie występują: pierścień przedni 13 tylny 15 oraz światłowód elastyczny 16.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Monitor płomienia, przeznaczony do określania proporcji ilościowej między dwoma wybranymi gazami promieniującymi w płomieniu, zwłaszcza tlenku i dwutlenku węgla, posiadający układ optyczny zabudowany w rurze nośnej, zewnętrznie chłodzonej, wyposażony w zespół ochrony okienka wejściowego, **znamienny tym**, że posiada cztery komory (2, 3, 4, 5) wydzielone we wnętrzu rury nośnej (1) poprzez hermetyczną zabudowę w płaszczyznach prostopadłych do jej osi: dwóch sztywnych okienek - przedniego (7) i tylnego (17), usytuowanych między nimi dwóch elastycznych okienek - przedniego (8) i tylnego (14) oraz osadzonego na końcu rury nośnej (1) zwierciadła sferycznego (18), przy czym w komorze pierwszej (2), między sztywnym okienkiem wejściowym (7) i elastycznym okienkiem przednim (8) znajdują się: falowód (10), stykający się czołowo z powierzchniami obu okienek (7, 8), oraz zwierciadło płaskie (9) osłaniające powierzchnie elastycznego okienka przedniego (8) i posiadające centralny otwór na falowód (10),

- komora druga (3), usytuowana między elastycznymi okienkami - przednim (8) i tylnym (14), połączona jest z czujnikiem ciśnienia (C), którego sygnał doprowadzony jest do bloku elektronicznego (30),

- w komorze czwartej (5), utworzonej między sztywnym okienkiem tylnym (17) i zwierciadłem sferycznym (18) umieszczone jest w ognisku zwierciadła (18) czoło światłowodu (19) prowadzącego zebrane światło do bloku elektronicznego (30),

a ponad to

- poszczególne komory napełnione są: komora pierwsza (2) gazem identycznym jak jeden z dwóch wybranych gazów promieniujących w płomieniu (6); komora druga (3) i komora czwarta (5) gazem optycznie obojętnym, zwłaszcza azotem; natomiast komora trzecia (4), utworzona między elastycznym okienkiem tylnym (14) i sztywnym okienkiem tylnym (17) wypełniona jest gazem identycznym jak drugi wybrany gaz promieniujący.

2. Monitor według zastrz. 1, **znamienny tym**, że przed sztywnym okienkiem przednim (7) jest zamocowane okienko ochronne (27) oraz tarcza modulacyjną (24), która napędzana jest powietrzną turbinką (23) łożyskowaną w osłonie (25) i z której strumień powietrza kierowany jest osłoną (25) równoległe do płaszczyzny sztywnego okienka przedniego (7), przy czym w tarczy modulacyjnej (24) wykonany jest co najmniej jeden otwór (26) adekwatny do sztywnego okienka przedniego (7).

3. Monitor według zastrz. 2, **znamienny tym**, że okienko ochronne (27) zamocowane jest przed tarczą modulacyjną (24).

4. Monitor według zastrz. 2, **znamienny tym**, że okienko ochronne (27) zamocowane jest w otworze (26) tarczy modulacyjnej (24).

5. Monitor według zastrz. 2, **znamienny tym**, że okienko ochronne (27) zamocowane jest za tarczą modulacyjną (24) przed sztywnym okienkiem przednim (7).

6. Monitor według zastrz. 1, **znamienny tym**, że falowód (10) stanowi co najmniej jeden światłowód .

7. Monitor według zastrz. 1, **znamienny tym**, że falowód (10) stanowi kapilara (11), wewnątrz złocona, na końcach zamknięta okienkami kapilary (12) i wypełniona gazem optycznie obojętnym, zwłaszcza azotem.

8. Monitor według zastrz. 1, **znamienny tym**, że czujnik ciśnienia (C) zabudowany jest w komorze drugiej (3) i stanowią go przylegające do obu elastycznych okienek - przedniego (8) i tylnego (14) pierścienie - przedni (13) i tylny (15), których sąsiadujące, naprzeciwległe powierzchnie czołowe są karbowane i obejmują prowadzony między nimi światłowód (16), który prowadzi światło z do bloku elektronicznego (30).

Rysunek

