

Mateusz Rataj

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

Ocena wpływu ciągu wstecznego na działanie palnika inżektorowego

Artykuł prezentuje działanie palnika inżektorowego pod wpływem oddziaływania ciągu wstecznego przy różnych wielkościach komory stanowiska pomiarowego. W analizie uwzględniono cztery różne systemy zabudowy i prędkości działania ciągu wstecznego: od 0,2 m/s do wartości powodującej brak możliwości zapalenia palnika. Przeprowadzone badania na pojedynczym elemencie palnika wykorzystywanego w grzejnikach wody przepływowej, w różnych konfiguracjach zabudowy tego palnika oraz przy różnych prędkościach napływu powietrza na palnik, pozwalają stwierdzić, że zarówno prędkość napływu powietrza, jak i sposób zabudowy palnika mają znaczenie dla pracy urządzenia. Zmiana zabudowy palnika powoduje zmianę koncentracji tlenku węgla(II) poniżej poziomu palnika. Zgodnie z przewidywaniami wzrost prędkości przepływu powietrza w komorze pomiarowej w kierunku prostopadłym do powierzchni palnika skutkowałam, niezależnie od sposobu zabudowy komory palnika, zwiększeniem koncentracji tlenku węgla(II) w spalinach. Zawartość tego związku w spalinach wzrastała wraz z czasem działania powietrza na palnik, aż do osiągnięcia wartości maksymalnej. Można przyjąć, że po jej uzyskaniu zawartość tlenku węgla(II) utrzymuje się do końca badania na w miarę stałym poziomie.

Słowa kluczowe: ciąg wsteczny, palnik inżektorowy.

Impact assessment of the reverse flue draught on the operation of burner Injector Air Nozzles

The paper presents the effect of burner Injector Air Nozzles under the influence of the reverse thrust at different sizes of the measuring station chamber. In the analysis, four different building systems and operation speed of the reverse thrust of 0.2 m/s to the resulting inability to ignite the burner were considered. Studies carried out on a single burner element used in the flow of water heaters in various building configurations of that burner and with different air flow speeds to the burner, allow us to conclude that both the air flow velocity and the way the burner is constructed are important for the burner operation. Changing the construction of the burner causes a change in the concentration of carbon monoxide(II) below the burner. As predicted the increase in air velocity in the measuring chamber in a direction parallel to the surface of the burner resulted, regardless of chamber construction, in an increase in the concentration of carbon monoxide(II) in the exhaust. The content of this compound in the exhaust gases increased with time of exposure to air of the burner until it reaches the maximum value. It can be assumed that after obtaining this value carbon monoxide(II) is maintained until the end of the test at a fairly constant level.

Key words: reverse flue draught, injector air nozzles.

Wstęp

Jednym z powodów zatrucia tlenkiem węgla(II) w Polsce jest zjawisko ciągu wstecznego. Jest to zjawisko wynikające z różnicy gęstości mas powietrza na skutek powstałego gradientu temperatury i ciśnienia. Temperatura powietrza, szczególnie w okresie zimowym, różni się na wlocie kanału spalinowego, czyli w mieszkaniu, i na jego wylocie, na szczycie budynku. W związku z tym może dojść do napływu zimnego powietrza

poprzez kanały spalinowe do mieszkania, szczególnie jeśli od dłuższego czasu nie było używane urządzenie przyłączone do tegoż kanału. Standardowe zabezpieczenie przed oddziaływaniem tego strumienia powietrza na palnik stanowi przerywacz ciągu, jednak jednym z następstw wystąpienia ciągu wstecznego jest też w pewnych warunkach zawracanie spalin do palnika inżektorowego, powodujące zwiększenie

zawartości tlenku węgla(II) w spalinach. W takiej sytuacji spaliny wydostają się z urządzenia poniżej palnika i trafiają do pomieszczenia, w którym znajduje się urządzenie, co stwarza zagrożenie dla użytkowników.

Niniejszy artykuł powinien przyczynić się do lepszego poznania tego zjawiska i wyciągnięcia wniosków pozwalających poprawić bezpieczeństwo użytkowania urządzeń gazowych wyposażonych w palniki inżektorowe. W celu realizacji tego zadania zbudowano modelowe stanowisko badawcze składające się z: pojedynczego elementu palnika inżektorowego, spotykanego powszechnie w urządzeniach gazowych typu B,

Proces spalania na palniku inżektorowym w literaturze

Proces spalania gazu jest procesem bardzo złożonym, o czym może świadczyć sama liczba reakcji chemicznych, jakie mogą zachodzić w czasie jego trwania. Proces utleniania metanu można opisać za pomocą 123 reakcji chemicznych [2]. W zależności od stanu skupienia składników biorących udział w procesie można wyróżnić dwa sposoby spalania [3]:

- w układzie homogenicznym, kiedy substraty znajdują się w jednej fazie,
- w układzie heterogenicznym, kiedy substraty są w różnych stanach skupienia.

Natomiast w zależności od poziomu wymieszania paliwa z powietrzem wyróżnić można [3]:

- spalanie dyfuzyjne, które występuje przy braku wstępnego wymieszania paliwa z powietrzem,
- spalanie kinetyczne, podczas którego dochodzi do spalania mieszaniny paliwa z powietrzem.

Trzecim ze sposobów podziału procesów spalania jest podział na:

- spalanie zupełne i całkowite, które zachodzi, gdy cała masa substancji spalanej ulega całkowitemu utlenieniu – w przypadku spalania metanu w wyniku zupełnego i całkowitego spalania powstają wyłącznie tlenek węgla(IV) i woda,
- spalanie niezupełne i niecałkowite, które występuje, gdy niecała masa spalanej substancji ulega utlenieniu lub ulegnie utlenieniu niezupełnemu z wytworzeniem tlenku węgla(II). Taka sytuacja następuje, gdy proces spalania odbywa się przy niedoborze tlenu w obszarze spalania. W wyniku niecałkowitego spalania metanu obok produktów wymienionych powyżej powstaje również węgiel w postaci sadzy.

Na potrzeby niniejszego eksperymentu proces spalania przebiegał w układzie homogenicznym o charakterze kinetyczno-dyfuzyjnym przy niedoborze tlenu prowadzącym do niezupełnego spalania. W palniku powietrze do spalania dostarczane było dwustopniowo. Jego pierwsza część (powietrze pierwotne) była wstępnie mieszana z gazem w mieszalniku

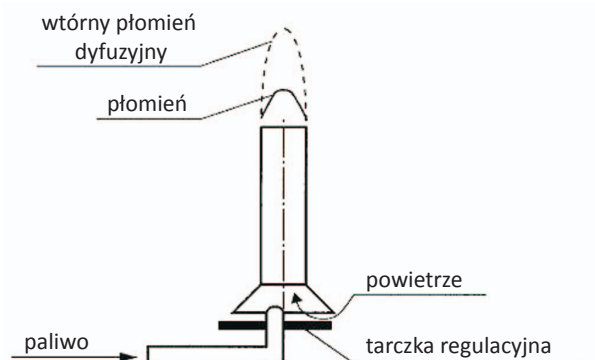
komory spalania oraz przewodu powietrznego połączonego z wentylatorem. Modelowy palnik został poddany działaniu powietrza skierowanego prostopadle do jego powierzchni, co miało symulować oddziaływanie ciągu wstecznego na urządzenie. Dzięki skonstruowanemu w ten sposób stanowisku możliwe było przeprowadzenie, dostępnymi metodami, analizy zachowania płomienia, w celu sporządzenia jego charakterystyki. W ten sposób istniała możliwość określenia, przy jakiej prędkości powietrza symulującej działanie ciągu wstecznego zawartość tlenku węgla(II) w spalinach wydostających się z urządzenia przekroczy bezpieczny poziom.

palnika, natomiast druga część, stanowiąca powietrze wtórne, trafiała do spalania z otoczenia w sposób dyfuzyjny [1, 4]. Palnik zastosowany do badań został zaprezentowany na rysunku 1.



Rys. 1. Palnik inżektorowy

W normalnych warunkach spalania, czyli gdy na płomień palnika nie wpływają żadne dodatkowe czynniki (przeciagi, ciąg wsteczny) i gdy palnik działa w typowych warunkach swojej pracy (z właściwym ustawieniem ciśnienia i przesłon powietrznych), płomień można przedstawić w sposób widoczny na rysunku 2. W takim palniku dochodzi do „zupełnego” utlenienia gazu, a w spalinach nie występuje tlenek węgla(II).



Rys. 2. Palnik Bunsena

Jednak z doświadczenia wiadomo, że w domowych urządzeniach gazowych do przygotowania ciepłej wody użytkowej nie dochodzi do pełnego utlenienia gazu. Z tego względu w spalinach oprócz tlenu, azotu i jego tlenków oraz tlenku węgla(IV) pojawia się również tlenek węgla(II). W sytuacji gdy urządzenie działa poprawnie, poziom tlenku węgla(II) nie jest wysoki (zgodnie z normą odniesienia poniżej 1000 ppm w normalnych warunkach pracy w czystych nierozcieńczonych

spalinach). Powstający w takich urządzeniach tlenek węgla(II), jak i pozostałe składniki spalin są usuwane z urządzenia przewodem spalinowym do atmosfery. Możliwe jest jednak doprowadzenie do sytuacji, w której dojdzie do nieprawidłowego działania układu spalinowego i wystąpienia ciągu wstecznego. W tym przypadku strumień powietrza zaczyna działać na palnik w kierunku przeciwnym do kierunku wypływu spalin, powodując zaburzenia procesu spalania.

Stanowisko badawcze

W celu oceny wpływu ciągu wstecznego na palnik inżektorowy wybudowano stanowisko mające na celu symulację komory spalania grzejnika wody przepływowej. Budowę stanowiska rozpoczęto od podjęcia decyzji o parametrach niezbędnych do przeprowadzenia takiej analizy. Parametrami tymi były:

- prędkość powietrza nad palnikiem inżektorowym,
- zawartość tlenku węgla(II) w spalinach poniżej poziomu palnika.



Rys. 3. Stanowisko badawcze

Palnik stanowił typowy palnik inżektorowy, stosowany na szeroką skalę w urządzeniach dostępnych na rynku, takich jak grzejniki wody przepływowej typu B. Zapalenie palnika następowało za pomocą elementu piezoelektrycznego wzbudzanego ręcznie. Palnik pomiarowy zasilany był gazem ziemnym wysokometanowym o ciśnieniu 20 mbar. W trakcie badań dokonano kilku modyfikacji stanowiska, zmieniając przekrój komory, w której znajdował się palnik. Badania przeprowadzono dla czterech różnych sposobów zabudowy komory pomiarowej. Zmiany te wynikały z wniosków uzyskanych na podstawie wykonanych badań, których wyniki przedstawiono w dalszej części artykułu. Na rysunkach 3 i 4 zaprezentowano stanowisko badawcze oraz wnętrze zaprojektowanej komory spalania.



Rys. 4. Wnętrze komory spalania

Sposób prowadzenia badań

Badania prowadzone w ramach przedstawionego problemu zostały wykonane dla czterech wariantów zabudowy komory spalania. W pierwszej serii pomiarowej komora miała wymiary 105 × 205 mm, w drugiej przestrzeń okołopalnikowa została zmniejszona do wymiarów 105 × 160 mm, a w trzeciej serii dokonano kolejnego zmniejszenia przekroju komory do rozmiarów 120 × 30 mm. Wyniki uzyskane w trzech pierwszych próbach pozwoliły sprecyzować wnioski, które doprowadziły do ostatniej modyfikacji przestrzeni pomiarowej. W czwartej próbie komora została podzielona na dwie części: górną – od

krawędzi komory spalania do górnej płaszczyzny palnika (został tak przebudowany, aby mieć powierzchnię 90 × 120 mm) i dolną – która pozostała niezmienną w stosunku do trzeciej serii pomiarowej. W każdym z zaproponowanych wariantów badano zawartości tlenku węgla(II) w spalinach pobieranych za pomocą sondy poniżej poziomu palnika. W każdym z wariantów palnik poddawany był również działaniu ciągu wstecznego o różnej prędkości. Prędkość minimalna powietrza oddziałującego na palnik wynosiła 0,2 m/s, następnie rosła z krokiem co 0,2 m/s do momentu, w którym nie dochodziło

do zapalenia się gazu wypływającego z palnika. Maksymalna prędkość powietrza, jaka działała na palnik, była różna w zależności od wymiarów komory spalania. Dla każdego z założonych przekrojów i zadanej prędkości przepływu powietrza

(działania ciągu wstecznego) zostały przeprowadzone trzy serie pomiarowe. W każdym badaniu próbki spalin pobierano co najmniej przez jedną minutę, rejestrując zmianę stężenia tlenu oraz tlenku węgla(II) w czasie.

Wyniki badań

Badania prowadzono w czterech seriach pomiarowych, dla czterech różnych wymiarów komory palnika. W pierwszym etapie badania wykonano dla komory o największych wymiarach: 105×205 mm. Pomiaru prowadzone były przy ośmiu różnych prędkościach przepływu powietrza w zakresie od 0,2 m/s do 1,6 m/s. Dla każdej z badanych prędkości wykonano po trzy serie pomiarowe, w trakcie których mierzono zawartość tlenku węgla(II) w spalinach. Ze względu na dużą ilość zgromadzonych danych dane pomiarowe dla etapu pierwszego zostały przedstawione w formie wykresów (rysunek 5). Aby zwiększyć ich przejrzystość, zawartość tlenku węgla(II) w spalinach zaprezentowano w skali logarytmicznej. Pierwsza liczba w opisie serii pomiarowej oznacza prędkość, z jaką powietrze działało na palnik, druga jest numerem próby badawczej. W celu poprawy przejrzystości prezentacji wyników na wykresach jeden kolor odpowiada jednej prędkości.

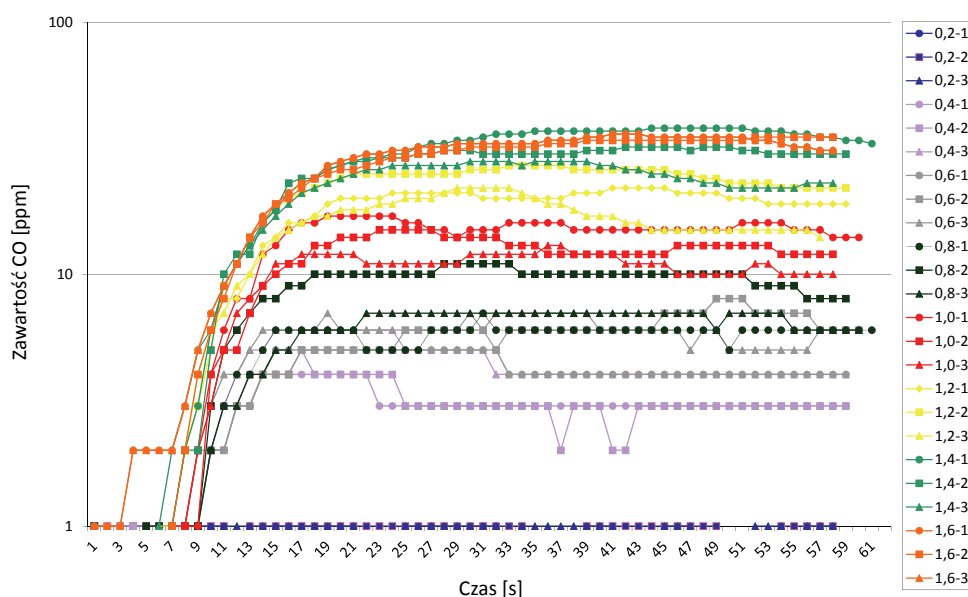
Badania rozpoczęto od zabudowy palnika kanałem o wymiarach 105×205 mm. W takich warunkach pracy możliwe było dokonanie pomiarów dla prędkości przepływu powietrza przez kanał w zakresie od 0,2 m/s do 1,6 m/s. Powyżej uzyskanych wartości następowało gaszenie płomienia na skutek działania pędu powietrza napierającego na palnik. Wyniki pomiarów – rzeczywiste otrzymane wartości – przedstawiono na rysunku 5. Nie podjęto się przeliczania uzyskanych wartości na czyste nierozcieńczone spaliny, gdyż w całym zakresie pobierania próbek spalin nie były zapewnione warunki ustalone, co wynika ze specyfiki badanego procesu.

Jak widać na zaprezentowanym wykresie, wraz ze wzrostem prędkości przepływu powietrza następuje zwiększenie zawartości tlenku węgla(II) w spalinach. Dla prędkości 1,6 m/s zawartość tlenku węgla(II), w końcowej fazie pomiaru, osiągnęła wartość od 31 ppm do 36 ppm przy zawartości tlenu w spalinach na poziomie 20,5% obj., co w przeliczeniu na czyste nierozcieńczone spaliny

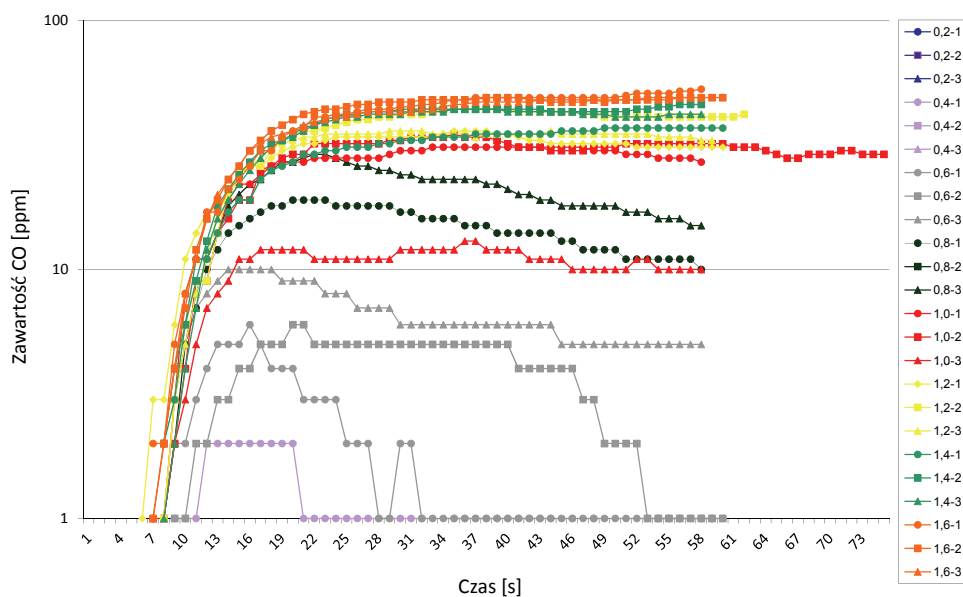
daje zawartość tlenku węgla(II) w zakresie od 1302 ppm do 1512 ppm. Zawartość tlenku węgla(II) na uzyskanym poziomie dla prędkości 1,6 m/s przekracza o 50% wartość dopuszczaną przez normę PN-EN 26 [5].

Analizując przedstawione wyniki, postanowiono ograniczyć przestrzeń okołopalnikową dla uzyskania warunków działania palnika bardziej zbliżonych do rzeczywistych. W tym celu szerokość komory pomiarowej została zmniejszona o 45 mm; głębokość i wysokość pozostały niezmienione, a tym samym komora uzyskała wymiary 105×160 mm. Dla takiej komory dokonano pomiarów stężenia tlenku węgla(II) w spalinach przy działaniu na palnik powietrza przepływającego z prędkością od 0,2 m/s do 1,6 m/s, gdyż powyżej prędkości 1,6 m/s, podobnie jak w przypadku komory badanej poprzednio, dochodziło do gaszenia płomienia. Wyniki pomiarów zaprezentowano na rysunku 6.

Jak wynika z rysunku 6, podobnie jak w pierwszym przypadku, wraz ze wzrostem prędkości powietrza rośnie stężenie tlenku węgla(II) w spalinach. Wartości powyżej 30 ppm uzyskano już przy prędkości 1,0 m/s, a nie jak w przypadku pomiaru pierwszego przy prędkości 1,4 m/s. Maksymalną zawartość tlenku węgla(II), wynoszącą 53 ppm, przy zawartości tlenu w spalinach na poziomie 20,2% obj., otrzymano przy prędkości przepływu powietrza wynoszącej 1,6 m/s.



Rys. 5. Wyniki pomiarów zawartości tlenku węgla(II) w strefie podpalnikowej dla komory o wymiarach 105×205 mm



Rys. 6. Wyniki pomiarów zawartości tlenku węgla(II) w strefie podpalnikowej dla komory o wymiarach 105 × 160 mm

Stężenie tlenku węgla(II) na poziomie 53 ppm przy zawartości tlenu 20,2% obj. sprawia, że w czystych nierozcieńczonych spalinach zawartość tlenku węgla(II) wynosi 1391 ppm, co przekracza wartość dopuszczalną w normalnej pracy urządzenia zgodnie z normą odniesienia [5]. Badania wykazały, że zmniejszenie przekroju komory spalania doprowadziło do wcześniejszego uzyskania podwyższonych wyników zawartości tlenku węgla(II), jednak nie miało znaczącego wpływu na otrzymane wartości maksymalne.

Wyniki uzyskane w pierwszej i drugiej serii badań doprowadziły do kolejnego zmniejszenia komory spalania. Ograniczenia dokonano tak, aby odwzorować naturalną przestrzeń, jaką ma do dyspozycji jeden element palnika w gazowym przepływowym grzejniku wody, czyli wymiary rzędu 30 × 120 mm. Wyniki tej serii pomiarowej zostały przedstawione w sposób analogiczny do dwóch poprzednich z wykorzystaniem skali logarytmicznej (rysunek 7). Maksymalną prędkością przepływu powietrza, przy której udało się przeprowadzić badanie, była wartość 1,0 m/s. Powyżej tej wartości nie było możliwe zapalenie palnika.

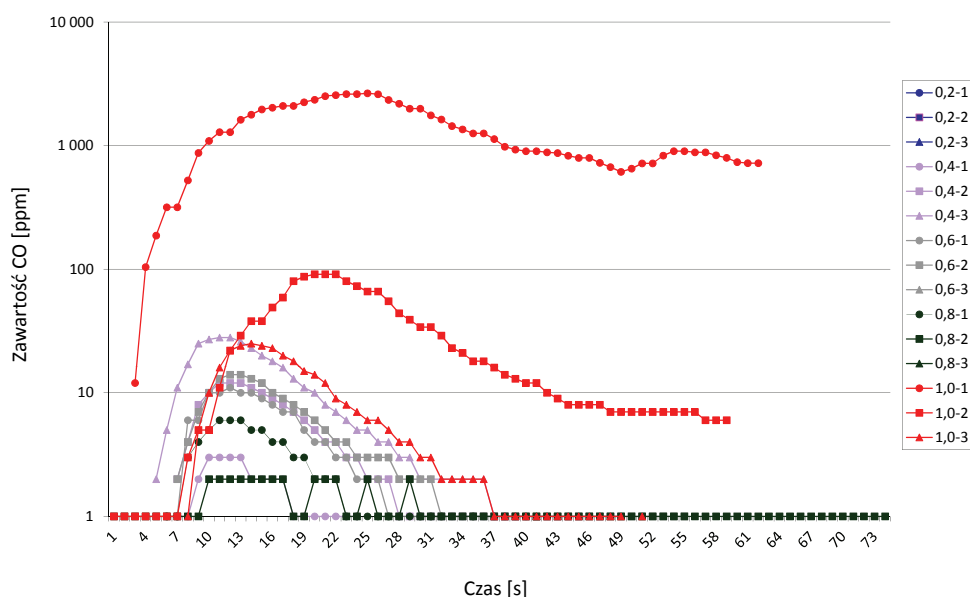
Z rysunku 7 wynika, że w początkowej fazie działania palnika następuje wzrost zawartości tlenku węgla(II) w spalinach, a następnie

jej spadek do wartości 0 ppm, z wyłączeniem dwóch prób przy prędkości 1,0 m/s. Podobnie jak w przypadku reszty pomiarów widoczne jest charakterystyczne przegięcie krzywej. Dla tej serii pomiarów można założyć, że w początkowej fazie powietrze działające na palnik sprawiło, iż spaliny były kierowane pod palnik, jednak po nagraniu się układu ciepłe spaliny pokonywały siłę naporu działającą z góry i następowała zmiana kierunku ich przepływu.

Po przeanalizowaniu trzech wykonanych serii pomiarowych dokonano ostatniej modyfikacji komory spalania, poszerzając wymiar górnej części, czyli przestrzeni od

czoła palnika w górę, do 90 mm, pozostawiając niezmienną szerokość dolnej części komory oraz jej długość. Dla tak zaprojektowanej komory spalania przeprowadzono pięć serii pomiarowych: od wartości prędkości napływu powietrza wynoszącej jak w poprzednich przypadkach 0,2 m/s, do – podobnie jak w serii trzeciej – prędkości 1,0 m/s (niemożliwe zapalenie palnika pomiarowego). Uzyskane wyniki zaprezentowano na rysunku 8.

Jak pokazano na rysunku 8, przedstawione rezultaty dla takiej komory można podzielić na dwie grupy. Pierwsza grupa to wyniki uzyskiwane dla prędkości powietrza działającego na palnik do 0,6 m/s, drugą grupę natomiast stanowią wyniki

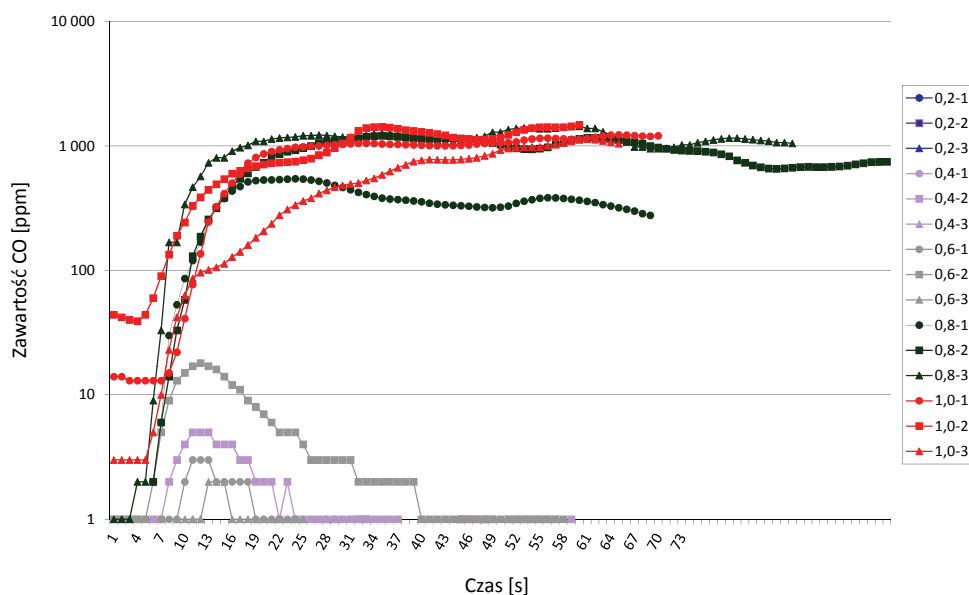


Rys. 7. Wyniki pomiarów zawartości tlenku węgla(II) w strefie podpalnikowej dla komory o wymiarach 30 × 120 mm

otrzymywane dla prędkości powyżej 0,6 m/s. W przypadku pierwszej grupy mamy sytuację analogiczną do zaistniałej w trzeciej serii pomiarowej, czyli chwilowy wzrost stężenia tlenu węgla(II) w spalinach, a następnie jego spadek. Oznacza to pokonanie siły naporu działającej na spaliny przeciwnie do kierunku ich naturalnego wypływu. Druga część wyników pokazuje, że przy wartościach prędkości 0,8 m/s i 1,0 m/s zawartość tlenu węgla(II) w spalinach stabilizuje się na pewnym poziomie i palnik działa tak, że spaliny są kierowane poniżej poziomu palnika. Pomiędzy pierwszą a drugą częścią wyników można zauważyć duży przeskok uzyskanych wartości stężenia tlenu węgla(II) w spalinach. Maksimum otrzymane dla prędkości 0,6 m/s wyniosło 18 ppm, co przy bardzo krótkim okresie trwania sytuacji, w której spaliny są kierowane poniżej poziomu palnika nie stanowi zagrożenia. Wartość przeliczona na czyste nierozcieńczone spaliny przy uzyskanym dla tego punktu pomiarowego stężeniu tlenu w spalinach na poziomie 20,8% wyniosła 1890 ppm.

Druga grupa wyników, otrzymana dla prędkości 0,8 m/s oraz

1,0 m/s, obrazuje bardzo niebezpieczną sytuację, w której podobnie jak w dwóch pierwszych seriach pomiarowych uzyskana wartość stężenia tlenu węgla(II) w strefie podpalnikowej utrzymuje się przez cały okres pomiaru. Porównując jednak te serie, należy zauważyć, iż wyniki dla serii czwartej są dużo wyższe niż w przypadku dwóch pierwszych: maksymalna uzyskana wartość tlenu węgla(II) w spalinach wyniosła około 1400 ppm, przy zawartości tlenu 15,7%, co w przeliczeniu na czyste nierozcieńczone spaliny oznacza wartość 5550 ppm.



Rys. 8. Wyniki pomiarów zawartości tlenu węgla(II) w strefie podpalnikowej dla komory dzielonej o wymiarach 90×120 mm i 30×120 mm

Podsumowanie

Przeprowadzone badania na pojedynczym elemencie palnika inżektorowego wykorzystywanego w grzejnikach wody przepływowej, przy różnych konfiguracjach komory spalania oraz różnych prędkościach napływu powietrza na palnik, pozwalają stwierdzić, że zarówno prędkość napływu powietrza, jak i sposób zabudowy palnika mają znaczenie dla pracy urządzenia. Zmiana wymiarów komory spalania powoduje zmianę koncentracji tlenu węgla(II) poniżej poziomu palnika. Jeżeli przestrzeń okołopalnikowa jest duża (w badanym przypadku mowa o wymiarach 105×205 mm oraz powierzchni 105×160 mm), można stwierdzić, że koncentracja tlenu węgla(II) przekracza 10 ppm dla powietrza działającego na palnik z prędkością odpowiednio od 1,0 m/s lub 0,8 m/s. Jednak nawet w przypadku największych wymiarów komory spalania zawartość tlenu węgla(II), przeliczona na czyste nierozcieńczone spaliny, dla prędkości 1,6 m/s przekracza o 50% wartość dopuszczalną. W nieco mniejszej komorze zawartość tlenu węgla(II) przeliczona na czyste nierozcieńczone spaliny wynosi 1391 ppm i również

przekracza wartość dopuszczalną w normalnej pracy urządzenia zgodnie z normą odniesienia [5]. Ograniczenie wymiarów do 30×90 mm powodowało dalszy wzrost koncentracji tlenu węgla(II) w strefie podpalnikowej, a dodatkowo, przy wyższych prędkościach napływu powietrza, wydostawanie się płomienia ponad komorę. Maksymalna zawartość tlenu węgla(II) w serii pomiarowej wykonanej dla komory o wymiarach 30×90 mm wynosiła przeszło 2600 ppm. Za najbardziej zbliżony do rzeczywistego układ pomiarowy uznano komorę spalania posiadającą dwa różne przekroje na swojej długości, czyli 30×90 mm w strefie do czoła palnika oraz 90×120 mm powyżej jego wysokości. W przypadku tak zabudowanej komory również stwierdzono wysokie zawartości tlenu węgla(II) w spalinach, sięgające 1500 ppm.

Zgodnie z przewidywaniami zwiększenie prędkości przepływu powietrza w komorze pomiarowej w kierunku prostopadłym do powierzchni palnika powodowało, niezależnie od sposobu zabudowy komory palnika, wzrost koncentracji tlenu węgla(II) w spalinach. Zawartość tlenu węgla(II)

w spalinach wzrastała z czasem działania powietrza na palnik, aż do osiągnięcia wartości maksymalnej. Można przyjąć, że

po jej uzyskaniu zawartość tlenu węgla(II) utrzymuje się do końca badania na w miarę stałym poziomie.

Prosimy cytować jako: Nafta-Gaz 2015, nr 5, s. 320–326

Artykuł nadesłano do Redakcji 20.11.2015 r. Zatwierdzono do druku 16.02.2015 r.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt. *Ocena wpływu ciągu wstecznego na działanie palnika inżektorowego* – praca INiG – PIB na zlecenie MNiSW; nr archiwalny: DK-4100-15/14, nr zlecenia: 15/GU/2014.

Literatura

- [1] Dziedzic T.: *Koszty stosowania gazowych kotłów grzewczych kondensacyjnych, w stosunku do kotłów gazowych niskotemperaturowych i kotłów opalanych paliwami stałymi*. Nafta-Gaz 2010, nr 8, s. 695–703.
- [2] Kordylewski W.: *Spalanie i paliwa*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej 2005, s. 79–119.
- [3] Smolarz A.: *Diagnostyka procesów spalania paliw gazowych, pyłu węglowego oraz mieszaniny pyłu węglowego i biomasy z wykorzystaniem metod optycznych*. Monografie, Politechnika Lubelska, 2013, s. 17–19.
- [4] Wojtowicz R.: *Ocena gazu granicznego G21 pod kątem jego przydatności do określenia jakości spalania gazów ziemnych wysokometanowych pochodzących z regazyfikacji LNG w urządzeniach użytku domowego*. Nafta-Gaz 2013, nr 8, s. 599–612.

Akty prawne i normatywne

- [5] PN-EN 26:2007 *Gazowe przepływowe ogrzewacze wody do celów sanitarnych, wyposażone w palniki atmosferyczne*.



Mgr inż. Mateusz RATAJ
Specjalista badawczo-techniczny w Zakładzie
Użytkowania Paliw.
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25A
31-503 Kraków
E-mail: mateusz.rataj@inig.pl

OFERTA

ZAKŁAD UŻYTKOWANIA PALIW

Zakres działania:

- badania certyfikacyjne (w ramach akredytacji PCA nr AB 041) urządzeń gazowych i elektrycznych:
 - » sprawności kotłów wodnych zasilanych paliwami gazowymi i olejowymi,
 - » zgodności typu urządzeń spalających paliwa gazowe,
 - » kominów metalowych i ceramicznych oraz urządzeń grzewczych na paliwa stałe typu kominki, kuchnie, kotły,
 - » bezpieczeństwa zapalniczek gazowych z utrudnionym uruchamianiem dla dzieci,
 - » bezpieczeństwa użytkowania urządzeń elektrycznych i gazowo-elektrycznych,
 - » odporności urządzeń elektrycznych na zaburzenia elektromagnetyczne;
- badania termowizyjne:
 - » wykonywanie ekspertyz z zakresu szczelności instalacji technicznych i urządzeń gazowych zasilanych gazami węglowodorowymi na ruchu metodą termowizyjną z zastosowaniem kamery termowizyjnej z funkcją obrazowania gazów węglowodorowych,
 - » wykonywanie ekspertyz termograficznych instalacji technicznych, maszyn i urządzeń mechanicznych, elektrycznych, gazowych i grzewczych;
- prace badawczo-rozwojowe z zakresu użytkowania paliw,
- ekspertyzy sądowe, opinie techniczne z zakresu urządzeń gazowych,
- projektowanie i montaż mieszalni gazów.



Kierownik: dr inż. Zdzisław Gebhardt
Adres: ul Bagrowa 1, 30-733 Kraków
Telefon: 12 617-74-29
Faks: 12 653-16-65
E-mail: zdzislaw.gebhardt@inig.pl

