

Badanie procesu spalania warstwy odpadów stałych poprzez wskaźniki oceny ilościowej - instrukcja laboratoryjna

Opracował : dr hab. Inż.. Tomasz Jaworski

Wstęp

Zastąpienie paliw klasycznych paliwami powstającymi na bazie odpadów daje z jednej strony poprawę redukcji emisji CO₂ (szczególnie jeśli chodzi o frakcję biodegradowalną, np. biomasa), z drugiej zaś, ochronę zasobów paliw naturalnych, zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju. Po to aby paliwa powstające na bazie odpadów były w sposób bezpieczny unieszkodliwiane termicznie w spalarniach odpadów, elektrociepłowniach na węgiel i biomasę itd., potrzebnym staje się zdefiniowanie i określenie dla nich pewnych charakterystycznych wskaźników oceny opisu procesu spalania mogących służyć jako porównanie względem siebie i wobec paliw klasycznych, a także co wydaje się najważniejsze pozwalających służyć jako swoiste wymierne „liczby kryterialne” pozwalające przenosić ich wartości z urządzenia w skali laboratoryjnej pracującego w reżimie nieustalonym na urządzenie rzeczywiste, przemysłowe, o pracy ciągłej i ustalonej, z komorą rusztową. Umożliwia to szerokie możliwości ingerencji optymalizacyjnej w eksploatacji spalarni odpadów, w szczególności komory spalania wyposażonej w system rusztu ruchomego.

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie wartości wskaźników oceny ilościowej spalania wybranej grupy odpadów i na ich podstawie określenie ogólnych zasad prowadzenia procesu spalania w rzeczywistej komorze spalania wyposażonej w ruszt ruchomy.

Wskaźniki oceny ilościowej spalania - definicja i zrozumienie

Odpowiedni dobór parametrów i wskaźników procesu spalania, który pozwoli na uprawnione przeniesienie badań przeprowadzonych w skali jednostkowej na proces przemysłowy, to istotny aspekt optymalizacji pracy spalarni. W omawianej metodzie uznano za najważniejsze wskaźniki oceny ilościowej spalania, czyli szybkość frontu reakcji, szybkość zapłonu, szybkość ubytku masy, obciążenie mechaniczne i cieplne rusztu, które w tym przypadku stanowią pewnego rodzaju liczby kryterialne. Zaproponowane wskaźniki oceny ilościowej są definiowane w następujący sposób:

- Szybkość frontu reakcji

Wskaźnik ten jest opisany przez położenie frontu reakcji x_{FR} po czasie t . Sam front reakcji u_{FR} można scharakteryzować jako miejsca w warstwie o najwyższej temperaturze. Zatem chcąc wyznaczyć szybkość frontu reakcji wykorzystuje się wzór:

$$u_{FR} = \frac{dx_{FR}}{dt} , \left[\frac{m}{s} \right]$$

- Szybkość zapłonu

Do określenia szybkości zapłonu SZ , niech posłuży wspomniany wyżej wskaźnik, określający strumień paliwa w jednostce czasu, który ulega zapłonowi przypadający na jednostkę powierzchni. Szybkość zapłonu wyrażono wzorem:

$$SZ = u_{FR} \cdot \rho_{nasypowa}, \left[\frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}^2} \right]$$

Wykorzystanie tego wskaźnika umożliwi określenie parametrów panujących w palenisku rusztowym, również w przypadku jednoczasowego spalania różnych rodzajów paliwa. Dla paliw charakteryzujących się szybkim zapłonem należy doprowadzać do komory spalania ich zwiększony strumień, przypadający na jednostkę powierzchni. Ma to na celu utrzymywanie płomienia reakcji. Natomiast paliwa ulegające zapłonowi w dłuższym czasie, powinny być doprowadzane do paleniska w mniejszej ilości lub też należy podgrzewać powietrze wykorzystywane do suszenia paliwa.

- Szybkość ubytku masy

Szybkość ubytku masy to SUM uwolniona w czasie masa paliwa m_{paliwa} (z wyłączeniem masy części mineralnej m_p), która przeszła do fazy gazowej, przypadająca na jednostkę powierzchni rusztu A_{rusztu} . Do jej określenia wykorzystuje się urządzenie ważące, które sygnalizuje zmianę ciężaru próbki. Formuła służąca do wyznaczenia wskaźnika przedstawia się następująco:

$$SUM = \frac{\Delta m_{paliwa}}{A_{rusztu}}, \left[\frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}^2} \right]$$

gdzie:

$$\Delta m_{paliwa} = \frac{d(m_{paliwa} - m_p)}{dt}, \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

Powyższy wskaźnik określa zależność pomiędzy zapłonem masy, a rzeczywistym jej ubytkiem. W aspekcie optymalizacji procesu spalania paliw na rusztach ruchomych na skalę przemysłową, szybkość ubytku masy może przeciwdziałać zjawisku zalegania nie spalonego paliwa na końcu rusztu. Dotyczy to paliwa, które charakteryzuje znaczną przewagą wskaźnika szybkości zapłonu nad szybkością ubytku masy.

- Obciążenie cieplne rusztu

Ostatni ze wskaźników – obciążenie cieplne rusztu OCR , określa ilość energii uwolnioną z paliwa w procesie utleniania w czasie i w przeliczeniu na daną powierzchnię rusztu. Zatem obciążenie cieplne rusztu to entalpia chemiczna paliwa przeliczona na powierzchnię rusztu, co uwidacznia się we wzorze:

$$OCR = \frac{P \cdot W_d}{A_{rusztu}}, \left[\frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \right]$$

gdzie: P – strumień paliwa, $\left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$

W_d – wartość opałowa, $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$

Obciążenie cieplne rusztu można wyznaczyć również posługując się powyższym wskaźnikiem oraz wartością opałową paliwa, co zamieszczono poniżej:

$$OCR = SUM \cdot W_d, \left[\frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \right]$$

Obciążenie cieplne rusztu jest bardzo ważnym wskaźnikiem, sygnalizującym możliwość przeciążenia instalacji. Wbrew pozorom zbyt duża ilość uwalnianej w procesie energii nie jest korzystna dla urządzeń spalających paliwo, w tym rusztów ruchomych, dla których wyznaczona jest górna granica obciążenia cieplnego na poziomie około 1,3 GW/m². Innym sposobem przeciwdziałania nadmiernemu obciążeniu rusztu jest zwiększenie zawartości wilgoci oraz chłodzenie rusztu.

Przebieg prowadzonych badań:

Przygotowanie paliwa do spalania i parametrów procesu spalania (temperatura i czas procesu, ilość powietrza do spalania):

- wybór odpadów do spalania, określenie ich składu morfologicznego i ewent. w przypadku odpadów wieloskładnikowych udziałów masowych składników,
- określenie gęstości nasypowej odpadów poprzez pomiar ich masy w naczyniu o określonej objętości, określenie składu elementarnego odpadów (literatura),
- przeprowadzenie obliczeń wstępnych procesu spalania (minimalne zapotrzebowanie tlenu i powietrza do spalania, zapotrzebowanie powietrza),
- wyznaczenie strumienia powietrza dla założonego czasu procesu,
- umieszczenie odpadów na ruszcie roboczym,
- przyjęcie temperatury procesu (800-900°C)

Przygotowanie stanowiska pomiarowego:

- ustawienie temperatury procesu w zakresie 800-900°C (urządzenie: piec komorowy, FCF 30 RP, zgodnie z DTR, **UWAGA:**20 minutowe odprężenie pieca w temp.350 °C)
- ustawienie strumienia powietrza pierwotnego za pomocą rotametu;
- przygotowanie analizatora spalin do pomiarów, zgodnie z instrukcją obsługi LANDCOM Series II;
- umieszczenie termopar w korpusie rusztu roboczego (wzdłuż wysokości warstwy),

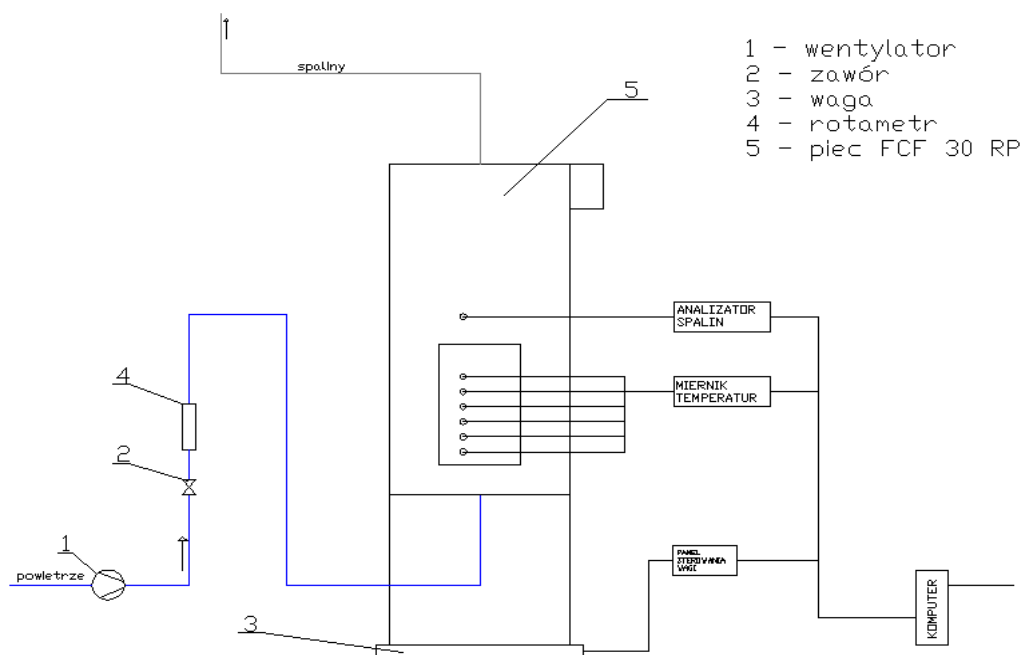
Przeprowadzenie pomiaru:

- włączenie mierników do odczytu temp., oraz analizatora spalin (wszystkie odczyty co 10s);
- usunięcie atrapy rusztu;
- umieszczenie rusztu roboczego z paliwem w piecu;
- włączenie wentylatora powietrza pierwotnego;
- ciągły pomiar czasu

Zakończenie pomiaru:

- odłączenie pieca z zasilania energią elektryczną.
- wyłączenie mierników,
- wyłączenie wentylatora powietrza;
- usunięcie rusztu roboczego z pieca;
- umieszczenie atrapy rusztu w piecu,

SCHEMAT STANOWISKA LABORATORYJNEGO



Rysunek. Schemat stanowiska pomiarowego

Sprawozdanie powinno zawierać:

- identyfikację procesu w zależności od wartości współczynnika nadmiaru powietrza (spalanie, zgazowanie, odgazowanie),
- korektę czasu procesu na podstawie wskazań analizatora spalin,
- wykresy: $T_{1-n}=f(\tau)$ - gdzie n - punkt pomiaru temperatury wzdłuż wysokości warstwy, udziały poszczególnych składników spalin $=f(\tau)$,
- obliczony na podstawie wykresu $T_{1-n}=f(\tau)$ wskaźnik szybkości frontu reakcji,
- obliczoną wartość opałową badanych odpadów i obciążenie mechaniczne oraz cieplne rusztu, także szybkość ubytku masy i szybkość zapłonu.



Rysunek. Piec do badań procesu spalania w warstwie nieruchomej (lewa strona), widok rusztu roboczego z paliwem (kulki drewniane) widoczne termopary mierzące temperatury warstwy wzdłuż wysokości warstwy-strona prawa.

LITERATURA

1. Thome-Kozmiensky K.J. „Thermische Abfallbehandlung”, Materialien zur Vorlesung.TU Berlin 1992
2. Thome-Kozmiensky K.J.”Rückstände aus der Müllverbrennungsanlagen”-Energieverlag. Berlin 1992
3. Wandrasz J.W. „Gospodarka odpadami medycznymi” PZiITS, Poznań 2000r.
4. Wandrasz J.W.,Nadziakiewicz J.”Paliwa z odpadów cz.I i II”. Materiały Konferencji Międzynarodowej Paźdz. 1997, Paźdz. 1999.
5. Wandrasz J, Zieliński J. „Procesy fluidalne utylizacji odpadów”. Ossolineum 1986. Warszawa.