

June 1, 1996

# Emisja chlorowodoru i związków fluoru ze spalania odpadów niebezpiecznych

Marian Mazur  
Robert Oleniacz  
Marek Bogacki

Marian MAZUR  
Robert OLENIACZ  
Marek BOGACKI

Zakład Kształtowania i Ochrony Środowiska  
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

## **EMISJA CHLOROWODORU I ZWIĄZKÓW FLUORU ZE SPALANIA ODPADÓW NIEBEZPIECZNYCH**

Przedstawiono wyniki badań prowadzących do określenia koncentracji chlorowodoru i związków fluoru w spalinach unoszonych z procesu spalania odpadów niebezpiecznych oraz w gazach oczyszczonych odprowadzanych do powietrza. Badaniami objęto dwie działające w skali przemysłowej instalacje do spalania odpadów: instalację pieca półkowego i instalację pieca obrotowego.

### **1. Wstęp**

Proces spalania odpadów, a zwłaszcza odpadów niebezpiecznych (specjalnych), jest źródłem emisji wielu toksycznych zanieczyszczeń, z których wymienić można m.in.: chlorowódor ( $\text{HCl}$ ), fluor ( $\text{F}$ ) i jego związki, cyjanowódor ( $\text{HCN}$ ), tlenki siarki ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ), metale ciężkie ( $\text{Hg}$ ,  $\text{Cd}$ ,  $\text{Tl}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{As}$ ,  $\text{Co}$  itp.), wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (PAHs), a także polichlorowane dibenzodiodksyny i dibenzofurany (PCDDs/PCDFs).

Wielkość emisji tych zanieczyszczeń zależy głównie od rodzaju: spalanych odpadów, instalacji, w których są one spalane, oraz zastosowanych urządzeń oczyszczających spaliny. Istotne znaczenie ma tutaj także właściwa obsługa urządzeń i sposób prowadzenia procesu termicznej utylizacji odpadów (temperatura spalania i dopalania spalin, czas przebywania spalin w wysokich temperaturach, tempo zasilania pieców wsadem), o ile nie jest to zoptymalizowane i sterowane automatycznie.

W niniejszym referacie przedstawiono wyniki pomiarów unosu i emisji chlorowodoru i związków fluoru, przeprowadzone w spalinach pochodzących z dwóch działających w skali przemysłowej pieców (półkowego i obrotowego), służących do spalania odpadów niebezpiecznych (przemysłowych i innych odpadów specjalnych).

## 2. Charakterystyka obiektu badań

Obiektem badań były dwie instalacje do spalania odpadów: instalacja pieca półkowego i instalacja pieca obrotowego, pracujące w obrębie spalarni odpadów „LOBBE” Dąbrowa Górnicza. Spalarnia służy do termicznej destrukcji osadów pochodzących z oczyszczalni ścieków Koksowni „Przyjaźń” (piec półkowy) oraz wybranych odpadów przemysłowych i innych odpadów niebezpiecznych o konsystencji stałej lub płynnej (piec obrotowy) [1, 2].

Osady ściekowe, przeznaczone do spalania w piecu półkowym, są częściowo odwadniane w zagęszczaczach osadów oraz na stacji wirówek, aż do uzyskania uwodnienia w granicach 75-85 %. Następnie są one składowane w hali magazynu odpadów stałych, wentylowanej przez zespół 12 wentylatorów. W hali tej deponowane są również w wydzielonych boksach odpady o konsystencji stałej, przeznaczone do spalania w piecu obrotowym. Odpady o konsystencji ciekłej (oleje, emulsje, rozpuszczalniki) przechowywane są w stalowych zbiornikach.

### 2.1. Charakterystyka spalanych odpadów

Charakterystyka osadów ściekowych mulisto-smołowych pochodzących z oczyszczalni ścieków po odwodnieniu w wirówkach przedstawiona została w tabeli 1. Osady spalane są w piecu półkowym w ilości ok. 15000 Mg/rok. Oprócz osadów ściekowych i szlamów z czyszczenia zbiorników w piecu półkowym spalane są również sporadycznie rudy darniowe.

Tabela 1. Charakterystyka osadów ściekowych spalanych w piecu półkowym

| Parametr                            | Jednostka | Zakres (średnia) |
|-------------------------------------|-----------|------------------|
| Stopień uwodnienia                  | %         | 75-85 (80)       |
| Ciepło spalania                     | MJ/kg     | < 12 (9)         |
| Części mineralne w smole            | %         | 47-59 (54)       |
| Części lotne w smole                | %         | 41-53 (46)       |
| Zawartość chlorków w smole          | %         | 0-0,1 (0,02)     |
| Zawartość siarki całkowitej w smole | %         | 0,3-2,2 (1,7)    |

Asortyment odpadów spalanych w piecu obrotowym jest bardzo szeroki i obejmuje różnego rodzaju odpady przemysłowe i szczególnie niebezpieczne, w tym odpady poszpitalne i farmaceutyczne. Wymienić tu można m.in.: zużyte oleje i smary (bez olejów transformatoro-

wych), odpady z przemysłu koksochemicznego, pozostałości z czyszczenia cystern po produktach naftowych, odpady lakiernicze, żywice odpadowe, zużyte chłodziwa (emulsje olejowo-wodne), przeterminowane i wycofane ze stosowania środki farmaceutyczne i leki, odpady sanitarne ze szpitali, ośrodków medycznych i klinik, zaolejone trociny, czyściwo włókiennicze, rękawice, odpadowe rozpuszczalniki organiczne nie zawierające chlorowcopochodnych, zużyte adsorbenty, odpady tworzyw sztucznych, odpady gumowe i tkaninowo-gumowe. Ogólna charakterystyka wybranych odpadów spalanych w piecu obrotowym została przedstawiona w tabeli 2. Aktualnie w piecu obrotowym spala się rocznie ok. 1000-1500 Mg odpadów (wydajność projektowa - 2600 Mg/rok).

Tabela 2. Charakterystyka wybranych odpadów spalanych w piecu obrotowym

| Poz. <sup>/1</sup> | Nazwa                            | Konsystencja                                                                          | Wartość opałowa [MJ/kg] | Popiół [% wag.] | Zawartość chlorków [%] | Zawartość siarki [%] |
|--------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------|----------------------|
| 22                 | Odpady smarowo-olejowe           | płynna, półpłynna, papka                                                              | 20-43                   | 0,1-4           | 0-0,14                 | 0,08-1,1             |
| 23                 | Odpady smołowe                   | półpłynna, papka                                                                      | 21-32                   | 0,2-3,0         | 0                      | 0,5-0,8              |
| 27                 | Odpady ropopochodne              | granulat, mazista, papka, półpłynna, półtwarda, sypka lub twarda                      | 2-36                    | 1,5-57          | 0-1,7                  | 0-2                  |
| 32                 | Odpady lakiernicze               | kłaczkowata, mazista, papka, płynna, półpłynna, półtwarda, twarda, sypka lub zbrylona | 1-39                    | 5-50            | 0-3,3                  | 0-3,4                |
| 34                 | Odpadowe żywice                  | granulat, płynna, półpłynna lub twarda                                                | 4-34                    | 0,1-45,7        | 0-0,6                  | 0-0,4                |
| 37                 | Zużyte chłodziwa                 | płynna                                                                                | niepalne <sup>/2</sup>  | 0,1-0,34        | 0                      | 0,08-0,3             |
| 48                 | Środki farmaceutyczne i leki     | kryształy, płynna, półpłynna, półtwarda lub twarda                                    | 13-32                   | 0,1-41,5        | 0-16                   | 0-3,5                |
| 72                 | Czyściwo, rękawice, trociny      | ścinki                                                                                | 4-35                    | 1,0-4,0         | 0-0,1                  | 0,1-0,7              |
| 105                | Rozpuszczalniki organiczne       | płynna                                                                                | 30-40                   | 0,05-1,0        | 0,04-0,09              | 0,15-3,6             |
| 114                | Zużyte adsorbenty                | granulat, proszek, stała, sypka                                                       | 3,0-28                  | 0,05-46         | 0-4,9                  | 0-4,2                |
| 134                | Odpady tworzyw sztucznych        | ścinki, gąbczasta, półtwarda, pylista lub twarda                                      | 7-49                    | 0,1-30          | 0-1,24                 | 0-0,7                |
| 137                | Odpady gumowe i tkaninowo-gumowe | półtwarda lub twarda                                                                  | 1,0-28                  | 10,0-30,0       | 0-0,04                 | 0,5-1,5              |

/1 - wg [3],

/2 - do spalenia musi być dostarczona energia cieplna (6-8 MJ/kg)

## 2.2. Proces spalania odpadów

### 2.2.1. Instalacja pieca półkowego

Piec półkowy o średniej wydajności 1,9 Mg/h ma kształt pionowego walca o średnicy ok. 4,5 m i wysokości ok. 15 m. Wyposażony jest w palniki gazowe w komorze gorącego dmuchu (2,5 MW) oraz w strefie dopalania pieca (0,7 MW). Paliwem inicjującym i wspomagającym proces spalania jest gaz koksowniczy o wartości opałowej 16500 kJ/m<sup>3</sup>. Piec jest podzielony na dziesięć oddzielnych sekcji umieszczonych jedna nad drugą. Zasyp odpadów (osadów ściekowych) odbywa się od góry przy pomocy transportera zgrzeblowego. Spalany materiał jest przesuwany zgrzeblami przymocowanymi do wału z górnej na coraz to niższe półki. Na pierwszych dwóch półkach odpady są osuszane w temperaturze ponad 373 K, dalej trafiają one do komory spalania z ośmioma półkami. Maksymalna temperatura spalania wynosi ok. 1073÷1173 K. Dolne półki służą do zgromadzenia i usunięcia popiołu z pieca.

Spaliny z pieca półkowego (o temperaturze ok. 600-700 K) odprowadzane są do płuczki pianowo-absorpcyjnej nr 1, ulegając wcześniej schłodzeniu do temperatury ok. 373 K (dwie dysze schładzające). Płuczka, będąca wieżą o wysokości 15 m i średnicy 1,5 m, pełni rolę mokrego urządzenia odpylającego oraz absorbera zanieczyszczeń (głównie kwaśnych). Składa się ona z dwóch części: pianowej (dolnej, wlotowej) oraz absorpcyjnej (górnej, wypełnionej pierścieniami Białeckiego). Do zraszania spalin i absorpcji zanieczyszczeń stosuje się 10 % roztwór NaOH, pozostający w częściowo zamkniętym obiegu wodnym i stale uzupełniany w zależności od poziomu pH. Po oczyszczeniu spaliny, posiadające średnią temperaturę ok. 328 K, odciągane są do kolektora zbiorczego, gdzie mieszają się ze spalinami z pieca obrotowego i gorącym powietrzem z chłodzenia wału pieca półkowego, a następnie całość gazów odlotowych odprowadzana jest do powietrza kominem stalowym o wysokości 45 m i średnicy 1,25 m.

### 2.2.2. Instalacja pieca obrotowego

Piec obrotowy, służący do spalania odpadów stałych i ciekłych, stanowi lekko odchylony od poziomu walec o długości 8 m i średnicy wewnętrznej 2 m, obracający się ze średnią prędkością ok. 0,75-1,0 razy/min. Wyposażony jest on w palniki gazowe (0,7 MW) umieszczone na płycie czołowej i zasilane gazem koksowniczym. Załadunek odpadów o konsystencji stałej

odbywa się przy pomocy zhermetyzowanego zasypu z hydraulicznym podajnikiem tłokowym o regulowanej częstotliwości dozowania. Odpady ciekłe są wtryskiwane przy pomocy zespołu dysz. Instalacja pieca obrotowego składa się ponadto: z komory dopalania spalin o wymiarach  $3 \times 3,3 \times 6$  m wyposażonej w dwa palniki gazowe (0,7 MW), odzūżlacza mokrego, przenośnika zgrzeblowego żużla i wentylatorów powietrza technologicznego. Temperatura we wnętrzu pieca obrotowego utrzymywana jest na poziomie ok.  $973 \div 1323$  K w zależności od rodzaju i ilości spalanych odpadów. W komorze dopalania panują temperatury rzędu  $1023 \div 1373$  K. Spaliny z pieca obrotowego przed oczyszczeniem kierowane są do kotłowni odzysknicowej, wyposażonej w kocioł parowy wytwarzający 0,8-1,4 Mg/h pary technologicznej. Spaliny schłodzone najpierw do temperatury ok. 473-573 K (kocioł), a następnie do temperatury ok. 373 K (dwie dysze) wędrują do płuczki pianowo-absorpcyjnej nr 2. Płuczka ta ma podobne wymiary i zbliżoną budowę wewnętrzną do płuczki współpracującej z piecem półkowym. Oczyszczone gazy o średniej temperaturze ok. 313 K odprowadzane są do kolektora zbiorczego, a następnie do atmosfery.

### 3. Metodyka badań

Badania polegały m.in. na pomiarze stężeń i emisji wybranych zanieczyszczeń w spalinach unoszonych z pieca półkowego i obrotowego oraz odprowadzanych do kolektora zbiorczego po oczyszczeniu w płuczkach. Kontrolowany był również skład spalin odlotowych i ich parametry termiczne oraz warunki temperaturowe panujące w piecach. Pomiary prowadzone były przy zmiennym obciążeniu pieców dla kilku wyodrębnionych receptur wsadowych:

- piec półkowy - osady ściekowe,
- piec obrotowy - cztery reprezentatywne grupy odpadów (receptury):
  - ♦ grupa 1 - smoły pochodzenia koksochemicznego,
  - ♦ grupa 2 - czyściwo, trociny, zużyte rękawice (min. 80-90 %), a także przeterminowane środki farmaceutyczne i leki oraz odpady poszpitalne (max. 10-20 %),
  - ♦ grupa 3 - odpady lakiernicze i smarowe (w stosunku 5:1),
  - ♦ grupa 4 - odpadowe żywice i odpady gumowe (w stosunku 4:1).

Pomiarami objęto kilkanaście rodzajów zanieczyszczeń, w tym HCl i związki fluoru.

### 3.1. Chlorowodór

Analizę zawartości chlorowodoru w spalinach prowadzono metodą kolorymetryczną. Próbkę gazu pochłaniano w dwóch płuczkach napełnionych 0,01 N roztworem NaOH z prędkością 1-2 dm<sup>3</sup>/min. W analizie wykorzystuje się reakcję barwną zachodzącą pomiędzy jonami chlorkowymi a rodankiem srebra i ałunem żelazowym. Do oznaczeń kolorymetrycznych wykorzystano spektrofotometr sprzężony z komputerem firmy Philips.

### 3.2. Związki fluoru

Fluor oraz jego gazowe związki rozpuszczalne w wodzie (w postaci jonów fluorkowych) w celu zwiększenia wiarygodności analiz oznaczane były równolegle dwoma metodami: spektrofotometryczną oraz potencjometryczną. Uzyskane wyniki zostały uśrednione. Poboru prób dokonywano metodą aspiracyjną, przepuszczając analizowany gaz przez dwie szeregowo połączone płuczki napełnione 0,1 N roztworem NaOH z dodatkiem H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> z prędkością ok. 1-2 dm<sup>3</sup>/min. Płuczki były chłodzone mieszaniną oziębiającą w celu zwiększenia absorpcji w roztworze pochłaniającym. W metodzie spektrofotometrycznej wykorzystano aparat firmy Technikon (USA), natomiast w przypadku metody potencjometrycznej posługiwano się kombinowaną elektrodą jonoselektywną na jon F<sup>-</sup> typu FK 1852F firmy Radiometer.

## 4. Przedstawienie wyników badań

Uzyskane w wyniku pomiarów stężenia HCl i związków fluoru w spalinach brudnych (przed płuczką) i czystych (za płuczką), pochodzących ze spalania rozpatrywanych rodzajów odpadów w piecu półkowym (PP) i obrotowym (PO) przedstawiono w tabelach 3 i 4 (stężenia podano w przeliczeniu na warunki termiczne: T = 273 K, p = 101,3 kPa).

Jak wynika z przeprowadzonych pomiarów, najwyższe stężenia HCl występują w spalinach ze spalania osadów ściekowych w piecu półkowym (zwłaszcza w gazach nieoczyszczonych). Spośród odpadów spalanych w piecu obrotowym najwyższą koncentracją HCl w spalinach cechuje się grupa odpadów nr 2 (m.in. odpady poszpitalne i farmaceutyczne), niewiele ustępując pod tym względem oczyszczonym spalinom z pieca półkowego (w przypadku spalin

brudnych dysproporcja jest dużo większa), ze względu na niższą sprawność działania płuczki pianowo-absorpcyjnej współdziałającej z piecem obrotowym. Dużo niższe poziomy stężenie HCl występują przy spalaniu odpadów z grup nr 3 i 4.

Tabela 3. Wyniki pomiarów stężeń HCl w spalinach z pieca półkowego i obrotowego [mg/m<sup>3</sup>]

| Rodzaj spalanych odpadów | Spaliny brudne <sup>/1</sup> |      |      | Spaliny czyste <sup>/2</sup> |      |      |
|--------------------------|------------------------------|------|------|------------------------------|------|------|
|                          | min.                         | max. | śr.  | min.                         | max. | śr.  |
| Osady ściekowe (PP)      | 11                           | 180  | 59   | 0.8                          | 6.0  | 3.0  |
| Grupa 1 (PO)             | 1.8                          | 5.9  | 3.8  | 0.7                          | 2.0  | 1.3  |
| Grupa 2 (PO)             | 2.1                          | 9.7  | 5.8  | 0.7                          | 5.8  | 2.6  |
| Grupa 3 (PO)             | 0.5                          | 5.9  | 2.1  | 0.09                         | 1.05 | 0.57 |
| Grupa 4 (PO)             | 0.8                          | 1.3  | 1.1  | 0.26                         | 0.97 | 0.54 |
| Rodzaj spalanych odpadów | Spaliny brudne <sup>/3</sup> |      |      | Spaliny czyste <sup>/3</sup> |      |      |
|                          | min.                         | max. | śr.  | min.                         | max. | śr.  |
| Osady ściekowe (PP)      | 24                           | 400  | 131  | 2.0                          | 15.0 | 7.5  |
| Grupa 1 (PO)             | 3.3                          | 10.9 | 7.0  | 1.4                          | 4.0  | 2.6  |
| Grupa 2 (PO)             | 3.9                          | 18.0 | 10.7 | 1.4                          | 11.6 | 5.2  |
| Grupa 3 (PO)             | 0.9                          | 10.9 | 3.9  | 0.18                         | 2.10 | 1.14 |
| Grupa 4 (PO)             | 1.5                          | 2.4  | 2.0  | 0.52                         | 1.94 | 1.08 |

/1 - przy rzeczywistej średniej zawartości tlenu: spaliny z PP - ok. 16,5 %, z PO - ok. 15,6 %

/2 - przy rzeczywistej średniej zawartości tlenu: spaliny z PP - ok. 17,0 %, z PO - ok. 16,0 %

/3 - przy zawartości tlenu 11 %

Najwyższe stężenia fluoru zaobserwowano w spalinach ze spalania osadów ściekowych w piecu półkowym oraz grupy odpadów nr 3 (odpady lakiernicze i smarowe) w piecu obrotowym. Koncentracje F<sup>-</sup> w spalinach ze spalania pozostałych rodzajów odpadów są 2-6 razy niższe. Otrzymane średnie wartości stężeń HCl i związków fluoru w gazach odprowadzanych do powietrza (oczyszczonych), w przeliczeniu na 11%-ową zawartość O<sub>2</sub> w spalinach, kształtują się na poziomie ok.: 1,0-7,5 mg/m<sup>3</sup> (HCl) i 0,03-0,17 mg/m<sup>3</sup> (HF). Porównując te wartości z normami emisji aktualnie obowiązującymi w niektórych krajach Europy Zachodniej (dla stężeń 24-godzinnych wynoszą one najczęściej: 10 (HCl) i 1,0 (HF) mg/m<sup>3</sup> [4]), można stwierdzić, że emisja rozważanych zanieczyszczeń przy spalaniu odpadów w analizowanych instalacjach mieści się w granicach tych stosunkowo ostrych norm, a w przypadku HF jest nawet kilka-kilkanaście razy niższa.

Tabela 4. Wyniki pomiarów stężeń związków fluoru ( $F^-$ ) w spalinach z pieca półkowego i obrotowego [ $\mu g/m^3$ ]

| Rodzaj spalanych odpadów | Spaliny brudne <sup>/1</sup> |      |     | Spaliny czyste <sup>/2</sup> |      |     |
|--------------------------|------------------------------|------|-----|------------------------------|------|-----|
|                          | min.                         | max. | śr. | min.                         | max. | śr. |
| Osady ściekowe (PP)      | 105                          | 245  | 172 | 17                           | 104  | 65  |
| Grupa 1 (PO)             | 28                           | 198  | 88  | 11                           | 25   | 19  |
| Grupa 2 (PO)             | 34                           | 107  | 56  | 13                           | 48   | 23  |
| Grupa 3 (PO)             | 80                           | 1130 | 328 | 23                           | 161  | 62  |
| Grupa 4 (PO)             | 37                           | 63   | 48  | 12                           | 17   | 15  |
|                          |                              |      |     |                              |      |     |
| Rodzaj spalanych odpadów | Spaliny brudne <sup>/3</sup> |      |     | Spaliny czyste <sup>/3</sup> |      |     |
|                          | min.                         | max. | śr. | min.                         | max. | śr. |
| Osady ściekowe (PP)      | 233                          | 544  | 382 | 43                           | 260  | 163 |
| Grupa 1 (PO)             | 52                           | 367  | 163 | 22                           | 51   | 37  |
| Grupa 2 (PO)             | 63                           | 198  | 104 | 26                           | 96   | 46  |
| Grupa 3 (PO)             | 148                          | 2093 | 607 | 46                           | 322  | 124 |
| Grupa 4 (PO)             | 69                           | 117  | 89  | 24                           | 34   | 30  |
|                          |                              |      |     |                              |      |     |
| Rodzaj spalanych odpadów | Spaliny brudne <sup>/4</sup> |      |     | Spaliny czyste <sup>/4</sup> |      |     |
|                          | min.                         | max. | śr. | min.                         | max. | śr. |
| Osady ściekowe (PP)      | 246                          | 573  | 402 | 45                           | 274  | 171 |
| Grupa 1 (PO)             | 55                           | 386  | 172 | 23                           | 53   | 39  |
| Grupa 2 (PO)             | 66                           | 209  | 109 | 27                           | 101  | 48  |
| Grupa 3 (PO)             | 156                          | 2203 | 639 | 48                           | 339  | 131 |
| Grupa 4 (PO)             | 72                           | 123  | 94  | 25                           | 36   | 32  |

/1 - przy rzeczywistej średniej zawartości tlenu: spaliny z PP - ok. 16,5 %, z PO - ok. 15,6 %

/2 - przy rzeczywistej średniej zawartości tlenu: spaliny z PP - ok. 17,0 %, z PO - ok. 16,0 %

/3 - przy zawartości tlenu 11 %

/4 - przy zawartości tlenu 11 %, w przeliczeniu na HF

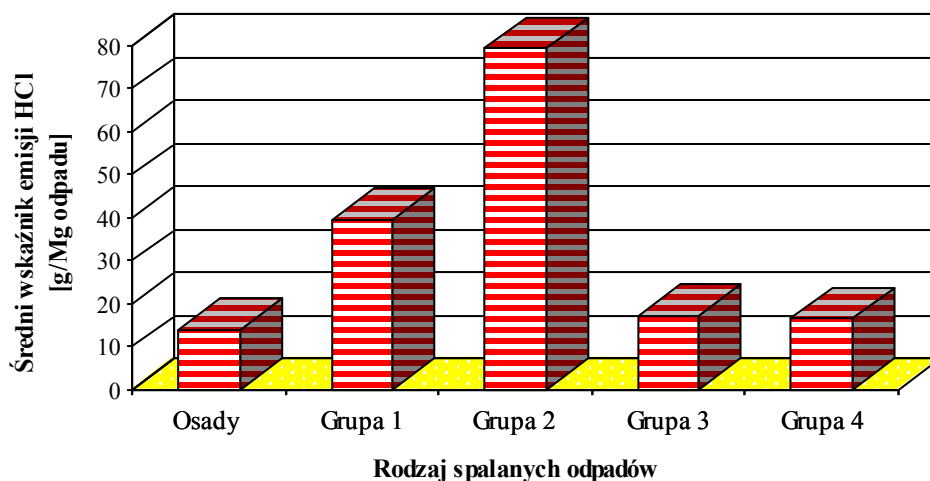
Należy jednak zaznaczyć, że przedstawione wyniki pomiarów stężeń zanieczyszczeń w spalinach z pieca obrotowego dotyczą określonych receptur wsadowych, które były spalane przy zachowaniu założonych proporcji pomiędzy poszczególnymi rodzajami odpadów, wchodzącymi w skład danej grupy. W przypadku nieprzestrzegania tych proporcji, uzyskiwane poziomy stężeń zmieniały się w szerszym zakresie. Dotyczy to zwłaszcza grupy odpadów nr 2 (czyściwo, trociny, zużyte rękawice, odpady farmaceutyczne i poszpitalne). W czasie spalania pewnych rodzajów odpadów farmaceutycznych i poszpitalnych stężenia fluoru w spalinach nieoczyszczonych sporadycznie mogły osiągać poziom 4-50  $mg/m^3$ , a w spalinach czystych - 1,5-3,6  $mg/m^3$ , w przypadku gdy odpady te dominowały we wsadzie (powyżej 50 % wag.).

W tablicy 5 i na rys. 1-2 przedstawiono dla poszczególnych rodzajów spalanych odpadów średnie wskaźniki emisji HCl i związków fluoru. Są to średnie wartości emisji (określone w punktach pomiarowych za płuczkami) odniesione do średniej ilości odpadów spalanych w poszczególnych piecach: piec półkowy - 1,5 Mg/h, piec obrotowy - 0,18 Mg/h. Ze względu na dużo mniejszą wydajność pieca obrotowego w stosunku do pieca półkowego wskaźniki emisji odniesione do obciążenia tych pieców są wyższe w przypadku pieca obrotowego, pomimo że ładunek emitowanych zanieczyszczeń przeważnie jest wyższy dla pieca półkowego.

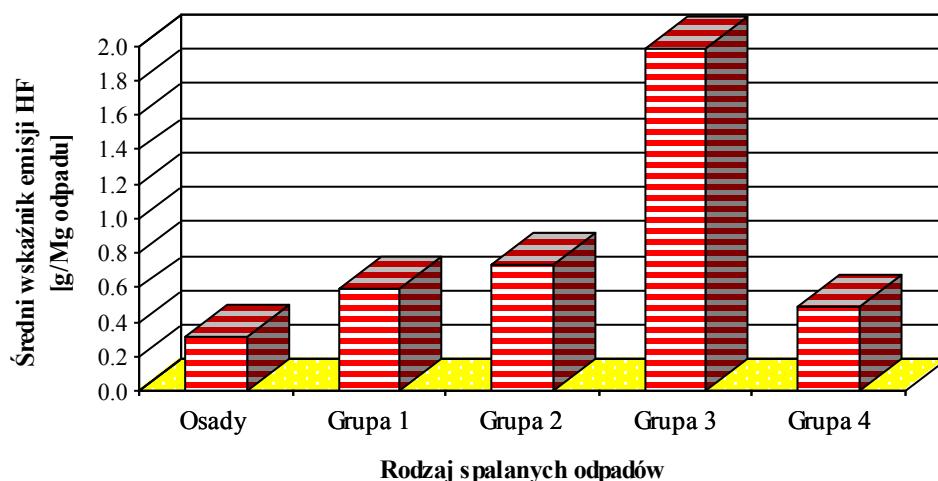
Średnia skuteczność działania płuczki pianowo-absorpcyjnej nr 1 (instalacja pieca półkowego) wynosi ok. 94 % (HCl) i 57 % (zw. fluoru). Sprawność płuczki nr 2 (instalacja pieca obrotowego) zmienia się w zakresie: 47-70 % (HCl) i 54-79 % (zw. fluoru), w zależności od rodzaju spalanych odpadów.

Tablica 5. Średnie wskaźniki emisji HCl i związków fluoru

| Rodzaj spalanych odpadów | Wskaźnik emisji [g/Mg odpadu] |                              |                 |
|--------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------|
|                          | HCl                           | zw. fluoru (F <sup>-</sup> ) | zw. fluoru (HF) |
| Osady ściekowe (PP)      | 13.9                          | 0.30                         | 0.32            |
| Grupa 1 (PO)             | 39.7                          | 0.56                         | 0.59            |
| Grupa 2 (PO)             | 79.3                          | 0.70                         | 0.74            |
| Grupa 3 (PO)             | 17.4                          | 1.89                         | 1.99            |
| Grupa 4 (PO)             | 16.5                          | 0.46                         | 0.48            |



Rys. 1. Porównanie wskaźników emisji HCl ze spalania różnych rodzajów odpadów



Rys. 2. Porównanie wskaźników emisji HF ze spalania różnych rodzajów odpadów

## 5. Wnioski

Proces spalania odpadów niebezpiecznych w piecu półkowym i obrotowym, jak wynika z badań przeprowadzonych w spalarni LOBBE Dąbrowa Górnicza, może być źródłem emisji HCl i związków fluoru na poziomie nie przekraczającym wartości dopuszczalnych określonych dla tego typu obiektów w krajach Europy Zachodniej.

Najwyższe wartości stężeń i emisji rozważanych substancji wiążą się ze spalaniem osadów ściekowych w piecu półkowym. W odniesieniu jednak do ilości spalanych odpadów najwyższym poziomem emisji cechuje się piec obrotowy, zwłaszcza przy spalaniu grup odpadów: nr 2 (maksimum HCl) i nr 3 (maksimum HF).

## Literatura

1. Materiały statystyczno-informacyjne spalarni LOBBE Dąbrowa Górnicza.
2. Mazur M. i in.: Ocena rzeczywistego oddziaływania na środowisko spalarni odpadów w Dąbrowie Górniczej... Eko-Konsultant, Katowice 1995. Praca niepublikowana.
3. Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 28.12.1994, Dz.U. Nr 140/94.
4. 17.BImSchV (Niemcy), RV'89 (Holandia) itp.