

Jerzy PISKORSKI

Waldemar WIECHECKI

Instytut Inżynierii Chemicznej Politechniki Warszawskiej

NIEKTÓRE ASPEKTY PROJEKTOWANIA INSTALACJI DO SPALANIA ODPADÓW PRZEMYSŁOWYCH

Streszczenie. Omówiono metodykę postępowania przy projektowaniu instalacji do spalania odpadów przemysłowych. Dla spalania odpadów w piecu ze złożem fluidalnym opracowano model projektowy procesu umożliwiający projektowanie i weryfikację instalacji tego typu.

1. WSTĘP

Zagadnienie likwidowania lub zagospodarowywania odpadów, w skład których wchodzi na ogół równocześnie związki organiczne i substancje mineralne występuje w różnych gałęziach przemysłu i gospodarki. W obszernej literaturze na ten temat stosuje się najróżniejsze typy klasyfikacji odpadów - z punktu widzenia ich pochodzenia, stanu skupu, stopnia degradacji, składu chemicznego, palności itp. Granice podziałów przebiegają nierzadko umownie i nieostro, klasyfikacje zaś przenikają się wzajemnie bądź nakładają. Najogólniej dzieli się odpady na komunalne i przemysłowe. Jednym ze sposobów usuwania odpadów przemysłowych - często najlepszym i najbezpieczniejszym - jest ich spalanie. Spalanie jest procesem polegającym na utlenianiu i rozkładzie termicznym substancji odpadów, prowadzącym do przekształcenia odpadów w produkt o mniejszej objętości, toksyczności i uciążliwości. Zasadnicze zalety procesu spalania przedstawiają się następująco:

- Starannie prowadzony proces spalania doprowadza do rozkładu wszystkich związków organicznych, z których powstają głównie CO_2 i H_2O .

- Stałą pozostałość z procesu spalania stanowią produkty mineralizacji - nietokyczne na ogół żużle i popioły. Objętość tych produktów wynosi w przeważającej większości przypadków bardzo niewielki procent objętości wyjściowych materiałów odpadowych.

- W wyniku procesu spalania możliwa jest recykulacja energii przez zastosowanie odpowiednich urządzeń odzyskujących ciepło z procesu.

Pomimo wymienionych zalet należy z całym naciskiem stwierdzić, że ze względów ekonomicznych decyzja o spalaniu odpadów chemicznych nigdy nie jest oczywista. Jej podjęcie musi być poprzedzone przede wszystkim szerokim rozważeniem możliwości odzyskiwania materiałów, a także porównaniem z alternatywnym rozwiązaniem usuwania odpadów. Spalanie jest często z całkiem zrozumiałych powodów wyjściem ostatecznym. Istnieje, rzecz jasna, sytuacje, gdy spalanie jest jedyną sensowną i dopuszczalną z punktu widzenia ochrony środowiska metodą rozwiązania problemu odpadów, jednakże w szeregu przypadków jest ono zaledwie jedną z możliwych metod postępowania z substancjami organicznymi.

2. CHARAKTERYSTYKA ODPADÓW

Specyfiką przemysłu chemicznego i pokrewnych jest fakt, że w większości związki odpadowe są tutaj niebezpieczne, toksyczne i korozyjne, natomiast w mniejszości występują odpady bezpieczne, łatwe do przechowywania, obróbki i transportu oraz nadające się do spalania w dowolnym typie pieca. Wybór najważniejszych kryteriów projektowych spalarni wymaga zatem możliwie dokładnej znajomości składu i własności różnych typów odpadów przewidywanych do likwidacji.

Na podstawie wieloletnich badań i prac projektowych nad spalaniem odpadów prowadzonych w Instytucie Inżynierii Chemicznej Politechniki Warszawskiej autorzy preferują następujące cechy charakterystyczne odpadów istotne dla prawidłowej oceny możliwości spalania i trafnego doboru typu pieca:

- Pochodzenie odpadów /komunalne, przemysłowe mieszane/ w znacznej mierze determinuje ich postać i skład, a co za tym idzie typ pieca do spalań, sposób przygotowania i podawania nadawy;

- Zawartość wilgoci w odpadach może wahać się w bardzo szerokich granicach. Z uwagi na oszczędność w użyciu dodatkowego paliwa przy dużych zawartościach wody powstaje problem wątpliwego odwadniania odpadu. Dlatego też zawilgocenie odpadów w głównej mierze decyduje o możliwości autotermicznego prowadzenia procesu spalania;

- Skład suchej masy /części lotne, popiół, składniki toksyczne i szkodliwe/; znaczna zawartość części lotnych w odpadach narzuca konieczność dopalania gazów odlotowych, szczególnie jeżeli są to substancje palne lub wymagające dezodoryzacji; zawartość składników toksycznych i szkodliwych określa wymagania odnośnie do potrzeb oczyszczania spalin i ścieków;

- Ciepło spalania suchej masy; wartość ciepła spalania suchej masy wraz z zawartością wody decyduje w bilansie cieplnym procesu spalania o konieczności użycia dodatkowego paliwa i możliwości odzyskiwania ciepła. Wartość ciepła spalania może być określona różnymi sposobami: poprzez pomiar kalorymetryczny, z analizy elementarnej bądź na podstawie oznaczenia chemicznego zapotrzebowania tlenu /ChZT/. Ta ostatnia metoda wykazuje szereg praktycznych zalet: jest najprostszą, daje wystarczającą dokładność oraz pozwala jednocześnie na wyznaczenie potrzebnej do spalania ilości tlenu.

Wykonane odpowiednie badania i obliczenia umożliwiły autorom wyznaczenie średniej wartości przeliczeniowego współczynnika zapotrzebowania tlenu /powietrza/ na jednostkę uzyskanego ze spalania ciepła. Wartość tego współczynnika dla odpadów z zakładów przemysłu chemicznego wynosi przeciętnie $0,32 \text{ kg powietrza/MJ}$ [1]. Tak więc operowanie tym współczynnikiem umożliwia obliczenie ciepła spalania dla odpadów o znanym ChZT.

3. METODYKA PROJEKTOWANIA

Zebranie informacji w zaprezentowanym zakresie wystarcza do oceny możliwości spalania oraz opracowania koncepcji procesu. Stosowana procedura postępowania przedstawia się następująco:

- Przeprowadzenie inwentaryzacji i identyfikacji odpadów oraz określenie ich własności.
- Sporządzenie bilansów: masowego i cieplnego procesu spalania.
- Obliczenie teoretycznej /adiabaticznej/ temperatury spalania i ustalenie wymaganej temperatury procesu z punktu widzenia całkowitości wypalania odpadów.
- Opracowanie koncepcji technologicznej procesu uwzględniającej zakres możliwości odzysku ciepła, konieczność uzupełnienia paliwa, granice stosowania nadmiaru powietrza.
- Ustalenie schematu technologicznego i parametrów pracy instalacji.

Na typowy schemat ideowy procesu składają się w zasadzie trzy podstawowe czynności jednostkowe:

- przygotowanie nadawy,
- spalanie,
- obróbka gazów spalinowych.

W zależności od pochodzenia i rodzaju odpadów przygotowanie nadawy może polegać na: odwodnieniu, zagęszczeniu, rozdrabnianiu, mieszaniu, homogenizacji, brykietowaniu itp. Decyduje to w dalszym ciągu o sposobie: magazynowania, transportowania, zasilania i dozowania do pieca. Z kolei gazy piecowe wymagają schłodzenia. Racjonalny odbiór ciepła od nich może polegać na wykorzystaniu go bądź do podgrzewania powietrza niezbędnego w procesie spalania, bądź wytwarzania pary w kotle utylizatorze. W dalszym ciągu gazy piecowe poddaje się oczyszczaniu od składników szkodliwych i pyłu. Wybór samej metody spalania zależy od trzech głównych czynników: składu chemicznego odpadów, warunków spalania, technologii procesu. Dobierając urządzenie do spalania nie

można jednak rozważać tych czynników oddzielnie, ponieważ wpływają one kompleksowo na proces. Podobnie analiza stosowanych ogólnych kryteriów klasyfikacyjnych decydujących często o doborze aparatu, musi być przeprowadzona bardzo wnikliwie.

W niektórych publikacjach anglosaskich [2] podstawowe zasady organizacji procesu pracy komory piecowej formułuje się w postaci tzw. reguły trzech T - wg pierwszych liter podstawowych parametrów: temperature - temperatury, time - czasu, turbulence - burzliwości. W warunkach normalnej pracy komory piecowej konieczne jest zapewnienie czasu przebywania gazów w strefie spalania wystarczającego do zupełnego utlenienia składników palnych do CO_2 i H_2O . Jednocześnie temperatura powinna być odpowiednio wysoka, aby utlenienie mogło dokonać się w przedziale dysponowanego czasu przebywania. Duża burzliwość w układzie pożądana jest, aby wprowadzana substancja intensywnie wymieszała się z produktami spalania i szybko osiągnęły wymaganą temperaturę. Warto zwrócić uwagę, że zwiększając wielkość jednego z tych parametrów, można zmniejszyć pozostałe dwa, oczywiście w pewnym zakresie. Należy podkreślić, że dobór konkretnego rodzaju pieca do spalania jest zawsze kompromisem między często sprzecznymi wymaganiami zapewnienia odpowiednio wysokiej temperatury i burzliwości w piecu a odpornością urządzeń na korozję i erozję przy zachowaniu prostoty konstrukcji i łatwości obsługi.

4. SPALANIE W PIECU FLUIDALNYM

Dość wszechstronne zastosowanie w przemyśle znajdują piece fluidalne, szczególnie nadające się do spalania odpadów o różnej konsystencji zarówno ciekłej, jak i szlamowatej czy pastowatej. Występujące w takich odpadach składniki stałe są na ogół znacznie rozdrobnione, dzięki czemu nie jest konieczne specjalne przygotowywanie nadawy. Piece ze złożem fluidalnym zapewniają tak dobre warunki wymiany masy i ciepła, że pozwalają prowadzić proces spalania tego typu odpadów z dużą intensywnością oraz w stosunkowo niskiej temperaturze.

W Instytucie Inżynierii Chemicznej Politechniki Warszawskiej, w ramach prac aplikacyjnych fluidyzacji w technice, prowadzone są od szeregu lat badania nad spalaniem różnych odpadów w złożu fluidalnym. Całokształt tych prac i doświadczeń wynikających z szerokiego profilu działań stanowił bazę wyjściową do opracowania modelu projektowego pieca fluidalnego do spalania odpadów.

Według modelu [3] oblicza się wymiary technologiczne pieca, tj. średnicę i wysokość oraz wysokość złoża, niezbędne dla uzyskania wymaganej zdolności przerobowej. Przyjęta metodyka projektowania umożliwiła stwierdzenie, przy jakich parametrach pracy pieca proces spalania staje się autotermiczny przy zachowaniu żądanej temperatury złoża. W przypadku zbyt niskiej kaloryczności odpadów autotermiczność procesu zapewnia się przez wykorzystanie ciepła spalin odlotowych do przeponowego podgrzewania powietrza do spalania lub przez poprawienie bilansu ciepła dzięki zastosowaniu paliwa uzupełniającego. Model projektowy umożliwił określenie optymalnej, z punktu widzenia ekonomiki, wielkości powierzchni wymiennika ciepła i ilości paliwa uzupełniającego. Algorytm roboczy modelu projektowego wykorzystano do sporządzenia programu obliczeniowego na EMC.

Weryfikację modelu przeprowadzono opierając się na danych eksploatacyjnych działających w kraju pieców fluidalnych, w których są spalane ciekłe i szlamowate odpady przemysłowe. Wyniki obliczeń potwierdziły poprawność przyjętych w modelu założeń. Jednocześnie sprawdzono prawidłowość pracy instalacji i sformułowano wskazania do ewentualnego skorygowania parametrów ich pracy. Szczególnie interesujące są wyniki dla dwu generacji pieców z MZR różniących się skalą, które były projektowane metodą wskaźnikową. W tablicy zestawiono odpowiednie dane porównawcze odnoszące się do przerobu tego samego rodzaju odpadów.

Z weryfikacji wynika, że dla pieca małego przy obciążeniu eksploatacyjnym przewyższającym znacznie wartość nominalną wysokość komory pieca jest zbyt niska dla uzyskania zupełnego spalania odpadów.

Tablice 1.

Zestawienie danych dla pieców różnej skali

D a n e	Piec mały			Piec duży		
	nominalna	eksploatacyjna	modelowa	nominalna	eksploatacyjna	modelowa
średnica rusztu	1,37			3,0		
wysokość złoża	0,8-1,0	1,0	1,17	0,8-1,0	0,42	1,15
wysokość komory	7,3		10,5	9,90		
średnica ziarn złoża	1-3	1,06		0,5-1,5		
temperatura złoża	800	770		600-800	535	650
przerobowość	650	2000		2500-3000		
						2100

Dla pieca dużego sytuacja jest odwrotna - mniejsza od nominalnej przerobowość powoduje pracę pieca w zbyt niskiej temperaturze dla całkowitego spalania odpadów. Weryfikacja unaoczniała sytuację, że wskutek nieprawidłowej eksploatacji pieca różniące się znacznie wielkością miały zbliżoną przerobowość. Na podstawie modelu obliczono prawidłowe wartości przerobowości każdego pieca zapewniające całkowite spalanie odpadów.

Dysponowany obliczeniowy program komputerowy napisany w języku BASIC umożliwia nie tylko przeprowadzanie obliczeń weryfikacyjnych, ale również pozwala na szybkie i dokładne projektowanie pieców fluidalnych do spalania odpadów.

LITERATURA

1. Piskorski J., Komorowski R.: Metodyka projektowania pieców fluidalnych do spalania odpadów przemysłowych.
Sprawozdanie z pracy n.b. IICCh PW, Warszawa 1982.
2. Ross R.D. CEP 68, 8, 59 /1972/.
3. Piskorski J., Wiechecki W.: Prace IICCh PW XIII, 3-4, 295 /1984/.

Wpłynęło do Redakcji: październik 1986 r.

Recenzent

Doc. dr hab. inż. J. Wandrasz

SOME DESIGN PROBLEMS OF INSTALLATION FOR INCINERATION OF INDUSTRIAL WASTES

Summary

Method of installation for incineration of industrial wastes design has been discussed. Characteristic properties of wastes substantial for proper estimation of incineration possibility and suitable furnace type selection have been established. The design model of process enabling to design and verify a fluidized bed furnace for wastes incineration has been elaborated. Basing on the model algorithm the program for computer has been prepared.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСТАНОВОК ДЛЯ СЖИГАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Резюме

В работе рассмотрена методика процедуры при проектировании установок для сжигания промышленных отходов. Установлены характерные признаки отходов существенные для правильной оценки возможности сжигания и цельного подбора типа печи. Для сжигания отходов в печи с кипящим слоем разработана проектная модель процесса, дающая возможность проектирования и проверки установок этого типа. На основе рабочего алгоритма модели подготовлена расчётная компьютерная программа.