ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1987

Seria: ENERGETYKA z. 97 Nr kol. 1011

Janusz WANDRASZ

Zakład Urządzeń Chemicznych Energetycznego Wykorzystania Odpadów,

Instytut Techniki Cieplnej Politechniki Śląskiej w Gliwicach

PROCES SPALANIA SZLAMÓW KOMUNALNYCH Z PODCIŚNIENIOWYM ICH SUSZENIEM

Streszczenie. W pracy przedstawiono propozycję spalania szlamów komunalnych z wykorzystaniem podciśnieniowego procesu ich suszenia. Rozwiązanie to w znacznym stopniu ogranicza uciążliwość procesu spowodowaną przebiegiem niekorzystnych reakcji chemicznych w wyższych temperaturach i wydzielaniem substancji wonnych przy rozkładzie białka.

OZNACZENIA

$\dot{E}_{dod}$ - strumień energii paliwa dodatkowego, kW,

$\dot{I}_{pal}$ - strumień entalpii fizycznej i chemicznej szlamu, kW,

$\dot{I}_{pow}$ - strumień entalpii fizycznej powietrza, kW,

$\dot{I}_{spal}$ - strumień entalpii fizycznej spalin, kW,

$\dot{I}_{szl,s}$ - strumień entalpii fizycznej szlamu surowego, kW,

$\dot{I}_{szl,w}$ - strumień entalpii fizycznej szlamu wysuszonego, kW,

$\dot{I}_{pop}$ - strumień entalpii fizycznej popiołu, kW,

$\dot{I}_{pary}$ - strumień entalpii fizycznej pary nasyconej, kW,

p - zawartość popiołu w suchej substancji szlamu, kg/kg s s,

$\dot{Q}_{ot}$ - strumień ciepła oddawanego do otoczenia, kW,

$\dot{Q}_{ch,s}$ - strumień ciepła oddanego wodzie chłodzącej, kW,

r - entalpis parowania wody, kJ/kg,

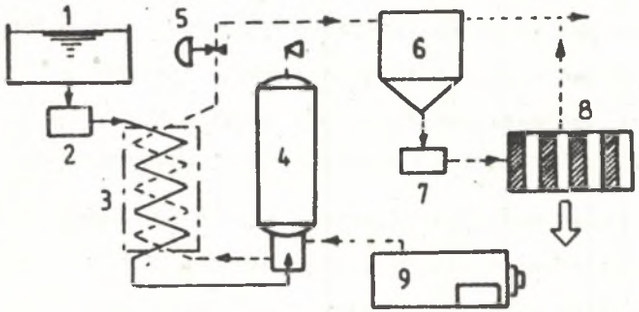
w - zawartość wilgoci odniesiona do subst. suchej, kg/kg s s,

Wd - wartość opałowa szlamu, kJ/kg,

Wd_o - wartość opałowa substancji organicznej, kJ/kg s o,

Proces spalania szlamów komunalnych surowych lub przerobionych w procesach biologicznych jest i musi być traktowany jako jeden z możliwych sposobów ich degradacji. Przyjmując na podstawie licznych danych literaturowych np. [2, 4, 5], że szlamy surowe mogą zawierać od 80 - 95 % wilgoci, dla warunków krajowych zawartość wilgoci w szlamach przewidywanych do spalania można przyjmować, że dochodzi do ≈ 80 %.

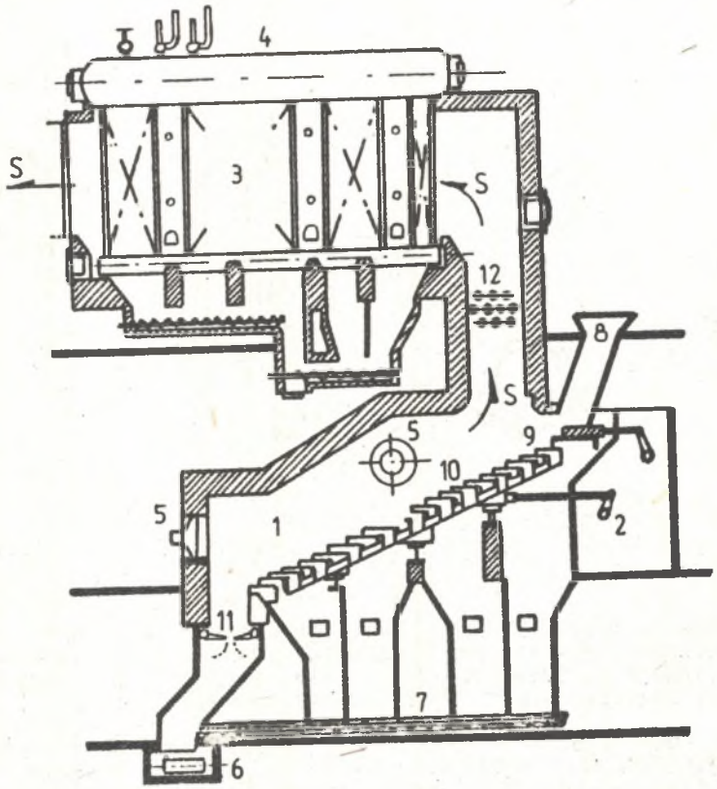
W instalacji japońskiej [4] obróbka cieplna szlamu o zawartości 95 % wilgoci polega na jego podgrzewaniu parą przegrzaną o temperaturze 200°C przez około 45 minut i następnie odwodnieniu w prasie filtracyjnej do zawartości 35 - 50 % wilgoci. Instalację powyższą przedstawiono schematycznie na rysunku 1, a komorę spalania wraz z kotłem na rys. 2. Odmienny typ instalacji z piecem półkowym Lurgi przedstawiono schematycznie na rys. 3. Instalacja ta wyposażona jest w filtry próżniowe, a produkty



Rys. 1. Schemat obróbki cieplnej szlamów w instalacji "Porteous Process" 1-zbiornik szlamu surowego, 2-pompa wysokociśnieniowa, 3-wymiennik ciepła, 4-reaktor, 5-zawór spustowy, 6-dekanter, 7-ciśnieniowa pompa filtracyjna, 8-prasa filtracyjna, 9-wytwornica pary

Fig. 1. Heat treatment of sludge by the Porteous Process 1 - raw sludge storage, 2 - high pressure pump, 3 - heat exchanger, 4 - reactic vessel, 5 - descharge valve, 6 - decanter, 7 - filter press pump, 8 - filter press, 9 - boiler

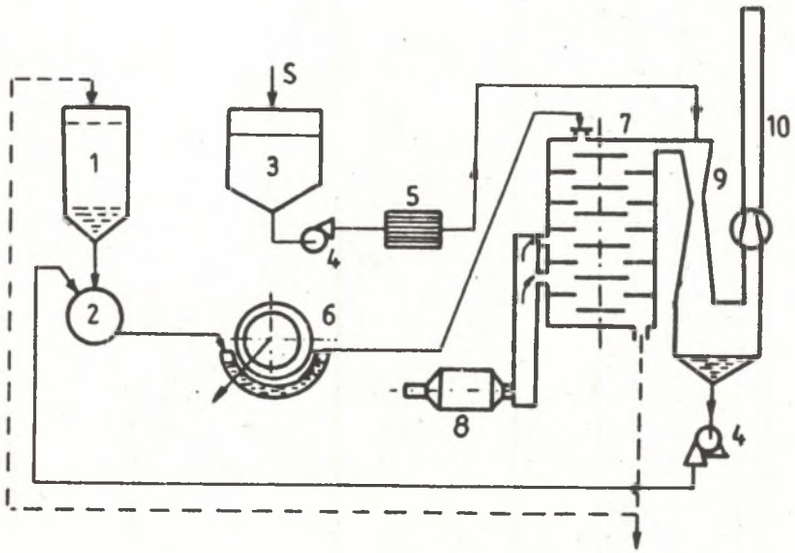
procesu spalania schładzane są natryskowo świeżym szlamem, dzięki czemu następuje częściowe jego wysuszenie. W instalacji Passavent - Schlamm - Asche - Verfahren [4] /rys. 4/ zastosowano prasy filtracyjne przy zachowaniu pozostałych urządzeń jak w instalacji poprzedniej. Nieco odmienną technologię proponuje Ruschka - WS - Verfahren /rys. 5/.



Rys. 2. Przekrój kotła wodnego odzysknicowego i komory spalania szlamów 1-komora spalania, 2-mechanizm napędowy, 3-kocioł wodny, 4-walczak, 5-palnik olejowy, 6-transporter popiołu, 7-przenośnik sitowy, 8-rynna zasypowa górna, 9-podajnik szlamu, 10-mechaniczny ruszt schodkowy, 11-ruszt zasypowy, 12-dolot powietrza wtórnego, S-spaliny

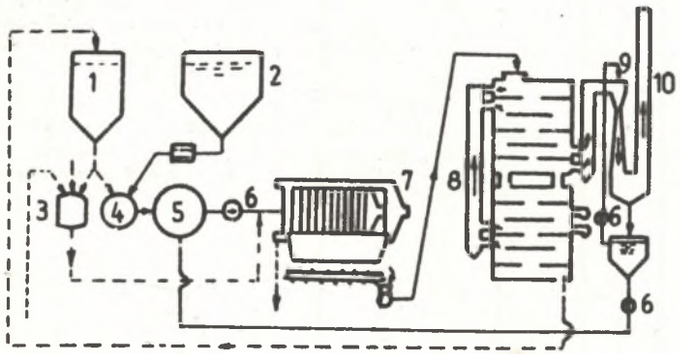
Fig. 2. Sectional view of incinerator with heat recevery boiler 1 - cake incinerator, 2 - driving mechanism, 3 - water tube bank, 4 - water tube boiler, 5 - oil burner, 6 - asch conveyor, 7 - riddling conveyor, 8 - cake chute, 9 - cake feeder, 10 - step grate stoher, 11 - dumping grate, 12 - try air inlet ports, S - gas

W instalacji tej oprócz suszarki zasilanej parą zainstalowano wirówki odśrodkowe. Przedstawiona i zrealizowana instalacja spalania w porównaniu z poprzednimi w znacznym stopniu obniża emisję do otoczenia nieprzyjemnych substancji zapachowych. Jest to spowodowane odmienną organizacją procesu suszenia i brakiem kontaktu gorących spalin odpływających do komina z substancją świeżą.



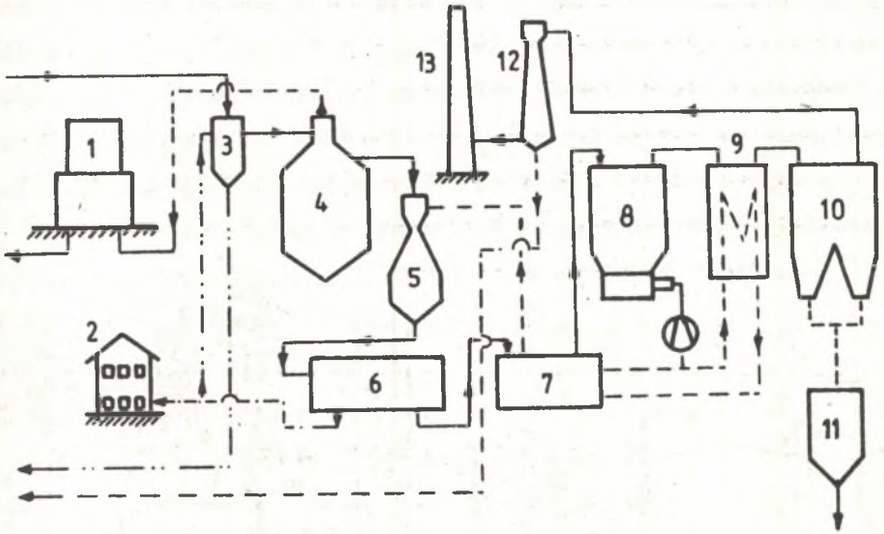
Rys. 3. Instalacja spalania szlamu "Lurgi-Schlamenn-Asche-Verfahren"
1 - zbiornik popiołu, 2 - mieszalnik, 3 - zbiornik szlamu, 4 - pompa, 5 - uzdatniacz, 6 - filtr próżniowy, 7 - piec "Lurgi", 8 - komora spalania, 9 - oczyszczacz gazu, 10 - komin

Fig. 3. Sludge incineration plant by "Lurgi-Schlammenn Asche-Verfahren"
1 - ash tank, 2 - agitator, 3 - sludge tank, 4 - pump, 5 - treatment unit, 6 - vacuum filter, 7 - "Lurgi" furnace, 8 - incineration chamber, 9 - gas scrubber, 10 - chimney



Rys. 4. Instalacja "Passavant-Schlamm-Asche-Verfahren".
1 - zbiornik popiołu, 2 - mieszalnik ze sprężonym powietrzem, 3 - mieszalnik, 4 - pompa, 5 - prasa filtracyjna, 6 - piec Humboldt-Ofen

Fig. 4. "Passavant-Schlamm-Asche-Verfahren" plant
1 - asch tank, 2 - agitator with compressed air, 3 - agitator, 4 - pump, 5 - filter press, 6 - Humboldt - Ofen furnace



Rys. 5. Instalacja "Raschka-WS-Verfahren"
1 - zbiornik gazu, 2 - stacja podgrzewu wody, 3 - podgrzewacz, 4 - reaktor, 5 - skraplacz oparów, 6 - wirówka odśrodkowa, 7 - suszarka, 8 - piec fluidalny, 9 - kocioł, 10 - elektrofiltr, 11 - zbiornik pyłu, 12 - oczyszczacz spalin, 13 - komin

Fig. 5. "Raschka - WS - Verfahren" plant
1 - gasholder, 2 - water heating plant, 3 - heater, 4 - reactor, 5 - vapour condenser, 6 - centrifuge, 7 - dryer, 8 - fluid-bed furnace, 9 - boiler, 10 - electrofilter, 11 - dust tank, 12 - flue gas soruber, 13 - chimney

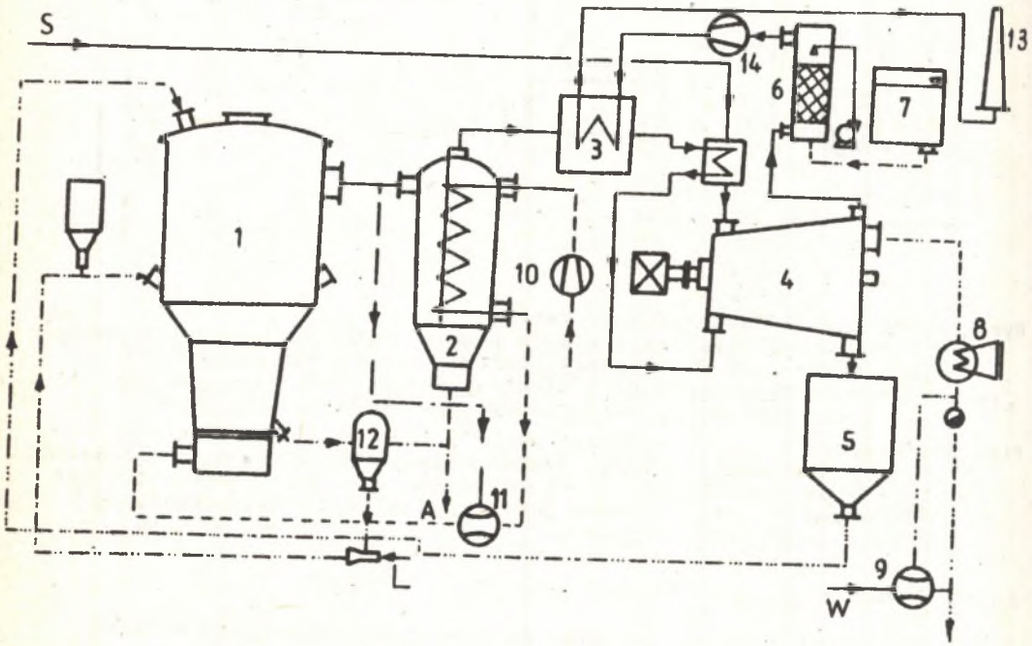
2. OPIS PROCESU SPALANIA SZLAMÓW PROPOZYCJI ZUCHEWO

Dla realizacji procesu spalania szlamów w odróżnieniu od innych technologii przyjęto bardzo rygorystyczne wymagania ograniczające prawie do zera stosowanie paliwa dodatkowego podchodzącego zarówno z procesu fermentacji biomasy, jak i innych źródeł /olej opałowy, węgiel itp./. Tak określone warunki wymagają doboru parametrów technologicznych pozwalających uzyskać maksymalne wykorzystanie energii chemicznej szlamu. Na podstawie danych [9] spalaną substancję można opisać wzorem ogólnym w postaci:

$$C_{372}\,H_{710}\,O_{236}\,N_{61}\,S_3\,Cl_2\,P_6$$

Występujące w szlamach białka w wyższych temperaturach rozkładają się tworząc omawiane wcześniej nieprzyjemne substancje zapachowe.

Substancje te, co potwierdziły przeprowadzone w ZUCHEWO badania laboratoryjne, rozkładają się w temperaturze rzędu 800 ÷ 900°C. Drugim problemem, jaki występuje w procesie spalania szlamów, jest znaczny udział pary wodnej w spalinach, jeśli przyjęć, że cała woda zawarta w odpadach do nich przechodzi. Para ta wpływa na konieczność znacznego zwiększenia kanałów spalinowych podnosząc koszty inwestycyjne.



Rys. 6. Instalacja spalania szlamów projektu ZUCHEWO
1 - piec fluidalny, 2 - wymiennik ciepła-odpylacz, 3 - podgrzewacz spalin, 4 - suszarka próżniowa, 5 - zbiornik, 6 - absorber, 7 - zbiornik neutralizacji, 8 - skraplacz, 9 - inżektor wodny, 10 - dmuchawa, 11 - inżektor gazowy, 12 - dozownik, 13 - komin, 14 - wentylator wyciągowy

Fig. 6. Sludge incineration plant by ZUCHEWO
1 - fluid-bed furnace, 2 - heat exchanger - deduster, 3 - flue gas heater, 4 - vacuum dryer, 5 - tank, 6 - absorber, 7 - neutralization tank, 8 - condenser , 9 - water ejector, 10 - blower, 11 - gas ejector, 12 - feeder-dust separator, 13 - chimney, 14 - exhaust fan

Zaproponowaną instalację spalania według projektu ZUCHEWO przedstawiono schematycznie na rysunku 6. Proces spalania przebiega w komorze fluidalnej 1, do której doprowadza się wysuszone szlamy o zawartości wilgoci max. do 40 %.

W skład warstwy fluidalnej mogą również wchodzić wprowadzane do niej substancje pochłaniające SOx lub ograniczające tworzenie NOx. Gorące spaliny wraz z pyłem przechodzą do wymiennika ciepła-odpylacza 2, skąd przez wymiennik ciepła podgrzewacz spalin 3 i kolejny wstępny podgrzewacz szlamu płyną do bębnowej suszarki próżniowej 4. Odpad suchy gromadzony w pojemniku 5 podawany jest do pieca, podczas gdy schłodzane gazy spalinowe odsysane wentylatorem 14 przepływają przez skruber 6 do komina 13.

Komora spalania zasilana jest gorącym powietrzem podawanym przez wymiennik ciepła 2 dmuchawę 10. W układzie przewidziano zainstalowanie inżektora 11 umożliwiającego realizację procesu z równoczesną recyrkulacją części spalin. Dozownik 12 ma za zadanie wprowadzić do warstwy odpowiednią ilość materiału aktywnego. Układ suszenia wyposażono ponadto w skraplacz 8 utrzymujący podciśnienie w suszarce oraz inżektor wodny /lub pompę próżniową/ 9 dla odsysania gazów.

3. DOBÓR PARAMETRÓW PROCESU

Przy doborze parametrów termicznych pewne wielkości wymagają niezależnego przyjęcia i muszą być traktowane jako wielkości niezmienne. Należy do nich temperatura spalin z pieca ograniczona temperaturą mięknięcie żużla i wynoszące ≅ 1173 K, a także temperatura spalin odprowadzanych do komina. Można tu przyjęć dwie różne wartości tej temperatury, w zależności od rozwiązania konstrukcyjnego komina. Dla komina gumowanego temperatura spalin będzie wynosiła 313 K i możliwe jest wtedy pominięcie wymiennika ciepła 4. Dla komina normalnego temperatura ta winna być wyższa od temperatury punktu rosy wynikającej z zawartości wilgoci w spalinach.

Rozważany układ można podzielić na dwa podukłady, dla których należy sporządzić bilanse energii. Do jednego zalicza się komorę spalania wraz z cyklonem odpylającym, drugi stanowią pozostałe elementy układu. Równanie bilansu energii pieca przedstawione w postaci ogólnej można zapisać:

$$\dot{I}_{pal} + \dot{I}_{pow} + \dot{E}_{dod} = \dot{Q}_{ot} + \dot{I}_{spal} + \dot{I}_{pop} \qquad /1/$$

gdzie $\dot{I}_{pal}$ wyraża energię chemiczną i fizyczną szlamu zależną od stopnia wysuszenia. Wartość opałowa tych odpadów odniesiona do substancji suchej wyrażona jest zależnością:

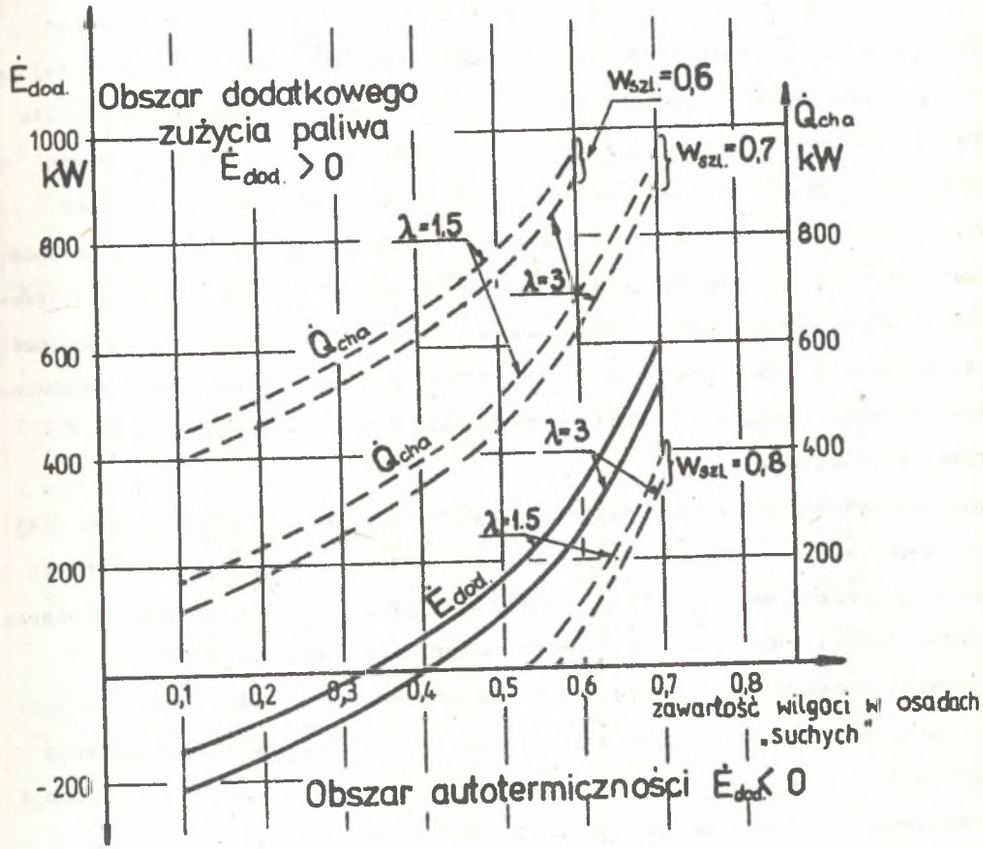
$$Wd = Wd_o /1 - p/ - rw \qquad /2/$$

przy czym p jest udziałem popiołu w substancji suchej a w zawartością wilgoci odniesioną do ilości substancji suchej. Wielkość r jest entalpię parowania wody /wartość opałowa wody/, Wd_o jest wartością opałową szlamu w przeliczeniu na substancję organiczną. Równanie /1/ uzupełniono wielkością $\dot{E}_{dod}$ obrazującą energię chemiczną paliwa dodatkowego. Po przyjęciu strat ciepła do otoczenia w wysokości ~10 % energii doprowadzonej do komory z paliwem, przy założonej temperaturze spalin z pieca, można wyznaczyć dla $\dot{E}_{dod}$ = 0 temperaturę podgrzewania powietrza /$\dot{I}_{pow}$/.

Z drugiej strony wytworzona w procesie spalania energia musi pokryć zapotrzebowanie na energię w pozostałych urządzeniach procesu. Bilans energii tej części układu przedstawia równanie:

$$\dot{I}_{spal} + \dot{I}_{szl,s} = \dot{Q}_{ch,s} + \dot{I}_{szl} + \dot{I}_{pary} + \dot{I}_{pow} + \dot{Q}_{ot} \qquad /3/$$

gdzie $\dot{I}_{spal}$ jest entalpię spalin z pieca, $\dot{I}_{szl,s}$ entalpię fizyczną szlamu surowego, $\dot{Q}_{ch,s}$ ciepłem oddanym do otoczenia przy schładzaniu spalin w absorberze, $\dot{I}_{szl}$ entalpię fizyczną szlamu suchego, a $\dot{I}_{pary}$ i $\dot{I}_{pow}$ etalpię fizyczną pary z procesu suszenia i powietrza podgrzanego do procesu spalania. Oba równania bilansu są współzależne. Dla obliczonej z równania /1/ temperatury podgrzania powietrza równanie /3/ musi się zamykać, przy czym wymagane jest spełnienie narzuconych warunków procesu suszenia. Równania te muszą być uzupełnione równaniami bilansów substancji. Zgodnie z wymogami realizacji procesu wartość $\dot{E}_{dod}$ musi być równa zero. Rysunek 7 przedstawia wyniki obliczeń wartości $\dot{E}_{dod}$ przy przyjęciu stałej temperatury podgrzania powietrza.



Rys. 7. Zapotrzebowanie paliwa dodatkowego w procesie spalania szlamów

Fig. 7. Additional fuel demand during sludge incineration

4. REALIZACJA PROCESU SUSZENIA

Dla realizacji procesu suszenia konieczna jest określanie wielkości charakteryzujących kinetykę jego przebiegu. Ponieważ do suszenia przyjmuje się wykorzystywać spaliny, których temperatura zmienia się w trakcie trwania procesu, a wymagana ilość energii dla realizacji tego procesu narzuca ich temperaturę rzędu ≃ 773 K, kinetyka procesu musi być tak dobrana, aby nie występowało niepożądane zjawisko znacznego podniesienia temperatury szlamu powyżej temperatury nasycenia odpowiadającej przyjętemu ciśnieniu $p \leqslant p_{et}$. Konstrukcja suszarki musi zapewniać jej szczelność /uszczelnienia labiryntowe na elementach wirujących/ oraz wymaga odpowiednich układów zasilania i odbioru materiału bez rozhermetyzowania przestrzeni suszącej.

Wymagane podciśnienie uzyskuje się dzięki procesowi skraplania powstałej pary w skraplaczu przeponowym wspomaganym działaniem inżektorów wodnych lub pompy próżniowej. Uzyskane skropliny z procesu suszenia wraz z cieczą obiegową powinny być odprowadzane do układu oczyszczalni ścieków.

Uzyskana oszczędność energii w procesie suszenia próżniowego nie jest tak duża w porównaniu z procesem suszenia przy temperaturze nasycenia rzędu 373 K /ciśnienie atmosferyczne/. Jedynym efektem jest brak reakcji chemicznych tworzenia uciążliwych substancji zapachowych.

LITERATURA

1. Thome - Kozmiensky K.J.: Recycling International Haushaltsabfall, Klarschlamm, Sonderabfall, Kunsstoff, Ennahrungs und Getrankeindustrie, Verpackunkg Bauwessen EF-Verlag für Energie - und Umwelttechnik GmbH Berlin 1984.
2. Kempa E.S.: Gospodarka odpadami miejskimi. Arkady. Warszawa 1983.
3. Raschka A.: Die Wirbelschichtfeuerung Bergbau 4/1978,
4. Schurr E., Vater W.: Energiesparender Schlammverbrennungs ofen im Stuttgart Hauptklarwerk Muhlhausen in Betrien genommen. Korrespondenz Abwasser 6/1982.
5. Wandrasz J., Zieliński J.: Procesy fluidalne utylizacji odpadów, cz. 1 i 2, Oesolineum 1984.

6. Wandrasz J. i inni: Opracowanie koncepcji spalarni osadów dla GOŚ "Dębogórze", praca nie publikowana NB-40/RME-3/85, Gliwice 1985.
7. Wandrasz J.: Energetische Aspekte der Thermischen Ausnutzung von Abfallen. Proceedings MER-3 Koninklije Vlaamse Ingenieurserening VZW Genootschap Milientechnologie Antwerp 1986, s. 3.115 - 3.126
8. Wandrasz J.: Ausgewahlte Probleme der Schlammverbrennungsprozess, IRC-86 EF Verlag für Energie und Umwelttechnik GmbH Berlin 1986.

Wpłynęło do Redakcji: październik 1987 r.

Recenzent

Doc. dr hab.inż. L.Troniewski

PROCESS OF SLUDGE INCINERATION WITH ITS VACUUM DRYING

S u m m a r y

The paper presents technologies and plants applied for incineration of sludges from sewage processing plants. A conception of vacumm drying used in The Department of Chemical Apparatus for Energy Waste Disposal in The Institute of Thermal Technology gives a possibility of process realization at the temperature range below 273 K which reduces the processes of chemical reactions of noxious aromatic compounds formation.
The negative pressure may be generated by means of condensation of vapour being produced during processing. The liquid is recycled to the sewage processing plant together with circulating liquid from absorption and cooling processes. Kinetic energy of liquids generated in circulating pumps may be partly utilized for feeding of ejectors which suck-out gases coming - in through leakages.
The incineration of dry material will be realized in a fluid-bed chamber.
The incineration unit has an additional protection against emission of harmful gases to the atmosphere - i.e. an absorber.

ПРОЦЕСС СЖИГАНИЯ КОММУНАЛЬНЫХ ШЛАМОВ С ВАКУУМНОЙ СУШКОЙ

Резюме

В статье обсуждается применение технологии и установки для сжигания отходов с коммунальных очистных станций.
Принятая в ЗУХЕВО концепция вакуумной сушки позволяет на реализацию процесса при температурах ниже 273 К, что ограничивает ход химических реакций образования обременительных пахнущих веществ. Вакуум можно получить путём сжимания пара, образовавшегося во время сушки. Полученная жидкость возвращается на очистную станцию вместе с циркулирующей жидкостью и применяется для процесса абсорбции и охлаждения. Энергию этих жидкостей, образованных в циркулирующих насосах, можно частично использовать для привода инжекторов, отсасывающих газы, проникающие через прокладки. Сжигание высушенного материала будет проходить в флюидальной камере. Система сжигания имеет дополнительное предохранение в виде абсорбера, защищающего от эмиссий нежелательных веществ в окружающую среду.