

# INSTALACJA PRZEMYSŁOWA DO OCZYSZCZANIA GAZÓW SPALINOWYCH ZA POMOCĄ WIĄZKI ELEKTRONÓW W EC „POMORZANY”

Andrzej G. Chmielewski<sup>1/</sup>, Bogdan Tymiński<sup>1/</sup>, Edward Iller<sup>1/</sup>,  
Zbigniew Zimek<sup>1/</sup>, Janusz Licki<sup>2/</sup>, Ryszard Kostrzewski<sup>3/</sup>,  
Lech Sobolewski<sup>4/</sup>, Jerzy Cybulski<sup>5/</sup>

<sup>1/</sup> Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Warszawa

<sup>2/</sup> Instytut Energii Atomowej, Otwock-Świerk

<sup>3/</sup> ZE DOLNA ODRA

<sup>4/</sup> EC POMORZANY, Szczecin

<sup>5/</sup> Energomontaż Opole



PL0201660

## Abstract

### INDUSTRIAL PLANT FOR FLUE GAS CLEANING WITH USE OF ELECTRON BEAM AT THE "POMORZANY" POWER PLANT

Construction of the second in the world installation for flue gas cleaning with the use of electron beam at the POMORZANY Power Plant has been completed in 2001 and test operation started. During the last year all the units of installation as well as measuring and control systems were tested and corrected. 200 t of a fertilizer have been produced in 2001 and ca. 31 t in January 2002. Emission of the corresponding amount of acidic pollutants was reduced and the Power Plant POMORZANY paid lower fines for its emission.

## 1. WSTĘP

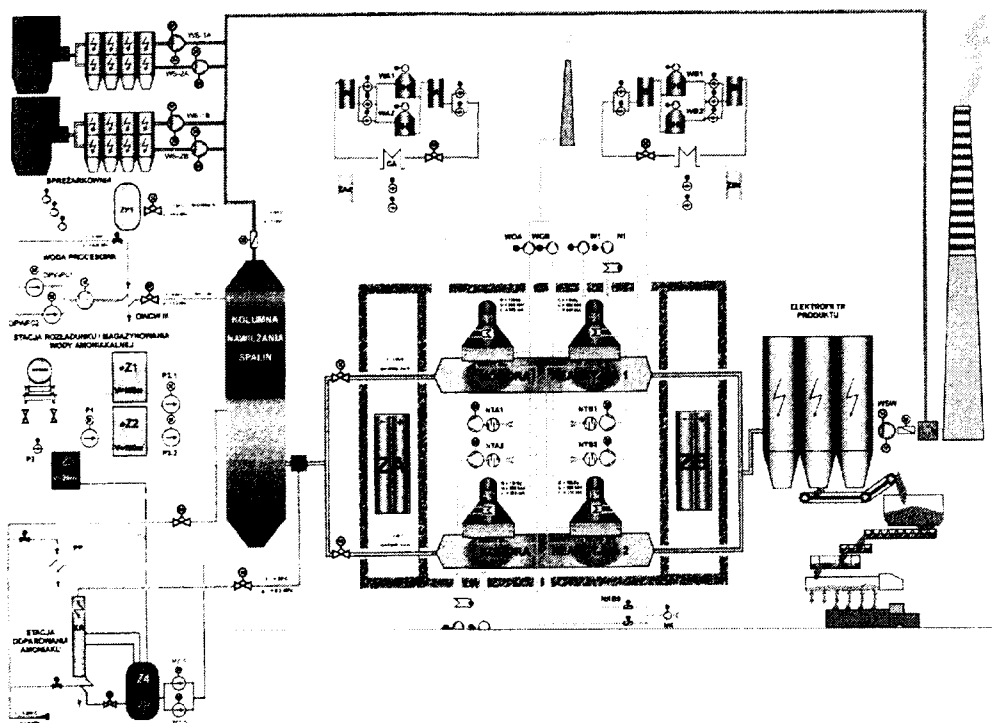
Od roku 1990 w EC KAWĘCZYN na specjalnie do tego celu wybudowanej instalacji pilotowej, prowadzono badania jednoczesnego usuwania SO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> ze spalin przy pomocy wiązki elektronów [1, 2].

Projekt którego realizacją kierował Instytut Chemii i Techniki Jądrowej (IChTJ) w ścisłej współpracy z EC KAWĘCZYN realizowany był ze środków UPNTiW oraz Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA) w Wiedniu. W realizacji uczestniczyło wiele instytucji, takich jak Instytut Energii Atomowej (IEA), Instytut Problemów Jądrowych (IPJ), PROATOM i inne. W realizacji projektu współpracowaliśmy również z Ebara Co. (USA), Kernforschungszentrum (KfK, Karlsruhe), Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI, Takasaki). Pozytywne wyniki badań były podstawą przygotowania założeń do budowy instalacji przemysłowej.

Pierwsza instalacja przemysłowa powstała w Chengdu (Chiny) w oparciu o projekt Ebara Co. (Japan). Jej głównym zadaniem jest usuwanie ze spalin  $\text{SO}_2$ , gdyż elektrownia w Chengdu spalała węgiel o wysokiej zawartości siarki. Drugą instalację zbudowano w EC POMORZANY przy wydatnej pomocy finansowej MAEA oraz rządu Japonii [3, 4].

## 2. OPIS INSTALACJI

Schemat instalacji do oczyszczania spalin przy użyciu wiązki elektro-  
nów w EC POMORZANY przedstawiono na rysunku.



Rys. Schemat technologiczny instalacji do oczyszczania spalin przy pomocy wiązki elektronów w EC POMORZANY.

Oczyszczaniu poddawane są spaliny z dwóch kotłów Bensona o mocy elektrycznej po ok. 60 MWe każdy. Kotły opalane są pyłem węglowym i pracują przy zmiennym obciążeniu w zależności od zapotrzebowania na energię

elektryczną. Spaliny z kotłów odpylane są w elektrofiltrach. Z elektrofiltrów spaliny tłoczone są wentylatorami do wspólnego kolektora i odprowadzane są do komina. Przy pełnym obciążeniu z kotłów wypływa 540 000 Nm<sup>3</sup>/h spalin. Temperatura spalin waha się w granicach od 120 do 140°C w zależności od bloku i obciążenia. Jest to o 15 do 20°C niższa niż w założeniach projektowych. Zawartość NO<sub>x</sub> wynosi natomiast 800 do 900 mg/Nm<sup>3</sup> i jest o 200 do 300 mg/Nm<sup>3</sup> wyższa niż w założeniach projektowych. Zmiany te związane były z modernizacją bloków energetycznych zwiększającą ich sprawność. Spaliny do instalacji oczyszczania spalin pobierane są z kolektora przed kominem w ilości ok. 50% strumienia spalin. Projektowy przepływ spalin przez instalację wynosi więc 270 000 Nm<sup>3</sup>/h. Założono taki stopień oczyszczania spalin, aby zawartości zanieczyszczeń po zmieszaniu obu strumieni spalin oczyszczonego i nieoczyszczonego spełniały normy emisji. Jednocześnie po zmieszaniu obu strumieni ich temperatura nie mogła spadać poniżej 110°C, co zabezpieczało ochronę komina przed korozją i odpowiedni ciąg kominowy. Instalacja oczyszczania spalin w EC POMORZANY jest przemysłową instalacją demonstracyjną i w związku z tym posiada ona bogate wyposażenie pomiarowe zarówno do celów technologicznych jak i pomiarów emisji. Instalacja składa się z następujących węzłów:

- nawilżania i schładzania spalin,
- rozładunku, magazynowania i przygotowania amoniaku,
- reakcyjnego,
- filtracji produktu,
- odbioru produktu,
- wentylatora i mieszacza spalin,
- systemu monitoringu i sterowania.

### **3. WĘZEŁ NAWILŻANIA I SCHŁADZANIA SPALIN**

Spaliny wypływające z kotła po oczyszczeniu w elektrofiltrze, mają wysoką temperaturę rzędu od 120 do 140°C i niską wilgotność od 5,5 do 6,5% obj. Proces usuwania SO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> przebiega prawidłowo przy temperaturach od 65 do 80°C i wilgotnościach od 10 do 12% obj. Spaliny schładza się i nawilża w kolumnie nawilżającej, w której w strumieniu spalin rozpyla się gorącą wodą. Woda odparowując obniża temperaturę spalin i jednocześnie podwyższa ich wilgotność. Wilgotność dodatkowo można jeszcze korygować doprowadzając do kolumny parę wodną. Woda rozpylana jest za pomocą dysz woda-powietrze.

Dla prawidłowej pracy kolumny nawilżającej istotne są:

- równomierny przepływ spalin w przekroju kolumny;
- odpowiednie rozpylenie wody dające kropelki o średnicy 50 do 100  $\mu\text{m}$ ;
- odpowiednie ustawienie dysz tak, aby strumienie rozpylonej wody nie zderzały się ze sobą.

Cząsteczki zderzając się ze sobą tworzą większe, które nie zdążą odparować wzdłuż drogi. Strumień kropli nie powinien uderzać w ścianki kolumny, gdyż woda nie zdąży wtedy odparować. Ponadto woda spływająca po ściankach w kontakcie ze spalinami nabiera odczynu kwaśnego i oddziałuje korozyjnie na ścianki kolumny. Zarówno temperatura jak i wilgotność były kontrolowane w sposób automatyczny.

#### **4. WĘZEL ROZŁADUNKU, MAGAZYNOWANIA I PRZYGOTOWANIA AMONIAKU**

Kwaśne zanieczyszczenia jak  $\text{SO}_2$  i  $\text{NO}_x$  po utlenieniu w komorze procesowej są neutralizowane za pomocą amoniaku dając odpowiednio siarczan i azotan amonu. Amoniak do EC POMORZANY dostarcza się w postaci wody amoniakalnej w odróżnieniu od elektrowni Chengdu i instalacjach pilotowych gdzie był stosowany amoniak skroplony.

Przyczyną przyjęcia tego typu rozwiązania były względy bezpieczeństwa. Woda amoniakalna jest dostarczana do EC POMORZANY cysternami kolejowymi do specjalnie wybudowanej stacji przeładunkowej. Pod cysterną i pompą znajduje się taca betonowa ze studzienkami, z których można odpompować ewentualne wycieki wody amoniakalnej po zmyciu ich wodą. Wody te jak też zbierające się wody opadowe przepompowywane są do zbiornika przejściowego, z którego woda podawana jest do dysz kolumny nawilżającej. Zbiorniki magazynowe posiadają dwa płaszcze z czujnikami amoniaku zamontowanymi w przestrzeni międzypłaszczyznowej. Zbiorniki i pompy posadowione są na tacy betonowej, z której ewentualne przecieki jak i wody opadowe odprowadzone są do zbiornika przejściowego. Amoniak do spalin może być doprowadzony w 2 wariantach: jako amoniak gazowy po uprzednim oddzieleniu go od wody w kolumnie rektyfikacyjnej lub przez odparowanie w kolumnie nawilżającej wody amoniakalnej. Wariant z odparowaniem wody amoniakalnej jest prostszy technologicznie i znacznie ogranicza działanie korozyjne spalin na ścianki kolumny, w przypadku ich zwilżenia. Jednak obserwuje się zwiększone odkładanie na ściankach rurociągów między kolumną nawilżającą a komorą procesową depozytów, które

okresowo należy usuwać. Również usunięcie  $\text{SO}_2$  jest większe. Przy dozowaniu amoniaku gazowego należy kontrolować pracę kolumny rektyfikacyjnej. W stanie ustalonym kontrola pracy kolumny rektyfikacyjnej nie sprawia trudności. Natomiast w przypadku zmian zapotrzebowania na gazowy amoniak reaguje ona z pewnym opóźnieniem. Jeśli zebrane doświadczenia i modyfikacje technologii zmniejszające tworzenie się depozytów zakończą się powodzeniem, dozowanie wody amoniakalnej należy uznać za korzystniejsze.

## 5. WĘZEL REAKCYJNY

Schłodzone, nawilżone i z odpowiednią ilością amoniaku spaliny doprowadzane są do 2 komór procesowych, gdzie są napromieniowywane przez dwie wiązki elektronów w każdej z komór. Komory procesowe są to niezabudowane reaktory rurowe z 2 oknami: folii tytanowej do wprowadzenia elektronów. Elektrony o energii 700 keV przyspieszane są w 4 akceleratorach zasilanych z 2 zasilaczy o mocy po 525 kW każdy. Maksymalny prąd każdej z 4 wiązek elektronów wynosi 375 mA. Elektrony przyspieszone w akceleratorze przechodzą przez 2 folie tytanowe o grubości 50  $\mu\text{m}$ , kilku centymetrową warstwę powietrza między foliami i dostają się do strumienia spalin. W wyniku oddziaływania elektronów z cząsteczkami spalin powstaje dużo niezwykle reaktywnych rodników. Wprawdzie czas ich życia jest krótki, od  $10^{-3}$  do  $10^{-5}$  sekundy, ale jest on wystarczający do utlenienia znacznej ilości  $\text{SO}_2$  do  $\text{SO}_3$ , a  $\text{NO}$  do  $\text{NO}_2$ . Są to główne reakcje, ale zachodzą również inne reakcje, np. prowadzące do redukcji  $\text{NO}$  do  $\text{N}_2$ , mające dużo mniejsze znaczenie.  $\text{SO}_3$  i  $\text{NO}_2$  reagując z parą wodną i amoniakiem tworzą odpowiednio siarczan amonu i azotan amonu. Sole te tworzą submikronowe aerozole unoszone strumieniem spalin.

## 6. WĘZEL FILTRACJI PRODUKTU

Aerozole soli oddzielane są od gazów spalinowych w elektrofiltrze. Sprawność usuwania aerozoli w elektrofiltrze jest wysoka, rzędu 99,8%, a ich stężenie na wylocie z elektrofiltra nie przekracza  $20 \text{ mg/Nm}^3$ . Z elektrofiltra produkt transportowany jest do zbiornika pośredniego skąd załadowywany jest na naczepę i sprzedawany luzem pobliskiej fabryce nawozów sztucznych, gdzie jest wykorzystywany do produkcji nawozów wieloskładnikowych. W miarę optymalizacji warunków pracy poszczególnych węzłów instalacji pro-

dukcja nawozu roślinie i w ubiegłym roku wyniosła ok. 200 t, a jedynie w styczniu 2002 roku już ok. 31 t. Instalacja jest również wyposażona w urządzenia do granulacji i workowania nawozu, lecz obecnie sprzedaż nawozu luzem jest bardziej ekonomiczna z punktu widzenia elektrowni. Odpowiadająca produkcji nawozu ilość kwaśnych zanieczyszczeń gazowych nie została wyemitowana do atmosfery i w związku z tym elektrownia ponosi mniejsze opłaty za zanieczyszczenie środowiska. Mieszaniny soli otrzymywanych w wyniku oczyszczania spalin przy użyciu wiązki elektronów uzyskane w instalacjach w EC POMORZANY, Chengdu jak i wcześniej instalacji pilotowych spełniają wszelkie normy dla nawozów azotowych. Zawartość metali ciężkich w produkcie otrzymywanym na stacji pilotowej w EC KAWĘCZYN była 5 do 50 razy niższe od wartości dopuszczalnych. Ze względu na zawartość siarki produkt ten chętnie jest stosowany jako komponent do produkcji nawozów mieszanych [2, 5].

W oparciu o wyniki dotychczasowych testów można stwierdzić, że najważniejszy cel polegający na przemysłowym wdrożeniu technologii został osiągnięty. Zdobyte doświadczenia projektowe, wykonawcze i ruchowe umożliwiają w przyszłości budowanie nowych udoskonalonych spalin nie jest jeszcze stosowane.

## LITERATURA

- [1]. Chmielewski A.G., Iller E., Zimek Z., Licki J.: Pilot plant for electron beam flue gas treatment. *Radiat. Phys. Chem.*, 40, 4, 321-325 (1992).
- [2]. Namba H. i in.: The study on electron beam flue gas treatment for coal-fired thermal plant in Japan. *Radiat. Phys. Chem.*, 42, 4-6, 669-672 (1993).
- [3]. Chmielewski A.G., Zimek Z., Iller E., Tymiński B., Licki J.: Industrial application of e-beam plasma to air pollution control. *J. Tech. Phys.*, 41, 1, 551-572 (2000).
- [4]. Chmielewski A.G. i in.: Industrial demonstration plant for electron beam flue gas treatment. *Radiat. Phys. Chem.*, 46, 4-6, 1063-1066 (1995).
- [5]. Chmielewski A.G., Iller E., Tymiński B.: Technologia oczyszczania gazów odlotowych wykorzystująca energię wiązki elektronów – możliwości rolniczego wykorzystania produktu ubocznego. *Folia Univ. Agric. Stetin* 204 *Agricultura* (81) 175-180 (2000).