

## **PÓLSUCHE ODSIARCZANIE GAZÓW SPALINOWYCH Z TRANSPORTEM PNEUMATYCZNYM SORBENTU**

MOKROSZ Wojciech, HEHLMANN Jan  
Politechnika Śląska, Katedra Budowy Aparatury Chemicznej i Procesowej  
BANDROWSKI Jan  
Politechnika Śląska, Instytut Inżynierii Chemicznej i Procesowej.

### **STRESZCZENIE**

Przeprowadzono, na pilotowej instalacji badania odsiarczania spalin metodą pólsuchą z wykorzystaniem transportu pneumatycznego sorbentu. Uzyskane wyniki pozwoliły na zaprojektowanie i przebadanie instalacji wielkolaboratoryjnej do kompleksowego oczyszczania spalin z zanieczyszczeń gazowych z wykorzystaniem wpływu istotnych parametrów procesowych..

### **1. WPROWADZENIE**

Jednym z nadal aktualnych zadań ekologicznych jest kompleksowe oczyszczanie spalin z dwutlenku siarki, tlenków azotu, zanieczyszczeń organicznych i pyłów.

Kompleksowe rozwiązania w tym względzie dotyczą zwykle dużych obiektów energetycznych o ustabilizowanych warunkach eksploatacyjnych i w tych przypadkach wybór technologii oparty jest na sprawdzonych kryteriach ekonomicznych. W przypadku obiektów mniejszych głównym problemem staje się wybór metody odsiarczania. Niezwykle interesująca okazuje się metoda odsiarczania z wykorzystaniem zjawisk towarzyszących transportowi pneumatycznemu. Metoda ta posiada charakter rozwojowy i jest adresowana do licznych użytkowników kotłów małej i średniej mocy.

Mając na uwadze zasadniczy cel, jakim jest odsiarczanie spalin, należy wskazać na synergiczny, stymulujący wpływ na efektywność tego procesu takich czynników jak: burzliwość przepływu intensyfikująca dyfuzję zanieczyszczeń gazowych, zderzenia i rotacja cząstek, wpływające na

odnowę powierzchni reakcyjnej i aktywację procesów adsorpcyjnych, wyrównanie profilu temperatur oraz stężeń zanieczyszczeń i sorbentu w fazie gazowej.

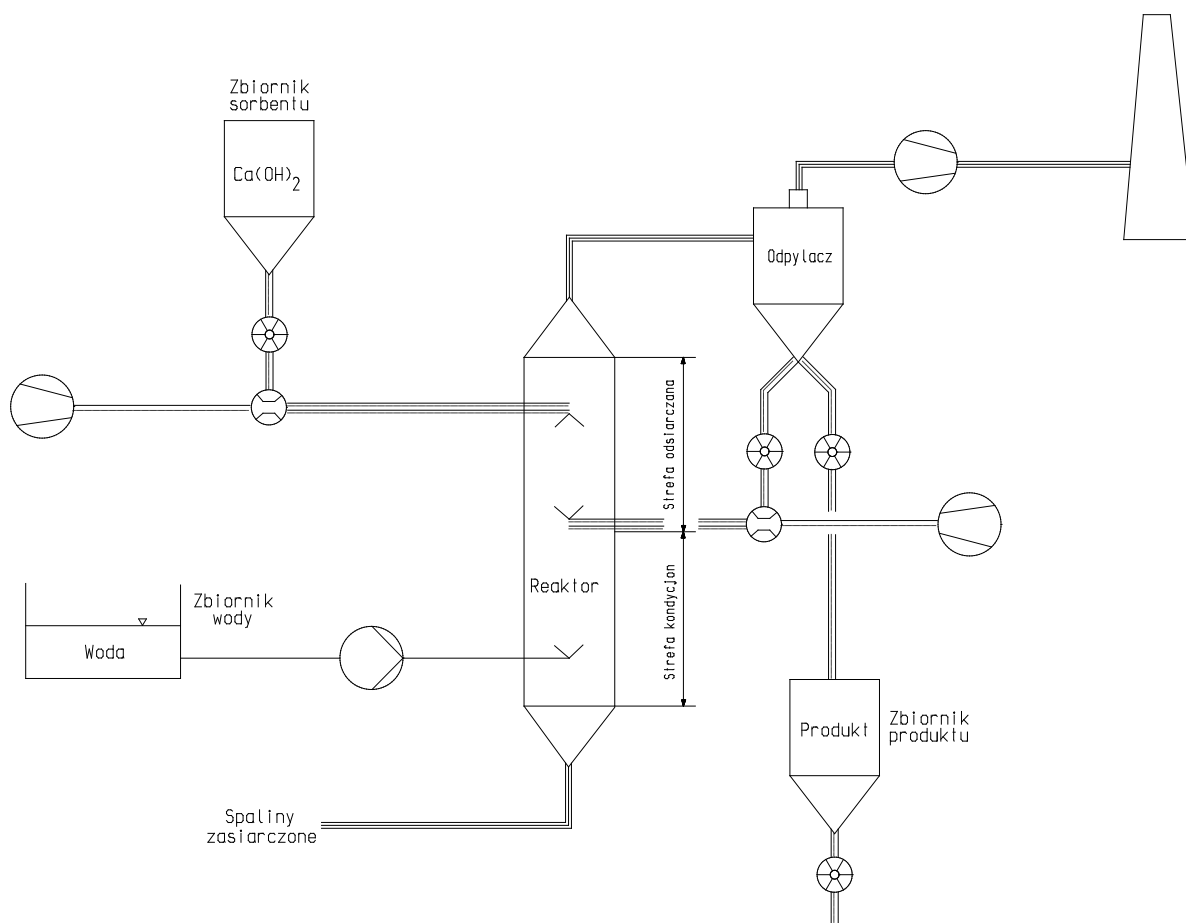
Dodatkowe efekty procesowe związane są z możliwością dozowania do reaktora aktywnego karbonizatu, który umożliwia adsorpcję dioksyn i furanów.

Celem niniejszej pracy było opracowanie zależności skuteczności odsiarczania od wybranych (mierzonych) parametrów procesowych [1,2].

## 2. CHARAKTERYSTYKA TECHNOLOGII

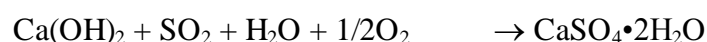
Przedmiotowa technologia odsiarczania polega na kondycjonowaniu spalin oraz ich kontaktowaniu z sorbentem w postaci wodorotlenku wapniowego ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) utrzymywanego w cyrkulacji.

Schemat instalacji odsiarczania spalin z reaktorem pneumatycznym przedstawiono na rys.1.



Rys. 1 Schemat instalacji badawczej z reaktorem pneumatycznym.

Reaktor pneumatyczny jest zintegrowany z cyklonem lub filtrem tkaninowym. Spaliny z kotła odsysane są przez reaktor pneumatyczny i odpylacz za pomocą wentylatora, z którego odprowadzane są do komina. Procesy oczyszczania spalin przebiegają w reaktorze i urządzeniu odpylającym. W reaktorze można wyróżnić trzy strefy, w których przebiegają procesy oczyszczania spalin. Dolną część reaktora stanowi strefa kondycjonowania, w której następuje rozpylenie wody i jej całkowite odparowanie, efektem czego jest obniżenie temperatury spalin i ich nawilżenie. Powyżej znajduje się I strefa odsiarczania, zasilana sorbentem recykulowanym z urządzenia odpylającego. W górnej części reaktora znajduje się II strefa odsiarczania, zasilana przeciwwądo dozowanym sorbentem świeżym. Kwaśne składniki spalin reagują z rozpylonym sorbentem i wodą tworząc sole nieorganiczne. Sumaryczny przebieg reakcji przedstawiają równania:



Wodorotlenek wapnia reaguje również z dwutlenkiem węgla zawartym w spalinach i innymi zanieczyszczeniami, jak chlor i fluor. W wyniku tych procesów uzyskuje się stały produkt reakcji, zawierający mieszaninę siarczynu, siarczanu i węglanu wapnia z nieprzereagowanym wodorotlenkiem wapnia oraz innymi zanieczyszczeniami usuniętymi ze spalin. Produkt poprocesowy odprowadzany jest do zbiornika produktu poreaekcyjnego. Sorbent, recyrkulat i produkt poprocesowy transportowane są pneumatycznie z wykorzystaniem gorących spalin lub powietrza.

### 3. BADANIA DOŚWIADCZALNE I ICH WYNIKI

Badania wstępne przeprowadzono na pilotowej instalacji odsiarczania spalin zabudowanej za kotłem OP-650. Przeprowadzone badania wykazały wysoką skuteczność odsiarczania spalin oraz umożliwiły opracowanie zależności skuteczności odsiarczania od wybranych (mierzonych) parametrów procesowych. Badania dotyczyły wpływu kondycjonowania spalin i nadmiaru stechiometrycznego Ca/S. Ilościowy wpływ wymienionych parametrów na skuteczność odsiarczania, dla sorbentu w postaci  $\text{Ca(OH)}_2$  o zawartości składnika czystego 93%, powierzchni właściwej  $a=12\text{m}^2/\text{g}$  i gęstości  $2252\text{ kg/m}^3$  oraz spalin o zawartości  $\text{SO}_2$   $3000\div 4250\text{ mg/nm}^3$  przedstawiono poniżej:

$$\eta = 1,628 \cdot \left( \frac{\text{Ca}}{\text{S}} \right)^{1,074} \cdot \Delta t^{-0,620}$$

gdzie:

$$\eta = \frac{c_p - c_k}{c_p} \quad \text{-skuteczność odsiarczania,}$$

$c_p, c_k$  -stężenia  $\text{SO}_2$ , początkowe i końcowe [ $\text{mg}/\text{nm}^3$ ],

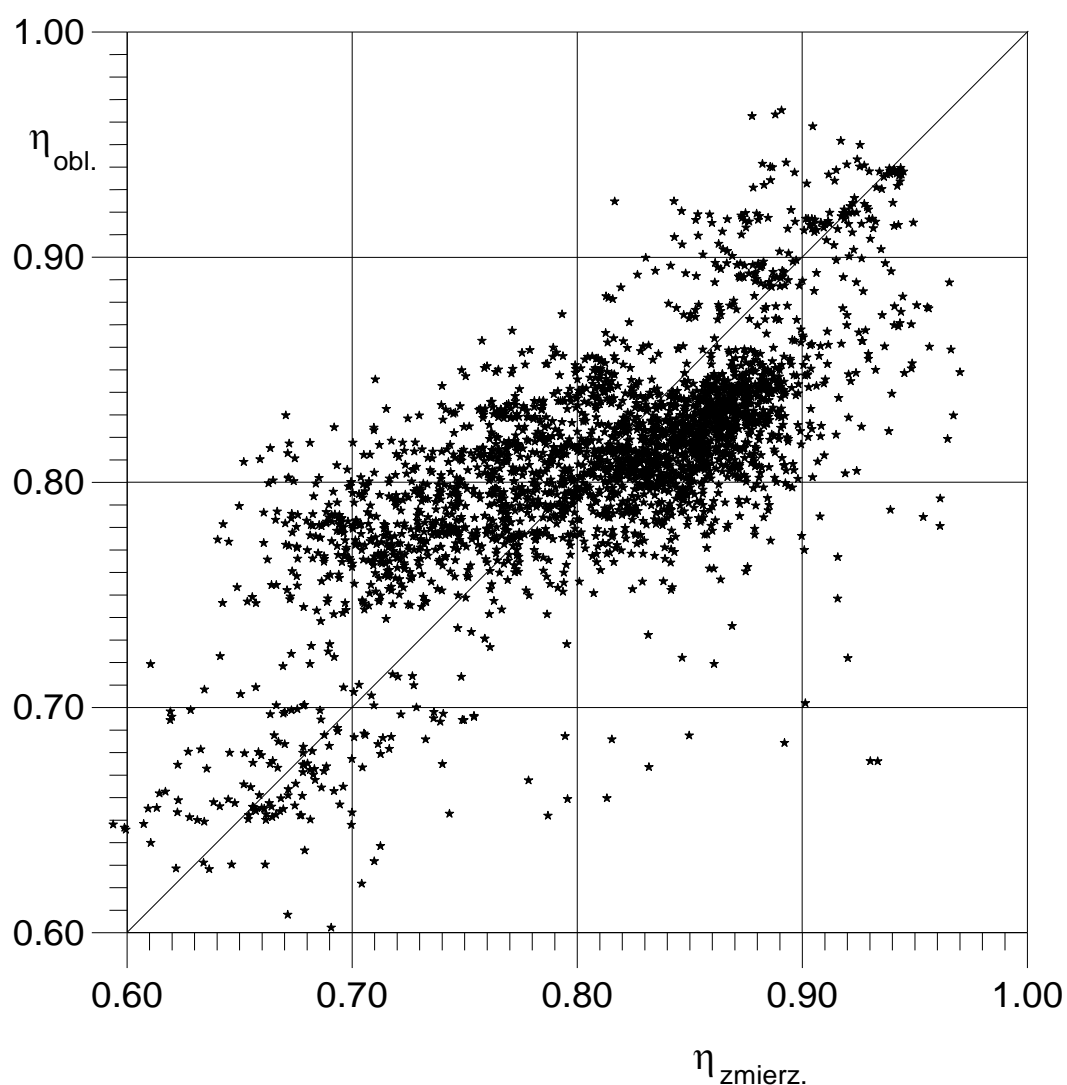
$\text{Ca/S}$  -nadmiar stechiometryczny wyrażony jako stosunek  $\text{Ca/S}$  [ $\text{mol}/\text{mol}$ ] w odniesieniu do całego strumienia  $\text{SO}_2$ ,

$\Delta t$  -różnica temperatur pomiędzy końcową temperaturą spalin i temperaturą adiabaticznego nasycenia spalin. [K].

Do opracowania równania wykorzystano 406 punktów pomiarowych.

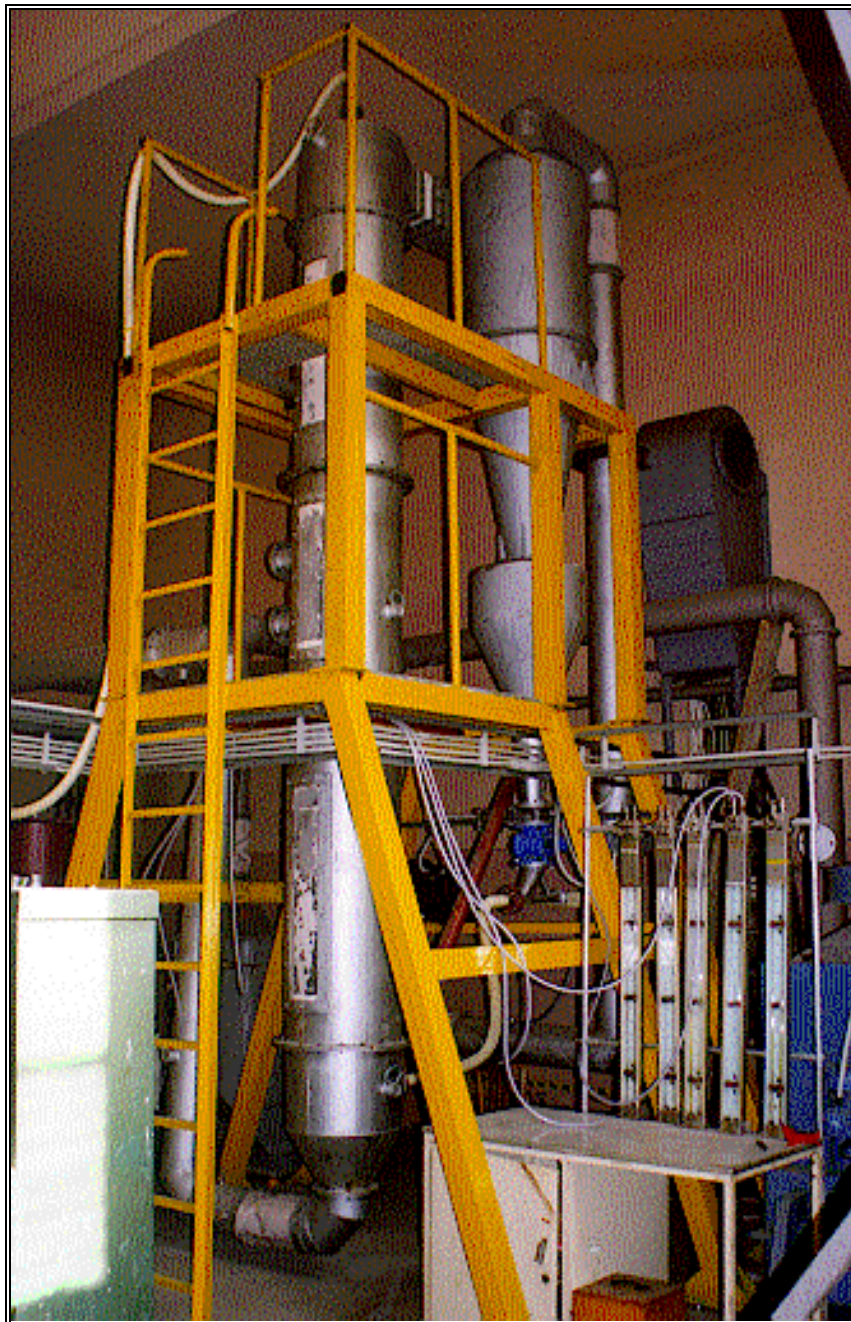
Średni błąd względny równania wynosi  $\pm 11\%$

Graficzną interpretację wyników przeprowadzonego rachunku wyrównawczego przedstawiono na rys.2.

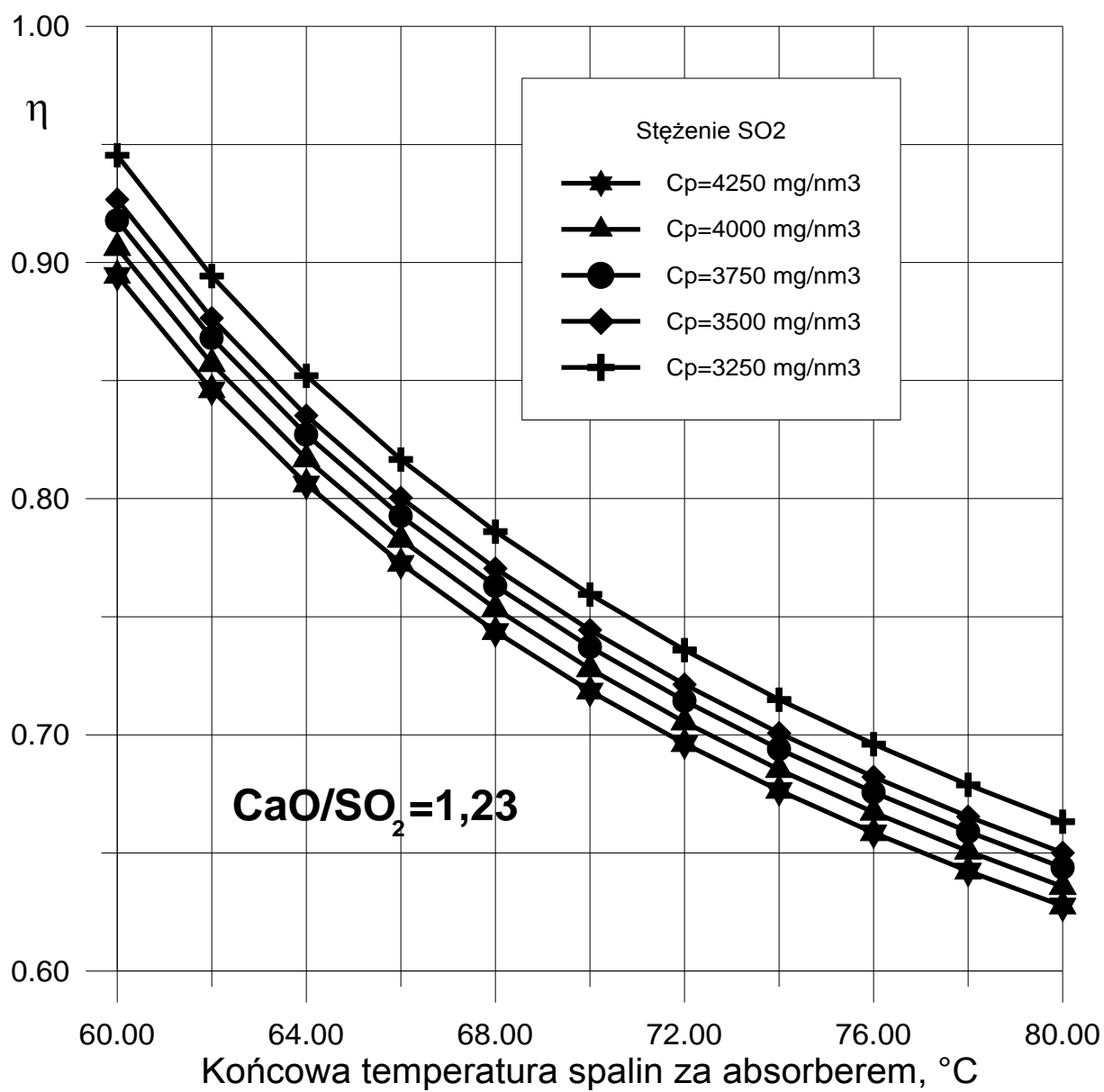


Rys.2. Graficzne porównanie zmierzonej i obliczonej skuteczności odsiarczania..

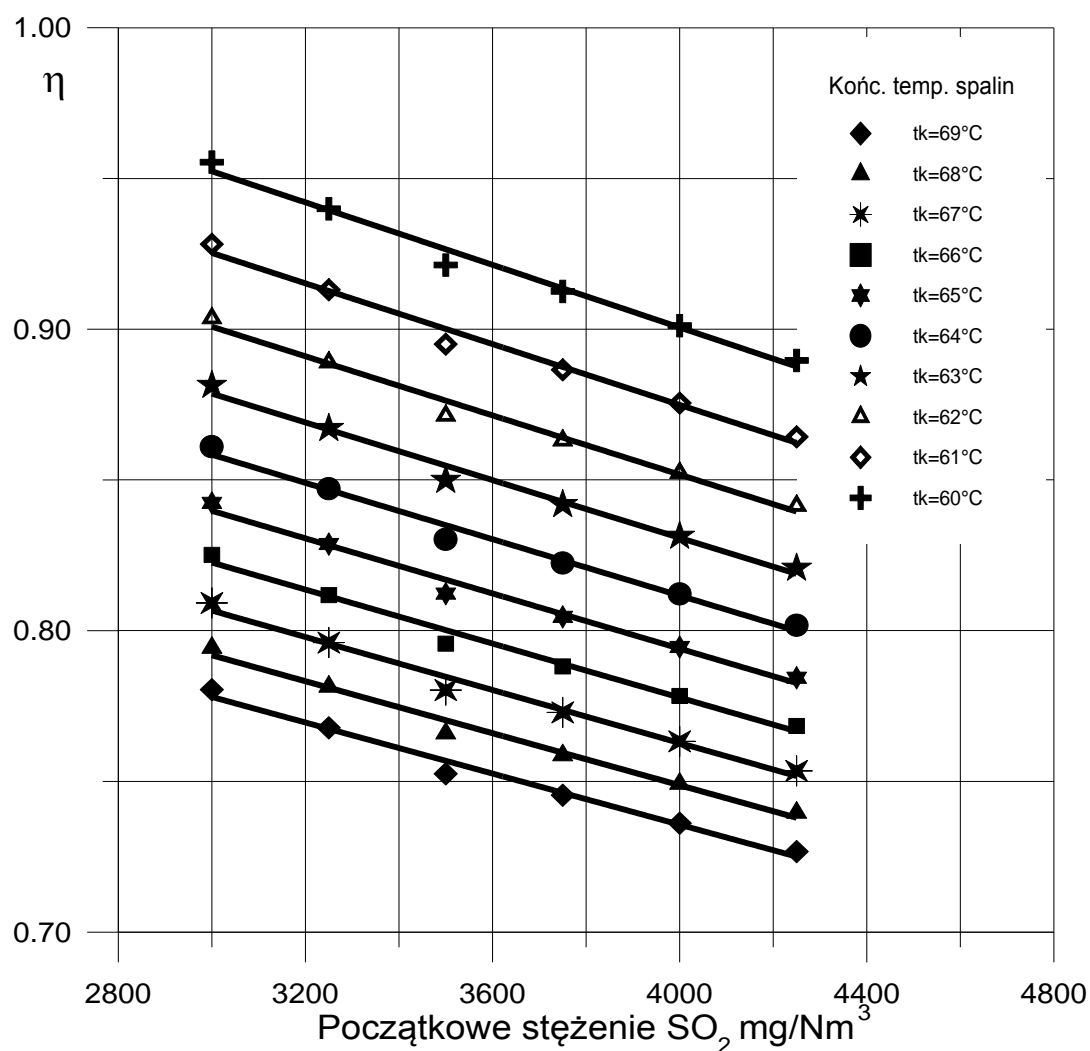
Ponieważ instalacja pilotowa umożliwiła przebadanie wpływu jedynie dwóch parametrów, wspólnie z RAFAKO S.A. zaprojektowano i wybudowano instalację wielkolaboratoryjną (rys.1 i fot.1), na której przeprowadzane są obecnie badania poszerzające, obejmujące parametry procesowe związane z przepływem mediów przez reaktor, procesami odparowania kropli, absorpcji, adsorpcji i odpylania. Wybrane wyniki badań przedstawiono na wykresach (rys.3 i rys.4).



Fot.1 Widok wielkolaboratoryjnej instalacji odsiarczania spalin z reaktorem pneumatycznym.



Rys.3. Wpływ końcowej temperatury spalin na skuteczność odsiarczania w zależności od stężenia początkowego SO<sub>2</sub>



Rys.4. Wpływ stężenia początkowego SO<sub>2</sub> w spalinach na skuteczność odsiarczania w zależności od końcowej temperatury spalin.

#### 4. PODSUMOWANIE

Jak się okazało, przedmiotową instalacja charakteryzuje się bardzo dobrymi wskaźnikami techniczno-ekonomicznymi. W trakcie badań uzyskano skuteczności odsiarczania na poziomie ok. 70÷90%. Na szczególną uwagę w ocenie instalacji zasługują: niskie zużycie sorbentu, niskie zużycie energii i brak konieczności stosowania sprężonego powietrza.

Inną, bardzo ważną, zaletą tej instalacji jest jej zwarta konstrukcja. Umożliwi to zabudowę instalacji między kotłem i istniejącym aparatem odpylającym. Instalacja może pracować samodzielnie lub współdziałać z istniejącymi urządzeniami. Należy również podkreślić walory rozwojowe instalacji, tzn., że może ona być wykorzystywana klasycznie w technice spalania, gdzie paliwo stanowią zasilane oleje opałowe lub węgiel, jak również może być użyta przy utylizacji odpadów, zarówno przemysłowych jak i komunalnych. Ze względu na przeprowadzanie procesu utylizacji w wysokich temperaturach i fakt powstawania tlenków azotu, spaliny muszą zostać wcześniej

odazotowane (np. metodą SNCR). Innym walorem jest zastosowanie węzła kondycjonowania spalin, który może zostać odłączony od całej instalacji. Jest to szczególnie istotne w przypadku, gdy wymóg skuteczności odsiarczenia spalin nie przekracza 60-70% lub w przypadku oczyszczania spalin ze spalarni odpadów. Całkowite wyłączenie węzła kondycjonowania spalin pozwala uzyskać wspomnianą skuteczność oraz utrzymać temperaturę spalin wylotowych na poziomie temperatury wlotowej. Umożliwia to pominięcie dodatkowych zabezpieczeń komina.

## 5. WNIOSKI

Instalacja charakteryzuje się bardzo dobrymi wskaźnikami techniczno-ekonomicznymi.

1. Niskie zużycie sorbentu jest możliwe dzięki zastosowaniu wielokrotnej cyrkulacji sięgającej, nawet 99%. Nie występuje tutaj ograniczenie ilości wody potrzebnej do sporządzenia zawiesiny wapiennej, jak w metodzie DRYPAC, ponieważ sorbent podawany jest w postaci suchego proszku. Takie rozwiązanie pozwala na zmniejszenie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych i zmniejszenie ilości odpadów.
2. Niskie zużycie energii spowodowane jest znacznym ograniczeniem zużycia sprężonego powietrza do transportu pneumatycznego oraz dwuczynnikowych dysz do rozpylania zawiesiny sorbentu. Oszczędność energii wynika również z faktu, że zaprojektowana instalacja obejmuje niewielką liczbę aparatów w porównaniu z instalacjami tradycyjnymi.
3. W trakcie badań uzyskano skuteczności odsiarczania na poziomie ok. 70÷90%.

## LITERATURA

- [1]. Sprawozdania z rozruchu I.O.S. BOŚ RAFAKO S.A. 1992÷1997. Prace niepublikowane (opracowania własne)
- [2]. Sprawozdanie BK-/RCh-8/98/5 pt. „Odsiarczanie gazów spalinowych w reaktorze przepływowym o pneumatycznym transporcie sorbentu”. Katedra Budowy Aparatury Chemicznej i Procesowej Politechniki Śląskiej, 1998.

## SUMMARY

Pilot plant studies desulfurization of flue gases by a semi-dry method with application of pneumatic transport were carried out. The obtained results enabled to design and to test on a large laboratory scale an installation for complex purification of flue gases, allowing for the effect of process parameters.