

Mieczysław A. Gostomczyk  
Józef Kuroпка  
Michał Domański

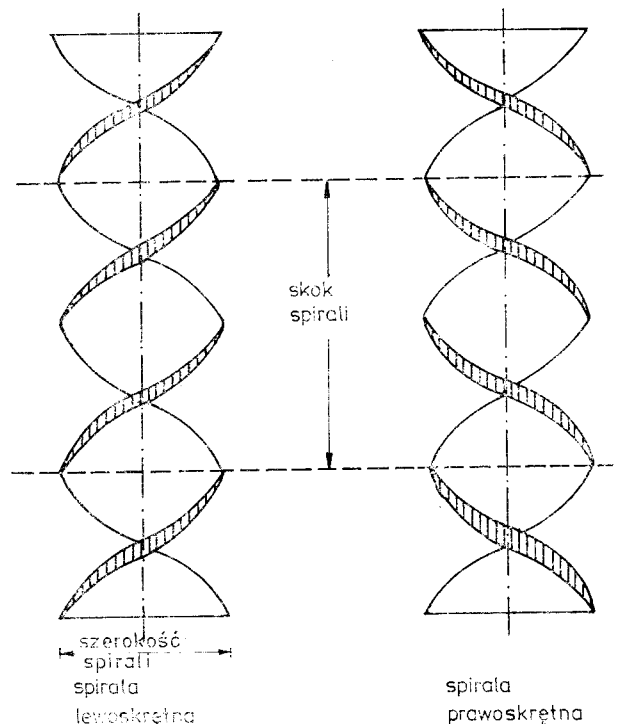
## ABSORPCJA ZWIĄZKÓW FLUORU W KOLUMNIE RURKOWEJ Z WYPEŁNIENIEM HELIOKOLOIDALNYM

Znanych jest wiele metod oczyszczania gazów odlotowych ze związków fluoru, występujących w postaci fluorowodoru i czterofluorku krzemu. Pełne ich usunięcie z odlotowych gazów przemysłowych napotyka jednak na szereg trudności. Wynika to głównie z braku wysokosprawnych urządzeń oczyszczających. Obecnie stosuje się różne typy aparatów: absorbery rozpryskowe z mechanicznym inżektorowym rozpylaniem cieczy, absorbery o półkach perforowanych oraz kolumny z wypełnieniem ruchomym i stacjonarnym.

O stopniu oczyszczania gazów ze związków fluoru oraz o niezawodności pracy instalacji oczyszczającej decydować będzie m. in. wybór odpowiedniego aparatu i medium sorpcyjnego. Proces oczyszczania gazów odlotowych komplikuje bowiem wydzielająca się krzemionka, powstająca w wyniku rozkładu czterofluorku krzemu. Z danych literaturowych omówionych w pracy [1, 2] wynika, że z różnych typów aparatów jedynie kolumny z ruchomym wypełnieniem oraz kolumny rurkowe mogą być z powodzeniem stosowane do oczyszczania gazów, zawierających czterofluorek krzemu.

Uwzględniając powyższe w badaniach [3] przeprowadzonych w Instytucie Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej do oczyszczania gazów ze związków fluoru, zastosowano absorpcję w roztworach alkalicznych, które są mniej agresywne i nie wymagają specjalnych zabezpieczeń antykorozyjnych. Ponadto badania te przeprowadzono w kolumnach rurkowych, które charakteryzują się wysoką sprawnością fazy ciekłej i gazowej oraz dużą powierzchnią wymiany masy. Element wypełnienia w formie pierścienia o długości równej średnicy rurki, stosowany jest powszechnie w kolumnach z wypełnieniem [4, 5]. W kolumnach rurkowych układa się wypełnienie pierścieniowe jedno nad drugim uzyskując powtarzalny element absorbera, oddzielony od pozostałych ścianką rurki. Oczywiście zamiast pierścieni można wstawić do kolumny rurkowej inny rodzaj wypełnienia, tańszego i łatwiejszego do wyprodukowania. Próbą sprawdzenia tych możliwości są wyniki badań uzyskane przy zastosowaniu kolumny rurkowej wypeł-

nionej skręconą helikoidalnie taśmą z twardego PCW, o długości 1,0 m, grubości 0,002 m i szerokości 0,025 m i 0,05 m. Wymiarami charakterystycznymi elementu wypełnienia są szerokość taśmy i skok skreću. Element wypełnienia przedstawia rys. 1, natomiast charakterystykę geometryczną wypełnień stosowanych w pracy zebrano w tabeli 1.



Rys. 1 Element wypełnienia

CHARAKTERYSTYKA GEOMETRYCZNA WYPEŁNIEŃ  
Tabela 1

Rodzaj wypełnienia	Szerokość elementu m	Skok skreću m	Powierzch. właściwa m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	Objętość swobodna m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
Spirala pojedyncza 40	0,05	0,40	125,8	0,952
Spirala pojedyncza 28	0,05	0,28	129,0	0,949
Spirala pojedyncza 22	0,05	0,22	133,5	0,944
Spirala potrójna 20	0,05	0,20	165,7	0,910
Spirala poczwórna 20	0,05	0,20	193,2	0,890

Doc. dr hab. inż. M. A. Gostomczyk, dr inż. J. Kuroпка, inż. M. Domański, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, Plac Grunwaldzki 9, 50-370 Wrocław.

Wypełnienie należy do typu wypełnień z warstewkowym spływem cieczy, dlatego też ważnym jest tu użycie urządzeń zraszających równomiernie rozprowadzających ciecz po całym przekroju kolumny. Badania przeprowadzono na gazach rzeczywistych, emitowanych przez zakład produkujący superfosfat, przy następujących parametrach:

natężenie przepływu gazu = 50—300 m<sup>3</sup>/h  
 stężenie HF + SiF<sub>4</sub> w gazie = 0,103—0,197 g HF/m<sup>3</sup>

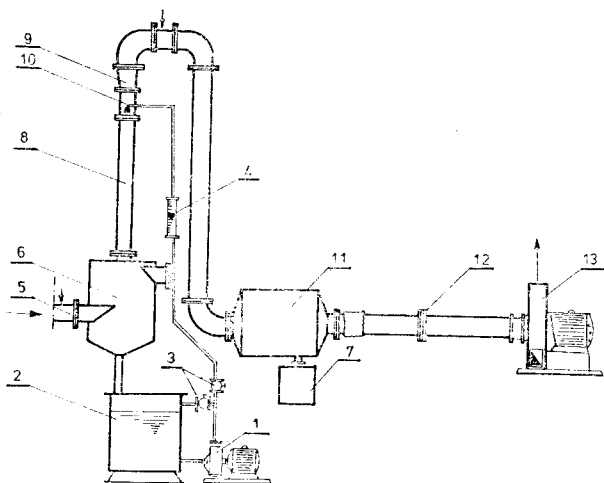
temperatura gazu = 312 K

stężenie roztworu sorpcyjnego = 1 mol NaOH; 0,5 mol Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

gęstość zraszania = 56—219 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h

objętość roztworu sorpcyjnego = 20 dm<sup>3</sup>

Badania prowadzone we współprądzie i przeciwprądzie dla następujących wypełnień: spirala o skoku 0,4 m, spirala o skoku 0,28 m, spirala o skoku 0,22 m, spirala potrójna o skoku 0,2 m, spirala poczwórna o skoku 0,2 m. Schemat instalacji doświadczalnej pokazano na rys. 2 dla przeciwprądu i na rys. 3 dla współprądu.

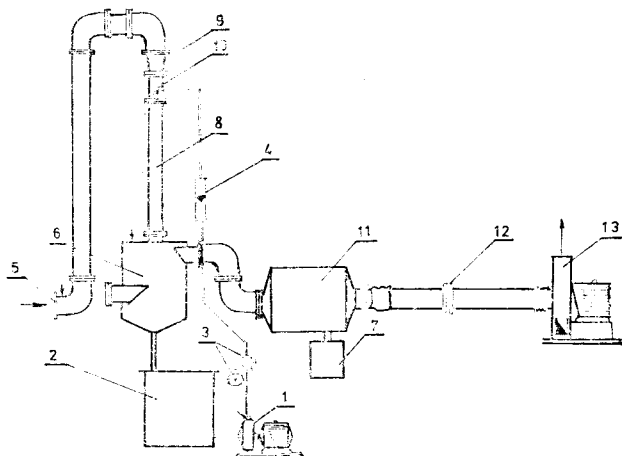


Rys. 2 Schemat instalacji doświadczalnej dla przeciwprądu 1 — pompa, 2 — zbiornik cieczi, 3 — zawory, 4 — rotametr, 5 — wlot gazu, 6 — mieszalnik gazu, 7 — zbiornik skropliny, 8 — kolumna, 9 — redukcja, 10 — dysza zraszająca

Badania w przeciwprądzie prowadzono zasysając gazy odlotowe po produkcji superfosfatu, przez wlot gazu 5 do mieszalnika gazu 6. Proces absorpcji zachodził w kolumnie rurkowej 8 ze zmiennym wypełnieniem. Oczyszczony gaz przepływał rurociągiem 9 przez odkraplacz 11 i wentylatorem 13 był wydalany do atmosfery. Natężenie przepływu gazu mierzono kryzą pomiarową 12. Poboru prób gazu do analizy dokonywano w punktach zaznaczonych strzałkami na rurociągu 5 i 9. Stężenie związków fluoru w gazie, przed i po kolumnie sorpcyjnej, oznaczano na jonometrze z selektywną elektrodą fluorkową firmy Orion. Kolumnę 8 zraszano roztworem podawanym ze zbiornika 2

pompą 1 do dyszy 10. Regulację natężenia zraszania roztworem umożliwiałały zawory 3, natomiast wielkość natężenia zraszania mierzono rotametrem 4. Skropliny z odkraplacza 11 zbierano w zbiorniku 7.

Badania we współprądzie prowadzono po prze-montowaniu instalacji zgodnie z rys. 3 (stosowano te same oznaczenia co na rys. 2).



Rys. 3 Schemat instalacji doświadczalnej dla współprądu (oznaczenia jak na rys. 2)

W pierwszej części badań porównawczych wypełnień kolumny rurkowej badano wpływ stężenia NaOH (1,0; 0,5; 0,2 mol) i Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (0,5; 0,25; 0,1) na sprawność absorpcji. Nie stwierdzono dla w/w roztworów istotnej różnicy w uzyskanych sprawnościach absorpcji związków fluoru. Również w przebadanym zakresie stężeń nie stwierdzono wyraźnej zależności sprawności absorpcji od stężenia, co pozwala na zastosowanie cyrkulacji roztworu absorpcyjnego aż do całkowitego przereagowania. W następnych seriach doświadczeń zrezygnowano więc z badań określających zależność sprawności absorpcji od stężenia alkaliców w roztworze i prowadzono badania dla 1 molowego NaOH i 0,5 molowego Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

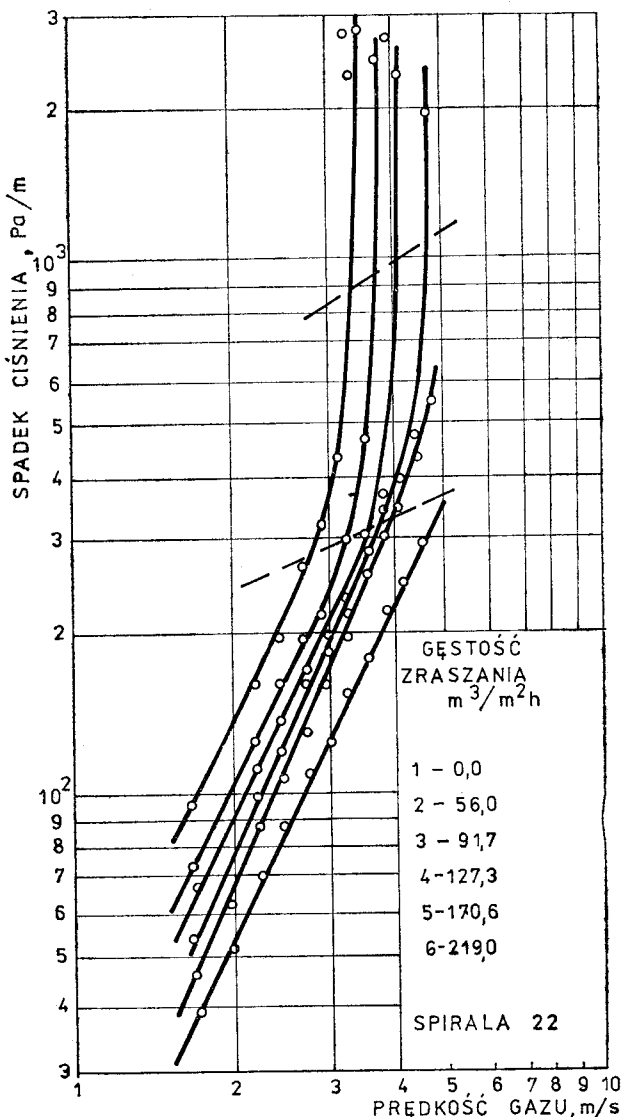
Wyniki badań spadku ciśnienia w zależności od prędkości gazu i gęstości zraszania w przeciwprądzie dla wybranego wypełnienia przedstawiono na rys. 4, natomiast na rys. 5 przedstawiono zależność spadku ciśnienia od prędkości gazu i rodzaju wypełnienia dla określonej gęstości zraszania. Podobne zależności dla współprądu przedstawiono na rys. 6 i rys. 7.

Zależność sprawności absorpcji HF i SiF<sub>4</sub> dla przeciwprądu od prędkości gazu i gęstości zraszania dla wybranego wypełnienia przedstawiono na rys. 8, natomiast zależność sprawności absorpcji HF i SiF<sub>4</sub> od prędkości gazu i rodzaju wypełnienia dla określonej gęstości zraszania pokazano na rys. 9. Podobne zależności dla współprądu przedstawiono na rys. 10 i rys. 11.

Z przebadanych wypełnień najlepsze sprawności uzyskano dla kolumny rurkowej wypełnionej spiralą poczwórna, przy gęstości zraszania

nia  $219 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$  i następujących prędkościach gazu:

przeciwprąd	$w_g = 2 \text{ m/s}$	$w_g = 3,5 \text{ m/s}$
NaOH (1 mol)	92,0%	77,5%
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (0,5 mol)	89,5%	80,0%
współprąd		
NaOH (1 mol)	60,6%	56,0%
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (0,5 mol)	62,0%	

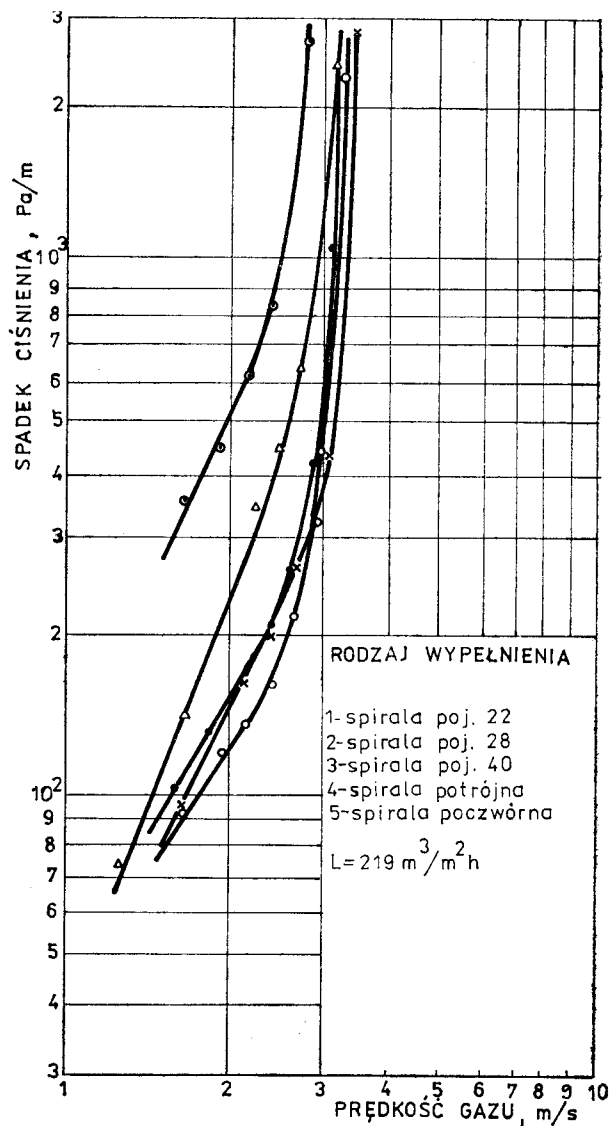


Rys. 4 Zależność spadku ciśnienia od prędkości gazu i gęstości zraszania dla wybranego wypełnienia (przeciwprąd)

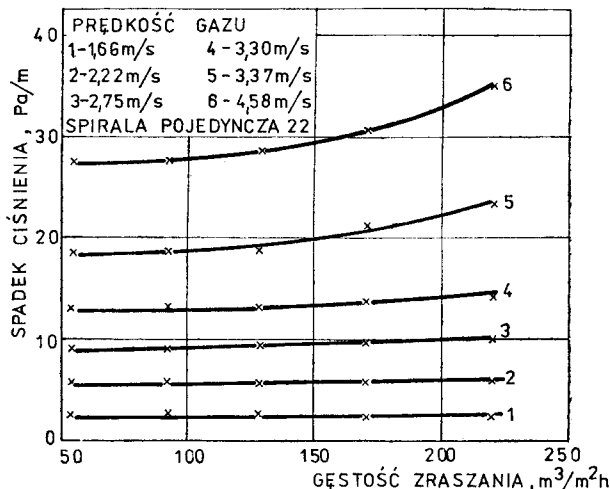
Stwierdzono znaczną różnicę sprawności absorpcji związków fluoru w układzie współprądowym i przeciwprądowym na korzyść tego ostatniego. Zaletą zaś układu współprądowego są znacznie mniejsze opory przepływu gazu przez kolumnę absorpcyjną oraz gwarancja całkowitego usunięcia, wydzielającej się w procesie krzemionki.

### Podsumowanie

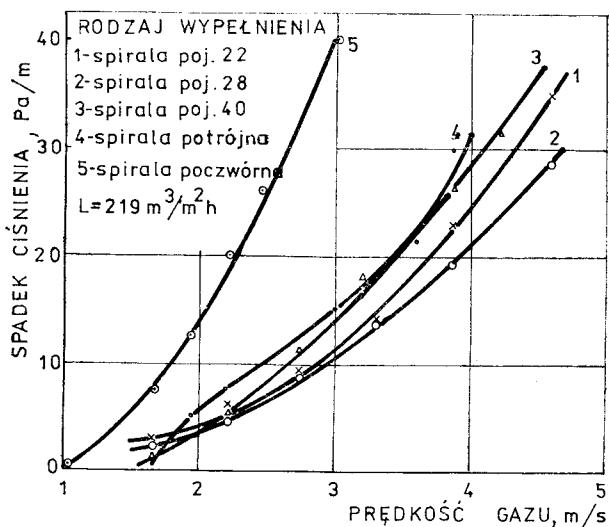
Przeprowadzone badania wykazały, że istnieje możliwość zastosowania w procesach absorpcji nowego typu kolumn rurkowych z wypeł-



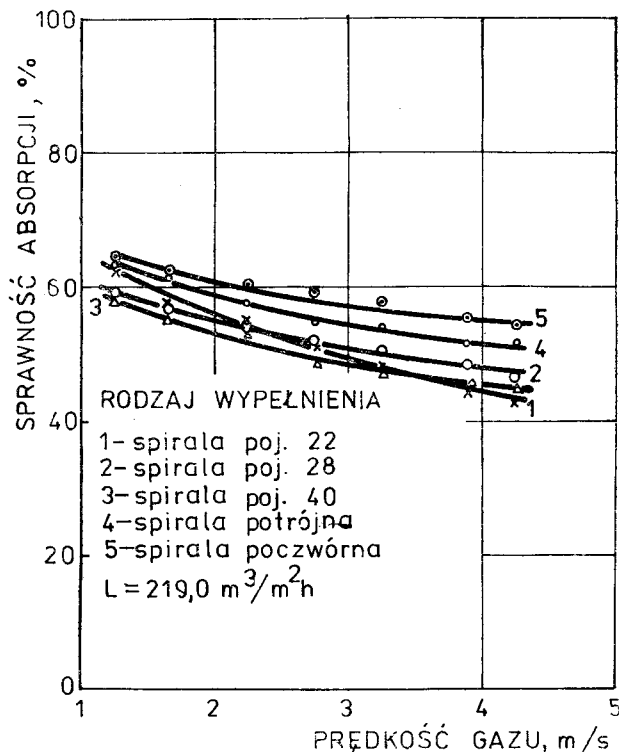
Rys. 5 Zależność spadku ciśnienia od prędkości gazu i gęstości zraszania dla wybranego wypełnienia (przeciwprąd)



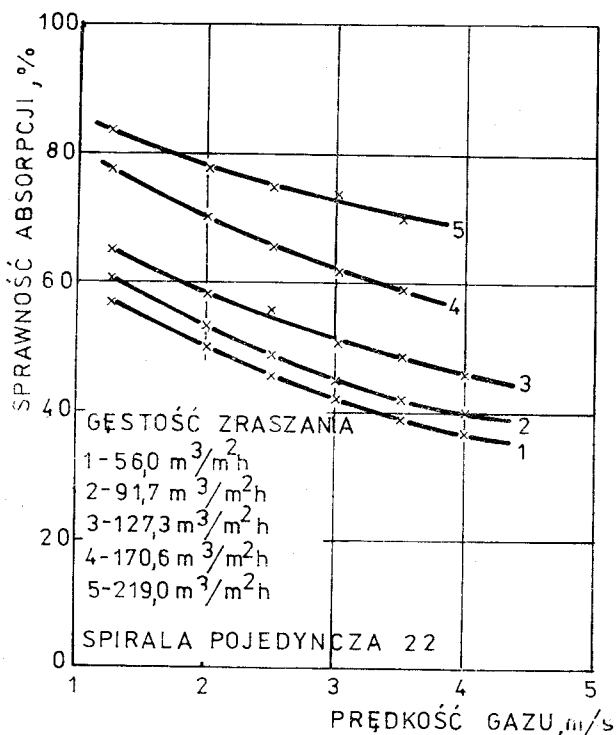
Rys. 6 Zależność spadku ciśnienia od gęstości zraszania i prędkości gazu dla wybranego wypełnienia (współprąd)



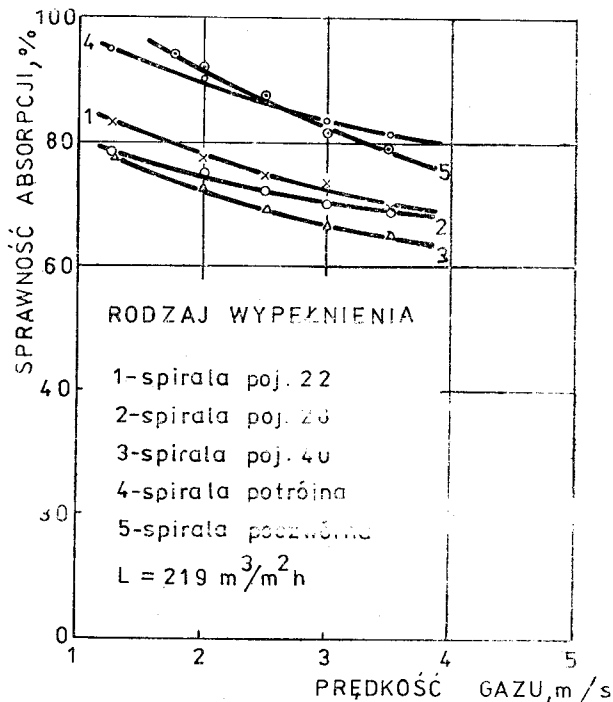
Rys. 7 Zależność spadku ciśnienia od prędkości gazu i rodzaju wypełnienia dla określonej gęstości zraszania (współprąd)



Rys. 9 Zależność sprawności absorpcji HF i SiF<sub>4</sub> od prędkości gazu i rodzaju wypełnienia dla określonej gęstości zraszania (przeciwprąd)



Rys. 8 Zależność sprawności absorpcji HF i SiF<sub>4</sub> od prędkości gazu i gęstości zraszania dla wybranego wypełnienia (przeciwprąd)



Rys. 10 Zależność sprawności absorpcji HF i SiF<sub>4</sub> od prędkości gazu i gęstości zraszania dla wybranego wypełnienia (współprąd)

nieniem w formie spiral, wykonanych z PCW. Wypełnienie to jest znacznie tańsze i łatwiej produkowane od wypełnień pierścieniowych. Przewiduje się możliwość wykorzystania wyników badań przy projektowaniu absorberów do oczyszczania gazów z HF i SiF<sub>4</sub>, powstających przy produkcji kwasu fosforowego. Wymagać to będzie jeszcze badań uzupełniających w absorberze wielorurkowym.

#### LITERATURA

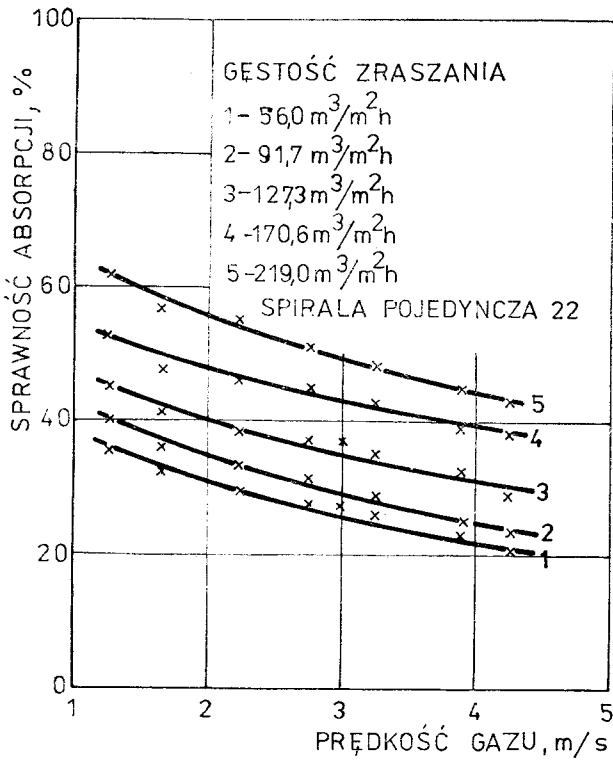
1. M. A. GOSTOMCZYK, J. KUROPKA, M. DOMAŃSKI: „Ochrona Środowiska” 1980, nr 346, s. 36–39.

2. M. A. GOSTOMCZYK, J. KUROPKA, M. DOMAŃSKI: „Ochrona Środowiska” 1984, nr 434, s. 33–37.
3. M. A. GOSTOMCZYK, J. KUROPKA, M. DOMAŃSKI: Raport Inst. Inż. Ochr. Środow. PWR nr 1, 1981 (praca niepublikowana).
4. S. FILIP i in.: PRL, Pat. nr 86393, 1976.
5. S. SUDER: Badania hydrauliki i kinetyki wymiany masy w procesie absorpcji gazów odlotowych w kolumnach rurkowych. Praca doktorska. Politechnika Wroclawska 1977.

M. A. Gostomczyk, J. Kuropka,  
M. Domański

### FLUORINE COMPOUND ABSORPTION IN A TUBE COLUMN WITH HELICOID PACKING

The experiments were run in a packed tube column to remove fluorine compounds from flue gases emitted by a superphosphate manufacturing plant. The packing consisted of PVC ribbons twisted in a specific way to form helicoids. The process parameters were as follows: gas flow rate, 50 to 300  $m^3h^{-1}$ ; concentration of  $HF+SiF_4$  in the gas, 0,103 to 0,197  $g HFm^{-3}$ ; concentration of sorbing solution, 1 mol NaOH, 0,5 mol  $Na_2CO_3$ ; spray density, 56 to 219  $m^3m^{-2}h^{-1}$ . Different helix leads were tested in co-current and counter-current flow. The highest efficiencies of absorption were those achieved in a tube column packed with a quadruple helix, at a spray density of 219  $m^3m^{-2}h^{-1}$  and a gas flow rate of 2  $ms^{-1}$  (92% efficiency in 1 mol NaOH and 89,5% in 0,5 mol  $Na_2CO_3$  at counter-current flow; 60,6% and 62,0% efficiencies, respectively, at co-current flow). The experimental results may be of utility in designing industrial absorbers for the removal of HF and  $SiF_4$  generated during phosphoric acid manufacture.



Rys. 11 Zależność sprawności absorpcji  $HF$  i  $SiF_4$  od prędkości gazu i rodzaju wypełnienia dla określonej gęstości zraszania (współprąd)