

Ryszard Skrzyś

Zjednoczenie Górniczo-Hutnicze
Metali Nieżelaznych

FILTR WŁÓKNISTY DO WYCHWYTYWANIA MGŁY KWASU SIARKOWEGO

Rudy metali nieżelaznych takich, jak cynk, ołów czy miedź występują w przyrodzie w połączeniach chemicznych z siarką.

Z uwagi na własności fizykochemiczne tych rud sposób ich przerobu, zwany inaczej wzbogacaniem, jest różny i specyficzny dla każdego z pierwiastków podstawowych z osobna. Podstawowe procesy metalurgiczne otrzymywania cynku, ołowiu czy miedzi poprzedzone zostają operacjami, tzw. prażeniem lub spiekaniem, w zależności od technologii otrzymywania metali. Wspólną natomiast cechą zarówno prażenia, jak i spiekania koncentratów metalonosnych jest odpędzenie siarki. Proces odpędzenia siarki realizowany jest w takich aparatach hutniczych jak:

- piece zawieszinowe i fluidyzacyjne,
- taśmy spiekające Dwight-Lloyd,
- konwertory do świeżenia kamienia miedziowego.

W wyniku reakcji spalania siarki, gazy produkcyjne, opuszczające te aparaty, oprócz pyłów zawierają SO_2 . Zawartość SO_2 w gazach w zależności od technologii spalania siarki wynosi od 4%-6%. Gazy technologiczne zawierające 4%-6% SO_2 zostają następnie przerobione w fabrykach kwasu siarkowego na H_2SO_4 lub płynne SO_2 .

Przemysł metali nieżelaznych posiada fabryki kwasu siarkowego pracujące metodą wieżową lub kontaktową. Gazy poreacyjne, zwane inaczej końcowymi, które emitowane zostają do atmosfery, zawierają SO_2 , SO_3 i mgłę kwasu siarkowego. Z uwagi na zanieczyszczenie atmosfery związkami siarki, jak również stronę ekonomiczną (odzysk H_2SO_4), zaistniała konieczność opraco-

wania sposobu kompleksowej neutralizacji gazów końcowych, względnie przynajmniej wychwytywania mgły kwasu siarkowego.

W latach 1958-1963 przeprowadzono szereg prób wychwytywania mgły H_2SO_4 , stosując takie urządzenia, jak:

- zwężkę Venturiego w fabryce H_2SO_4 w Z.C. "Szopienice",
- cyklon typu SIOT w Z.C. "Silesia".

Z uwagi na chemiczne agresywne środowisko, powodujące korozję, jak również bardzo wysokie koszty eksploatacji, zaniechano dalszych prób zarówno ze zwężką Venturiego, jak i cyklonem. W dalszym ciągu więc problem ograniczenia emisji H_2SO_4 z fabryk kwasu siarkowego pozostał nierozwiązany. Warto zaznaczyć, iż globalna emisja H_2SO_4 w przemyśle metali nieżelaznych w skali roku wynosi 1200 t.

Oprócz zwężki Venturiego oraz cyklonów w światowej technice odpylania do wychwytywania mgły H_2SO_4 stosuje się elektrofiltry mokre, filtry siatkowe oraz rzadziej filtry ceramiczne. Elektrofiltry mokre stosowane są w Anglii i ZSRR, natomiast filtry siatkowe w USA i Anglii.

W 1964 r. grupa inżynierów ze Zjednoczenia Górniczo-Hutniczego Metali Nieżelaznych, Instytutu Metali Nieżelaznych oraz Zakładów Cynkowych "Silesia" opracowała koncepcję nowego urządzenia do wychwytywania mgły kwasu tzw. filtra włóknistego. We dług posiadanego rozeznania literaturowego badania filtrów włóknistych prowadzą również firmy:

- Imperial Chemical Industries - Anglia,
- Monsanto Chemical Company - Kanada,
- Instytut NIUI Fe - ZSRR w zakładzie "Elektrocynk".

Opis konstrukcji filtra włóknistego

Doświadczalny filtr włóknisty został zaprojektowany przez "BIPROMET" - Katowice i wykonany w Z.C. "Silesia" - Huta "Rздzionków". Schemat budowy filtra pokazano na rys. 1. Doświadczalny filtr włóknisty składa się z:

- 1) korpusu filtra,
- 2) głowicy filtra,

- 3) kosza wewnętrznej,
- 4) kosza zewnętrznej,
- 5) pokrywy górnej,
- 6) pokrywy dolnej,
- 7) warstwy włókna szklanego,
- 8) przelewu,
- 9) podstawy trójnożnej,
- 10) rurki odprowadzającej ciecz.

Zasadniczym czynnikiem filtracyjnym jest warstwa o grubości 5 cm waty szklanej w welonie, umieszczona pomiędzy koszem wewnętrznym i zewnętrznym. Od strony kosza zewnętrznego i wewnętrznego wata pokryta jest welonem z włókna szklanego. Kosze wykonane są z siatki drucianej w kształcie walca o wysokości 1500 mm, średnicy kosza wewnętrznego 200 mm, zewnętrznego 300 mm.

Badania przeprowadzono przy wyłożeniu filtra watą szklaną przy gęstości pakowania 95 kg/m^3 , co odpowiada porowatości warstwy 96,6%.

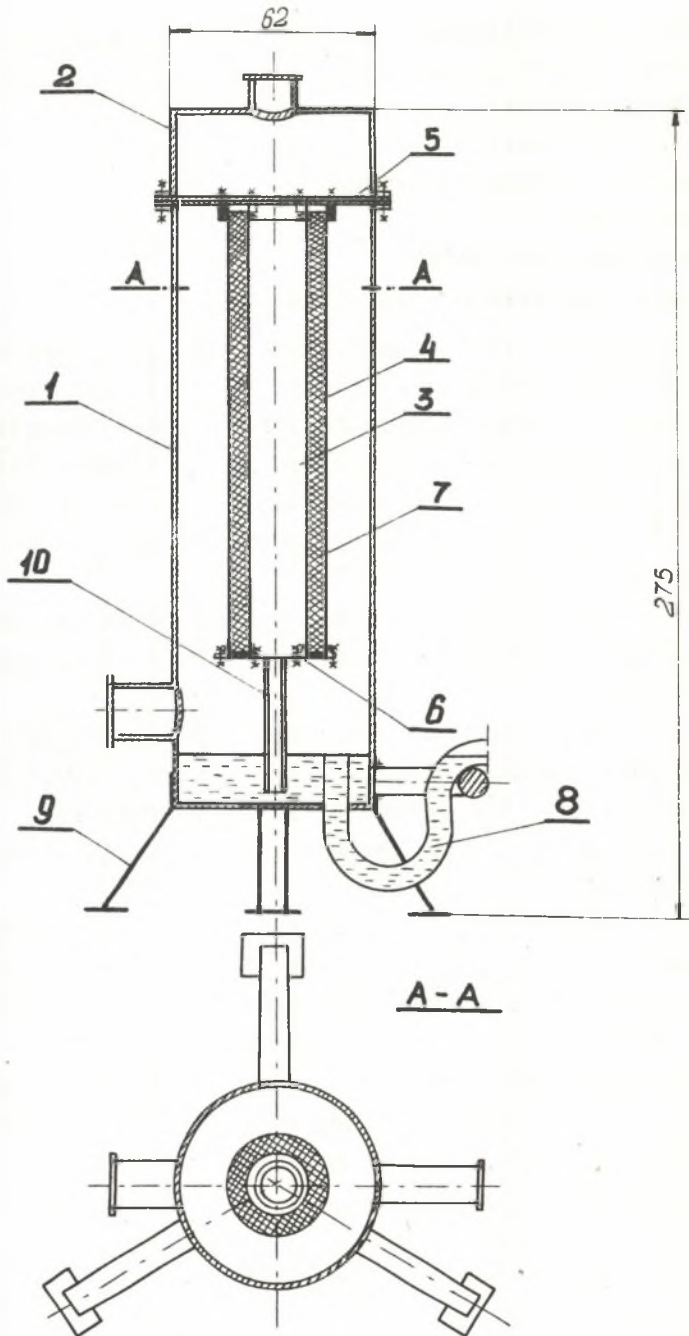
Powierzchnia filtracyjna badanej jednostki jest równa $0,942 \text{ m}^2$. Obudowę doświadczalnego filtra włóknistego, składającą się z korpusu i głowicy, wykonano z blachy stalowej. W dnie korpusu zainstalowano przelew dla odprowadzenia kwasu wychwyconego w filtrze.

Filtry włókniste stosuje się głównie do wychwytywania drobnych cząstek mgły poniżej 3 mikronów. W tym zakresie wielkości cząstek ruchy Browna odgrywają dużą rolę, a stają się ruchami zasadniczymi dla cząstek poniżej 0,1 mikrona. Osadzanie cząstek mgły H_2SO_4 na włóknach filtra następuje pod działaniem sił bezwładności, sedymentacji, dyfuzji, a także sił elektrostatycznych. Stopień wytrącania cząstek w filtrze włóknistym określa się jako

$$\rho = 1 - e^{-\lambda}$$

gdzie:

λ - współczynnik wychwycenia aerozoli przez filtr.



Rys. 1. Budowa filtra włóknistego

Stopień strącenia zależy od wielkości cząstek aerozoli, ich lepkości, szybkości gazu, średnicy włókna i gęstości pakowania względnie porowatości.

Przebieg prób i badań

Doświadczalny filtr włóknisty zainstalowano w Z.C. "Silesia" - Huta "Radzionków" dla wychwytywania mgły kwasu siarkowego, zawartej w gazach odlotowych, pochodzących z fabryki kwasu siarkowego, produkowanego metodą wieżową. Gazy odlotowe, oprócz mgłą kwasu siarkowego, zanieczyszczone są znaczną ilością drobnych cząstek szlamu. Oczyszczone są one z większych kropel kwasu i ze szlamu w cyklonie, zabudowanym nad ostatnią wieżą Gay-Lussaca.

Badania przeprowadzono dla dwóch sposobów przepływu gazu przez filtr doświadczalny.

W pierwszym sposobie przepływ gazu odbywał się zgodnie z kierunkiem spływu wytrąconego w filtrze kwasu siarkowego. Wlot gazów następował poprzez głowicę na wewnętrzną powierzchnię walca elementu filtracyjnego. Po przejściu przez warstwę waty szklanej, otoczoną z dwóch stron welonem, na zewnętrzną stronę walca gaz był odprowadzany dalej na zewnątrz filtra. Krople kwasu siarkowego zawarte w gazie zatrzymywały się na warstwie filtracyjnej i spływały do dolnej części korpusu filtra, skąd przez krociec przelewowy kwas był okresowo odprowadzany na zewnątrz.

W drugim sposobie podłączenia gaz doprowadzony był od dołu i przepływał przez zewnętrzną powierzchnię walca elementu filtracyjnego, przez warstwę waty szklanej, otoczonej z dwóch stron welonem, wewnętrzną część walca i głowicę filtra do rurociągu odprowadzającego. Wytrącona mgła w postaci kropel kwasu siarkowego spływa po wewnętrznej części walca elementu filtracyjnego i przez rurkę odprowadzana była do dolnej części korpusu filtra, a następnie przez przelew okresowo na zewnątrz. Spływ wytrąconego kwasu siarkowego odbywał się w przeciwnym kierunku do przepływu gazów w filtrze.

Jak już uprzednio zaznaczono, instalacja doświadczalna została podłączona do rurociągu przemysłowego przed cyklonem. Doprowadzany do instalacji doświadczalnej gaz zawierał oprócz mgły kwasu siarkowego i tlenków azotu jeszcze pewne ilości szlamu. Szlam ten osadzał się na warstwie filtracyjnej powodując dodatkowy wzrost oporu filtra. Zjawisko to powodowało poważne trudności przy określaniu zależności oporu od prędkości filtracji i czasu pracy filtra.

Należy również podkreślić, że badania były prowadzone w warunkach ruchowych, charakteryzujących się niestabilnością procesu technologicznego. Ponadto w czasie badań przeprowadzane były różne awaryjne naprawy pieca oraz kilkakrotnie przełączano dmuchawy fabryki kwasu siarkowego.

Wyżej opisane warunki, w jakich prowadzono badania, spowodowały wahania w natężeniu przepływu gazu przez filtr, w wartości mgły kwasu siarkowego w gazie przed filtrem oraz dużą zmienność takich parametrów gazu, jak temperatura i ciśnienie statyczne. W efekcie występował dość duży rozrzut skuteczności wychwytywania mgły przez filtr.

Cała instalacja doświadczalna, jak również i sam filtr, wykonane były ze zwykłej stali. Okresowe oględziny filtra wykazały, że powierzchnia filtra pokryta była warstwa białego szlamu, którą można było łatwo usunąć strumieniem wody. Szlam ten dobrze rozpuszcza się w wodzie.

Po przepłukaniu element filtracyjny wykazywał dobry stan techniczny bez jakichkolwiek śladów uszkodzenia warstwy filtracyjnej.

Po około 3-miesięcznej eksploatacji stwierdzono otworki w przewodach doprowadzających gaz do filtra, spowodowane korozją.

Czas pracy filtra wynosił ok. 6 godzin na dobę i towarzyszył mu wzrost oporu o ok. 20-40 mm H_2O . Po każdej przerwie przy następnym uruchomieniu filtra zauważono obniżenie wartości oporu w stosunku do wartości końcowej otrzymanej z pomiarów dnia poprzedniego. Można zatem stwierdzić, że w filtrze podczas jego postoju zachodziło zjawisko samoczynnej regeneracji elementu filtracyjnego.

Na podstawie parametrów pracy filtra określono opory, natężenie przepływu gazu, prędkości filtracji oraz skuteczność wychwytywania mgły H_2SO_4 .

W trakcie prób przeprowadzono dwie różne serie pomiarów:

- I serię przy początkowej prędkości filtracji - 7,6 m/min,
- II serię przy początkowej prędkości filtracji - 9,9 m/min.

W trakcie prowadzonych prób przebadano na stacji doświadczalnej filtra włóknistego pojedynczy element filtracyjny o powierzchni filtracji: zewnętrznej $1,41 m^2$ i wewnętrznej $0,942 m^2$, przy czym uwzględniono dla obliczenia prędkości filtracji wartość pośrednią.

Omówienie wyników prób i badań

Na podstawie badań doświadczalnego filtra ustalono niektóre zależności, a mianowicie:

- zmianę wielkości oporu i prędkości filtracji od czasu pracy filtra,
- wzrost skuteczności wychwytywania mgły w czasie "nasywania" warstwy filtracyjnej kwasem, aż do osiągnięcia stanu stabilizacji.

Zależności te określono dla dwóch kierunków przepływu gazów przez filtr, a mianowicie przy przepływie gazów z góry na dół i z dołu w górę. Stwierdzono, że z upływem czasu wzrost oporu jest silny, co wiąże się z "nasyeniem" warstwy kwasem i z zaszlamowaniem powierzchni filtracyjnej.

Czasokres "nasyenia" dla przepływu gazu z góry w dół wynosił 3-4 godzin, a z dołu w górę 6-7 godzin. W podobny sposób zmieniają się prędkości filtracji z upływem czasu pracy filtra.

"Nasyenie" filtra związane ze wzrostem oporu przepływu odbija się wyraźnie na wzroście skuteczności wychwytywania mgły, która dla wszystkich 4 serii pomiarowych stabilizowała się na wysokości ok. 90%.

W trakcie prób stwierdzono wyraźny wpływ kierunku przepływu gazu na wielkości i zmianę oporu przepływu gazów przez

filtr. Mianowicie przy przepływie gazu z góry w dół wielkości oporu ukształtowały się, po początkowym okresie silnego wzrostu, na wysokości 130-180 mm H_2O , podczas gdy przy przepływie z dołu w górę - na wysokości 310-440 mm H_2O . Wskazuje to na wyraźną przewagę kierunku przepływu gazów z góry w dół z punktu widzenia oporów przepływu i tym samym umożliwia przyjęcie wyższych prędkości filtracji przy danej wielkości oporu.

Analiza efektywności ekonomicznej

Skł. Efekty ekonomiczne, wyniki z zastosowania filtra włóknistego do wychwytywania mgły kwasu siarkowego, wiążą się z:

1. Kosztami budowy urządzeń do wychwytywania mgły kwasu.
2. Wartością odzyskanego kwasu.
3. Zmniejszeniem strat z powodu korozji budynków i urządzeń.

Przykładowo poniżej podaje się obliczenie zastosowania filtra włóknistego do wychwytywania mgły kwasu siarkowego w miejscu elektrofiltrowania.

Obliczenia wykonano na przykładzie fabryki kwasu siarkowego o produkcji dobowej wynoszącej 110 t H_2SO_4 /dobę. Ilość odprowadzonego do atmosfery gazu wynosi 15000 m^3/h . Średnia zawartość mgły kwasu siarkowego w gazach 2,5 g/m^3 .

Przyjęto 85% skuteczności wychwytywania mgły kwasu siarkowego. Ilość odzyskanego kwasu wynosi więc: 31,7 kg/h czyli 7600 kg/dobę.

Przyjmując czas pracy fabryki kwasu siarkowego w skali rocznej 330 dni, odzysk kwasu w ciągu roku wyniesie: 252 t H_2SO_4 na rok. Do obliczeń tych nie wzięto pod uwagę awaryjnych okresów, w czasie których zawartość mgły kwasu siarkowego w gazach wzrasta, a tym samym średni odzysk kwasu w skali rocznej jest znacznie wyższy.

Przyjmując cenę 1 t kwasu - 1050 zł, wartość odzyskanego kwasu w skali rocznej wyniesie 265.000 zł. Przyjmując dla tej ilości gazów budowę wolnostojącej jednostki filtra włóknistego z elementami filtracyjnymi - koszt jej budowy wyniesie 50.000 zł. W wypadku, gdy na wylocie gazów z układu produk-

cyjnego nie ma rezerwy nadciśnienia, zachodzi konieczność za-
budowy wentylatora. Łącznie z wentylatorem koszt budowy wyno-
si orientacyjnie 100.000 zł. Koszt samego włókna szklanego,
którego żywotność wynosi ponad pół roku, jest bardzo niski i
można go pominąć. Zastosowanie dla identycznego przypadku mo-
krego elektrofiltra wiąże się z poniesieniem kosztów budowy w
wysokości 1150000 zł. Koszt eksploatacji elektrofiltra jest
znacznie wyższy od kosztów eksploatacji filtra włóknistego.

Z powyższego przykładu widać ogromną różnicę w nakładach
inwestycyjnych na budowę filtra włóknistego i elektrofiltra
rurowego do wychwytywania mgły kwasu siarkowego z takiej sa-
mej ilości gazów. Przy tym niesprawdzona skuteczność wychwyty-
wania elektrofiltra rurowego nie może być wyższa od skutecz-
ności filtra włóknistego więcej niż o 10%.

W tej sytuacji widać wyraźnie, że zastosowanie filtra włók-
nistego stanowi bardzo ekonomiczne rozwiązanie ochrony powie-
trza atmosferycznego przed zanieczyszczeniem mgłą kwasu siar-
kowego, emitowaną przez fabryki kwasu siarkowego.

Perspektywy zastosowania filtra włóknistego

Z powyższego krótkiego omówienia sposobu wytrącania mgły
 H_2SO_4 na bazie włókien szklanych widać wyraźnie możliwości za-
stosowania filtra włóknistego we wszystkich fabrykach kwasu
siarkowego w przemyśle metali nieżelaznych. W najbliższym cza-
sie zbudowane zostaną filtry w Z.C. "Silesia", Z.C. "Szopie-
nice", Z.C. "Trzebina" i H.M. "Legnica". W przyszłości prze-
widuje się zainstalowanie filtrów w H.C. "Miasteczko" oraz w
nowo budowanej fabryce kwasu siarkowego w KGH Bolesław.

Niezależnie od tego istnieje możliwość zastosowania fil-
trów włóknistych w takich technologiach, jak:

- wychwytywanie mgieł kwasu fosforowego,
- oczyszczanie gazowego chloru produkowanego elektrolitycznie,
- oczyszczanie sprężonego gazu i powietrza od mgieł oleju i
wody,
- wychwytywanie mgły SO_3 z katalitycznej konwersji SO_2 na SO_3 ,

- wychwytywanie mgły H_2SO_4 i H_3PO_4 z procesu produkcji metodą katalityczną moką,
- usuwanie cieczy radioaktywnych, pyłów toksycznych o niskim stężeniu w gazach, wirusów i bakterii,
- usuwanie śladów oleju i innych zanieczyszczeń z amoniaku przed reaktorami w fabrykach kwasu azotowego,
- odzysk katalizatorów platynowych w produkcji kwasu azotowego,
- usuwanie oleju z gazów w obiegach wysokociśnieniowej syntezy amoniaku,
- wychwytywanie różnych mgieł organicznych.

Realizując konsekwentnie program działania przemysłu metali nieżelaznych w zakresie ograniczenia emisji pyłów, mgieł i gazów do atmosfery rozwiązano jeden z zasadniczych problemów w tym względzie, jakim była emisja mgły kwasu siarkowego, przyznając się tym samym do wydatnej poprawy stanu sanitarnego powietrza atmosferycznego.

S t r e s z c z e n i e

Omówiono konstrukcję filtra włóknistego z waty szklanej, wyniki badań oporów przepływu i skuteczności wychwytywania mgły kwasu siarkowego z gazów odlotowych przy produkcji tego kwasu metodą wieżową. Podano wnioski z dłuższego okresu pracy takiego filtra przy prędkości filtracji 7,6 i 9,9 m/min. Określono efekty ekonomiczne, wynikające z przemysłowego zastosowania filtra.

ВОЛОКНИСТЫЙ ФИЛЬТР ДЛЯ ЗАХВАТЫВАНИЯ СЕРНОКИСЛОТНОГО ТУМАНА

Р е з ю м е

Обсуждено конструкцию волокнистого фильтра заполненного стеклянной ватой, а также результаты исследования сопротивлений движения и эффективности захватывания серно-кислотного тумана из отходящих газов во время производства серной кислоты по башенной системе. Подано выводы с наблюдения периода работы при скорости фильтрации 7,6 и 9,9 м/мин. Определено экономические эффекты связанные с промышленным применением волокнистого фильтра.

A FIBRE FILTER FOR CAPTURING OF THE VAPOURS OF SULPHUR ACID

S u m m a r y

In the paper the construction of a fibre filter made of glass wool has been described, also the results of tests of the flow resistance and of the efficiency of capturing the fog of sulphur acid from the exit gases at the production of this acid by the tower method. Conclusions are given from a long period of work of that filter at the filtration speed of 7,6 and 9,9 m/min. Economical effects of the industrial application of the filter have been estimated.