

# Kierunki rozwoju produkcji kwasu siarkowego w instalacjach typu metalurgicznego

Piotr GRZESIAK – Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2010, 64, 6, 462-469

## Wstęp

Polska jest obecnie jednym z największych producentów kwasu siarkowego. W 2007 r. jego produkcja wynosiła 2 mln t monohydratu(MH)/rok, co daje 2. miejsce w Europie i 7. miejsce w świecie [1]. Prawie połowa tej ilości kwasu pochodzi z instalacji typu metalurgicznego.

W ostatnich dziesięcioleciach dokonano olbrzymiego postępu w produkcji kwasu siarkowego w wyniku wdrażania nowych rozwiązań technologicznych, prowadzących do zmian metod i technologii produkcji kwasu oraz zmniejszania emisji związków siarki i ilości deponowanych szkodliwych odpadów [2].

Współczesne rozumienie postępu, to nie tylko osiągnięcia technologiczno-techniczne, czy optymalizacja procesów, ale także działania mające istotne znaczenie dla ograniczenia skutków oddziaływania tej produkcji na środowisko [3, 4].

Technologia produkcji kwasu siarkowego jest obecnie już dobrze poznana, a jej dalsze udoskonalenie staje się coraz trudniejsze z powodu konieczności wiązania jej z regulami ekonomii i wymaganiami ochrony środowiska. Wejście Polski do Unii Europejskiej pociągnęło za sobą konieczność określania skutków oddziaływania technologii na środowisko naturalne oraz wskazanie sposobów ograniczenia lub całkowitego ich wyeliminowania [5, 6].

W procesie wyprężania siarczkowych rud cynku, ołowiu czy miedzi powstają duże objętości gazu zawierającego znaczne ilości pyłu i ditlenku siarki oraz pewne ilości tritlenku siarki, i innych szkodliwych zanieczyszczeń gazowych odpowiadających składowi przerabianych koncentratów. Ich obecność w gazie procesowym kierowanym do fabryki kwasu siarkowego jest zdecydowanie niepożądana.

## Oczyszczanie gazu procesowego

Jednym z najważniejszych węzłów przygotowania gazu do przeobu na kwas siarkowy w instalacjach typu metalurgicznego jest węzeł oczyszczania gazu procesowego powstałego w procesie wyprężania rud metali nieżelaznych. Panujące w piecu warunki powodują przedostawanie do gazu pyłu, agresywnych związków siarki ( $SO_2$ ) oraz innych szkodliwych zanieczyszczeń gazowych (HF, HCl).

Gaz procesowy po opuszczeniu pieca jest chłodzony w kotle, a następnie oczyszczany w elektrofiltrach suchych. Wstępnie oczyszczony gaz poddaje się dalszemu oczyszczaniu na drodze mokrej w węźle myjącym i na elektrofiltrach mokrych, a następnie osuszaniu w węźle suszącym. Pozbawiony wszystkich zanieczyszczeń gaz jest następnie kierowany do instalacji kwasu siarkowego.

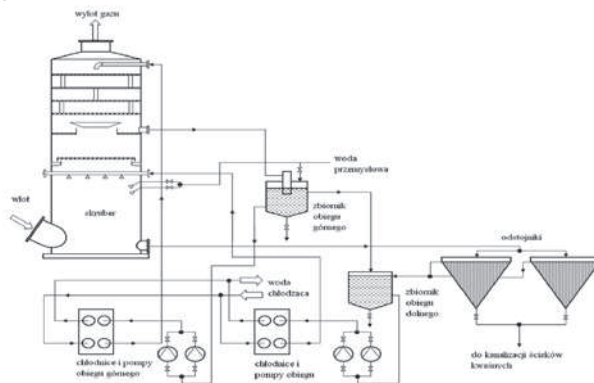
Różnorodność występujących zanieczyszczeń i konieczność dokładnego oczyszczenia gazu wymagała stosowania coraz bardziej skutecznych urządzeń myjących, takich jak półkowy skrubler Swemco z podwójnym obiegiem (rys. 1), skrubler DynaWave firmy MONSANTO (rys. 2) lub skrubler Venturi, albo radialny RFS (rys. 3) [7-9]. Powszechnie stosowanym obecnie rozwiązaniem układów myjących jest dwustopniowe mycie i chłodzenie gazu. Pierwszy stopień, to skrubler, w którym usuwa się pył poprzez wtrysk cieczy w strugę gazu i adiabatyczne jego schładzanie, a drugi stopień, to wieża chłodząca z wypełnieniem. Wszystkie te rozwiązania aparaturowe zostały wykorzystane w krajowych wytwórniach kwasu siarkowego. Skrubler Swemco jest stosowany z powodzeniem w ZGH BOLESŁAW w Bukownie, skrubler DynaWave pracuje od niedawna w Hucie Miedzi

LEGNICA, a skrubler RFS pracują z powodzeniem w Hucie Miedzi GŁOGÓW, zarówno na gazach stabilnych (Huta Miedzi GŁOGÓW II), jak i niestabilnych (Huta Miedzi GŁOGÓW I).

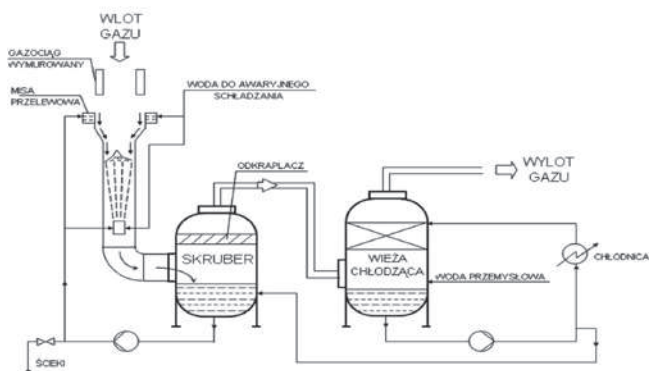
Poszczególne rozwiązania aparatów węzła mycia gazu posiadają zalety i wady, dlatego niezmiernie ważny jest odpowiedni ich dobór, uwzględniający specyfikę produkcyjną zakładów. Rozwiązania uniwersalne nie istnieją.

Stosowanie bardziej skutecznych urządzeń myjących i właściwy ich dobór wpływa na długość cykli produkcyjnych. Szczególnie trudny jest dobór w zależności od właściwości gazu (temperatura, zawartość i charakter wymywanych zanieczyszczeń, zmienny przepływ) oraz warunków pracy aparatów (erozja i korozja większości materiałów konstrukcyjnych). Gaz powinien być odpylony do ok. 30-50 mg/Nm<sup>3</sup> i schłodzony do temperatury 30-35°C. Zawartość fluoru w gazie nie powinna przekraczać 2 ppm ze względu na możliwość poważnych zanieczyszczeń chłodnic kwasu, demisterów, wymurówek, wypełnień ceramicznych i katalizatora. Obecność fluoru i chloru w gazie procesowym jest szczególnie szkodliwa dla procesu produkcji kwasu siarkowego.

Wydaje się jednak ekonomicznie uzasadnione, że jeżeli natężenie przepływu gazu jest stabilne, lub jego zmienność niewielka, to można stosować skrubler DynaWave lub skrubler Venturi oraz sprawdzone rozwiązania skrublerów SWEMCO.

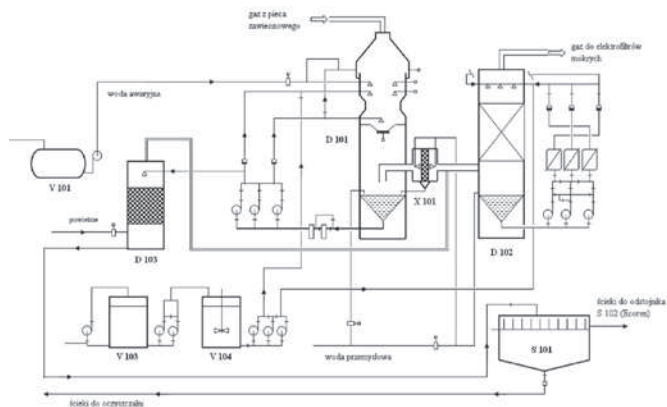


Rys. 1. Schemat węzła chłodzenia i mycia gazów ze skrublerem typu SWEMCO



Rys. 2. Schemat węzła chłodzenia i mycia gazów z zastosowaniem skrubera DynaWave

Gdy natężenie przepływu gazu zmienia się w znacznym zakresie, lub występuje pulsacja przepływu, najkorzystniej stosować skrubler typu RFS o promieniowym przepływie gazu, uzyskując założoną



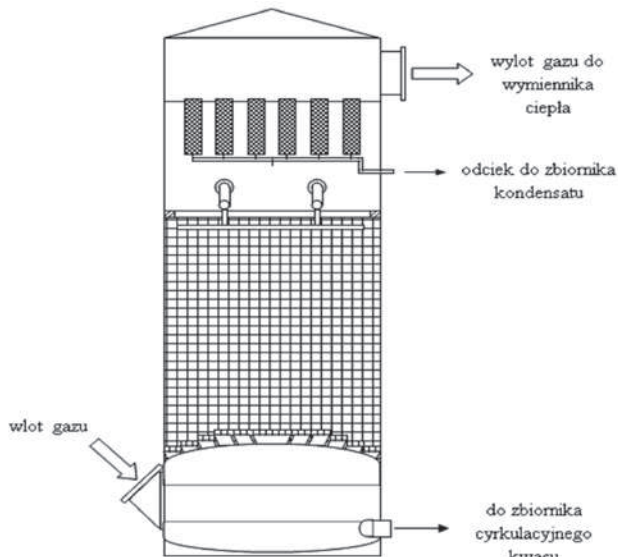
Rys. 3. Schemat węzła chłodzenia i mycia gazów ze skruberem RFS

sprawność odpylania przy optymalnym spadku ciśnienia gazu oraz stabilizację przepływu gazu za skruberem, co pozytywnie wpływa na pracę elektrofiltrów mokrych.

### Absorpcja wilgoci i tlenku siarki

We wszystkich krajowych instalacjach proces absorpcji jest realizowany w stężonym roztworze kwasu siarkowego w wieżach pracujących w układzie przeciwprądowym [7]. Te urządzenia gwarantują osuszenie powietrza do poniżej 0,02 g H<sub>2</sub>O/Nm<sup>3</sup> i gazu procesowego do poniżej 0,2 g H<sub>2</sub>O/Nm<sup>3</sup> oraz skuteczność absorpcji SO<sub>3</sub> powyżej 99,9% w każdym z typów instalacji.

Konstrukcje wież mogą być tradycyjne, z rusztem podpartym lub nowoczesne, z rusztem samonośnym (rys. 4). Te dwa rozwiązania są stosowane w krajowych instalacjach, ale przeważnie jest to rozwiązanie tradycyjne. Ruszt samonośny jest stosowany w wieży suszącej i w wieżach absorpcyjnych w Hucie Miedzi GŁOGÓW II. Jako wypełnienie stosuje się elementy ceramiczne różnego kształtu, przy czym obecnie już w większości usypane.



Rys. 4. Wieża absorcyjna z rusztem samonośnym

We wszystkich krajowych instalacjach wieże absorcyjne są wyposażone w wysokosprawne demistery służące do usuwania z gazu mgły i kropel kwasu siarkowego. W większości fabryk pracują demistery bardzo wysokiej jakości, produkcji OMEGA Bielsko Biala, dostarczane również w wersji odpornej na działanie fluoru.

W niektórych zakładach prowadzi się optymalizację parametrów pracy węzła susząco-absorcyjnego. Warto pamiętać, że stosowanie tej techniki daje wymierne korzyści polegające na wydłużeniu żywotności stosowanego katalizatora do utleniania SO<sub>2</sub> (zmniejszenie odpadów), zmniejszenie emisji SO<sub>3</sub> (zmniejszenie opłat lub kar za korzystanie ze środowiska), a także zwiększenie wydajności termodynamicznej aparatu kontaktowego – zmniejszenie emisji SO<sub>2</sub> i opłat lub kar za korzystanie ze środowiska. Prowadzona w niektórych krajowych fabry-

kach optymalizacja parametrów procesu absorpcji pozwala m. in. wydłużyć cykle produkcyjne do nawet 4 lat, bez konsekwencji wzrostu emisji SO<sub>x</sub>, co jeszcze nie tak dawno nie było absolutnie możliwe.

### Technologie produkcji kwasu siarkowego

Dyrektywa BAT zawiera przegląd technik utleniania SO<sub>2</sub>, a podstawowe kryterium ich stosowania, to stężenie ditlenku siarki w gazie (tab. 1) [6].

Tablica 1

Techniki (technologie) utleniania SO<sub>2</sub> w produkcji kwasu siarkowego

Proces	Stężenie SO <sub>2</sub> , %	Przemiana %	Emisja SO <sub>3</sub> <sup>2)</sup>
PK/PA	3-6	97,5-98,5 <sup>4)</sup>	0,4 kg/t MH*
DK/DA	6-12	99,6 <sup>1)</sup>	0,1 kg/t MH
Proces WCP	0,05-7	98,0	< 10 ppmv SO <sub>3</sub>
Proces oparty na NO <sub>x</sub>	0,05-2	blisko 100 <sup>3)</sup>	brak danych
Proces oparty na H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		> 99,0	bardzo niskie

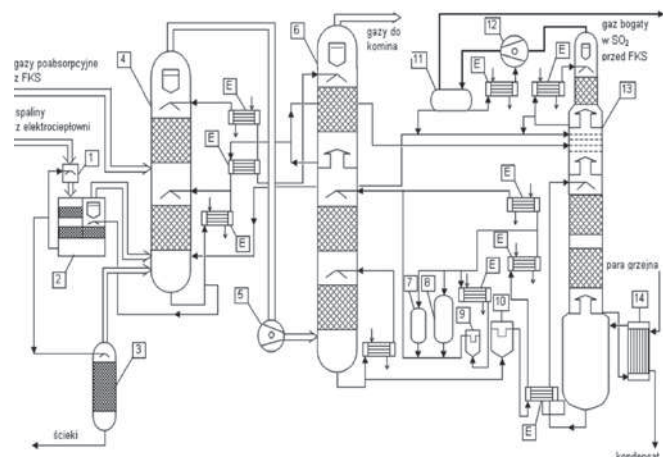
<sup>1)</sup> – przy spalaniu siarki, <sup>2)</sup> – SO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> wyrażone jako SO<sub>3</sub>, <sup>3)</sup> – ewentualna emisja NO<sub>x</sub>, <sup>4)</sup> – dla istniejących fabryk stopień przemiany wynosi 98%, \* – monohydrat (100% kwas siarkowy)

W krajowych instalacjach kwasu siarkowego stosuje się procesy jednostopniowe PK/PA (pojedyncze kontaktowanie/pojedyncza absorpcja) i wielostopniowe DK/DA (dwukrotne kontaktowanie/dwukrotna absorpcja) [5].

### Technologia PK/PA

Proces ten może być realizowany w nowych instalacjach tylko wtedy, gdy gaz procesowy zawiera małe (3-6%) i zmienne ilości SO<sub>2</sub>. Możliwy do uzyskania stopień przemiany wynosi ok. 98,5% i może wzrosnąć do 99,1% w przypadku zastosowania katalizatora modyfikowanego cezem. W fabrykach już pracujących trudno osiągnąć stopień przemiany powyżej 98%.

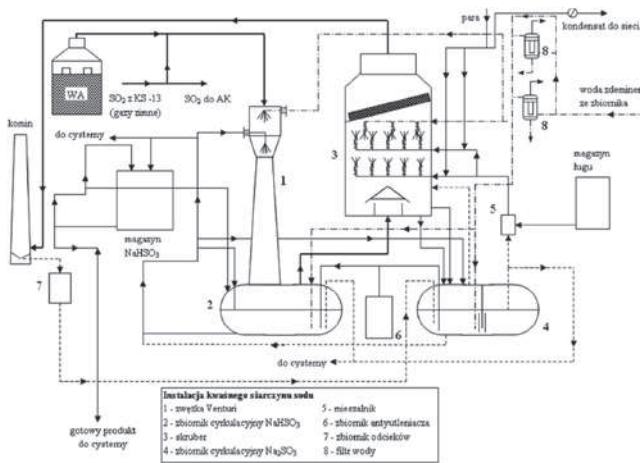
Technologia PK/PA jest stosowana w dwóch krajowych instalacjach typu metalurgicznego (Huta Miedzi LEGNICA) i jednej instalacji typu siarkowego (GZNF FOSFOR). Pomimo że wszystkie te instalacje są wyposażone w czteropółkowe aparaty kontaktowe, to możliwości osiągnięcia wysokiej przemiany SO<sub>2</sub> są ograniczone kinetycznie, a zwiększenie obciążenia instalacji gazowym SO<sub>2</sub> jest równoznaczne ze zwiększeniem emisji ditlenku siarki do atmosfery. Dlatego fabryki te zostały dodatkowo wyposażone w instalacje odsiarczania spalin (rys. 5, 6). W rozwiązaniu firmy Linde (rys. 5) stosuje się selektywną absorpcję fizyczną SO<sub>2</sub> w rozpuszczalniku posiadającym zdolność regeneracji. Zdesorbowany SO<sub>2</sub> wzbogaca gaz procesowy kierowany do fabryki kwasu siarkowego stabilizując wahania stężenia SO<sub>2</sub> i pracę aparatu kontaktowego – przemianę SO<sub>2</sub> do SO<sub>3</sub>. W fabryce typu siarkowego zastosowana została alkaliczna absorpcja SO<sub>2</sub> z wytworzeniem handlowego wodorosiarczanu(IV) sodu (rys. 6). Podstawowe wskaźniki krajowych fabryk kwasu siarkowego zestawiono w tabelicy 2.



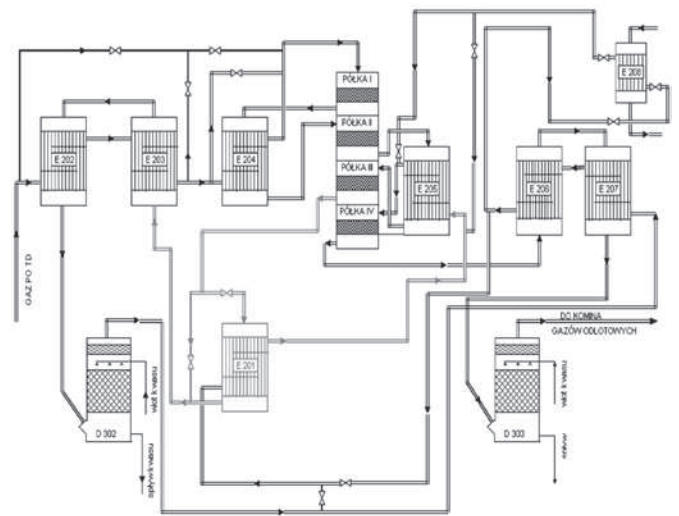
Rys. 5. Schemat instalacji SOLINOX do usuwania SO<sub>2</sub>

Wskaźniki krajowych fabryk kwasu siarkowego dla stosowanych technologii

Wskaźnik	Technologia		
	PK/PA	DK/DA	TK/TA
Stężenie SO <sub>2</sub> w gazie do AK, %	8	10	10-15
Prędkość liniowa przepływu gazu, Nm/s	0,3	0,35	0,4
Średnica AK, m	6,5	5,2	4,4
Układ półkowy AK	4+0	3+1 lub 3+2, 2+2	3+1+1 lub 2+2+1
Wskaźnik zużycia katalizatora, dm <sup>3</sup> /tMH·24h	200-280	170-200	160-180
Wydajność procesu utleniania, %	95	99,5	99,95
Wydajność procesu absorpcji, %	99,9	99,95	99,995
Wielkość emisji SO <sub>2</sub> + SO <sub>3</sub> , kg/h	250	50	4
Ilość wież absorpcyjnych	1	2	3
Ilość wymienników ciepła	4	5-6	7
Wskaźnik odzysku pary, t/tMH	1,8	1,5	1,3-1,5
Wskaźnik zużycia siarki, kg/tMH	333	329	327



Rys. 6. Schemat instalacji wodorosiarczynu(IV) sodu



Rys. 7. Autotermiczny układ technologiczny węzła kontaktowo-absorpcyjnego instalacji typu metalurgicznego

**Technologia DK/DA**

Technologia DK/DA powinna być realizowana wtedy, gdy stężenie SO<sub>2</sub> wynosi powyżej 6%. Wydajność pierwszego stopnia utleniania powinna wynosić ok. 95%. Absorpcja SO<sub>3</sub> powoduje przesunięcie równowagi reakcji utleniania SO<sub>2</sub> w kierunku tworzenia się SO<sub>3</sub> i daje możliwość zwiększenia wydajności termodynamicznej procesu do ok. 99,6%.

W instalacjach typu siarkowego autotermiczna realizacja procesu przy obciążeniu od 6% SO<sub>2</sub> nie następuje żadnych trudności. Pomimo że stosowanie tej technologii w instalacjach typu metalurgicznego w sposób autotermiczny było bardzo trudne, ze względu na dużą zmienność składu i natężenia przepływu oraz temperatury gazu, problem ten został w Polsce rozwiązany (rys. 7). Dla przyjętej koncepcji układu technologicznego węzła kontaktowo-absorpcyjnego, wymiennik E201 przekazuje nadwyżkę ciepła z I° kontaktowania na podgrzanie gazu kierowanego na IV półkę aparatu kontaktowego – 2° kontaktowania.

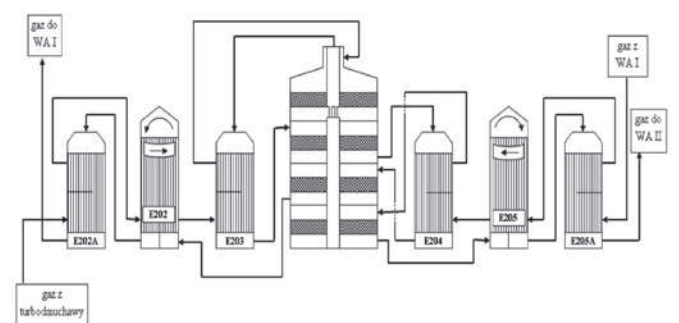
Zadaniem technologia optymalizującego przebieg procesu utleniania SO<sub>2</sub> jest określenie parametrów pracy aparatu kontaktowego dla danych warunków realizacji procesu w całym cyklu produkcyjnym. Przy wyznaczaniu tych parametrów muszą obowiązywać zasady ilościowego przebiegu procesu, ograniczeń związanych z dezaktywacją katalizatora i ograniczeń materiałowych oraz kinetycznych.

Te zasady zostały uwzględnione przy projektowaniu innych fabryk kwasu siarkowego typu metalurgicznego, m.in. w Zakładach Górniczo-Hutniczych BOLESŁAW w Bukownie, pracujących w sposób autotermiczny (rys. 8).

**Utlenianie SO<sub>2</sub>**

Na początku lat 70. ub. w. prowadzono w Polsce pionierskie badania nad nowymi typami niskooporowych katalizatorów wanadowych

FKS I - węzeł kontaktowy



Rys. 8. Układ technologiczny węzła kontaktowo-absorpcyjnego instalacji w ZGH BOLESŁAW Bukowno

w kształcie pierścieni Raschiga o różnych średnicach charakteryzujących się wysoką aktywnością katalityczną, bardzo dobrymi właściwościami fizycznymi i niskim współczynnikiem oporu [10]. Posiadały one zdolność gromadzenia większej ilości pyłu, bez wzrostu oporu hydraulicznego warstwy. Opracowano m.in. rozwiązanie technologiczne stabilizujące teksturę i strukturę katalizatora na etapie wytłaczania granulek, poprzez zastosowanie specjalnego stabilizatora posiadającego równocześnie właściwości porotwórcze. Rozwiązano także sposób formowania katalizatora za pomocą SO<sub>2</sub> powstającego w wyniku utleniania się siarki wprowadzonej do katalizatora na etapie jego wytwarzania. Na podstawie wyników badań kinetycznych, i ich weryfikacji aplikacyjnych, opracowano współczynniki do obliczenia rozkładu katalizatora niskooporowego w aparacie kontaktowym i odpowiedniego półkowego nadmiaru masy uwzględniającego uwarunkowania procesowe.



Wdrożenie tego katalizatora przyniosło olbrzymie korzyści ekonomiczne i ekologiczne oraz postawiły krajowe fabryki typu metalurgicznego w czołówce światowej.

W wytycznych BAT zaleca się stosowanie na wybranych półkach katalizatora promotorowanego cezem, ze względu na jego korzystniejsze właściwości kinetyczne w zakresie niskich temperatur. Zastosowanie tego typu katalizatora pozwala zwiększyć możliwości kinetyczne procesu utleniania  $\text{SO}_2$ . Ze względu na posiadane właściwości katalizator ten preferowany jest na ostatnią półkę aparatu kontaktowego lub jako warstwa zapłonowa na I półce, szczególnie w instalacjach przerabiających gaz z zakładów metalurgicznych metodą pojedynczej konwersji. Przy stosowaniu technologii DK/DA korzyści są nieznaczne.

Należy jednak pamiętać, że pracujący w warunkach przemysłowych katalizator ulega dezaktywacji pod wpływem m.in. żelaza korozyjnego wprowadzanego do fazy aktywnej katalizatora. Katalizator ten traci swoje właściwości, a katalizator cezowy szybciej niż katalizator tradycyjny.

## Podsumowanie

W procesie oczyszczania gazu, po wyprażeniu rud metali nieżelaznych, stosuje się rozwiązania zalecane przez BAT, gwarantujące wysoką czystość gazu przerabianego na kwas siarkowy, co pozwala wydłużyć cykle produkcyjne fabryk, pod warunkiem optymalizowania procesu.

Rozwiązanie stosowane w zakresie absorpcji wilgoci i tritlenku siarki nie odbiegają od standardów wyznaczonych przez BAT, a optymalizacja procesów, przewyższająca technikę oferowaną przez BAT, gwarantuje bardzo wysokie, stabilne sprawności absorpcji w całym cyklu produkcyjnym.

Wszystkie krajowe instalacje stosują preferowaną przez BAT technologię DK/DA lub akceptowaną (PK/PA + absorpcja końcowa  $\text{SO}_2$ ). Dzięki opracowanym rozwiązaniom, instalacje mogą pracować autotermicznie.

Do utleniania  $\text{SO}_2$  stosuje się katalizatory wanadowe zgodnie z obowiązującymi standardami, dobrane w sposób odpowiedni do warunków realizacji procesu.

Stosowana w niektórych fabrykach optymalizacja parametrów pracy instalacji pozwala stabilizować wielkość emisji związków siarki do atmosfery, zgodnie z wymaganiami BAT. Zastosowanie tej techniki przewyższa rozwiązania oferowane jako BAT.

Konsekwencją prowadzonej modernizacji przemysłu kwasu siarkowego jest wyraźna poprawa stanu środowiska objętego emisjami tych zakładów, co stwarza możliwości jego rolniczego wykorzystania.

## Literatura

1. Rocznik statystyczny Polski 2009. Warszawa 2009.
2. Grzesiak P.: *Kwas siarkowy*. Tom 1. *Metody i technologie produkcji kwasu siarkowego*. IOR Poznań 2002, ISBN 83-916204-2-5.
3. Grzesiak P., Grobela M.: *Możliwości ograniczenia emisji związków siarki z fabryki kwasu siarkowego w wyniku optymalizacji procesów*. (51-66). *Chemiczne aspekty badań środowiska*. Tom 3, (81) UAM Poznań 2005, ISBN 83-89936-04-6.
4. Grzesiak P.: *Polski przemysł kwasu siarkowego w realiach Unii Europejskiej*. (47-53). *Chemia w zrównoważonym rozwoju*. (650), PAN Poznań, UAM Poznań 2006, ISBN 83-89723-Y.
5. Grzesiak P.: *Kwas siarkowy*. Tom 3. *Rozwój produkcji kwasu siarkowego w Polsce*. IOR Poznań 2004, ISBN 83-89867-15-X.
6. Grzesiak P.: *Kwas siarkowy*. Tom 2. *Najlepsze dostępne techniki w produkcji kwasu siarkowego*. IOR Poznań 2004, ISBN 83-916204-7-6.
7. Grzesiak P.: *Produkcja kwasu siarkowego w hutnictwie metali nieżelaznych*. Część 1. *Metody, technologie i przygotowanie gazu*. Rudy i Metale Nieżelazne 2002, 3, 112-119.
8. Chmielarz A., Traczewski W., Korycki Z.: *Oczyszczanie gazów technologicznych w pilotowej instalacji skrubera DynaWave*. (77-82). *Kwas siarkowy na progu integracji europejskiej*. (391), IOR Poznań 2001, ISBN 83-916204-0-9.
9. Kadłubiec A.: *Przegląd współczesnych rozwiązań technologiczno-aparaturowych, dla węzłów chłodzenia i mycia gazów, w fabrykach kwasu siarkowego przy*

*hutach metali kolorowych*. (255-236). *Kwas siarkowy nowe wyzwania*. (292), IOR Poznań 2003, ISBN 83-916204-9-2.

10. Grzesiak P.: *Kwas siarkowy*. Tom 5. *Katalizatory wanadowe do utleniania  $\text{SO}_2$* . IOR Poznań 2005, ISBN 83-89867-50-8.

11. Grzesiak P.: *Kwas siarkowy*. Tom 7. *Optymalizacja pracy fabryki kwasu siarkowego typu metalurgicznego wg technologii PK/PA*. IOR Poznań 2006, ISBN 83-89867-75-3.

Prof. dr hab. Piotr GRZESIAK jest absolwentem Wydziału Chemii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Jest autorem ponad 450 prac naukowych, w tym 220 publikacji w recenzowanych czasopismach krajowych i zagranicznych, 20 monografii, 20 patentów i 80 wdrożeń przemysłowych, 10 nowych technologii oraz 235 opublikowanych prac projektowych wykonanych na zlecenie przemysłu. Specjalność – technologia chemiczna nieorganiczna, technologia kwasu siarkowego, kataliza, utylizacja odpadów przemysłowych. Jest rzeczoznawcą w zakresie chemii i posiada specjalizację zawodową w zakresie katalizy przemysłowej. Od wielu lat kieruje Zespołem Kwasu Siarkowego Instytutu Ochrony Roślin w Poznaniu PIB. Uzyskał między innymi złoty medal z wyróżnieniem na Międzynarodowej Wystawie Wynalazków Naukowych i Przemysłowych Innowacji „Brussels-Eureka oraz Dyplom uznania Przewodniczącego KBN za wkład w rozwój Nauki Polskiej.

## Konferencje w Polsce w 2010 r.

**VIII Polska Konferencja Chemii Analitycznej**  
4 – 9 lipca 2010, Kraków

<http://www.chemia.uj.edu.pl/pkca2010/>

**18<sup>th</sup> International Conference on Phosphorus Chemistry**

11 - 15 lipca, 2010, Wrocław

<http://icpc2010.pwr.wroc.pl/>

**APAC 2010**

**2<sup>nd</sup> Inter. Symposium On Air Pollution Abatement Catalysis**

8-11 września 2010, Kraków

<http://cmpw-pan.edu.pl/index.php/pl/apac-2010>

**Życie to chemia**

**53 Zjazd PTChem - SITPChem**

14- 18 września 2010, Gliwice

<http://www.53zjazdptchem.polsl.pl>

**15<sup>th</sup> Inter. Conference on Heavy Metals in the Environment**

19 – 23 września 2010, Gdańsk

<http://www.pg.gda.pl/chem/ichmet>

**Ochrona Środowiska. Przepisy, interpretacje, rozwiązania, trendy**

20 – 22 października 2010, Ustroń Jaszowiec

<http://www.gliwice.sitpchem.org.pl>

**16. Seminarium SITPChem**

**i PIPC Przemysł Chemiczny**

**– Wyzwania i Bariery z cyklu Restrukturyzacja Przemysłu Chemicznego,**

24 – 26 listopada 2010, Ustroń Jaszowiec

<http://www.gliwice.sitpchem.org.pl>