

Nazwa kwalifikacji: **Organizacja i kontrolowanie procesów technologicznych w przemyśle chemicznym**  
Oznaczenie kwalifikacji: **A.56**  
Numer zadania: **01**

Wypełnia zdający

Miejsce na naklejkę z numerem  
PESEL i z kodem ośrodka

Numer PESEL zdającego\*

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**A.56-01-16.08**

Czas trwania egzaminu: **180 minut**

**EGZAMIN POTWIERDZAJĄCY KWALIFIKACJE W ZAWODZIE**  
**Rok 2016**  
**CZEŚĆ PRAKTYCZNA**

**Instrukcja dla zdającego**

1. Na pierwszej stronie arkusza egzaminacyjnego wpisz w oznaczonym miejscu swój numer PESEL i naklej naklejkę z numerem PESEL i z kodem ośrodka.
2. Na **KARCIE OCENY** w oznaczonym miejscu przyklej naklejkę z numerem PESEL oraz wpisz:
  - swój numer PESEL\*,
  - oznaczenie kwalifikacji,
  - numer zadania,
  - numer stanowiska.
3. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 8 stron i nie zawiera błędów. Ewentualny brak stron lub inne usterki zgłoś przez podniesienie ręki przewodniczącemu zespołu nadzorującego.
4. Zapoznaj się z treścią zadania oraz stanowiskiem egzaminacyjnym. Masz na to 10 minut. Czas ten nie jest wliczany do czasu trwania egzaminu.
5. Czas rozpoczęcia i zakończenia pracy zapisze w widocznym miejscu przewodniczący zespołu nadzorującego.
6. Wykonaj samodzielnie zadanie egzaminacyjne. Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa i organizacji pracy.
7. Po zakończeniu wykonania zadania pozostaw arkusz egzaminacyjny z rezultatami oraz **KARTĘ OCENY** na swoim stanowisku lub w miejscu wskazanym przez przewodniczącego zespołu nadzorującego.
8. Po uzyskaniu zgody zespołu nadzorującego możesz opuścić salę/miejsce przeprowadzania egzaminu.

***Powodzenia!***

\* w przypadku braku numeru PESEL – seria i numer paszportu lub innego dokumentu potwierdzającego tożsamość

## Zadanie egzaminacyjne

W oparciu o skrócony opis procesu technologicznego oraz wykaz danych wyjściowych opracuj kartę technologiczną procesu produkcji kwasu siarkowego(VI) i oleum metodą kontaktową oraz wykonaj obliczenia dla węzła spalania siarki związane z dobową produkcją zakładu. Dobierz na podstawie wykonanych obliczeń oraz danych technicznych wybranych sprężarek i dmuchaw urządzenia do dozowania surowców – powietrza i ciekłego surowca siarkowego. Uzupełnij opis uproszczonego schematu wytwórni kwasu siarkowego(VI) i oleum, wpisując w Tabeli 1 oznaczenia urządzeń na schemacie lub ich nazwy. Sporządź wykaz wybranych punktów kontroli temperatury, podając oczekiwany zakres wartości mierzonego parametru w każdym z nich.

**Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.**

**Ocenić będąc 5 rezultatów:**

- karta technologiczna procesu,
- opis uproszczonego schematu wytwórni kwasu siarkowego(VI) i oleum (Tabela 1),
- dobowe i godzinowe zapotrzebowanie powietrza potrzebnego do spalania siarki oraz dobór urządzenia do jego dozowania (Tabela 2),
- dobowe i godzinowe zapotrzebowanie na surowiec siarkowy oraz dobór urządzenia do jego dozowania (Tabela 3),
- wykaz wybranych punktów kontroli temperatury.

**Skrócony opis procesu technologicznego produkcji kwasu siarkowego(VI) i oleum metodą kontaktową.**

Produkcja kwasu siarkowego(VI) metodą kontaktową przebiega w trzech zasadniczych etapach. Pierwszym etapem jest przetwarzanie surowca (w tym przypadku: siarki rodzimej) w gaz zawierający SO<sub>2</sub>. Wskutek rozcieńczenia składnikami powietrza (azotem, tlenem) stężenie SO<sub>2</sub> w otrzymany gazach wynosi od 7÷12% molowych. Drugi etap polega na katalitycznym utlenianiu SO<sub>2</sub> do bezwodnika kwasu siarkowego SO<sub>3</sub>. Trzecim, ostatnim etapem jest absorpcja SO<sub>3</sub> i otrzymanie gotowych produktów czyli 98% kwasu siarkowego(VI) i oleum.

### Spalanie siarki

Siarka łatwo spala się w powietrzu, przy czym zachodzi silnie egzotermiczna, praktycznie nieodwracalna reakcja:



Reakcja ta zachodzi w fazie gazowej między parami siarki i tlenem z powietrza w piecu wtryskowym. Siarkę wprowadza się do komory spalania pieca w stanie ciekłym. Tłoczy się ją pompą zanurzeniową z topielnika przez filtr do podgrzewacza, który pozwala utrzymać temperaturę siarki w rurociągu na poziomie 135÷140°C. Siarkę wprowadza się do pieca przy pomocy odpowiednich dysz rozpylających ją na drobne krople w strumieniu gorącego powietrza o temperaturze 450÷550°C, doprowadzanego pod ciśnieniem około 7 MPa. Drobne kropelki siarki w wysokiej temperaturze pieca parują i spalają się na tlenek siarki(IV). Ze względu na duże ciepło reakcji temperatura gazów wylotowych sięga 1200°C. W piecu umieszcza się szereg przegród, które powodują dodatkowe wymieszanie gazów i ułatwiają całkowite spalanie par siarki. Ponieważ doprowadzany do aparatu kontaktowego SO<sub>2</sub> powinien mieć temperaturę nie wyższą niż 400°C – produkty utleniania są intensywnie chłodzone, a odzyskane ciepło wykorzystuje się do produkcji pary wodnej.

### Utlenianie tlenku siarki(IV)

W skład węzła kontaktowego do utleniania gazów pochodzących ze spalania siarki wchodzi przede wszystkim pięciopółkowy reaktor katalityczny typu Krebs oraz współpracujące z nim aparaty. Reakcja SO<sub>2</sub> z tlenem jest odwracalna i silnie egzotermiczna



Mimo odwracalnego charakteru tej reakcji można zwiększyć szybkość oraz wydajność przemiany SO<sub>2</sub> w SO<sub>3</sub> przez zastosowanie katalizatorów i przez odpowiednią organizację procesu w reaktorze. Aktywnym składnikiem przemysłowych katalizatorów do utleniania SO<sub>2</sub> są związki wanadu(V) w postaci stopu z solami metali alkalicznych (zwykle potasu). Kontakty te przyspieszają reakcję utleniania SO<sub>2</sub> dopiero w stosunkowo wysokiej temperaturze. Aby jednocześnie osiągnąć wysoki stopień przemiany, trzeba prowadzić utlenianie SO<sub>2</sub> w reaktorze, w którym znajduje się kilka półek z warstwami kontaktu. Konieczne jest przy tym chłodzenie gazu podczas przepływu pomiędzy sąsiednimi warstwami kontaktu (półkami). W reaktorze konieczne jest utrzymywanie temperatury w przedziale 420÷600°C. Ochłodzony gaz ze spalania siarki zawierający 7÷12% SO<sub>2</sub> wprowadza się do masy wanadowej na półce I (najniższej) aparatu kontaktowego. Po ochłodzeniu powietrzem w wymienniku ciepła gaz kieruje się do górnej części aparatu, czyli na półkę II. Gaz opuszczający kolejne półki jest ochładzany przez bezprzeponowe dodawanie suchego i zimnego powietrza. Gaz poreakcyjny opuszczający ostatnią półkę przed skierowaniem do wież absorpcyjnych jest chłodzony w chłodnicy wodnej tzw. ekonomizerze.

### Absorpcja tlenku siarki(VI)

Tlenek siarki(VI), będący bezwodnikiem kwasu siarkowego(VI), energicznie reaguje z wodą w silnie egzotermicznej reakcji



Ponieważ SO<sub>3</sub> z parą wodną tworzą trudną do skondensowania „mgłę” kwasu siarkowego(VI), proces absorpcji prowadzi się w roztworze kwasu siarkowego(VI), utrzymując w wieżach temperaturę w przedziale 60÷90°C. Bogaty w SO<sub>3</sub> ochłodzony gaz z ekonomizera przepływa kolejno przez dwie wieże absorpcyjne tworzące układ szeregowy. Pierwsza z nich – wieża do produkcji oleum zraszana jest 20% oleum ze zbiornika. Cyrkuje on w układzie obiegu powrotnego. Gorący dymiący kwas siarkowy(VI) wychodzący z wieży zostaje ochłodzony w chłodnicach ociekowych i kierowany ponownie do wieży. Aby utrzymać stałe stężenie oleum w obiegu, rozcieńcza się go wprowadzając odpowiednie ilości monohydratu tłoczonego z obiegu wieży do produkcji kwasu siarkowego(VI) do zbiornika z oleum. Wytworzony podczas rozcieńczania nadmiar oleum odprowadzany jest jako gotowy produkt. Drugą wieżę zrasza się 98% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ze zbiornika kwasu siarkowego(VI). Jego stężenie w obiegu wieży utrzymuje się dodając do zbiornika odpowiednią ilość wody i 96% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Wytworzony nadmiar 98% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> po ochłodzeniu od temperatury ok. 80°C do temperatury 30°C kierowany jest do zbiorników magazynowych.

## Wykaz danych wyjściowych do wykonania obliczeń dobowego i godzinowego zapotrzebowania składników dla węzła spalania siarki

- zapotrzebowanie na surowiec siarkowy: 100 t/dobę
- surowiec: siarka rodzima o zawartości 99% S
- współczynnik nadmiaru powietrza:  $\alpha = 1,5$
- gęstość ciekłego surowca siarkowego:  $\rho = 2,07 \text{ kg/m}^3$
- zawartość tlenu w powietrzu: 20%

Do obliczeń przyjmij, że proces przebiega z wydajnością 100%, zgodnie z zapisem równania reakcji stanowiącej jego podstawę.

$$M_s = 32 \text{ g/mol}$$

$$M_{O_2} = 32 \text{ g/mol}$$

Wyniki obliczeń podaj we wskazanych jednostkach z dokładnością do liczb całkowitych.

### Dane techniczne wybranych sprężarek i dmuchaw

Nazwa urządzenia	Symbol	Wydajność [m <sup>3</sup> /min.]
Sprężarka śrubowa	EX 5-11	0,79 – 1,76
Sprężarka śrubowa	ESD 75-132	1,4 – 29
Sprężarka tłokowa olejowa	GD28-50-255	150 – 255
Sprężarka tłokowa olejowa	GD38-200-475	350 – 475
Dmuchawa ROOTS'a	DJ4-DJ110	0,05 – 130

### Dane techniczne wybranych pomp

Nazwa urządzenia	Symbol	Zastosowanie	Wydajność [m <sup>3</sup> /h]
Pompa FOGO	FH 3900	woda zanieczyszczona	do 55
Pompa szlamowa FOGO	FH 31340	woda zanieczyszczona	do 85
Pompa kwasoodporna	MHS	chemikalia o odczynie kwaśnym	do 132
Pompa do mediów gęstych z izolacją termiczną	DWO1	gęste media o podwyższonej temperaturze	do 1000
Pompa do mediów gęstych z izolacją termiczną	DWO2	gęste media o podwyższonej temperaturze	do 5000

## Karta technologiczna procesu

KARTA TECHNOLOGICZNA PROCESU	
Proces technologiczny	
Metoda	
Reakcje zachodzące w poszczególnych etapach procesu	1. Utlenianie siarki:
	2. Utlenianie tlenku siarki(IV):
	3. Absorpcja tlenku siarki(VI):
Składniki wprowadzane do instalacji	1.
	2.
	3.
Produkty	1.
	2.
Dobowe zapotrzebowanie na surowiec siarkowy	
Współczynnik nadmiaru powietrza	
Typ reaktora stosowanego do utleniania SO <sub>2</sub>	
Katalizator stosowany w procesie utleniania SO <sub>2</sub>	

## Uproszczony schemat wytwórni kwasu siarkowego(VI) i oleum

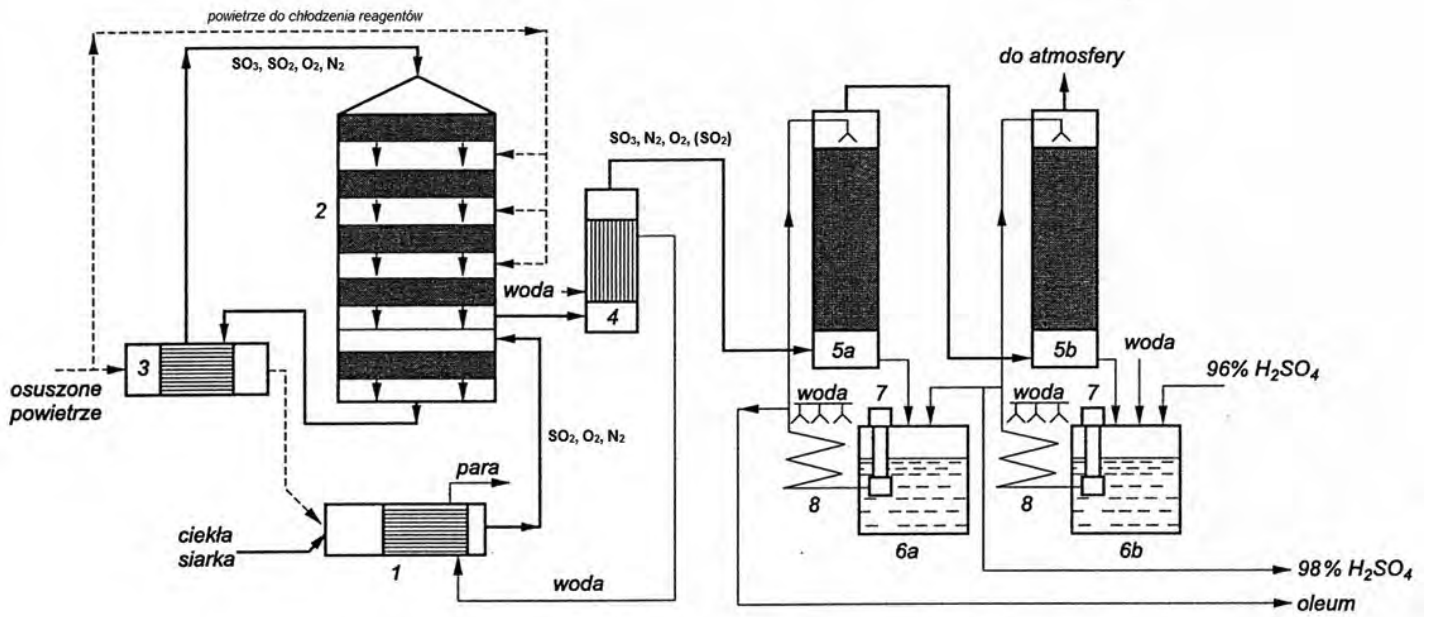


Tabela 1. Opis uproszczonego schematu wytwórni kwasu siarkowego(VI) i oleum

Nazwa urządzenia	Oznaczenie urządzenia na schemacie wytwórni
Reaktor katalityczny typu Krebs	
	numer 1
Wieża do produkcji oleum	
	numer 5b
Powietrzny wymiennik ciepła (chłodzenie gazów po I półce)	
Chłodnica (wodna) gazów odlotowych z węzła kontaktowego/ekonomizer	
	numer 6a
Zbiornik kwasu siarkowego(VI)	
Chłodnice ociekowe	
Pompy	

**Tabela 2. Dobowe i godzinowe zapotrzebowanie powietrza potrzebnego do spalania siarki oraz dobór urządzenia do jego dozowania**

<b>Masa czystej siarki spalanej w ciągu doby [t/dobę]</b>
<b>Stechiometryczna ilość tlenu potrzebna do spalania siarki [m<sup>3</sup>/dobę]</b>
<b>Stechiometryczna ilość powietrza potrzebna do spalania siarki [m<sup>3</sup>/dobę]</b>
<b>Ilość powietrza z uwzględnieniem współczynnika jego nadmiaru potrzebna do spalania siarki [m<sup>3</sup>/dobę]</b>
<b>Godzinowe zapotrzebowanie powietrza potrzebnego do spalania siarki [m<sup>3</sup>/h]</b>
<b>Oczekiwana wydajność urządzenia do dozowania powietrza [m<sup>3</sup>/min]</b>
<b>Dobór urządzenia do dozowania powietrza</b>

**Tabela 3. Dobowe i godzinowe zapotrzebowanie surowca siarkowego oraz dobór urządzenia do jego dozowania**

<b>Dobowe masowe zapotrzebowanie surowca siarkowego [kg/dobę]</b>
<b>Dobowe objętościowe zapotrzebowanie surowca siarkowego [m<sup>3</sup>/dobę]</b>
<b>Oczekiwana wydajność urządzenia do dozowania ciekłego surowca siarkowego [m<sup>3</sup>/h]</b>
<b>Dobór urządzenia do dozowania ciekłego surowca siarkowego</b>

## Wykaz wybranych punktów kontroli temperatury

Punkt kontroli temperatury	Wartość temperatury [°C]
Temperatura w rurociągu przed wlotem siarki do pieca wtryskowego	
Temperatura w rurociągu przed wlotem powietrza do pieca wtryskowego	
Temperatura w rurociągu odprowadzającym gazy z pieca wtryskowego tuż za wylotem z pieca	
Temperatura w rurociągu przed wlotem gazów do węzła kontaktowego utleniania	
Temperatura w dowolnym punkcie reaktora katalitycznego	
Temperatura w dowolnym punkcie wież absorpcyjnych	
Temperatura w rurociągu odprowadzającym kwas siarkowy(VI) z chłodnicy do zbiorników magazynowych	



