

Nazwa kwalifikacji: **Organizacja i kontrolowanie procesów technologicznych w przemyśle chemicznym**
Symbol kwalifikacji: **CHM.06**
Numer zadania: **01**
Wersja arkusza: **SG**

Wypełnia zdający

Numer PESEL zdającego*

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

Numer stanowiska

--	--	--

Miejsce na naklejkę z numerem
PESEL i z kodem ośrodka

Czas trwania egzaminu: **180** minut

CHM.06-01-26.06-SG

EGZAMIN ZAWODOWY

Rok 2026

CZĘŚĆ PRAKTYCZNA

**PODSTAWA PROGRAMOWA
2019**

Instrukcja dla zdającego

1. Na pierwszej stronie arkusza egzaminacyjnego wpisz w oznaczonym miejscu swój numer PESEL*, numer stanowiska i naklej naklejkę** z numerem PESEL i z kodem ośrodka.
2. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 12 stron i nie zawiera błędów. Ewentualny brak stron lub inne usterki zgłoś przez podniesienie ręki przewodniczącemu zespołu nadzorującego.
3. Zapoznaj się z treścią zadania oraz stanowiskiem egzaminacyjnym. Masz na to 10 minut. Czas ten nie jest wliczany do czasu trwania egzaminu.
4. Czas rozpoczęcia i zakończenia pracy zapisze w widocznym miejscu przewodniczący zespołu nadzorującego.
5. Wykonaj samodzielnie zadanie egzaminacyjne. Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa i organizacji pracy.
6. Po zakończeniu wykonania zadania pozostaw arkusz egzaminacyjny z rezultatami wykonania zadania na swoim stanowisku lub w miejscu wskazanym przez przewodniczącego zespołu nadzorującego.
7. 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

** w przypadku otrzymania naklejki

Zadanie egzaminacyjne

Opracuj dokumentację dotyczącą planowanej produkcji 1000 kg tlenku glinu.

Sporządź kartę technologiczną procesu otrzymywania tlenku glinu — uzupełnij tabelę 1. Korzystając z zamieszczonego wykazu danych technologicznych, oblicz zapotrzebowanie na surowce do produkcji 1000 kg tlenku glinu — uzupełnij tabelę 2. Na podstawie opisu procesu technologicznego otrzymywania tlenku glinu oraz schematu wytwarzania tlenku glinu metodą Bayera, uzupełnij opis schematu blokowego procesu — tabela 3. Wskaż wartości parametrów procesowych w punktach kontroli — uzupełnij tabelę 4. Korzystając z zamieszczonego wyciągu z karty charakterystyki substancji — tlenku glinu, wypisz środki ochrony indywidualnej dla pracowników mających styczność z gotowym produktem — uzupełnij tabelę 5.

Zastosowanie tlenku glinu

Jednym z głównych zastosowań tlenku glinu jest produkcja aluminium metalicznego. W procesie znanym jako metoda Bayera, tlenek glinu ekstrahuje się z rudy boksytu. Wyekstrahowany tlenek glinu jest następnie poddawany elektrolizie w celu wytworzenia metalicznego aluminium.

Właściwości aluminium, lekkiego i odpornego na korozję metalu, sprawiają, że jest to kluczowy materiał w przemyśle lotniczym, motoryzacyjnym i budowlanym.

Wysoka temperatura topnienia tlenku glinu i doskonała stabilność termiczna sprawiają, że jest on ważnym składnikiem w produkcji ceramiki i materiałów ogniotrwałych. Ceramika z tlenku glinu wykazuje wyjątkową twardość, odporność na zużycie i właściwości elektroizolacyjne. Ceramikę tę wykorzystuje się do produkcji narzędzi skrawających, łożysk kulkowych, świec zapłonowych i różnych komponentów przemysłowych. Ponadto tlenek glinu jest nieodzownym składnikiem materiałów ogniotrwałych stosowanych do wyłożenia pieców używanych w produkcji stali, cementu i szkła.

Tlenek glinu jest wykorzystywany w przemyśle chemicznym do różnych celów. Stosuje się go jako katalizator w produkcji chemikaliów, produktów petrochemicznych i polimerów. Dodatkowo tlenek glinu wykorzystywany jest do produkcji specjalistycznych środków chemicznych oraz jako składnik katalizatorów do płynnego krakingu katalitycznego w procesie rafinacji ropy naftowej.

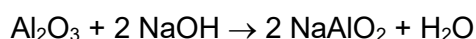
Opis procesu technologicznego produkcji tlenku glinu

Tlenek glinu (Al_2O_3) o wysokim stopniu czystości jest surowcem dla hut aluminium. Najbardziej rozpowszechnioną metodą otrzymywania tlenku glinu z rudy boksytowej jest tzw. metoda mokra wprowadzona przez Bayera.

Surowy boksyt zawiera około 55 % masowych tlenku glinu, 10÷20 % wody, tlenki żelaza, krzemu i tytanu oraz węglany wapnia i magnezu. Po wstępnym rozdrobnieniu w łamaczach zostaje on częściowo odwodniony przez prażenie w piecach prażalniczych w temperaturze 450 °C. Prażenie ma na celu wysuszenie i częściowe odwodnienie, rozkład substancji organicznych i ułatwienie mielenia. Mielenie prowadzi się w młynach kulowych.

Prażony i zmielony boksyt miesza się z 50-procentowym roztworem wodorotlenku sodu i wprowadza do autoklawów pracujących okresowo. Warunki ługowania są optymalne, jeśli temperatura wynosi 200 °C, ciśnienie 0,8 MPa, a czas reakcji 4÷5 godzin.

Podczas ługowania zachodzi reakcja zgodnie z równaniem:



Powstający glinian sodu jest dobrze rozpuszczalny w wodzie. Krzemionka zawarta w boksycie reaguje z NaOH z wytworzeniem metakrzemianu sodu, który wchodzi w reakcję z glinianem sodu zgodnie z równaniem:

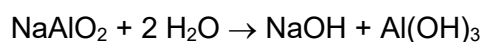


Wytworzony związek jest nierozpuszczalny i wytrąca się w postaci osadu, a tym samym związki krzemu zostają usunięte z roztworu. Tlenki żelaza i tytanu przechodzą także do osadu, tworząc nierozpuszczalne związki typu $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{TiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Po zakończeniu ługowania zawieszinę z autoklawu przetłacza się parą wodną do specjalnego zbiornika, w którym ciśnienie obniża się do atmosferycznego.

Zawiesina zawiera ponad 150 g/dm^3 Al_2O_3 w postaci NaAlO_2 . Rozcieńcza się ją do podwójnej objętości wodą otrzymaną z płukania szlamu. Szlam ten wydziela się z zawiesiny przez jej odstanienie w odstojnikach i filtrację w filtrach. Jest to tzw. szlam czerwony, który po wysuszeniu można zastosować jako składnik wsadu wielkopieczowego lub w procesach odsiarczania gazów.

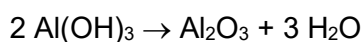
Roztwór pozbawiony szlamu kieruje się do zbiorników o dużej objętości (kilkaset m^3) zaopatrzonych w mieszadła wolnoobrotowe. Po rozcieńczeniu i ochłodzeniu roztworu powietrzem do 30°C zachodzi reakcja zgodnie z równaniem:



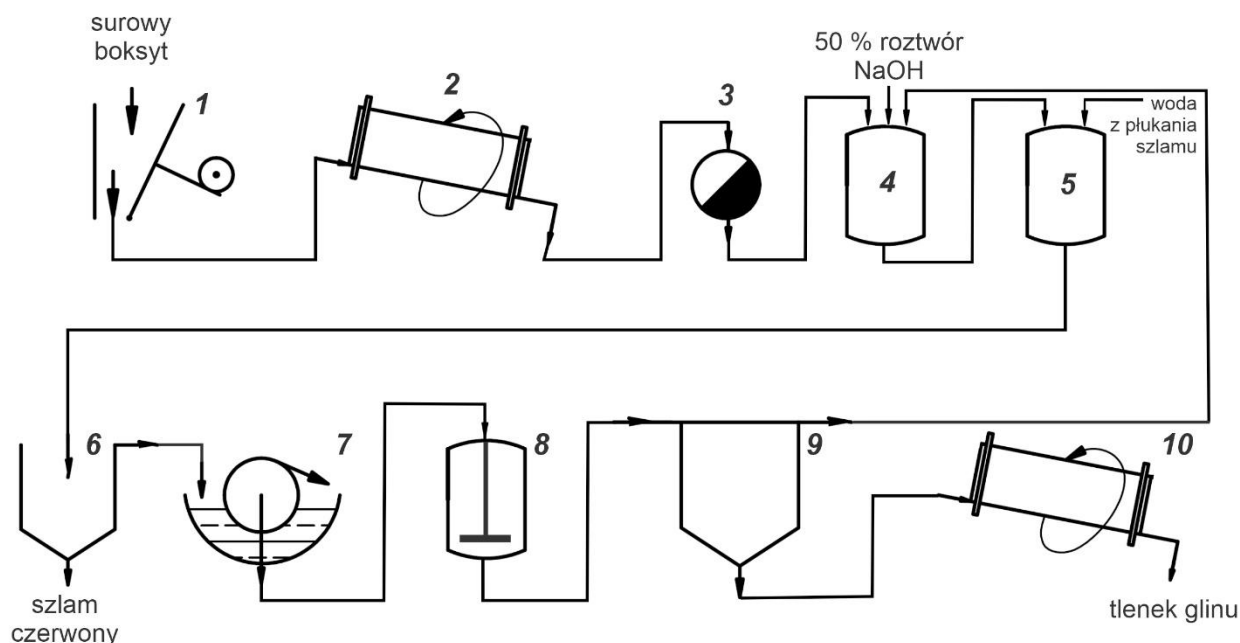
Reakcja ta przebiega bardzo powoli. Wytrącanie grubokrystalicznego $\text{Al}(\text{OH})_3$ przyspiesza się przez dodanie zarodków krystalizacji.

Zawieszinę $\text{Al}(\text{OH})_3$ poddaje się dekantacji i filtracji. Roztwór kieruje się do zagęszczenia i stosuje potem do ługowania następnych partii boksytu. Zawiera on znaczne ilości niewytrąconego glinianu sodu, który w ten sposób zostaje zawrócony do procesu.

Osad $\text{Al}(\text{OH})_3$ poddaje się kalcynacji prowadzonej w piecach obrotowych podobnych do używanych w przemyśle sodowym:



Kalcynację $\text{Al}(\text{OH})_3$ prowadzi się w temperaturze około 1100°C i otrzymuje się całkowicie odwodniony tlenek glinu.



Rysunek A. Uproszczony schemat wytwarzania tlenku glinu metodą Bayera

1 — Łamacz, 2 — Piec prażalniczy, 3 — Młyn kulowy, 4 — Autoklaw, 5 — Zbiornik, 6 — Odstojnik, 7 — Filtr, 8 — Zbiornik, 9 — Filtr, 10 — Piec obrotowy

Wykaz danych technologicznych

(do sporządzenia zapotrzebowania na surowce)

Do obliczeń przyjmij następujące dane:

- masa otrzymywanego tlenku glinu — 1000 kg
- zawartość tlenku glinu w rudzie boksytowej — 55 % masowych
- stężenie procentowe roztworu NaOH — 50 % masowych
- wydajność procesu — 95 %

$$M_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 102 \text{ kg/kmol}$$

$$M_{\text{NaOH}} = 40 \text{ kg/kmol}$$

$$\rho_{\text{NaOH (50\%)}} = 1525 \text{ kg/m}^3$$

Wyciąg z Karty charakterystyki substancji — tlenek glinu

SEKCJA 1. Identyfikacja substancji / mieszaniny i identyfikacja przedsiębiorstwa

1.1 Identyfikator produktu

Nazwa produktu: tlenek glinu
Typ produktu: ciało stałe
Wzór chemiczny: Al_2O_3

(...) SEKCJA 4. Środki pierwszej pomocy

4.1 Opis środków pierwszej pomocy

Kontakt z okiem	Natychmiast przepłukać oczy dużą ilością wody przy szeroko odchyłonej powiece i kontynuować płukanie przez minimum 10 minut. Usunąć szkła kontaktowe, jeżeli są i można je łatwo usunąć. Zasięgnąć porady medycznej, jeśli pojawi się podrażnienie.
Przez drogi oddechowe	Wynieść narażoną osobę na świeże powietrze. Jeżeli podejrzewa się, że pyły są wciąż obecne, ratownik powinien założyć właściwą maskę lub oddechowy aparat izolacyjny. Jeżeli osoba nie oddycha, oddycha nieregularnie lub gdy oddychanie ustało, wykwalifikowany personel powinien wykonać sztuczne oddychanie lub podawać tlen. W przypadku utraty przytomności, należy ułożyć poszkodowanego w pozycji bocznej ustalonej i zapewnić konsultację medyczną. Zapewnić dobrą wentylację. Rozluźnić ciasną odzież, na przykład krawat, kołnierz lub pasek. Narażona osoba może wymagać nadzoru lekarskiego przez 48 godzin.
Przez przewód pokarmowy	Przemyć usta wodą. Podać do wypicia poszkodowanemu dużą ilość wody (co najmniej dwie szklanki). NIE wywoływać wymiotów, chyba że jest to zalecane przez personel medyczny. Wynieść narażoną osobę na świeże powietrze. Zapewnić osobie ciepło i spokój. Nigdy nie podawać niczego doustnie osobie nieprzytomnej. W przypadku utraty przytomności, należy ułożyć w pozycji bocznej ustalonej i natychmiast wezwać pomoc medyczną. Rozluźnić ciasną odzież.
Kontakt ze skórą	Splukać skażoną skórę dużą ilością wody. Zdjąć skażoną odzież i buty. Jeżeli pojawiają się jakiegokolwiek podrażnienia lub inne dolegliwości zasięgnąć porady dermatologicznej.
Ochrona osób udzielających pierwszej pomocy	Nie należy podejmować żadnych działań, które stwarzałyby ryzyko dla kogokolwiek chyba, że jest się odpowiednio przeszkolonym. Może być niebezpiecznym dla osoby udzielającej sztucznego oddychania metodą usta–usta. Należy dokładnie zmyć zanieczyszczone ubranie wodą przed jego zdjęciem lub założyć rękawice. Rozluźnić ciasną odzież, na przykład krawat, kołnierz lub pasek.

(...) SEKCJA 8. Kontrola narażenia / środki ochrony indywidualnej

8.2 Kontrola narażenia

8.2.1 Stosowne techniczne środki kontroli

Używać tylko z odpowiednią wentylacją. Zastosować osłony procesu, lokalną wentylację wyciągową lub inne zabezpieczenia, aby ekspozycja pracownika na zanieczyszczenia mieściła się poniżej wszelkich limitów zalecanych lub obligatoryjnych.

8.2.2 Indywidualne środki ochrony

Należy właściwie dobrać odzież ochronną do miejsca pracy, zależnie od stężenia i ilości substancji niebezpiecznych. Odporność odzieży ochronnej na chemikalia powinna być stwierdzona przez odpowiedniego dostawcę.

Ochrona oczu lub twarzy		gogle ochronne / szczelne okulary ochronne
Ochrona skóry	ochrona rąk	rękawice ochronne odporne na działanie chemikaliów wykonane z gumy nitylowej lub innego materiału zalecanego przez producenta rękawic do kontaktu z tym produktem; czas wytrzymałości i rodzaj materiału określa producent rękawic
	ochrona ciała	odzież ochronna
	inne środki ochrony skóry	odpowiednie obuwie
Ochrona dróg oddechowych		gdy tworzą się pyły — aparat oddechowy zaopatrzony w filtropochłaniacz P1 lub lepszy

8.2.3 Kontrola narażenia środowiska

Emisja z układów wentylacyjnych i urządzeń procesowych powinna być sprawdzana w celu określenia ich zgodności z wymogami praw o ochronie środowiska. W niektórych przypadkach potrzebne będą skrubery usuwające opary, filtry lub modyfikacje konstrukcyjne urządzeń procesowych, mające na celu zmniejszenie stopnia emisji do akceptowalnego poziomu. Nie wprowadzać do kanalizacji.

Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.

Ocenie będzie podlegać 5 rezultatów:

- karta technologiczna procesu otrzymywania tlenku glinu — tabela 1,
- zapotrzebowanie na surowce do produkcji 1000 kg tlenku glinu — tabela 2,
- opis schematu blokowego procesu produkcji tlenku glinu — tabela 3,
- wykaz punktów kontroli parametrów procesu — tabela 4,
- dobór środków ochrony indywidualnej dla pracowników mających styczność z tlenkiem glinu — tabela 5.

Tabela 1. Karta technologiczna procesu otrzymywania tlenku glinu

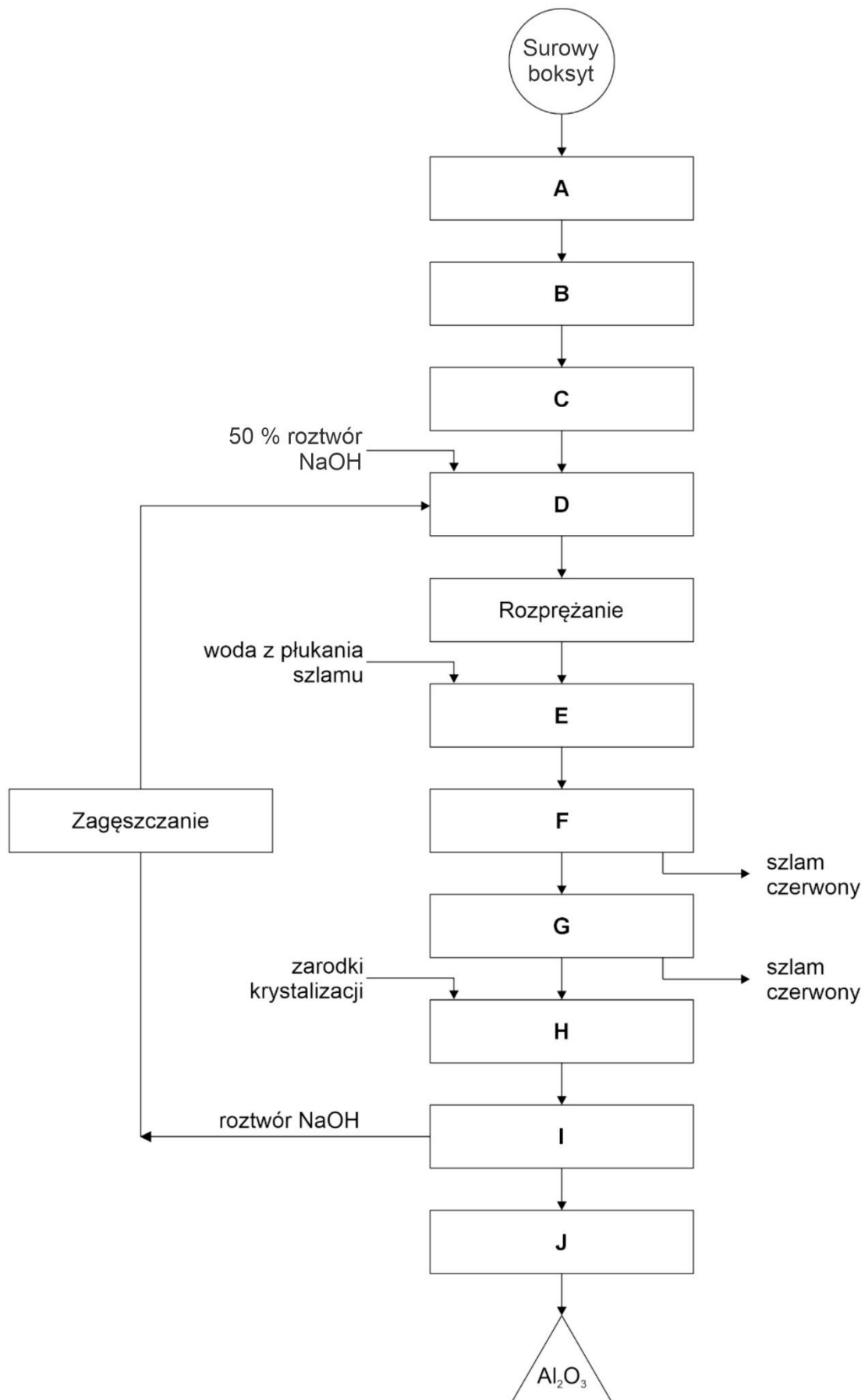
Lp.	KARTA TECHNOLOGICZNA PROCESU	
1	Nazwa procesu technologicznego	
2	Nazwa metody	
3	Równanie reakcji	ługowania
		wytrącania $\text{Al}(\text{OH})_3$
		kalcynacji $\text{Al}(\text{OH})_3$
4	Zawartość tlenku glinu w rudzie boksytowej [% masowych]	
5	Masa produktu (tlenku glinu) do otrzymania [kg]	
6	Stężenie roztworu wodorotlenku sodu [% masowych]	
7	Wydajność procesu [%]	

Tabela 2. Zapotrzebowanie na surowce do produkcji tlenku glinu

Uwaga: Obliczenia wykonaj dla jednorazowego wsadu

(do kolejnych obliczeń wykorzystaj zaokrąglone wyniki z poprzedniego etapu obliczeń)

1	Masa rudy boksytowej o zawartości 55 % masowych tlenku glinu potrzebnej do wyprodukowania 1000 kg tlenku glinu przy wydajności procesu wynoszącej 100 % [kg] Obliczenia: Wynik:..... <i>Uwaga: Wynik podaj zaokrąglony do liczb całkowitych</i>
2	Masa rudy boksytowej o zawartości 55 % masowych tlenku glinu potrzebnej do wyprodukowania 1000 kg tlenku glinu przy wydajności procesu wynoszącej 95 % [kg] Obliczenia: Wynik:..... <i>Uwaga: Wynik podaj zaokrąglony do liczb całkowitych</i>
3	Masa wodorotlenku sodu (czystość 100 %) potrzebna do wyprodukowania 1000 kg tlenku glinu z rudy boksytowej przy wydajności 100 % [kg] Obliczenia: Wynik:..... <i>Uwaga: Wynik podaj zaokrąglony do liczb całkowitych</i>
4	Masa roztworu wodorotlenku sodu o stężeniu 50 % masowych potrzebna do wyprodukowania 1000 kg tlenku glinu z rudy boksytowej przy wydajności 100 % [kg] Obliczenia: Wynik:..... <i>Uwaga: Wynik podaj zaokrąglony do liczb całkowitych</i>



Rysunek 1. Schemat blokowy procesu produkcji tlenku glinu

Tabela 3. Opis schematu blokowego procesu produkcji tlenku glinu

(w kolejności technologicznej)

Lp.	Oznaczenie na schemacie	Nazwa operacji jednostkowej / procesu jednostkowego
1	A	
2	B	
3	C	
4	D	
5	E	
6	F	
7	G	
8	H	
9	I	
10	J	

Tabela 4. Wykaz punktów kontroli parametrów procesu

Lp.	Parametr	Jednostka	Wartość/Zakres
1	Temperatura w piecu prażalniczym	°C	
2	Temperatura w autoklawie okresowym	°C	
3	Ciśnienie w autoklawie okresowym	MPa	
4	Czas przebywania mieszaniny w autoklawie okresowym	godzina	
5	Temperatura roztworu kierowanego do krystalizacji	°C	
6	Temperatura w piecu obrotowym	°C	

Tabela 5. Dobór środków ochrony indywidualnej dla pracowników mających styczność z tlenkiem glinu

Lp.	Rodzaj ochrony	Środki ochrony indywidualnej
1	Ochrona oczu lub twarzy	
2	Ochrona rąk	
3	Ochrona ciała	
4	Ochrona dróg oddechowych, gdy tworzą się pyły	

