

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY 145 276

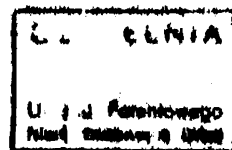
Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 84 07 18 /P.248812/

Pierwszeństwo _____

Zgłoszenie ogłoszono: 86 01 28

Opis patentowy opublikowano: 89 06 30



Int. Cl.⁴ C01F 7/34
G05D 11/08

Twórcy wynalazku: Veniamin Isaakovič Berch, Efim Davydovič Krasnopl'skij, Askar Iosifovič Finkel'stejn, Petr Fomič Minin, Choren Azarapetovič Badal'janc, Valentin Vasil'evič Aleksandrov, Isaak Abramovič Zatulovskij, Michail Veniaminovič Levin, Teodor Gorgievič Mil'berger, Valentin Nikołaevič Afanas'ev, Ivan Michajlovič Kostin, Nikołaj Stepanovič Šmorgunenko

Uprawniony z patentu: Vsesojuznyj Naučno-Issledovatel'skij i Proektnyj Institut Aljuminievoj Magnievoj i Elektrodnoj Promyšlennosti, Leningrad /Związek Socjalistycznych Republik Radzieckich/

SPOSÓB STEROWANIA PROCESEM KARBONIZACJI ROZTWORU GLINIANU

Wynalazek dotyczy dziedziny sterowania procesami chemicznymi i metalurgicznymi, a zwłaszcza sposobu sterowania procesem karbonizacji roztworu glinianu. Najskuteczniej wynalazek może być wykorzystany przy produkcji tlenku glinowego metodą spiekania. Przy wytwarzaniu tlenku glinowego metodą spiekania roztwór glinianu, powstający przy ługowaniu tlenku glinowego ze spieku, jest podawany oddziaływaniu gazów piecowych w baterii połączonych szeregowo aparatów-karbonizatorów o działaniu ciągłym. Gazy piecowe są mieszane z powietrzem z dwutlenkiem węgla.

W wyniku neutralizacji rozpuszczonej sody kaustycznej dwutlenkiem węgla, z roztworu glinianu wydziela się stały wodorotlenek glinowy i tworzą się roztwory sody i wodorotlenku sodowego. Jakość sterowania procesem karbonizacji określa się dokładnością podtrzymywania zadanego stężenia sody kaustycznej w roztworze na wyjściu każdego aparatu.

Znany jest sposób kontroli stopnia karbonizacji roztworu glinianu według stopnia pochłaniania dwutlenku węgla. Zgodnie z tym sposobem mierzy się stężenie dwutlenku węgla w gazie piecowym, doprowadzanym do karbonizacji, oraz stężenie dwutlenku węgla w gazach odprowadzanych. Na podstawie tych pomiarów określa się stopień neutralizacji sody kaustycznej w aparacie-karbonizatorze.

Jednakże taki sposób kontroli może być zastosowany tylko do sterowania procesem karbonizacji w aparatach o działaniu okresowym. W aparacie o działaniu ciągłym stopień rozkładu roztworu glinianu zależy nie tylko od ilości pochłoniętego dwutlenku węgla, lecz również od przepływu roztworu glinianu i wahań jego składu chemicznego.

Znany jest sposób sterowania procesem karbonizacji, polegający na tym, że mierzy się przepływ roztworu glinianu, jego stężenie i stężenie gazu piecowego, i stabilizuje się poziom w aparatach-karbonizatorach i ciśnienie w głównym przewodzie gazowym.

Jednakże brak środków, realizujących pomiar i regulację składu przetwarzanego roztworu w poszczególnych aparatach baterii karbonizacji, zmusza do wykorzystania dwustopniowego układu przetwarzania roztworu glinianu. Przy tym dopuszcza się do tworzenia wodorowęglanów sodu i potasu w pierwszym stopniu, na skutek czego przewidziane jest neutralizacja wodorowęglanów wodorotlenkiem sodowym w drugim stopniu karbonizacji. W przypadku zastosowania dwustopniowego układu przetwarzania roztworów glinianów gwałtownie wzrasta zużycie energii, zwiększają się straty surowców i pracochłonność eksploatacji dodatkowych urządzeń.

Znany jest sposób sterowania procesem karbonizacji, najbardziej zbliżony do swej istoty technicznej do zgłoszonego rozwiązania. Zgodnie z tym sposobem mierzy się przepływ roztworu glinianu na wejściu baterii szeregowo połączonych aparatów o działaniu ciągłym, oraz przepływ gazu, doprowadzanego do każdego aparatu, i podtrzymuje się zadany stosunek tych przepływów. Przy tym zakłada się, że skład przetwarzanych strumieni roztworu glinianu i gazu jest stały.

Przy stosowaniu przedstawionego sposobu w przypadku gwałtownych zmian parametrów wejściowych/przepływu roztworu glinianu, stężenia żługu w roztworze glinianu, stężenia dwutlenku węgla w gazie/, co może mieć miejsce w warunkach produkcyjnych, dynamiczny błąd sterowania staje się bardzo znaczny i przy braku sprzężenia zwrotnego w układzie sterowania doprowadza do znacznego odchylenia regulowanych parametrów od wartości zadanych.

Celem wynalazku jest opracowanie takiego sposobu sterowania procesem karbonizacji roztworu glinianu w baterii szeregowo połączonych aparatów o działaniu ciągłym, w którym oddziaływania na przepływ gazu dostarczanego do każdego z aparatów i przepływ roztworu glinianu dostarczanego do baterii byłyby zorganizowane tak, aby zapewnić zwiększenie dokładności podtrzymywania zadanych stężeń sody kaustycznej na wyjściu każdego z aparatów baterii karbonizacyjnych zarówno przy nadmiarze jak też przy niedostatecznej ilości gazu, potrzebnego do neutralizacji roztworu i aby zapewnić wymaganą wydajność procesu karbonizacji.

Zadanie zostało rozwiązane tak, iż w sposobie sterowania procesem karbonizacji roztworu glinianu w baterii szeregowo połączonych aparatów o działaniu ciągłym, polegającym na oddziaływaniu na przepływ gazu doprowadzanego do każdego z aparatów i na przepływ roztworu glinianu doprowadzanego do baterii, zgodnie z wynalazkiem okresowo mierzy się stężenie sody kaustycznej w roztworze glinianu i w ciekłej fazie zawiesiny na wyjściu każdego z karbonizatorów. Według wyników pomiarów określa się prognozowane wartości stężenia sody kaustycznej w fazie ciekłej zawiesiny na wyjściu każdego z karbonizatorów w momencie poprzedzającym następny pomiar. Wartości prognozowane porównuje się z wartością zadaną dla każdego karbonizatora.

W przypadku, gdy prognozowana wartość jest większa od wartości zadanej więcej, niż o wartość maksymalnego dynamicznego błędu prognozowania, różnicę między wartościami prognozowaną a zadaną eliminuje się przez zwiększenie przepływu roztworu glinianu, a w pozostałych przypadkach różnicę tę eliminuje się drogą oddziaływania na przepływ gazu, a przepływ roztworu glinianu doprowadzanego do baterii karbonizatorów podtrzymuje się na poziomie, zapewniającym zadaną wydajność zawiesiny.

Okresowe pomiary stężenia wody kaustycznej i określenie na podstawie tego stężenia prognozowanych wartości stężenia przy dowolnej okresowości uprzednio zadanej, zapewniają w warunkach pomiarów dyskretnych wskaźników składu przetwarzanego roztworu glinianu praktycznie ciągłą kontrolę regulowanego parametru, niezbędną dla dokładnego podtrzymywania zadanego stężenia sody kaustycznej na wyjściu aparatu.

Porównywanie różnicy między prognozowaną a zadaną wartością stężenia sody kaustycznej z wartością maksymalnego dopuszczalnego błędu dynamicznego prognozowania oraz wybór na tej podstawie jednego z dwóch sterujących oddziaływań: na przepływ gazu lub na przepływ roztworu glinianu, eliminujących powstające rozbieżności, pozwala zapewnić zwiększenie dokładności podtrzymywania zadanego stężenia sody kaustycznej na wyjściu karbonizatora przy niewystarczającej ilości doprowadzanego do aparatu gazu, spowodowanej różnymi przyczynami, na przykład zanieczyszczeniem barboterów przez które gaz doprowadza się do aparatu.

W tym przypadku zapewnia się możliwość podtrzymywania wymaganej wydajności procesu karbonizacji roztworu glinianu aż do usunięcia przyczyny ograniczenia przepływu gazu.

Koniecznym jest również, gdy prognozowaną wartość stężenia sody kaustycznej w fazie ciekłej zawiesiny określa się przez ekstrapolację wyników co najmniej jednego pomiaru poprzedzającego, na przykład, metodą statystycznej aproksymacji.

Określenie wartości prognozowanej stężenia sody kaustycznej w fazie ciekłej zawiesiny przez ekstrapolację co najmniej jednego poprzedzającego pomiaru zapewnia najprostszą realizację procesu prognozowania z nieznacznymi opóźnieniami pomiarów stężeń sody kaustycznej i przy gwarantowanej dokładności analizy charakterystyk sygnału zaburzenia.

Korzystnym jest, gdy wartość prognozowaną stężenia sody kaustycznej w fazie ciekłej zawiesiny na wyjściu każdego z karbonizatorów określa się na podstawie równania bilansu sody kaustycznej w każdym z karbonizatorów z uwzględnieniem wyników poprzednich pomiarów stężenia sody kaustycznej w ciekłej fazie zawiesiny na wyjściu i wejściu badanego aparatu.

Prognozowanie stężenia sody kaustycznej na podstawie równania bilansu sody w każdym z aparatów z wykorzystaniem pomiarów stężeń sody kaustycznej w próbkach zawiesin, pobranych na wejściu i wyjściu aparatu, stanowi najbardziej perspektywiczny sposób dokładnego określenia regulowanego parametru przy niezbędnej okresowości i przy znacznym opóźnieniu okresowych pomiarów stężeń sody kaustycznej, oraz przy braku danych opisujących charakterystyki widmowe wejściowych sygnałów zaburzeń. Wymienione powyżej opóźnienia odpowiadają przedziałom czasowym wymagany dla pobrania próbki, dostarczenia jej do laboratorium i dla analizy chemicznej próbki mieszaniny.

Korzystnym jest również, gdy mierzy się przepływ gazu, doprowadzanego do każdego z karbonizatorów, oraz stężenie dwutlenku węgla w doprowadzonym gazie i według wyników pomiarów określa się sumaryczną ilość dwutlenku węgla wprowadzonego do każdego z karbonizatorów w przedziale czasowym między dwoma kolejnymi pomiarami stężenia sody kaustycznej w ciekłej fazie zawiesiny na wyjściu każdego z aparatów i proporcjonalnie do zmierzonej ilości zaabsorbowanego dwutlenku węgla zmienia się prognozowaną wartość stężenia sody kaustycznej.

Taki sposób sterowania pozwala uwzględnić zmiany ilości sody kaustycznej neutralizowanej dwutlenkiem węgla przy gwałtownych zmianach stężenia dwutlenku węgla w gazie.

Korzystnym jest, gdy mierzy się stężenie jonów wodorowych w zawieszynie w karbonizatorach, pracujących przy małym stężeniu sody kaustycznej /poniżej 15 g/l/, a prognozowaną wartość stężenia sody kaustycznej zmienia się proporcjonalnie do wskaźnika pH.

Taki sposób sterowania pozwala zwiększyć dokładność stabilizacji regulowanego parametru na wyjściu karbonizatorów pracujących przy małych stężeniach sody kaustycznej w przetwarzanej zawieszynie i przez to zapewnić możliwość sterowania aparatami, dla których zwiększono wymagania co do dokładności sterowania stężeniem. Wykorzystanie wskaźników pH do kształtowania dodatku korygującego, pozwala zwiększyć dokładność podtrzymywania zadanego składu chemicznego roztworu glinianu.

Sposób sterowania według wynalazku pozwala dopasować przepływ roztworu glinianu podawanego do następnego stopnia przetwórczego. Taka organizacja oddziaływania na strumień zawiesiny z następnego aparatu doprowadza do tego, że bezwładność układów regulacji poziomów wpływa nie na zmianę charakteru strumienia mieszaniny na wyjściu baterii, lecz na zmianę szybkości strumienia roztworu glinianu na wejściu baterii.

Istota rozwiązania według wynalazku jest bliżej objaśniona w przykładzie realizacji wynalazku w oparciu o załączony rysunek, na którym fig. 1 przedstawia schemat zasadniczy realizacji sposobu sterowania procesem karbonizacji roztworu glinianu według wynalazku, fig. 2 - inny przykład realizacji sposobu, odwzorowanego schematem z fig. 1, w którym oczekiwaną wartość stężenia określa się według równania bilansu sody kaustycznej w aparacie, fig. 3 - jeszcze inny przykład realizacji sposobu, odwzorowanego schematem z fig. 1, w którym uwzględniane są gwałtowne zmiany stężenia dwutlenku węgla w gazie, fig. 4 - przykład realizacji sposobu według wynalazku, odwzorowanego schematem z fig. 1, w którym występuje małe stężenie sody kaustycznej w fazie ciekłej zawiesiny, a fig. 5 przedstawia jeszcze inny przykład realizacji sposobu według wynalazku odwzorowanego schematem z fig. 1, w którym zapewnia się zmianę wydajności procesu poprzez oddziaływanie na strumień zawiesiny z ostatniego aparatu baterii.

Dokładność stabilizacji stężenia sody kaustycznej w zawieszinie na wyjściu aparatów wpływa na technologię i ekonomikę produkcji. W procesie karbonizacji roztworu glinianu gazami tworzy się wodorotlenek glinowy i roztwór ługujący /faza ciekła na wyjściu ostatniego aparatu baterii karbonizacji/. Główny wskaźnik jakości wodorotlenku glinowego, jego skład granulometryczny, jest zależny od tego, jak zmieniają się stężenia sody kaustycznej i tlenku glinowego w przetwarzanym roztworze w poszczególnych aparatach baterii i wskutek tego wskaźnik jest związany z dokładnością stabilizacji stężeń sody kaustycznej w aparatach.

Stężenie sody kaustycznej w roztworze ługującym powinno być utrzymywane w dość ścisłych granicach. Minimalna dopuszczalna zawartość sody kaustycznej i w tym roztworze jest wyznaczona koniecznością wyeliminowania warunków tworzenia się wodorowęglanów, to znaczy jednostopniowego przetwarzania roztworu glinianu, a jednocześnie powinna zapewniać możliwość praktycznie pełnego wytręcenia tlenku glinowego z roztworu. Z drugiej strony, dokładne utrzymanie stałości składu roztworu ługowego w sposób istotny zmniejsza straty ługu i tlenku glinowego w kolejnych stadiach produkcji oraz obieg półproduktów w cyklu technologicznym.

Należy zaznaczyć, że dokładność utrzymania stałości składu zawiesziny na wyjściu z ostatniego aparatu zależy od dokładności stabilizacji stężenia sody kaustycznej w pośrednich aparatach baterii.

Zgodnie ze sposobem, dla dokładnego podtrzymania składu zawiesziny okresowo mierzy się stężenie sody kaustycznej w fazie ciekłej na wyjściu aparatów. Jednakże te pomiary nie mogą być dokonywane z częstotliwością, wystarczającą dla sterowania procesem według odchyleń wyników od zadanej wartości stężenia, ponieważ procedura pobierania próbek zawiesziny, dostarczania tych próbek do punktu, w którym dokonywana jest analiza, oraz analiza składu chemicznego wymaga czasu porównywalnego ze średnim czasem przebywania przetwarzanego produktu w aparacie. Dlatego celem określenia składu zawiesziny z wymaganą do automatycznego sterowania częstotliwością zgodnie ze zgłaszanym sposobem prognozuje się wartości stężenia sody kaustycznej według wyników pomiarów okresowych.

Różnice między prognozowaną a zadaną wartością stężenia sody kaustycznej we wszystkich przypadkach korzystnie jest eliminować poprzez oddziaływanie na przepływ gazu, ponieważ przy tym nie zmienia się główny strumień przetwarzanego surowca /roztworu glinianu/ i w ten sposób nie powstaje konieczność dopasowywania zmienionej wydajności karbonizacji /na skutek zmiany przepływu roztworu glinianu/, do wydajności poprzedzającego i następującego etapu technologicznego.

Jedynie w przypadku ograniczenia przepływu gazu, wywołanego wahaniami wydajności generatorów gazu, na przykład pieców lub zanieczyszczeniem barboterów, którymi gaz doprowadza się do aparatów, powstaje konieczność eliminowania różnic mniej dogodnym sposobem, a mianowicie oddziaływaniem na strumień roztworu glinianu. Wartość różnicy sama przez się charakteryzuje istnienie lub brak potrzeby oddziaływania na strumień roztworu, ponieważ przy wystarczającej ilości gazu ta wartość nie może być większa od maksymalnego dynamicznego błędu prognozowania stężenia sody kaustycznej.

Przy zaistnieniu ograniczenia w dostarczaniu gazu wydajność procesu karbonizacji staje się wielkością ograniczającą dla następnych etapów przetwarzania, w których przetwarzają się wytworzone w stopniu karbonizacji zawiesziny. Tę wielkość ustala się zgodnie z wymaganiami odnośnie podtrzymywania zadanego stężenia sody kaustycznej w tym aparacie, do którego dostarczanie gazu zostało ograniczone. Po usunięciu ograniczeń w przepływie gazu we wszystkich aparatach baterii, obciążenie baterii karbonizacji względem roztworu glinianu ustala się na poziomie odpowiadającym wydajności następnego odcinka technologicznego.

Na fig. 1 przedstawiono schemat ideowy realizacji sposobu sterowania procesem karbonizacji roztworu glinianu w baterii i połączonych szeregowo aparatów A, B, ..., M, N. Na schemacie pokazano sterowanie procesem karbonizacji zachodzącym w aparacie B. Sterowanie procesami karbonizacji w innych aparatach A, C, ..., M, N jest realizowane w sposób analogiczny. Roztwór glinianu doprowadza się do baterii i w kierunku zaznaczonych strzałką a, a na wyjściu baterii i otrzymuje się zawieszinę zaznaczoną na schemacie strzałką b. Gaz do-

starczany do karbonizacji do aparatów A, B, ..., M, N jest zaznaczony strzałką c.

Informacja o stężeniu sody kaustycznej w aparacie B okresowo jest otrzymywana od czujnika 2 stężenia i przekazywana do bloku 3 prognozowania stężenia sody kaustycznej. Do bloku 3 prognozowania stężenia sody kaustycznej również są dostarczane informacje z miernika 4 przepływu roztworu glinianu i miernika 5 stężenia sody kaustycznej w tym roztworze. Prognozowana na podstawie otrzymanej informacji wartość stężenia sody kaustycznej jest przesyłana z bloku 3 prognozowania do bloku 6 porównywania prognozowanej wartości stężenia z wartością zadaną. Otrzymana różnica wartości prognozowanej i zadanej stężenia sody kaustycznej porównywana jest z maksymalnym dynamicznym błędem prognozowania w selektorze 7. Selektor 7 zawiera dwupozycyjny element logiczny: sygnał na wyjściu tego elementu jest równy jedynce logicznej, jeżeli różnica prognozowanej i zadanej wartości stężenia jest większa od maksymalnego dynamicznego błędu, i równy zeru logicznemu, jeżeli różnica jest mniejsza od maksymalnego błędu dynamicznego. Selektor 7 steruje pracą urządzenia przełączającego 8. Jeżeli na wyjściu selektora 7 uzyskiwane są sygnały odwzorowujące zero logiczne, to znaczy gdy różnica między wartością prognozowaną a zadaną stężenia sody kaustycznej nie jest większa od maksymalnego błędu dynamicznego, wówczas urządzenie przełączające 8 przesyła sygnał odwzorowujący tę różnicę do regulatora 9. Regulator 9 podtrzymuje zadane stężenie sody kaustycznej poprzez zmianę przepływu gazu i wytwarza sygnał sterujący dla mechanizmu wykonawczego 10, który jest zainstalowany w linii doprowadzającej gaz do aparatu B. Jeżeli na wyjściu selektora 7 zostaje wytworzony sygnał, odwzorowujący jedynkę logiczną, to znaczy, jeżeli różnica wartości prognozowanej i zadanej stężenia jest większa od maksymalnego błędu dynamicznego prognozowania, wówczas sygnał odwzorowujący tę różnicę, jest przesyłany przez urządzenie przełączające 8 do regulatora 11, który zapewnia stabilizację stężenia sody kaustycznej poprzez zmianę przepływu roztworu glinianu. Regulator 11 jest połączony z mechanizmem wykonawczym 12 zainstalowanym w linii doprowadzającej roztwór glinianu do baterii 1. Jako bloki składowe przedstawionego schematu są wykorzystywane znane urządzenia analogowe i cyfrowe.

W szczególności, jako miernik 4 przepływu roztworu glinianu może być zastosowany miernik przepływu, którego zasada działania oparta jest na detekcji zmiennego spadku ciśnienia. Funkcje czujnika 2 i miernika 5 stężenia sody kaustycznej są realizowane automatycznie przez urządzenie do miareczkowania roztworów. Funkcja bloku 3 prognozowania stężenia sody kaustycznej, bloku 6 porównywania stężenia prognozowanego z wartością zadaną, selektora 7 i urządzenia przełączającego 8 są realizowane przez sterującą maszynę cyfrową, która na podstawie informacji, otrzymywanej z czujnika 2, miernika 4 przepływu roztworu glinianu i miernika 5 stężenia sody kaustycznej kształtuje za pomocą programowanych bloków 3, 6, selektora 7 i urządzenia przełączającego 8 zadania dla analogowych urządzeń regulacyjnych; a mianowicie dla regulatora 9 i regulatora 11. Regulatory 9 i 11 pracują według algorytmu proporcjonalno-całkowo-różniczkowego. Jako mechanizmy wykonawcze 10 i 12 są wykorzystywane napędy pneumatyczne lub elektryczne, sprzężone z przesłonami obracającymi się. Szczegółowych wyjaśnień wymaga praca bloku 3 prognozowania stężenia sody kaustycznej.

Wartość prognozowaną stężenia sody kaustycznej można określać różnymi metodami według wyników pomiarów okresowych. Pierwsza i najprostsza metoda polega na ekstrapolacji wyników pomiarów okresowych stężenia sody kaustycznej na cały przedział czasowy, między ostatnim pomiarem a poprzednim i zakłada praktyczny brak opóźnienia pomiarów oraz możliwość uprzedniej analizy charakterystyk głównych zaburzeń: wahań przepływu roztworu glinianu i jego stężeń.

Celem ekstrapolacji można na przykład, wykorzystać jedną z metod optymalnej filtracji, jeżeli wiadomo, że normowana funkcja korelacyjna r_1 odchylen stężenia $\hat{Y}_1$ sody kaustycznej w i-tym aparacie baterii od wartości średniej $\hat{Y}_1$ ma postać

$$r_1 = e^{-\frac{t}{T}} \quad /I/$$

gdzie: T - stała czasowa funkcji korelacyjnej,
t - czas bieżący.

Jeżeli znane są wyniki pomiarów stężenia na wyjściu i-tego aparatu w momenty czasu $t_1, t_2, \dots, t_k, \dots, t_n$, odstęp między którym wynosi Δt , wówczas wartość prognozowana $\hat{r}_1/t/$ w przedziale czasowym $t_n < t \leq t_{n+1}$ oblicza się według wzoru:

$$\hat{r}_1(t) = \hat{r}_1 + [\hat{r}_1^\circ(t_n) - \hat{r}_1] e^{-\frac{t-t_n}{T}} \quad /II/$$

gdzie: $\hat{r}_1^\circ(t_n)$ - wartość szacunkowa obliczana na podstawie zmierzonych wartości

$$\hat{r}_1(t_1), \hat{r}_1(t_2), \dots, \hat{r}_1(t_n).$$

W szczególnym przypadku, jeżeli $\Delta t > T$, przyjmuje się

$$\hat{r}_1^\circ(t_n) = \hat{r}_1(t_n) \quad /III/$$

Przy sterowaniu procesem karbonizacji najczęściej wykorzystuje się równanie /II/ przy warunku /III/. Celem określenia stałej czasowej T funkcji korelacji r_1 należy znać funkcje gęstości widmowych głównych zaburzeń, oddziałujących na stężenie $\hat{r}_1$; wahań przepływu roztworu glinianu i jego stężenia.

Gęstość widma S_1 wahań stężenia sody kaustycznej w zawieszynie na wyjściu i-tego aparatu określa się według wzoru:

$$S_1(\omega) = S_d(\omega) \cdot |w_1(j\omega)|^2 \quad /IV/$$

gdzie: $S_d(\omega)$ - gęstość widmowa wahań przepływu roztworu glinianu,

$w_1(\omega)$ - zespolona funkcja przenoszenia, odwzorowująca wpływ wahań przepływu roztworu glinianu na stężenie sody kaustycznej w fazie ciekłej zawiesziny na wyjściu i-tego aparatu,

ω - częstotliwość kątowna.

Poprzez aproksymację gęstości widmowej $S_1(\omega)$ do wyrażenia

$$S_1(\omega) = \frac{\sigma_i^2 \cdot \frac{1}{T}}{\pi \left(\frac{1}{T^2} + \omega^2 \right)} \quad /V/$$

określa się wartość T . W tym wyrażeniu σ_i^2 - wariancja wahań stężenia $\hat{r}_1$.

Przedstawiona procedura wyznaczania wartości T nie może być realizowana z wymaganą dokładnością, jeżeli wahania przepływu roztworu glinianu lub zmiany stężenia sody kaustycznej w roztworze glinianu są niestacjonarne. Wówczas wykorzystuje się inną metodę prognozowania stężenia sody kaustycznej, na przykład, określa się wartość prognozowaną stężenia sody kaustycznej według równania równowagi sody kaustycznej w aparacie - z uwzględnieniem wyników poprzedzających pomiarów stężenia sody kaustycznej.

Na fig. 2 przedstawiono schemat realizacji sposobu sterowania procesem karbonizacji roztworu glinianu, polegający na wyznaczaniu prognozowanej wartości stężenia według równania równowagi sody kaustycznej w aparacie B. Ten schemat sterowania od przedstawionego na fig. 1, różni się tym, że przewidziane jest dodatkowe połączenie między czujnikiem 13, zainstalowanym na wejściu aparatu B i przeznaczonym do pomiaru stężenia sody kaustycznej w fazie ciekłej zawiesziny, a blokiem 3 prognozowania. Do bloku 3 prognozowania przekazywany jest wynik pomiaru z czujnika 13. Sterowanie procesami karbonizacji w innych sparatkach A, C, ..., M, N baterii i karbonizacji realizowane jest analogicznie.

Dla prognozowania stężenia sody kaustycznej może być wykorzystane równanie bilansu materiałowego sody kaustycznej w aparacie, otrzymane przy idealnym mieszaniu i stabilnym poziomie zawiesziny w aparacie. Równanie ma postać:

$$\frac{d\hat{r}_i}{dt} = \frac{1}{V_i} \left\{ R + Q(t) [\hat{r}_{i-1}(t) - \hat{r}_i(t)] \right\}$$

/VI/

gdzie: V_1 - objętość zawiesiny w i-tym aparacie,

Q - przepływ objętościowy roztworu glinianu doprowadzanego do baterii karbonizacji,

$\bar{x}_{i-1}$ - stężenie sody kaustycznej w fazie ciekłej zawiesiny na wejściu i-tego aparatu,

R - szybkość reakcji chemicznej neutralizacji sody kaustycznej, przyjęta za wartość stałą.

Jeden z przykładów rozwiązania liczbowego równania dla dowolnego zadanego przedziału czasowego $[t_n, t]$ może być przedstawiony w postaci:

$$\bar{x}_i(t) = (t - t_n) \cdot \frac{1}{V_1} \left\{ R + Q(t) [\bar{x}_{i-1}(t_n) - \bar{x}_i(t_n)] \right\} + \bar{x}_i(t_n) \quad \text{/VII/}$$

Przy gwałtownych zmianach zawartości dwutlenku węgla w gazie, założenie o stałości szybkości reakcji chemicznej wprowadza znaczny błąd w prognozowanie stężenia sody kaustycznej.

Dla dokładnego określenia wartości R w wyrażeniu /VII/ wymagane jest opisanie kinetyki neutralizacji sody kaustycznej dwutlenkiem węgla.

Można uniknąć trudności związanych z określeniem chwilowej szybkości reakcji chemicznej, wykorzystując dla prognozowania stężenia sody kaustycznej średnie całkowite oszacowanie szybkości reakcji.

Oszacowanie można otrzymać na podstawie bilansu dwutlenku węgla doprowadzanego do aparatu w ustalonym przedziale czasowym $[t_n, t_{n+1}]$, na przykład, mającym wartość Δt .

Średnią szybkość $\bar{R}$ reakcji chemicznej przy tym określa się według wzoru

$$\bar{R} = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_n}^{t_{n+1}} Q(t) \cdot \beta(t) \cdot \varepsilon dt \quad \text{/VIII/}$$

gdzie: β - stężenie dwutlenku węgla w gazie,

ε - współczynnik stechiometrii.

Na fig. 3 przedstawiony jest schemat dla realizacji sposobu sterowania procesem karbonizacji roztworu glinianu z uwzględnieniem gwałtownych zmian stężenia dwutlenku węgla w gazie. Na schemacie pokazane jest sterowanie procesem karbonizacji w aparacie B. Sterowanie procesem karbonizacji w innych aparatach A, C,, M, N baterii realizuje się analogicznie.

Schemat przedstawiony na fig. 3 różni się od schematu przedstawionego na fig.1 tym, że za pomocą czujnika 14 mierzy się przepływ gazu doprowadzanego do aparatu i analizuje się zawartość dwutlenku węgla w gazie za pomocą analizatora gazowego 15. Według wyników pomiarów przepływu i stężenia gazu określa się za pomocą integratora 16 sumaryczną ilość dwutlenku węgla, doprowadzanego do aparatu B i zmienia się proporcjonalnie do tej ilości wartość prognozowaną stężenia za pomocą korektora 17. Integrator 16 przedstawia sobą cyfrowe urządzenie sumujące i może być zrealizowane w postaci bloku programowego w sterującej maszynie cyfrowej. Dokładnie tak samo realizuje się korektor 17, który kształtuje wyrażenie:

$$\frac{1}{V_1} (t - t_n) \cdot (\bar{R} - R), \text{ gdzie}$$

R - szybkość reakcji chemicznej przyjęta w wyrażeniu /VII/ jako wartość stała i sumuje podane wyrażenie z prawą częścią wyrażenia /VII/, kształtowanego blokiem 3 prognozowania.

Utworzona w ten sposób prognozowana wartość stężenia sody kaustycznej, tak samo, jak i w rozpatrzonych powyżej przypadkach, porównuje się z zadaną wartością stężenia przez blok 6 porównywania. Różnica wartości prognozowanej i zadanej stężenia z bloku 6 porównywania przesyłana jest do selektora 7, który steruje pracą urządzenia przełączającego 8. W ten sposób określa się kierunek przejścia sygnału sterującego ku regulatorowi 9, zmieniającemu przepływ gazu za pomocą mechanizmu wykonawczego 10, lub do regulatora 11, zmieniającego przepływ roztworu glinianu za pomocą mechanizmu wykonawczego 12.

Przy zawartości sody kaustycznej w zawieszynie mniejszej od 15 g/l można prowadzić ciągły pomiar stężenia jonów wodorowych w fazie ciekłej zawiesziny.

W miarę zwiększenia numeru kolejnego aparatu w łańcuchu szeregowym baterii 1 karbonizacji stężenia sody kaustycznej w fazie ciekłej zawiesziny zmniejsza się. Odpowiednio do tego zmniejszenia powinien zmniejszać się również i błąd bezwzględny stabilizacji sody kaustycznej. I tak, na przykład, w ostatnim aparacie dopuszczalna wartość stężenia sody kaustycznej w przypadku jednostopniowego schematu przetwarzania roztworu glinianu powinna mieścić się w granicach od 1,5 do 1 g/l, co zapewni praktycznie całkowite wytręcenie tlenku glinowego z roztworu glinianu i eliminuje możliwość tworzenia się wodorowęglanów. Dokładność stabilizacji stężenia sody kaustycznej w fazie ciekłej zawiesziny na wyjściu pierwszego aparatu w głównej mierze określa się błędem analizy ekspresowej ługu w ciekłej fazie zawiesziny, który wynosi mniej więcej 1,5 - 2 g/l. W ten sposób błąd bezwzględny stabilizacji stężenia na drodze do ostatniego aparatu N baterii 1 powinien ulec zmniejszeniu co najmniej trzykrotnemu.

Dla zwiększenia dokładności stabilizacji stężenia w aparatach A, B, ..., M, N z małą zawartością sody kaustycznej w fazie ciekłej zawiesziny proponuje się korygować wyniki prognozowania według wskaźnika pH. Na fig. 4 przedstawiono schemat dla realizacji sposobu sterowania procesem karbonizacji przy małej zawartości sody kaustycznej w fazie ciekłej zawiesziny. W szczególności zaś przedstawiono schemat sterowania procesem karbonizacji w aparacie M.

Tak samo, jak w przypadkach opisanych powyżej, informacja o stężeniu sody kaustycznej kierowana jest do bloku 3 prognozowania. Tamże kierowane są sygnały z miernika 4 przepływu roztworu glinianu i z miernika 5 stężenia sody kaustycznej w roztworze glinianu. Wartość prognozowanego stężenia sody kaustycznej z bloku 3 przesyłana jest do bloku 6 porównywania stężenia prognozowanego sody kaustycznej z wartością zadaną.

Stężenie pH_1 jonów wodorowych w fazie ciekłej zawiesziny na wyjściu aparatu M mierzy się miernikiem pH 18 i porównuje się w bloku 19 porównywania z wartością zadaną pH_1^M , odpowiadającą zadanej wartości stężenia sody kaustycznej γ_1^M .

Otrzymana różnica $\Delta 1$ prognozowanej i zadanej wartości stężenia

$$\Delta 1 = \gamma_1 - \gamma_1^M \quad /IX/$$

oraz różnica $\Delta 2$ mierzonej i zadanej wartości pH

$$\Delta 2 = \text{pH}_1 - \text{pH}_1^M \quad /X/$$

są sumowane w bloku 20 kształtowania sygnału pomiarowego:

$$\Delta = \gamma_1 \Delta 1 + \gamma_2 \Delta 2 \quad /XI/$$

gdzie γ_1 i γ_2 - współczynniki proporcjonalności charakteryzujące zależność regulowanego parametru od wartości $\Delta 1$ i $\Delta 2$.

Otrzymaną w ten sposób wartość sygnału pomiarowego porównuje się w selektorze 7 z maksymalnym błędem dynamicznym regulacji i w zależności od wyników porównania przekazuje się z selektora 7 poprzez urządzenie przełączające 8 do regulatora 9, podtrzymującego zadane stężenie sody kaustycznej poprzez zmianę przepływu gazu lub do regulatora 11 podtrzymującego zadane stężenie sody kaustycznej poprzez zmianę przepływu roztworu glinianu.

Przepływ roztworu przetwarzanego w baterii 1 karbonizacji powinno się zmieniać w zależności od wydajności następnego etapu technologicznego, gdzie następuje zagęszczenie

tworzącej się w procesie karbonizacji zawiesiny. Dlatego przepływ roztworu glinianu dopasowuje się do obciążenia etapu zagęszczania.

Gdy tylko zmienia się wydajność zagęszczania, należy, w miarę możliwości szybko, zmieniać strumień zawiesiny z ostatniego aparatu N kierowany do stopnia zagęszczania. Jeżeli zmieniać strumień roztworu glinianu, wówczas strumień zawiesiny zmieni się z opóźnieniem, spowodowanym bezwładnością systemu stabilizacji poziomów zawiesiny w aparatach A, B, ..., M N. Aby wyeliminować takie opóźnienie korzystne jest zmieniać strumień roztworu glinianu przez oddziaływanie na przepływ zawiesiny z ostatniego aparatu N, lecz przy tym należy stabilizować poziom zawiesiny w każdym z aparatów A, B, ..., M, N poprzez oddziaływanie na dopływ zawiesiny do danego aparatu.

W ten sposób, przy dopasowaniu wydajności baterii 1 karbonizacji z wydajnością następnego odcinka technologicznego, bezwładność układów regulacji poziomów będzie wpływała nie na szybkość zmiany strumienia zawiesiny na wyjściu baterii 1, lecz na charakter zmiany strumienia roztworu glinianu na wejściu baterii 1.

Na fig. 5 przedstawiono schemat dla realizacji sposobu sterowania procesem karbonizacji roztworu glinianu zapewniający zmianę wydajności procesu poprzez oddziaływanie na strumień zawiesiny z ostatniego aparatu baterii.

Schemat ten różni się od schematu na fig. 1 tym, że oddziaływanie na strumień wejściowy roztworu glinianu realizuje się nie bezpośrednio w linii roztworu glinianu, lecz w linii rozładowywania zawiesiny przez mechanizm wykonawczy 21, uruchamiany przez regulator 22. Przy tym poziom zawiesiny w każdym aparacie A, B, ..., M, N baterii 1 podtrzymywany jest w wyniku oddziaływania na jej dopływ do tego aparatu za pomocą wykorzystywanych do tego celu mierników poziomów 23 i regulatora poziomów 24, zainstalowanych w liniach doprowadzania zawiesiny do aparatów A, B, ..., M, N.

Z a s t r z e ż e n i a p a t e n t o w e

1. Sposób sterowania procesem karbonizacji roztworu glinianu w baterii szeregowo połączonych aparatów o działaniu ciągłym, polegający na oddziaływaniu na przepływ gazu doprowadzanego do każdego z aparatów 1 na przepływ roztworu glinianu doprowadzanego do baterii, z n a m i e n n y t y m, że okresowo mierzy się stężenie sody kaustycznej w roztworze glinianu 1 w fazie ciekłej zawiesiny na wyjściu każdego z karbonizatorów, a następnie według wyników pomiarów określa się prognozowaną wartość stężenia sody kaustycznej w fazie ciekłej zawiesiny na wyjściu każdego z karbonizatorów w momencie, poprzedzającym następny pomiar, porównuje się wartości prognozowane z wartością zadaną dla każdego karbonizatora 1 w przypadku gdy wartość prognozowana jest większa od wartości zadanej więcej, niż o wartość maksymalnego dynamicznego błędu prognozowania, różnicę prognozowanej i zadanej wartości stężenia eliminuje się przez zwiększenie przepływu roztworu glinianu, a w pozostałych przypadkach tę różnicę eliminuje się poprzez oddziaływanie na przepływ gazu, przy czym przepływ roztworu glinianu, doprowadzanego do baterii karbonizatorów podtrzymuje się na poziomie zapewniającym zadaną wydajność zawiesiny.

2. Sposób według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że wartość prognozowaną stężenia sody kaustycznej w fazie ciekłej zawiesiny określa się przez ekstrapolację wyników co najmniej jednego poprzedzającego pomiaru, korzystnie metodą aproksymacji statystycznej.

3. Sposób według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że wartość prognozowaną stężenia sody kaustycznej w fazie ciekłej zawiesiny na wyjściu każdego karbonizatora określa się na podstawie równania bilansu sody kaustycznej w każdym karbonizatorze z uwzględnieniem wyników poprzednich pomiarów stężenia sody kaustycznej w fazie ciekłej zawiesiny na wyjściu i wejściu danego aparatu.

4. Sposób według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że mierzy się przepływ gazu, doprowadzanego do każdego karbonizatora oraz stężenie dwutlenku węgla w doprowadzonym gazie, według wyników pomiarów określa się sumaryczną ilość dwutlenku węgla wprowadzonego do każdego z karbonizatorów w czasie między dwoma kolejnymi pomiarami stężenia sody

kaustycznej w fazie ciekłej zawiesiny na wyjściu każdego z aparatów 1 proporcjonalnie do zamierzonej ilości zaabsorbowanego dwutlenku węgla, zmienia się wartość prognozowaną stężenia sody kaustycznej.

5. Sposób według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że mierzy się stężenie jonów wodorowych w zawieszynie w karbonizatorach pracujących przy małym stężeniu sody kaustycznej /poniżej 15 g/l/ i zmienia się wartość prognozowaną stężenia sody kaustycznej proporcjonalnie do wskaźników pH.

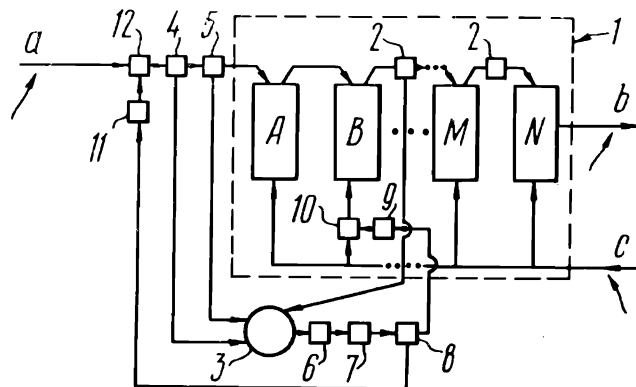


FIG. 1

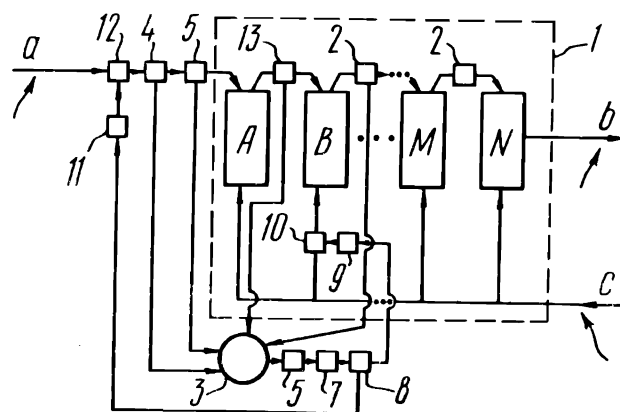


FIG. 2

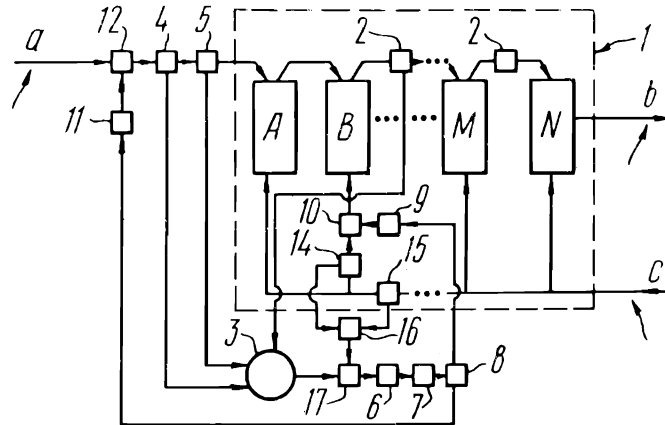


FIG. 3

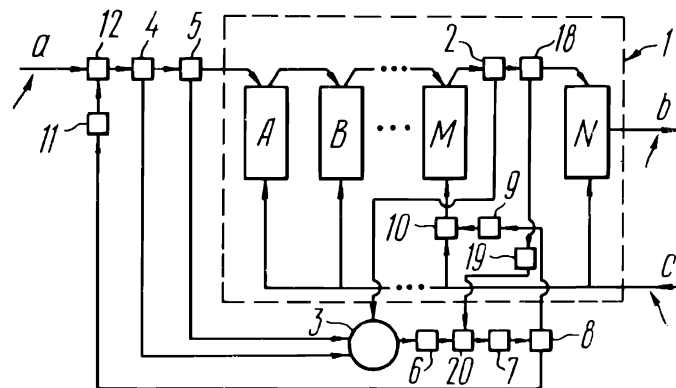


FIG. 4

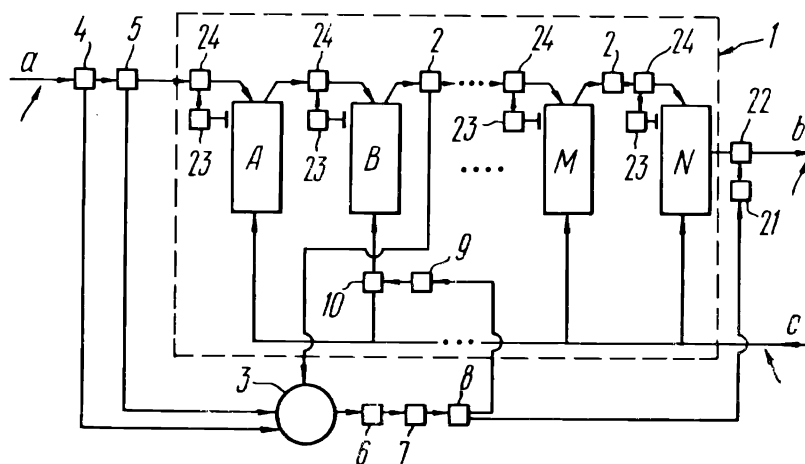


FIG. 5