



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 01.07.1970 (P. 141735)

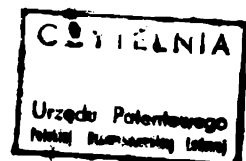
Pierwszeństwo: 02.07.1970 Stany
Zjednoczone
Ameryki

Zgłoszenie ogłoszono: 05.04.1973

Opis patentowy opublikowano: 30.04.1976

MKP C02c 1/08

Int. Cl². C02C 1/08



Twórca wynalazku: John Ruben Mc Whirter

Uprawniony z patentu: Union Carbide Corporation, Nowy Jork (Stany
Zjednoczone Ameryki)

Sposób obróbki wody zawierającej materiał biologicznie utlenialny, zwłaszcza ścieków miejskich

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób obróbki wody zawierającej materiał biologicznie utlenialny (MBU), drogą utleniania, zwłaszcza ścieków miejskich, oraz ścieków z zakładów petrochemicznych lub papierniczych bądź też cieczy fermentacyjnych.

W znanych sposobach utleniania używa się bakterii aerobowych w celu przekształcenia różnych substratów i substancji odżywczych w inne formy materii. Typowym przykładem jest metoda czynnego osadu używana w celu oczyszczenia ścieków i wody przemysłowej. W sposobach tego typu rodzaj i szybkość zachodzących reakcji zależą w sposób krytyczny od dostatecznej ilości tlenu, rozpuszczenia go w cieczy z gazu napowietrzającego który to tlen może być wykorzystany przez bakterie. Dzięki wysokiemu poziomowi rozpuszczonego tlenu (DO) unika się powstawania obszarów anaerobowych i szybkość reakcji biochemicznych nie jest ograniczona brakiem tlenu. Co więcej, populacja bakterii poprawia się dzięki wysokim poziomom DO, ponieważ powstrzymany jest rozwój szczepów anaerobowych i fakultatywnych. Takie szczepy powodują powstawanie nieprzyjemnych zapachów i przedłużają czas obróbki. W pewnych warunkach przy wysokim poziomie DO tworzą się kląstki bakterii, które osiadają szybciej na wyższych gęstościach. Dzięki temu powstaje lepszy odpływ ścieku, a sposób obróbki wody zawierającej MBU staje się mniej podatny na zaburzenia. Po-

2

nadto duże cząstki kląstzków są lepiej zaopatrywane w tlen, ponieważ stopień rozpuszczonego tlenu DO dostarczonego poprzez cząstkę jest wyższy. W końcu, wysoki poziom DO w tym sposobie oznacza, że można otrzymać wyższe stężenia zawiesiny, co daje jako wynik większe szybkości obróbki i mniejszą produkcję nadmiaru osadu.

W znanych sposobach źródłem dostarczanego tlenu jest powietrze, które rozpyla się bądź dyfunduje w postaci sprężonej do niższych poziomów zbiorników reakcyjnych napełnionych mieszaniną cieczy z osadem bakteryjnym (ciecz mieszana). Rozpylane powietrze służy dwóm celom: stworzeniu dużej powierzchni międzyfazowej gaz—ciecz w celu rozpuszczenia powietrza oraz mieszaniny cieczy mieszanej tak, że powstaje jednolita zawiesina. Do obróbki ścieków miejskich używa się zazwyczaj 31—34 m³ powietrza (kg MBU usuwanego z wody przy retencji osadu trwającej 4 do 8 godz., co odpowiada 800—1100 litrom na godz. na 1000 litrów pojemności napowietrzającej zbiornika. Około 10% tlenu zawartego w tym powietrzu zostaje rozpuszczone i zużyte w utlenianiu biologicznym, pozostałość nie zostaje zużyta. Ilość powietrza, która musi być wprowadzona tylko po to, żeby utrzymać osad w postaci zawiesiny jest rzędu 500—600 litrów na 1000 litrów pojemności zbiornika reakcyjnego i jest znacznie mniejsza niż ilość powietrza, która zostaje wprowadzona w celu rozpuszczenia dostatecznej ilości tlenu. Stąd widać, że

Ilość dostarczonego powietrza jest określona przez „zapotrzebowanie na tlen” i jest bardzo duża, ponieważ ma niską zawartość tlenu, który mógłby być rozpuszczony. Powietrze jest sprężane do poziomu określonego przez tarcie w układzie oraz zanurzenie dyfuzorów (np. 130 mm Hg). Koszt energii waha się pomiędzy 0,55—3,5 KWH/kg usuwanego MBU i wynosi średnio około 1,2 KWH/kg usuwanego MBU.

Stosowanie powietrza jako źródła tlenu tworzy poważne ograniczenia możliwej do uzyskania prędkości rozpuszczania się tlenu, gdyż powietrze zawiera tylko 20,8% tlenu, a jego pozostałe składniki są nieczyste. Jeżeli chodzi o reakcje biochemiczne, w znanych sposobach tlen rozpuszczony w cieczy jest zużywany przez bakterie tak szybko, że ekonomicznie osiągalne poziomy DO przy napowietrzaniu powietrzem zostają zahamowane poniżej poziomu zapewniającego zdrowy obfity wzrost pożądanych bakterii aerobowych. Anaerobowe i fakultatywne szczepy bakterii mogą się przy tym rozwinąć i spowodować powstanie nieprzyjemnych zapachów oraz wydłużyć czas obróbki.

Duże stężenia zawiesiny w obszarze napowietrzania są również korzystne dla napowietrzania wody zawierającej MBU, ponieważ szybkość usuwania MBU staje się większa, a szybkość produkcji nadmiaru osadu staje się mniejsza. Jednakże, wysokie stężenia zawiesiny dają jako wynik szybsze pobieranie DO przez biomasę i wobec ograniczonej prędkości rozpuszczania tlenu z powietrza celowo zmniejszono poziom aktywnego osadu w cieczy mieszanej. Kiedy poziom osadu jest zredukowany, zmniejszona jest prędkość usuwania MBU, a zbiorniki reakcyjne wymagają odpowiednio dużej objętości w celu zatrzymania ścieków przez odpowiedni okres czasu (3—4 godz.), niezbędny dla oczyszczania.

Szybkość rozpuszczania tlenu może być zwiększona przez gwałtowniejsze mieszanie całości cieczy przy użyciu areatorów powierzchniowych, bijaków oraz turbin zanurzonych. Jednakże, silne mieszanie rozбивa i rozprasza kłaczkowate aglomeraty tak, że po próbie osady nie oddzielają się całkowicie od odpływu. Co więcej, osady, które osiadają na zasadzie grawitacji mają dużą objętość właściwą (indeks Mohlmana dla objętości osadu, lub SVI) i recyrkulacja takich osadów jako inokulum stanowi duże obciążenie hydrauliczne dla układu. W warunkach niskiego poziomu DO i przy niskim stężeniu zawiesiny, cząstki kłaczek są małe i niestabilne oraz szczególnie wrażliwe na rozproszenie przez rozbicie. Próby „przeładowania” systemem napowietrzania doprowadziły również do niedopuszczalnie wysokich kosztów inwestycji jak również kosztów wykorzystania urządzeń do tego celu potrzebnych.

Należy stwierdzić, że użycie powietrza jako źródła tlenu dla reakcji biochemicznych jest poważną wadą tego sposobu. Użycie czystego tlenu, bądź powietrza wzbogaconego w tlen w celu napowietrzania, jako sposobu zwiększającego szybkość rozpuszczania daje różnicę między cząstkowym ciśnieniem tlenu w gazie i w cieczy zwiększoną pięciokrotnie, jednakże w wielu znanych sposobach sto-

sowany gaz napowietrzający wzbogacony w tlen nie dał wymaganych efektów ekonomicznych. W niektórych ze znanych sposobów, gaz wzbogacony w tlen zastępował tylko powietrze, a urządzenia oraz sposób postępowania były takie same, jak w przypadku napowietrzania powietrzem. Wysokie koszty i niska opłacalność w tych sposobach wynikały z nieskutecznego wykorzystania tlenu, który w przeciwieństwie do powietrza, nie jest brany „za darmo” z atmosfery. Na przykład, kiedy czysty tlen jest rozpylany bądź dyfundowany w zwykły sposób do konwencjonalnego zbiornika reakcyjnego do ścieków miejskich, zużywa się tylko około 5—10% tlenu (tzn. rozpuszczonego i doprowadzonego do kontaktu z osadem czynnym), a pozostałość ucieka do atmosfery.

W stanie techniki znany jest proces bioprecypitacji, w którym część odpływu reaktora połączonego z osadnikiem jest mieszana z odpływem ścieku i jest natleniana prawie do stanu nasycenia a następnie recyrkulowana do podstawy reaktora. Reaktor posiada kożuch aktywnego osadu i ciecz o wysokim stopniu natlenienia wznosi się powoli poprzez kożuch przenosząc w ten sposób swoje zanieczyszczenia organiczne do kłaczka bakterii i dostarczając tlenu potrzebnego do asymilacji. Ciecz wpływająca oraz recyrkulowany odpływ są natleniane przez przepływającą w dół kolumnę gazu z cieczą, w której gaz przemieszcza się w kierunku przeciwnym do prądu cieczy, przy czym gaz napowietrzający wzbogacony w tlen jest wprowadzany przy podstawie kolumny i wypuszczany u góry kolumny. Pomimo tego, że kontaktor przeciwpływowy jest uznany za najbardziej wydajne urządzenie przenoszenia masy dla większości procesów chemicznych, to również urządzenie nie dało zadowalających efektów ekonomicznych napowietrzania tlenem biologicznego procesu utleniania. Osiągnięto tylko 20 do 25% zużycia tlenu zasilającego.

Powodem małego wykorzystania procesu bioprecypitacji jest fakt, że poziom DO w natleniaczu bądź kontaktorze jest bliski nasycenia, w wyniku czego siła napędowa ciśnienia cząsteczkowego tlenu nie występuje zasadniczo w dolnych partiach kolumny, a ponadto zanieczyszczenia CO₂ i N₂ odprowadzane z cieczy znacznie obniżają siłę napędową cząsteczkowego ciśnienia tlenu w górnych częściach kolumny. Czynniki te obniżały znacznie poziom rozpuszczenia dużej części wprowadzonego tlenu, gdy tymczasem o prawidłowości przebiegu procesu decyduje poziom nasycenia tlenem, ponieważ dostarczenie rozpuszczonego tlenu DO do obróbki wody zawierającej MBU musi być dokonane przez wprowadzenie strumienia rozcieńczonego dopływu do reaktora.

Zadaniem wynalazku jest opracowanie sposobu napowietrzania wód ściekowych o stosunkowo dużym zużyciu tlenu w gazie napowietrzającym, wzbogaconym w tlen i charakteryzującym się wysokim poziomem rozpuszczonego tlenu w cieczy mieszanej i wysokim stężeniu zawiesiny.

Istotą sposobu według wynalazku obróbki wody zawierającej materiał biologicznie utlenialny (MBU) przez utlenienie w kontakcie z bakteryjnie

czynnym osadem jest to, że wodę zawierającą MBU miesza się z biomasą i gazem zasilającym zawierającym przynajmniej 60% tlenu (objętościowo) w obszarze napowietrzania w celu utworzenia cieczy mieszanej, przy czym mieszanie prowadzi się w sposób ciągły jednocześnie utrzymując stosunek gazu zasilającego w tlen do energii mieszania plus energia kontaktu gaz—ciecz równy 0,02 do 0,24 kg moli tlenu/kWh energii dostarczonej, a cząstkowe ciśnienie tlenu równe przynajmniej 300 mm Hg w gazie napowietrzającym nad wyżej wymienioną cieczą mieszaną, przy czym gaz ten ma stężenie tlenu niższe niż 80% przy zużyciu przynajmniej 50% tlenu z gazu zasilającego nad wyżej wymienioną cieczą, zaś stężenie tlenu rozpuszczonego w cieczy poniżej 70% nasycenia w stosunku do tlenu w gazie napowietrzającym ale większe niż 2 mg/litr oraz prowadzi się ciągłą recyrkulację jednego z gazów napowietrzających ciecz mieszaną w ścisłym kontakcie z drugą cieczą w obszarze napowietrzania oraz doprowadza się ciecz natlenioną z wyżej wymienionego obszaru napowietrzania.

Przedmiot wynalazku jest objaśniony w dalszej części opisu w przykładzie przedstawionym oraz na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia wykres zależności między zużyciem tlenu i stężeniem tlenu w gazie napowietrzającym na osi rzędnych a stosunkiem szybkości zasilania gazem zawierającym tlen do energii dostarczanej na osi odciętych, określony dla ścieków miejskich zawierających 250 mg/l MBU o stężeniu rozpuszczonego tlenu równym 2 mg/l i 8 mg/l i gazu zasilającego zawierającego 99,5% tlenu, fig. 2 — wykres podobny do fig. 1, lecz dla gazu zasilającego zawierającego 80,0% tlenu, fig. 3 — wykres podobny do fig. 1 i 2, lecz dla gazu zasilającego zawierającego 60,0% tlenu, fig. 4 — wykres podobny do fig. 1, lecz dla ścieku przemysłowego zawierającego 2500 mg/l MBU przy użyciu gazu zasilającego zawierającego 99,5% tlenu, fig. 5 — wykres podobny do fig. 4, lecz dla gazu zasilającego zawierającego 80,0% tlenu, fig. 6 — wykres podobny do fig. 4 i 5, lecz dla gazu zasilającego zawierającego 60,0% tlenu, fig. 7 — wykres zależności kosztów całkowitego rocznego napowietrzenia na osi rzędnych i stosunku szybkości dostarczania gazu zasilającego zawierającego tlen do energii dostarczonej na osi odciętych, dla stężeń rozpuszczonego tlenu równych 2 mg/l i 8 mg/l i ścieków miejskich przy użyciu gazu zasilającego zawierającego 99,5% tlenu z fig. 1, fig. 8 — wykres podobny do fig. 7, lecz dla gazu zasilającego zawierającego 60% tlenu, fig. 9 — przedstawia schematycznie w przekroju poprzecznym i w rzucie pionowym urządzenie do oczyszczania ścieków wyposażone w pojedyncze mieszadło zanurzone oraz układ rozpylacza wewnątrz komory napowietrzania i osadnik, fig. 10 przedstawia schematycznie w rzucie pionowym i w przekroju poprzecznym odmianę urządzenia wyposażonego w szereg zanurzonych mieszadeł oraz rozpylaczy umieszczonych wewnątrz komory napowietrzania, a fig. 11 — w rzucie pionowym i w przekroju poprzecznym schemat urządzenia stanowiącego jeszcze

jedną odmianę wykonania urządzenia wyposażonego w szereg komór napowietrzania, z których każda posiada mieszadło typu powierzchniowego oraz areator gazu zasilającego zawierającego tlen, dostosowane do stopniowego przepływu cieczy natlenionej.

Sposób według wynalazku napowietrzania tlenem wymaga użycia gazu zasilającego zawierającego tlen o stężeniu równym przynajmniej 60%; zawartość tlenu w gazie w obszarze napowietrzania jest znacznie niższa niż w gazie zasilającym, dzięki nagromadzeniu się gazów nieczynnych w tym obszarze, zatem konieczne jest pozostawienie znacznego marginesu stężenia tlenu w gazie zasilającym dla skompensowania strat powstałych przy mieszaniu zachodzących w trakcie napowietrzania oraz w celu utrzymania wysokiego ciśnienia cząstkowego tlenu pozostającego w kontakcie z cieczą.

Gaz napowietrzający winien być utrzymywany w obszarze napowietrzania bądź w obszarze kontaktowania wewnątrz reaktora odizolowany od atmosfery przez okres czasu wystarczający do rozpuszczenia się dużej części zawartego tlenu w cieczy. Podczas okresu retencji gazu przynajmniej jeden z płynów, gaz lub ciecz jest recyrkulowany do obszaru natleniania i doprowadzony do kontaktu z drugim. Urządzenie takie, jak upakowane kolumny, które umożliwiają tylko chwilowy, jednorazowy kontakt pomiędzy gazem a cieczą, nie dają dostatecznego czasu retencji. Nawet przy dawkowaniu w ilościach nasycających, płynu zawierającego MBU w celu jego obróbki nie zachowuje się całej ilości tlenu potrzebnej dla przebiegu reakcji w roztworze, przy czym w procesie nasycania cieczy tlenem z gazu wzbogaconego w tlen, tlen rozpuszczony w cieczy nie powinien mieć stężenia bliskiego nasycenia, jak również po zakończeniu obróbki ciecz natleniona nie może być zupełnie pozbawiona tlenu. Stąd wynika, że czas kontaktu płynów przedłuża się tak, aby szybkość rozpuszczania utrzymana została na takim samym poziomie jak zużycie DO.

W obszarze napowietrzania tworzy się dużą przestrzeń międzyfazową pomiędzy gazem i cieczą, ażeby spowodować szybkie rozpuszczanie się gazu. Jednakże, ten obszar musi być wytworzony w taki sposób, żeby uniknąć nadmiernego zbliżenia do stanu nasycenia cieczy tlenem na granicy faz. To uzyskuje się przez utworzenie granicy faz w dużej objętości cieczy tak, że tylko cienka warstwa cieczy na granicy faz jest bliska stanu nasycenia oraz w ten sposób, że stopień nasycenia tlenem DO od granicy faz do wnętrza cieczy jest wysoki. Korzystne jest, jeżeli faza ciepla w obszarze napowietrzania stanowi warstwę ciągłą, bądź zbliżoną do ciągłej. Małe banieczki gazu w cieczy stanowią korzystny układ a napowietrzanie powierzchniowe przez wprowadzanie stosunkowo silnych rozbryzgów cieczy do gazu jest zadowalające. Należy unikać pryskania cieczą, ponieważ kropelki posiadają dużą powierzchnię przy małej objętości cieczy.

Jak stwierdzono, obszar granicy faz powinien być utworzony w cieczy zawartej wewnątrz reaktora biochemicznego. Cała ciecz w reaktorze po-

winna brać udział w kontakcie gazu z cieczą tak, aby poziom DO w cieczy mieszanej mógł być uzupełniany w miarę zużywania tlenu.

W celu zachowania dostatecznej siły napędowej dla rozpuszczania tlenu z dużą szybkością, przeciętny poziom DO w cieczy mieszanej nie powinien przekraczać 70% nasycenia w stosunku do zawartości tlenu w gazie napowietrzającym, temperatury i ciśnieniu przeważającym w obszarze napowietrzania. Korzystnie gdy poziom nasycenia tlenem DO stanowi mniej niż 35% nasycenia. Uniknięcie nadmiernego poziomu DO wewnątrz cieczy zapewnia dużą różnicę poziomu DO pomiędzy granicą faz ciecz-gaz a masą cieczy tak, że DO jest szybko rozpraszane z granicy faz przez dyfuzję oraz mieszanie i obydwa te mechanizmy stają się skuteczniejsze, gdy wzrasta stopień DO na granicy faz. Stężenie tlenu w gazie napowietrzającym jest znacznie niższe niż w gazie zasilającym, dzięki nagromadzeniu się takich gazów jak azot, CO₂ i argon. W sposobie według wynalazku nagromadzenie się nieczystych gazów jest ograniczone przez wypuszczanie gazu z obszaru napowietrzania w sposób ciągły, bądź z przerwami przy zachowaniu cząstkowego ciśnienia tlenu w obszarze napowietrzania, równego przynajmniej 300 mm Hg, a najkorzystniej równego przynajmniej 300 mm Hg. Taka wartość stężenia jest potrzebna nie tylko dla utrzymania dużej szybkości rozpuszczania, ale również dla zapewnienia wzrostu ciężkich łatwo osiadających aglomeratów biomasy.

Jeżeli punkt zasilania tlenem i punkt odprowadzania „zużytego” gazu są od siebie nawzajem oddalone oraz jeżeli przewód pomiędzy tymi dwoma punktami jest do pewnego stopnia ograniczony, wtedy zawartość tlenu w gazie będzie się zmieniać w sposób znaczny wzdłuż tego przewodu. Stężenie tlenu będzie najwyższe w punkcie wprowadzania gazu a najniższe w punkcie odprowadzania, zatem poprzedzające minimalne ciśnienia cząstkowe tlenu odnoszą się do obszaru o najniższym stężeniu tlenu, bądź do obszaru odprowadzania.

Ważnym czynnikiem kontrolującym cząstkowe ciśnienie tlenu w obszarze napowietrzania jest szybkość z jaką gaz zasilający zawierający tlen jest wprowadzany. Przy zachowaniu stałych parametrów (czynniki) zwiększenie szybkości wprowadzania tlenu zwiększy cząstkowe ciśnienie tlenu przy napowietrzaniu i odwrotnie. Pewne czynniki będą miały tendencję przeciwstawiać się temu zjawisku, w miarę jak wzrasta cząstkowe ciśnienie tlenu, szybkość reakcji biochemicznej cząstek będzie się zwiększać i gazowe produkty uboczne będą się wydobywać szybciej. W ten sposób większą ilość całkowitej ilości gazów nieczystych odprowadza się w jednostce czasu wraz ze swoją zawartością tlenu. Stwierdzono, że wraz z większą szybkością zasilania tlenem, każda jednostka objętości gazu odprowadzanego zawiera więcej tlenu w wyniku wyższego ciśnienia cząstkowego tlenu panującego w obszarze napowietrzania. W związku z tym ilość określana w procentach tlenu zużywanego w cieczy ma tendencję zmniejszającą się, czyli podczas odprowadzania

danej ilości gazu nieczystego ilość zmarnowanego tlenu będzie się zwiększać w miarę wzrostu stężenia tlenu w gazie napowietrzającym.

Wynalazek wykorzystuje powyżej opisaną właściwość przez ograniczenie stężenia tlenu w gazie napowietrzającym do zawartości mniejszej niż 80% tlenu, a najkorzystniej poniżej 65% tlenu (objętościowo). Tak, jak w przypadku dolnej granicy cząstkowego ciśnienia tlenu, górna granica składu gazu odnosi się do tej części obszaru napowietrzania, z której zużyte gazy są odprowadzane. Jeżeli przewód gazowy od punktu zasilania do odprowadzania podtrzymuje gradient stężenia tlenu, to wtedy obszary w górze strumienia w obszarze napowietrzania będą korzystnie zawierały gaz napowietrzający o stężeniu tlenu wyższym niż gaz odprowadzany.

Oczywiste jest, że dążenie do uzyskania wysokich ciśnień cząstkowych tlenu przy napowietrzaniu oraz do uzyskania wysokiego procentu wykorzystania gazu zasilającego wzbogaconego w tlen są ze sobą sprzeczne i dlatego w sposobie według wynalazku zachowuje się dolną granicę cząstkowego ciśnienia tlenu wraz z górną granicą stężenia tlenu w gazie napowietrzającym. Sposób niniejszy może być regulowany w celu zapewnienia działania w tych granicach a szybkość wprowadzania tlenu może być jednym z czynników zapewnienia takiej regulacji.

W sposobie według wynalazku dostarcza się do obszaru napowietrzania gaz zasilający zawierający przynajmniej 60% tlenu oraz energią dla skontaktowania cieczy z gazem a odprowadza się część gazu napowietrzającego w postaci resztki gazowej nierozpuszczonego tlenu oraz nagromadzonych części gazu nieczystego. Zależność pomiędzy szybkością zasilania gazem zawierającym tlen a energią dostarczoną jest innym ważnym czynnikiem wynalazku. Jeżeli dostarcza się więcej energii kontaktowania z każdą objętością gazu zasilającego zawierającego tlen, wówczas większy procent tlenu rozpuści się a mniejsza część zmarnuje się w gazie odprowadzanym.

Wkład energii nie może być zwiększany bez ograniczeń, ponieważ każdy dodatkowy procent zużytego tlenu musi być rozpuszczony z gazu o stopniowo niższym cząstkowym ciśnieniu tlenu. Co więcej, przy danej ilości cieczy w obszarze napowietrzania mającej być natlenianą, zwiększenie energii doprowadzi poziom rozpuszczonego tlenu DO bliżej stanu nasycenia i prędkość rozpuszczania spadnie, a zatem przy zwiększaniu doprowadzanej energii zmniejsza się wydajność. Ponadto stwierdzono, że nadmierna energia mieszania niszczy kłaczki biomasy i pogarsza następujący potem rozpad. Ilość dostarczonego tlenu jest ściśle związana z ilością dostarczonej energii.

Duże ciśnienia cząstkowe tlenu i energia mieszania dostarczają siły rozpuszczającej, ale w sposobie według wynalazku te siły są używane w sposób zrównoważony dla uzyskania znacznie wyższego procentu wykorzystania tlenu, niż tlen, który mógł być uzyskany w dotychczasowym stanie techniki przy wysokich stężeniach cząstkowych tlenu w obszarze napowietrzania. Równowagę tą uzy-

skuje się przez utrzymanie stosunku gazu zasilającego zawierającego tlen do energii mieszania plus energii kontaktu gaz-ciecz równego 0,02–0,24 kg moli O_2 /kWh dostarczonej energii. W odmianie wynalazku stosunek ten wynosi 0,06–0,12 kg moli O_2 /kWh dostarczonej energii.

Energia dostarczana do obszaru napowietrzania musi być możliwie w pełni wykorzystana dla utworzenia granicy faz pomiędzy gazem a cieczą wymaganej dla rozpuszczenia tlenu, to znaczy energii kontaktu gazu z cieczą. Wielkość energii mieszania musi zapewnić równomierną mieszaninę i możliwość cyrkulowania cieczy mieszanej kilkakrotnie przez kontaktor gaz-ciecz. Standartowa wydajność przenoszenia powietrza określana jest w kilogramach tlenu/kWh rozpuszczonego w wodzie z kranu o zerowym poziomie DO przy temperaturze 20°C i przy ciśnieniu 1 atmosfery. Korzystnym jest zastosowanie urządzenia do napowietrzania, którego wydajność przenoszenia powietrza wynosi przynajmniej 0,9, a najkorzystniej 1,5 kg tlenu/KW rozpuszczanego pomimo stosunkowo małej objętości gazu dostarczanego do układu, oraz które nie uszkadza i nie rozprasza ciężkich kłaczków. W związku z małą objętością gazu wzbogaconego w tlen występującego w standartowej wydajności przenoszenia powietrza, w stosunku do objętości powietrza zazwyczaj używanej, jest korzystnym użycie kombinacji mieszczała mechanicznego dla mieszania cieczy (energia mieszania) z zanurzonym dyfuzorem gazu dla skontaktowania gazu z cieczą. Jednakże, niektóre urządzenia do napowietrzania typu powierzchniowego, bądź typu chlapiącego mogą wykonywać obie czynności w sposób zadowalający.

W granicach wyżej wymienionych 0,02–0,24 kg moli tlenu/KW, tlen i energia powinny być dopasowane do siebie tak, aby osiągnąć najlepszą opłacalność zależną od kosztów urządzenia napowietrzającego, energii i tlenu. Niezależnie od tego urządzenie do napowietrzania sposobem według wynalazku może osiągnąć wydajność przynajmniej 50% zużycia tlenu dostarczonego utrzymując przy tym cząstkowe ciśnienie tlenu kilkakrotnie większe niż to, które można otrzymać przy napowietrzaniu powietrzem oraz przy użyciu znacznie mniejszej ilości energii niż ta, która jest potrzebna dla rozpuszczenia jednakowej ilości tlenu z powietrza.

Fig. 2 i 3 przedstawiają wykres danych dotyczących układu napowietrzania ścieków miejskich składającego się z jednego etapu, w którym osad pozostaje w cieczy mieszanej przez okres 2 godz. przy stężeniu zawiesiny nieopadającej (MLVSS) równym 4000 mg/l i przy zasilaniu wodą odpadową zawierającą 250 mg/l MBU. Biomasa jest dostarczana do obszaru napowietrzania przez recyrkulację osadu czynnego z osadnika, który z kolei utrzymuje ciecz natlenioną z obszaru napowietrzania. Sześć zestawów danych jest przedstawionych odpowiednio dla 60% tlenu, dla 80% tlenu i dla 99,5% tlenu, oraz dla poziomów DO równych 2 mg/l i 8 mg/l. W każdym zestawie danych, energia wymagana oraz procentowe zużycie tlenu zostały określone dla różnych szybkości zasilania gazem zawierającym tlen. W fig. 1 zestawione są wyniki

otrzymane przy użyciu gazu zasilającego zawierającego 99,5% tlenu, fig. 2 i 3 zestawiają wyniki otrzymane przy użyciu gazu zawierającego odpowiednio 80% i 60% tlenu.

Jeżeli chodzi o fig. 1, która dotyczy gazu zawierającego 99,5% tlenu, widać, że można uzyskać wysoki procent zużycia tlenu utrzymując przy tym wysokie ciśnienie cząstkowe tlenu w obszarze napowietrzania. Wartości cząstkowego ciśnienia tlenu, które są odłożone na osi rzędnych po prawej stronie dają pewną wskazówkę dotyczącą dolnej granicy szybkości zasilania tlenem, która jeszcze może dać przy napowietrzaniu cząstkowe ciśnienie tlenu o wartości równej dolnej granicy, wynoszącej przynajmniej 300 mm Hg. Wartości procentowego zużycia tlenu odłożone na osi rzędnych po lewej stronie dają wskazówkę dotyczącą górnej granicy szybkości zasilania tlenem, która pozwoli jeszcze na zużycie przynajmniej 50% tlenu z gazu zasilającego. Ekstrapolacja krzywej cząstkowego ciśnienia tlenu do minimalnego ciśnienia tlenu równego 300 mm Hg wskazuje na to, że szybkości zasilania tak niskie, jak około 0,046 kg moli tlenu/kWh są dopuszczalne dla poziomu DO równego 8 mg/l, a tak niskie jak około 0,058 kg moli O_2 /kWh dla poziomu równego 2 mg/l. Podobnie i krzywe zużycia tlenu mogą być ekstrapolowane do około 0,13 kg moli O_2 /kWh, zanim zużycie tlenu spadnie poniżej 50%. Procentowe zużycie tlenu odpowiadające cząstkowemu ciśnieniu tlenu równemu 300 mm Hg wynosi więcej niż 90% dla obydwu poziomów DO.

Fig. 1 pokazuje również, że dla górnej granicy stężenia tlenu w gazie napowietrzającym wynoszącej około 80% (około 600 mm Hg przy 1 atmosferze), zużycie tlenu spada do około 60% dla obydwu poziomów DO.

Fig. 2 pokazuje minimalne szybkości zasilania dla stężenia tlenu wynoszącego 80% odpowiadające 300 mm Hg cząstkowego ciśnienia tlenu około 0,04 i 0,06 kg moli O_2 /kWh dla DO wynoszącego odpowiednio 2 mg/l oraz 8 mg/l. W ten sposób zakres szybkości zasilania pozwalających działać w granicach określonych wynalazkiem jest jeszcze szeroki. Jednakże zużycie tlenu w ilości około 80% jest największym jakie może być osiągnięte przy cząstkowym ciśnieniu tlenu wyższym od 300 mm Hg. Istotne jest również to, że jeżeli cząstkowe ciśnienie tlenu zostało zwiększone przez większą szybkość zasilania tlenem tak, aby stężenie tlenu w gazie zasilającym było 80% (600 mm Hg), procent zużycia temu odpowiadający byłby daleko niższy niż wymagane 50% i w związku z tym mieściłby się poza zakresem niniejszego sposobu.

Z fig. 3 widać, że w przypadku użycia tlenu o stężeniu 60% zastosowanie sposobu według wynalazku wymaga dokładnej kontroli szybkości zasilania tlenem w bardzo wąskich granicach. Wykres cząstkowego ciśnienia dla poziomu DO równego 8 mg/l wzrasta powyżej 300 mm Hg przy wartości około 0,07 kg moli O_2 /kWh a krzywa procentu zużycia tlenu spada poniżej 50% przy wartości około 0,06 kg moli O_2 /kWh. Dla poziomu DO równego 2 mg/l zachodzi ta sama zbieżność przy wartości około 0,09 kg moli O_2 /kWh. W taki sposób obniżenie

stężenia tlenu w gazie zasilającym do 60% znacznie zawężilo zakres działania. Najlepszy i jedyny procent zużycia, który można osiągnąć przy cząstkowym ciśnieniu tlenu wyższym od 300 mm Hg wynosi 50%. Przy dalszym zmniejszaniu stężenia tlenu w gazie zasilającym „minimalna” szybkość zasilania uzyskana przy cząstkowym ciśnieniu tlenu równym 300 mm Hg byłaby wyższa niż „maksimum” ustalone dla zużycia wynoszącego 50% i warunki wymagane dla wykorzystania wyżej wymienionego sposobu nie mogłyby być spełnione dla zadanej szybkości zasilania.

W tabeli A porównano za pomocą krzywych 1-2-3 gaz zasilający o trzech stężeniach tlenu przy szybkości zasilania tlenem równej 0,067 kg O₂/kWh a poziomie DO równym 8 mg/l.

Tabela A

Gaz zasilający	Zużycie O ₂	Obszar napowietrzania cząstkowe ciśnienie O ₂
60 % O ₂	50%	300 mm Hg
80 % O ₂	70%	350 mm Hg
99,5% O ₂	90%	450 mm Hg

Podobnie i w tabeli B porównano szybkości zasilania i procent zużycia tlenu dla trzech stężeń tlenu przy standartowym ciśnieniu cząstkowym tlenu równym 300 mm Hg.

Tabela B
DO = 8 mg/l

Gaz zasilający	Szybkość zasilania O ₂ kg mole/kWh	Zużycie O ₂
60 % O ₂	0,068	50%
80 % O ₂	0,041	80%
99,5% O ₂	0,044	95%

Wykres z fig. 1 ilustruje również niską wrażliwość sposobu na zmiany poziomu DO, wtedy kiedy używa się gazu zasilającego zawierającego 99,5% tlenu. Dwa zestawy krzywych dla poziomu DO równego 2 mg/l i 8 mg/l są bardzo zbliżone do siebie, tak że zwiększanie poziomu DO w tym zakresie nie ma dużego wpływu na procentowe zużycie tlenu, ani też na cząsteczkowe ciśnienie tlenu w obszarze napowietrzania. Jednakże obydwie krzywe fig. 2 i 3 dla gazu zasilającego zawierającego 90% tlenu i 60% tlenu wykazują znaczną wrażliwość na zmiany poziomu DO. Ponieważ poziomy DO rzeczywiście są zmienne w dużych zakładach obróbki wody odpadowej na skutek zmian przepływu zasilania oraz poziomu MBU ta stałość zużycia tlenu stanowi poważną zaletę odmiany sposobu, w której gaz zasilający zawiera przynajmniej 90% tlenu. To znaczy że przy użyciu gazu zasilającego zawierającego 90% tlenu układ byłby stosunkowo niewrażliwy na zmiany w poziomie DO w porównaniu z użyciem gazu zasilającego zawierającego 60% tlenu.

Standartowa wydajność przenoszenia tlenu na napowietrzalnika, na którym oparte są fig. 1—3 wy-

nosi pomiędzy 1,8 i 2,1 kg O₂/kWh. Użycie mniej wydajnego urządzenia da w wyniku obniżenie krzywych procentowego zużycia tlenu i podniesienie się krzywych cząstkowego ciśnienia tlenu, podczas gdy użycie wydajniejszego urządzenia daje efekt wręcz przeciwny. Jednakże nie zmienia to w sposób zasadniczy wniosku jaki można wyciągnąć w odniesieniu do ograniczonej użyteczności przy użyciu gazu zasilającego zawierającego 60% tlenu.

Należy również wyjaśnić, że zużycie energii, z którą związana jest szybkość zasilania tlenem odłożona na osi odciętych na wykresach 1-2-3 jest całkowitą energią wymaganą dla mieszania ciał stałych z ciałami stałymi oraz dla kontaktu gaz—ciecz. Dla dyfuzorów powietrza używanych w znanych sposobach całkowita energia jest zazwyczaj używana w kompresorach powietrza. Dla innych systemów napowietrzania, część energii jest zużywana przez mieszadła mechaniczne dla utrzymania osadu w stanie zawieszenia a pozostała część energii jest zużywana przez kompresory dostarczające gazu do zanurzonych rozpylaczy. Jeszcze w innych napowietrzalnikach typu powierzchniowego cała energia jest zużywana do mieszania mechanicznego cieczy.

Ponieważ energia mieszania określona jest stosunkiem ilości tlenu zawartego w gazie zasilającym do całkowitej energii, wartości tej ostatniej zależą od czasu obróbki i retencji osadów w cieczy mieszanej przy napowietrzaniu. Energia mieszania musi być dostarczana ze stałą prędkością i jeżeli czas obróbki jest długi to zbiorniki będą duże i zużycie energii stosunkowo duże. Z tego wynika, że jeżeli czas obróbki jest długi, prędkość zasilania tlenem może być stosunkowo niska w wyniku powolnego objętościowego pobierania DO. Tak, że przy przedłużonych czasach obróbki energia mieszania stanowi większą część całkowitej energii, a stosunek zasilania tlenem do energii jest stosunkowo niski. Dla krótkich czasów obróbki, obserwujemy zjawisko odwrotne.

Wykresy przedstawione na fig. 4, 5 i 6 są podobne do odpowiednich na fig. 1, 2 oraz 3, z tym wyjątkiem, że poziom MLVSS w cieczy mieszanej wynosi 6000 mg/l a stężenie MBU w wodzie odpadowej zasilania wynosi 2500 mg/l. Podczas gdy fig. 1—3 przedstawiają ścieki miejskie o niskim stężeniu zanieczyszczeń, fig. 4—6 przedstawiają obróbkę wody przemysłowej o wysokim stężeniu zanieczyszczeń przy użyciu sposobu natychmiastowego. Zwiększenie stężenia MBU (oraz MLVSS) jest dokonane jedynie zwiększeniem prędkości pobierania rozpuszczonego tlenu. Przy danej prędkości zasilania gazem zawierającym tlen zwiększone stężenie MBU powoduje z kolei zwiększenie procentu pobierania tlenu oraz zmniejszenie cząstkowego ciśnienia tlenu.

W odniesieniu do krzywej z fig. 4 wykreślonej dla 99,5% tlenu zawartego w gazie zasilającym oraz poziomu DO równego 8 mg/l, prędkość zasilania gazem zawierającym tlen konieczna dla utrzymania cząstkowego ciśnienia tlenu równego 300 mm Hg może być w przybliżeniu wyliczona z krzywej i wynosi około 0,06 moli O₂/kWh a przed-

kość zasilania gazem zawierającym tlen dla uzyskania 50% zużycia tlenu wynosi 0,25 kg moli O_2 /kWh. Jest oczywiste, że w tym przypadku stężenie tlenu w gazie napowietrzającym powinno być utrzymane na poziomie znacznie niższym niż 80% 600 mm Hg przy 1 atm w celu uniknięcia przekroczenia wartości 0,24 kg moli O_2 /kWh stanowiącą górną granicę dla wartości stosunku prędkości zasilania tlenem do energii dostarczanej oraz wynikającego z tego zejścia poniżej dolnej granicy 50% zużycia tlenu. Dla poziomu DO równego 2 mg/l minimalna prędkość zasilania wynosi około 0,085 kg moli O_2 /kWh dla minimalnego cząstkowego ciśnienia tlenu w gazie napowietrzającym wynoszącego 300 mm Hg, a wartość maksymalna wynosi 0,32 kg moli O_2 /kWh dla zużycia tlenu równego 50%, ale ta ostatnia jest powyżej wartości górnej granicy dla stosunku prędkości zasilania gazem zawierającym tlen do energii dostarczonej w sposób według wynalazku. Dopuszczalny zakres stosowania niniejszego sposobu jest szeroki i uwzględnia wysoki procent zużycia i odpowiednio wysokie cząstkowe ciśnienia tlenu.

Fig. 5 przedstawia dla gazu zasilającego zawierającego 80% tlenu maksymalne i minimalne prędkości zasilania tlenem wynoszące odpowiednio 0,07 oraz 0,17 kg moli O_2 /kWh dla poziomu DO równego 8 mg/l oraz odpowiednio 0,11 i 0,22 kg moli O_2 /kWh dla poziomu DO równego 2 mg/l. Również i w tym wypadku stężenie tlenu 80% jest niemożliwe do zastosowania z powodu niskiego zużycia tlenu oraz wysokiego stosunku szybkości zasilania tlenem do energii dostarczanej.

Zgodnie z fig. 6, dla gazu zasilającego zawierającego 60% tlenu oraz cieczy odpadowej zawierającej 2500 mg/l MBU, zakres zasilania tlenem zgodnie ze sposobem według wynalazku nie jest osiągalny dla poziomów DO równych 2 mg/l ani też 8 mg/l. Na przykład, przy poziomie DO równym 8 mg/l prędkość zasilania tlenem musi wynosić przynajmniej 0,15 kg moli O_2 /kWh ażeby można było osiągnąć ciśnienie cząstkowe tlenu równe 300 mm Hg, jednakże prędkość zasilania tlenem nie może przekraczać 0,09 kg moli O_2 /kWh, aby móc uzyskać pomimo tego zużycie tlenu równe 50% lub wyższe od tej wartości.

Chociaż według fig. 3 dla gazu zasilającego zawierającego 60 % tlenu oraz cieczy odpadowej zawierającej 250 mg/MBU obserwuje się „ujemny” zakres działania, chociaż występuje tu znacznie mniejsza różnica pomiędzy ograniczeniami narzucenymi przez zużycie tlenu oraz tymi, które są nałożone przez cząstkowe ciśnienie tlenu. Podczas gdy różnica dla dużego stężenia MBU w cieczy odpadowej 2500 mg/l wynosi około 0,09—0,15—0,06 kg moli O_2 /kWh, różnica ta dla cieczy zawierającej MBU o stężeniu równym 250 mg/l wynosi tylko 0,06—0,07—0,01 kg moli tlenu/kWh. Jest oczywiste, że jeszcze dalsza redukcja stężenia MBU w cieczy odpadowej zasilającej układ, co ma miejsce w rozcieńczonych ściekach miejskich, da w rezultacie skończony zakres działania, który można zastosować przy użyciu gazu zasilającego zawierającego 60% tlenu. Jednakże porównanie krzywych zasilania tlenem dla stężenia tlenu równego

80% i 60% dla obydwu zawartości MBU (fig. 2 oraz 3), jak również fig. 5 i 6 (pokazuje, że zmniejszenie zawartości tlenu w gazie zasilającym poniżej 60% nie jest możliwe ponieważ wówczas nie można byłoby jednocześnie spełnić warunków koniecznych dla osiągnięcia zużycia przynajmniej 50% tlenu oraz ciśnienia cząstkowego tlenu równego przynajmniej 300 mm Hg.

Fig. 7 i 8 ilustrują zmiany kosztów przy obróbce wody zawierającej MBU o stężeniu 250 mg/l przy różnych prędkościach zasilania gazem zawierającym tlen. „Jednostki kosztów” pokazane na osi rzędnych po prawej stronie są wartościami względnymi, ale odzwierciedlają całkowity koszt napowietrzania włączając w to koszty eksploatacji urządzenia do napowietrzania. Wykres na fig. 7 dla gazu zasilającego zawierającego 99,5% tlenu wykazuje bardzo ostre optima dla wartości prędkości zasilania równej około 0,07 kg moli O_2 /kWh, gdzie koszty utrzymania poziomów DO równych 2 i 8 mg/l wynoszą odpowiednio około 27 i 28 jednostek kosztów. Odpowiadające wartości zużycia tlenu wynoszą około 90%. Wykres z fig. 8 dla gazu zasilającego zawierającego 60% tlenu wykazuje optima dla poziomu DO równego 2 i 8 mg/l na poziomie około 0,07 kg moli O_2 /kWh przy kosztach napowietrzania wynoszących odpowiednio około 50 i 60 jednostek. W ten sposób, położenie optimów z wykresu na fig. 8 wyznacza 50% zużycia tlenu jako stałe minimum przy najniższych kosztach obróbki cieczy zawierających MBU. Porównując fig. 7 i 8 widać również wyraźnie, że sposób użycia gazu zasilającego zawierającego 99,5% tlenu jest stosunkowo niewrażliwy na zmiany w poziomie DO. W przeciwieństwie do tego, użycie gazu zasilającego zawierającego 60% tlenu znacznie zwiększa koszty użytkowania wraz z wzrastającymi wartościami poziomu DO.

Zgodnie z fig. 9, woda zawierająca MBU, na przykład ścieki miejskie wpływa do komory 10 przez przewód 11. Źródło (nie pokazane na rysunku) gazu zasilającego zawierającego przynajmniej 60% tlenu dostarcza gazu natlenionego, który przepływa przewodem 12 z zaworem kontrolnym 13 do wnętrza komory 10. Komora 10 jest zaopatrzona w szczelną pokrywę 14 dla utrzymania środowiska gazu napowietrzającego wzbogaconego w tlen nad powierzchnią cieczy. Osad recyrkulowany jest również wprowadzany do komory 10 przez przewód 15, chociaż, jeżeli jest to konieczne, woda zasilająca zawierająca MBU oraz osad mogą być zmieszane zanim zostaną wprowadzone do komory.

Wyżej wymienione strumienie są dokładnie mieszane tak, żeby utworzyć ciecz najkorzystniej o stężeniu zawiesiny nieopadającej (MLVSS) w komorze 10 stanowiącej obszar napowietrzania równym przynajmniej 3000 mg/l, to mieszanie dokonywane jest urządzeniem mieszającym 16 napędzanym silnikiem 17, którego wałek przechodzi przez otwór z uszczelką 18 w pokrywie 14, przy czym urządzenie do mieszania może posiadać jedno lub kilka mieszadeł umieszczonych nad powierzchnią cieczy (na rysunku jest ono przedstawione pod powierzchnią cieczy). W tym przykładzie gaz napowietrzający zawierający tlen wywiązujący się

z cieczy do przestrzeni gazowej nad powierzchnią cieczy jest odprowadzany przez przewód 19 za pomocą pompy 20 w celu sprężenia i ponownego wprowadzenia przez przewód 21 do zanurzonego rozpylacza dyfuzora 22 najkorzystniej umieszczonego poniżej mieszałki 16. To znaczy, że gaz napowietrzający jest recyrkulowany w sposób ciągły w bezpośrednim kontakcie z cieczą zawartą w komorze 10. Pompa 20 jest napędzana silnikiem (nie pokazanym na rysunku) korzystnie wyposażonym w regulator prędkości obrotowej. Gaz napowietrzający pozbawiony tlenu bądź gaz zużyty jest odprowadzany z komory 10 przez przepływowy otwór 23, który również może być zaopatrzony w kontrolny zawór 24.

Stosując sposób według wynalazku miesza się wodę zawierającą MBU, wzbogacony w tlen gaz zasilający oraz osad, w celu utworzenia cieczy mieszanej a gaz natleniający recyrkuluje się w sposób ciągły do cieczy w celu jego rozpuszczenia. Gazy nieczyste takie, jak azot wprowadzany z wodą zawierającą MBU oraz z gazem zasilającym zawierającym tlen, jak również gazy takie jak CO_2 wytwarzane w reakcji biochemicznej, wydostające się z cieczy zbiera się razem z nieużytym tlenem w przestrzeni nad cieczą. Ten gaz napowietrzający ma cząstkowe ciśnienie tlenu równe przynajmniej 300 mm Hg, a najkorzystniej przynajmniej 380 mm Hg. Gaz wzbogacony w tlen wprowadza się korzystnie do komory 10 w sposób ciągły przez przewód 12 podczas etapu mieszania, bądź też dopływ gazu może być zakończony wtedy, kiedy rozpoczęto etap mieszania. Gaz napowietrzający pozbawiony tlenu może być odprowadzany przewodem 23 w sposób ciągły bądź z przerwami z przestrzeni gazowej nad powierzchnią cieczy.

Poziom cieczy w zbiorniku 10 jest regulowany kaskadą 25, przez którą przelewa się przez koryto 25 nadmiar cieczy a stamtąd odprowadzany jest przewodem 27. Poziom rozpuszczonego tlenu w cieczy natlenionej utworzonej w etapie mieszania jest utrzymany na poziomie niższym niż 70% nasycenia tlenem w gazie napowietrzającym a najkorzystniej wynosi przynajmniej 2 mg/l. Regulacja poziomu DO może być dokonywana przez zmianę prędkości przepływu gazu zasilającego wzbogaconego w tlen za pomocą zaworu 13 w przewodzie 12 przez zwiększenie bądź zmniejszenie cząstkowego ciśnienia tlenu w przestrzeni gazowej zbiornika 10. Poziom DO może być również regulowany przez zmianę energii dostarczanej przez zmianę prędkości obrotowej pompy 20 i w ten sposób przez zwiększenie bądź zmniejszenie prędkości dyfuzji gazu natleniającego w cieczy. Poziom DO może również być kontrolowany przez zmianę czasu retencji cieczy w komorze 10. Przy zachowaniu wszystkich innych parametrów dłuższy czas retencji cieczy daje wyższe poziomy DO.

Na końcu etapu mieszania trwającego na przykład od 20 do 180 min. ciecz natleniona jest odprowadzana przez przewód 27 do wnętrza koncentrycznego deflektora 28 osadnika 29. Deflektor 28 sięga najkorzystniej od poziomu nad powierzchnią cieczy do punktu pośredniego pomiędzy tym poziomem a stożkowym dnem osadnika. Silnik 30

porusza powoli obracające się zgrzebló 31 poprzez dno osadnika zapobiegając tworzeniu się stożka gęstego osadzonego osadu. Oczyszczony płyn nad osadem przepływa przez kaskadę 32 do koryta 33 i jest odprowadzony przez przewód 34. Osad zostaje usunięty z dna osadnika przewodem 35 i przynajmniej jego część jest przetłoczona pompą 36 w celu recyrkulacji przez przewód 15 do zbiornika 10 dla zaszczepienia wpływającej wody zawierającej MBU. Osad, który nie jest potrzebny do recyrkulacji jest odprowadzany przez denne przewód 37 zaopatrzony w kontrolny zawór 38.

Fig. 10 pokazuje schematycznie inne urządzenie do stosowania tego sposobu zaopatrzone w wiele mieszadeł zanurzonych 16a-e oraz rozpylaczy recyrkulowanego gazu wzbogaconego w tlen 22a-e rozmieszczonych od końca do końca zbiornika 10 natleniania. Po uprzednim zmieszaniu woda zawierająca MBU oraz osad recyrkulowany są wprowadzane przez przewód 11 w jednym końcu zbiornika 10. Powstającą w ten sposób mieszaninę miesza się z gazem wzbogaconym w tlen wprowadzanym przez przewód 11 i w ten sposób natlenioną ciecz odprowadza się z drugiego końca zbiornika 10 przewodem 27 do osadnika (nie pokazanego na rysunku). Gaz pozbawiony tlenu również odprowadza się z przestrzeni nad poziomem cieczy a z tego drugiego końca przez przewód 23 gaz napowietrzający zawierający tlen odprowadza się przewodami 19a rozmieszczonymi wzdłużnie w celu recyrkulowania pod ciśnieniem przez pompy 20a-e i rozpylacze 22a-3 w sposób analogiczny do układu przedstawionego na fig. 9.

Zbiornik 10 ma korzystnie długość bardzo dużą w porównaniu z szerokością i głębokością. Dla danej objętości zbiornika taka geometria zwiększa prędkość przepływu cieczy od końca zasilającego do końca odprowadzającego oraz zapobiega mieszanii zwrotnemu cieczy z obszaru w dole strumienia z cieczą z obszarów w górze strumienia. Takie zahamowanie mieszania zwrotnego, zwane strumieniem kierowanym jest korzystne przy użyciu wielu urządzeń do mieszania. Kiedy zahamowane jest mieszanie zwrotne stosunek pożywki do biomasy w kg MBU/dzień $\times$ kg MLVSS, jest wysoki przy końcu zasilania, to jest tam gdzie wprowadza się wodę zawierającą MBU a stosunek ten jest niski przy końcu odprowadzającym, to jest tam gdzie ciecz natleniona przepływa do osadnika (MBU, odnosi się do pomiarów próbki inkubowanej przez 5 dni). Obydwa te warunki lokalne są korzystne dla zajęcia biooksydacji w sposób całkowity i z dużą szybkością.

Zgodnie z tym co przedstawiono na fig 10, ciecz jest natleniana w szeregu etapów od końca zasilającego do odprowadzającego zbiornika 10 pomimo tego, że etapy te nie są fizycznie od siebie oddzielone. Gdy zbiornik ma małą powierzchnię przekroju poprzecznego w przestrzeni gazowej pod pokrywą 14, można otrzymać podobny efekt przepływu kierowanego bądź przepływu w etapach w przepływie gazu natleniającego od końca zasilającego do końca odprowadzającego. To zjawisko również powoduje praktycznie całkowite usunięcie MBU przy dużej prędkości przepływu, po-

nieważ można utrzymać znacznie wyższe cząstkowe ciśnienie tlenu nad powierzchnią cieczy przy końcu zasilania gazem. Inną zaletą stopniowego przepływu gazu jest to, że nieczynne zanieczyszczenia gazowe mogą być odprowadzone na przeciwnym końcu w mniejszej objętości gazu odpadowego. W miarę jak gaz natleniający przepływa od końca do końca zbiornika 10 prędkość rozpuszczania się tlenu w cieczy jest znacznie wyższa niż szybkość wydobywania się gazu nieczynnego z cieczy. W związku z tym, objętość strumienia gazu natleniającego stopniowo zmniejsza się i jego cząstkowa zawartość gazów nieczynnych zwiększa się od końca zasilania gazem do końca odprowadzającego. Korzystne jest napowietrzanie obszaru o dużym stosunku pożywki do biomasy (tam, gdzie wpływa woda zawierająca MBU) gazem o najwyższym stężeniu tlenu jakie jest możliwe, ponieważ zapotrzebowanie na tlen jest najwyższe w tym obszarze. I odwrotnie, zapotrzebowanie na tlen jest najniższe w obszarze odprowadzania cieczy natlenionej i jest korzystne użycie gazu napowietrzającego o najniższym dostępnym stężeniu tlenu w tym obszarze. W związku z tym, w odmianach tego sposobu według wynalazku, w których ciecz jest przepuszczana przez wiele obszarów w celu stopniowego mieszania z gazem napowietrzającym wzbogaconym w tlen, jest również korzystne przepuszczanie gazu napowietrzającego zgodnie z prądem cieczy od etapu do etapu, przy czym gaz o najwyższym stężeniu tlenu miesza się z wodą o najwyższym stężeniu MBU.

Urządzenie na fig. 11 posiada komorę mieszania 10 podzieloną na cztery oddzielne komory bądź oddziały 30a, 30b, 30c i 30d. Przegroda 31a-b siesza od dna do góry zbiornika 10 i oddziela pierwszą i drugą komorę 30a i 30b. Podobnie i przegroda 31b-c oddziela drugą i trzecią komorę 30b i 30c a przegroda 31c-d oddziela trzecią i czwartą komorę 30c i 30d. Otwór przepływowy 32a-b umożliwia przepływ częściowo natlenionej cieczy z pierwszej komory 30a do drugiej komory 30b, otwór przepływowy 32b-c umożliwia przepływ cieczy natlenionej w dalszym stopniu z drugiej komory 30b do trzeciej komory 30c a otwór przepływowy 32c-d umożliwia przepływ cieczy w jeszcze większym stopniu natlenionej z trzeciej komory 30c do czwartej komory 30d.

Gaz wzbogacony w tlen jest wprowadzany przez zespół przewodów 12 oraz zawory kontrolne 13a, 13b, 13c i 13d w przewodach rozgałęziających się w celu jednoczesnego mieszania z wodą zawierającą MBU. Te zawory mogą, na przykład, być regulowane przy pomocy dowolnej wielkości, takiej jak poziom DO w cieczy, bądź skład gazowy wewnątrz komory. Napowietrzalniki typu powierzchniowego 22a, 22b, 22c i 22d powodują wtryskiwanie dużych bryzgów wody do gazu napowietrzającego. W związku z tym napowietrzalniki te dostarczają zarówno energii mieszania osadu z cieczą jak i energii kontaktu gaz-ciecz do etapu napowietrzania. W przeciwieństwie do tego, urządzenia typu pod powierzchniowego przedstawione na fig. 9 i 10 recyrkulują ciecz w sposób ciągły (zamiast

gazu napowietrzającego). Ciecz ta pozostaje w ścisłym kontakcie z gazem napowietrzającym w każdej komorze. Ponieważ ściany komory i przegrody zamykają ciecz wewnątrz każdej komory, można używać mieszadeł powierzchniowych w tej odmianie bez mieszania zwrotnego cieczy wyrzucanej w górę i w dół mieszadła. Gaz napowietrzający pozbawiony tlenu ulatniający się z cieczy jest odprowadzany z każdej komory przez przewody przepływowe 23a, 23b, 23c i 23d. Jeżeli to konieczne, przewody te mogą być zaopatrzone w zawory kontrolne.

Urządzenie przedstawione na fig. 11 posiada warunki bardzo zbliżone do rzeczywistego przepływu kierowanego cieczy. Prędkość przepływu cieczy przez otwory przepływowe 32a-b, 32b-c i 32c-d jest wystarczająca na to, aby zapobiec mieszanii zwrotnemu. Ciecz w każdej komorze bądź w każdym etapie jest praktycznie jednolita w składzie a zawartość MBU stopniowo zmniejsza się od etapu zasilania cieczą 30a do etapu odprowadzania cieczy 30d.

Fakt, że biomasa mieszana z wodą zawierającą MBU w urządzeniu zgodnie z fig. 9—11 jest dostarczana drogą recyrkulacji osadu czynnego, nie ma istotnego znaczenia w praktyce stosowania niniejszego wynalazku. Obszar napowietrzania może mieć postać zakrytej komory umieszczonej wewnątrz zbiornika wody zawierającej MBU, na przykład odstojnika bądź zbiornika fermentacyjnego i mającej otwarte połączenie z tym zbiornikiem w swoim dolnym końcu. W takim wypadku biomasa może być recyrkulowana naturalnym przepływem oraz urządzenia napowietrzającego. Przy obróbce wody odpadowej metodą stawów odstojnikowych, część osadu (biomasy) osiada na dno odstojnika i może być okresowo stamtąd usuwana przy pomocy drągi.

W najkorzystniejszej odmianie sposobu według wynalazku, w której ścieki są natleniane w kontakcie z osadem i w której ścieki, osad oraz gaz zasilający zawierają przynajmniej 90% tlenu (objętościowo) — miesza się w obszarze napowietrzania w celu utworzenia cieczy o stężeniu MLVSS równym przynajmniej 3000 mg/l. Podczas mieszania jednocześnie utrzymuje się stosunek gazu zasilającego wzbogaconego w tlen do energii mieszania plus energii kontaktu gaz-ciecz równy 0,06—0,18 kg moli tlenu/kWh energii dostarczonej, gaz napowietrzający nad powierzchnią cieczy o cząstkowym ciśnieniu tlenu równym przynajmniej 380 mm Hg, ale zawierającym mniej niż 65% tlenu, zużywając przy tym przynajmniej 70% tlenu z gazu zasilającego w cieczy, stężenie tlenu rozpuszczonego w cieczy poniżej 35% nasycenia w stosunku do tlenu w gazie napowietrzającym oraz recyrkulację ciągłą gazu napowietrzającego w ścisłym kontakcie z cieczą w obszarze napowietrzania. Ciecz natleniona usuwa się z obszaru napowietrzania i rozdziela się na osad i odpływ ścieku. Przynajmniej część osadu recyrkuluje się do obszaru napowietrzania.

Dzięki sposobowi według wynalazku, gaz wzbogacony w tlen może być ekonomicznie użyty w biochemicznych reakcjach utleniania, przy czym

duży procent tlenu dostarczanego do komory reakcyjnej jest zużywany dla utrzymania dużego ciśnienia cząstkowego tlenu w gazie napowietrzającym. Prędkość rozpuszczania się wysokie, co daje stężenia rozpuszczonego tlenu dużo wyższe od tych, które uzyskiwano poprzednio w sposób opłacalny, nawet przy dużych stężeniach osadu podczas napowietrzania. Zużycie energii oraz inwestycje konieczne dla dostarczania urządzeń napowietrzających są niskie. Podczas obróbki powstają ciężkie, łatwo osiadające kłaczkki, które nie są uszkodzane podczas obróbki.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób obróbki wody zawierającej materiał biologicznie utleniały zwłaszcza ścieków miejskich przez utlenianie w kontakcie z biomasą bakteryjnie aktywną, **znamienny tym**, że wodę zawierającą MBU miesza się z biomasą oraz gazem zasilającym zawierającym przynajmniej 60% tlenu (objętościowo) w obszarze napowietrzania dla utworzenia cieczy mieszanej, przy czym w czasie mieszania jednocześnie utrzymuje się stosunek gazu zasilającego wzbogaconego w tlen do energii mieszania plus energia kontaktu gaz-ciecz równy 0,02—0,24 kg moli tlenu/kWh energii dostarczonej, a cząstkowe ciśnienie tlenu w gazie napowietrzającym na powierzchni wyżej wymienionej cieczy wynosi przynajmniej 300 mm Hg, lecz stężenie tlenu w gazie napowietrzającym winno być mniejsze niż 80%, przy zużyciu przy tym przynajmniej 50% tlenu z gazu zasilającego w wyżej wymienionej cieczy, przy czym stężenie tlenu rozpuszczonego w wyżej wymienionej cieczy utrzymuje się poniżej 70% nasycenia w stosunku do stężenia tlenu w wyżej wymienionym gazie napowietrza-

jącym, ale powyżej 2 mg/l oraz prowadzi się ciągłą recyrkulację jednego z gazów napowietrzających oraz cieczy w ścisłym kontakcie z drugą z wyżej wymienionych cieczy w obszarze napowietrzania przez następne usuwanie cieczy natlenionej z wyżej wymienionego obszaru natleniania.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że gaz napowietrzający usuwa się w sposób ciągły z obszaru natleniania oraz wprowadza się ponownie do zbiornika cieczy.

3. Sposób według zastrz. 1 lub 2, **znamienny tym**, że gaz zasilający zawiera przynajmniej 90% tlenu.

4. Sposób według zastrz. 1, 2 lub 3, **znamienny tym**, że stężenie rozpuszczonego tlenu w cieczy utrzymuje się poniżej 35% nasycenia.

5. Sposób według zastrz. 1—4, **znamienny tym**, że stosunek gazu zasilającego zawierającego tlen do energii mieszania plus energii kontaktu gaz-ciecz utrzymuje się na poziomie 0,06—0,18 kg moli tlenu/kWh energii dostarczonej.

6. Sposób według zastrz. 1—5, **znamienny tym**, że ciśnienie cząstkowe tlenu w gazie natleniającym utrzymuje się na poziomie równym 380 mm Hg.

7. Sposób według zastrz. 1—6, **znamienny tym**, że stężenie tlenu w gazie napowietrzającym utrzymuje się poniżej 65%.

8. Sposób według zastrz. 1—7, **znamienny tym**, że stężenie zawiesiny nieopadającej (MLVSS) w cieczy wynosi przynajmniej 3000 mg/l.

9. Sposób według zastrz. 1—8, **znamienny tym**, że ścieki miejskie zasilane wodą zawierającą MBU, rozdziela się na osad oraz czysty odpływ ścieku i przynajmniej część osadu recyrkuluje się do obszaru napowietrzania jako wyżej wymieniona aktywna biomasa.

FIG.1

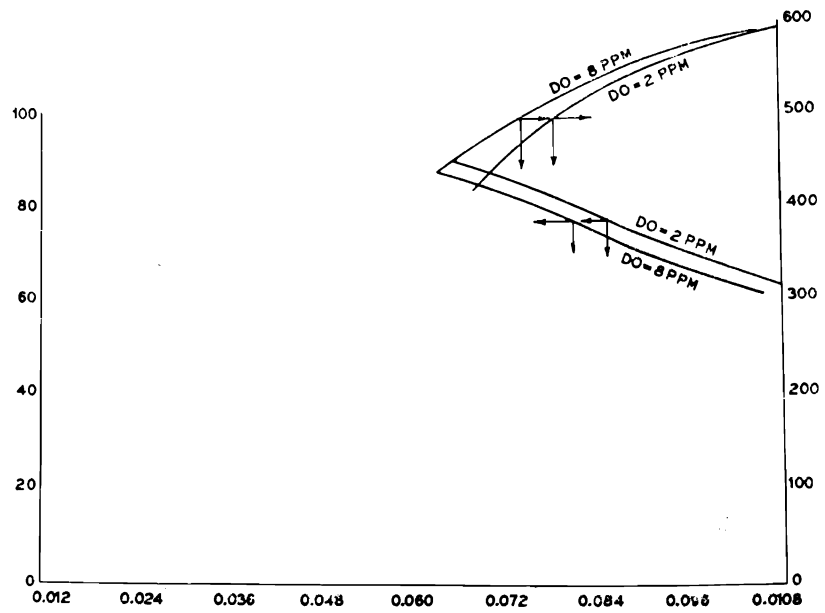


FIG.2

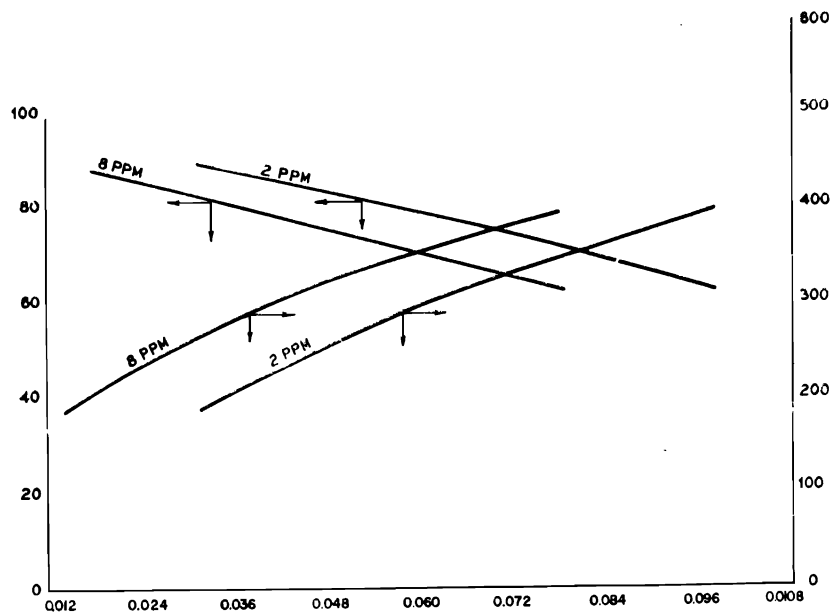


FIG.3

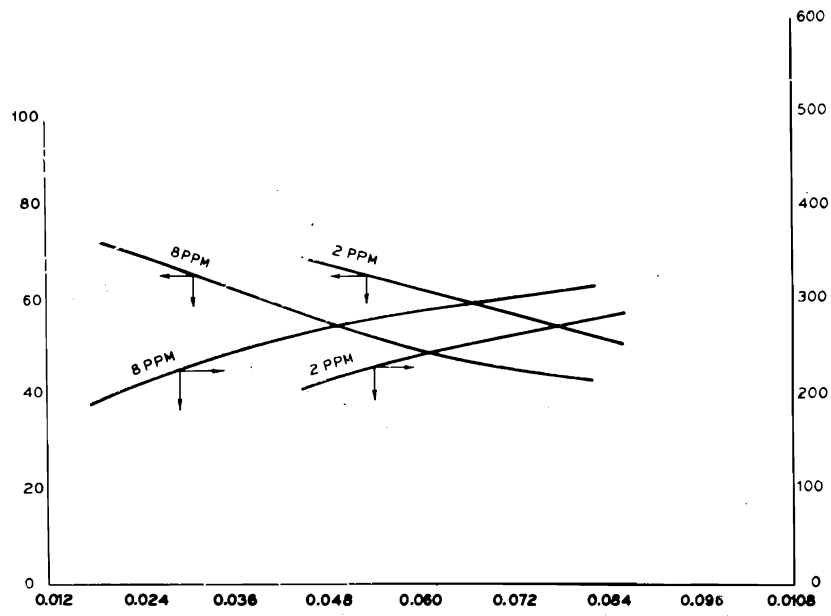


FIG.4

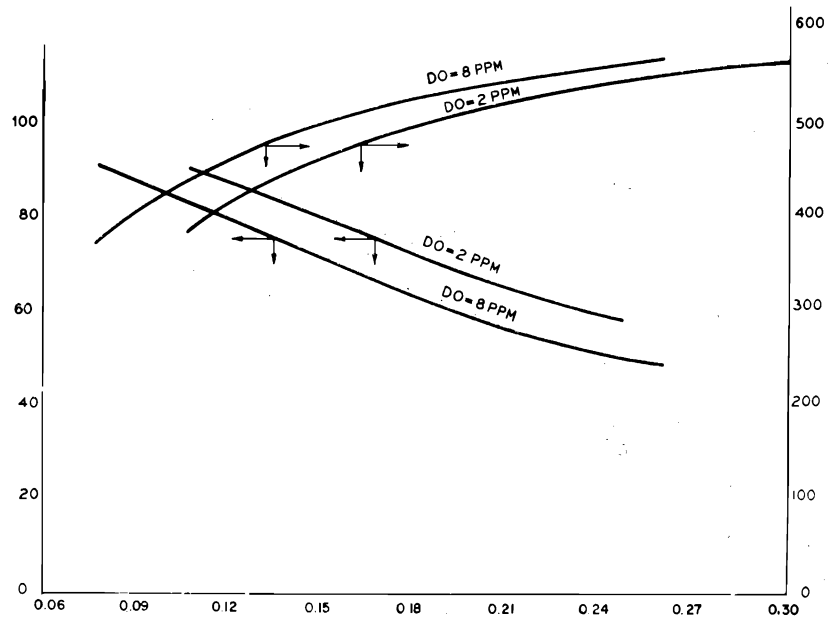


FIG.5

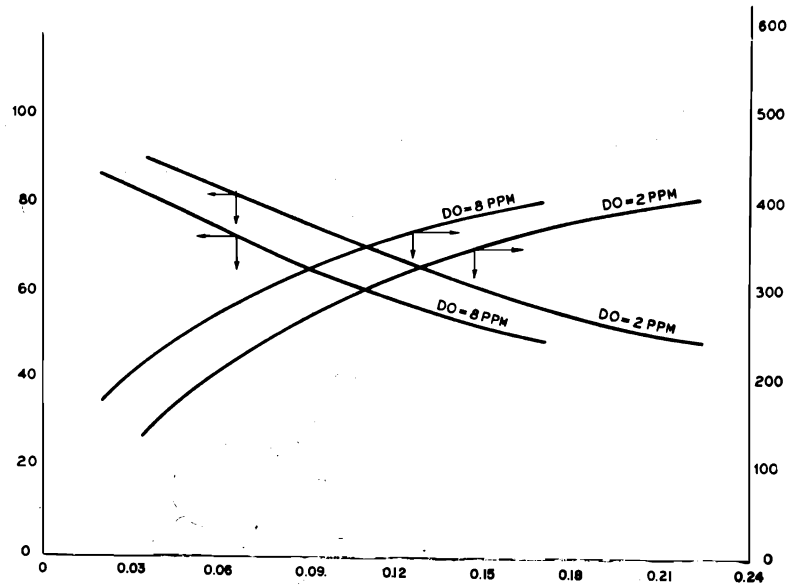


FIG.6

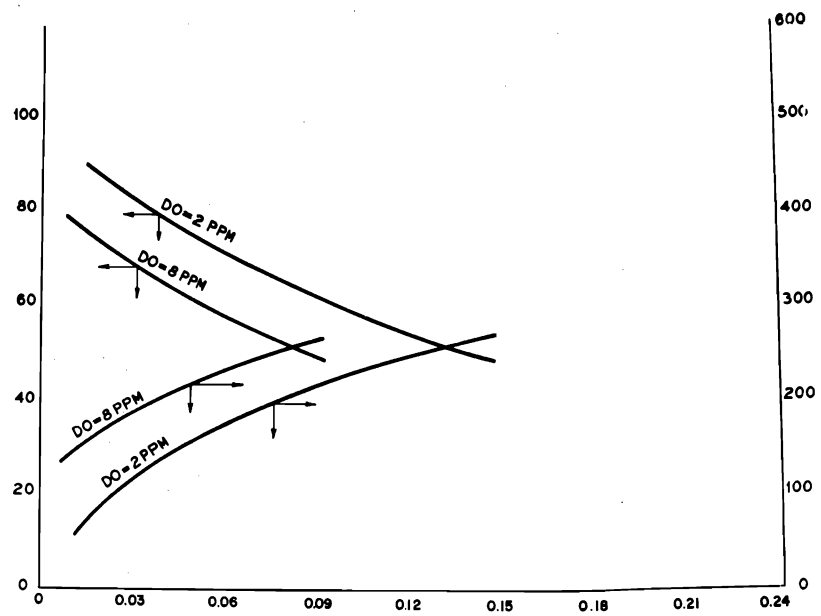


FIG. 7

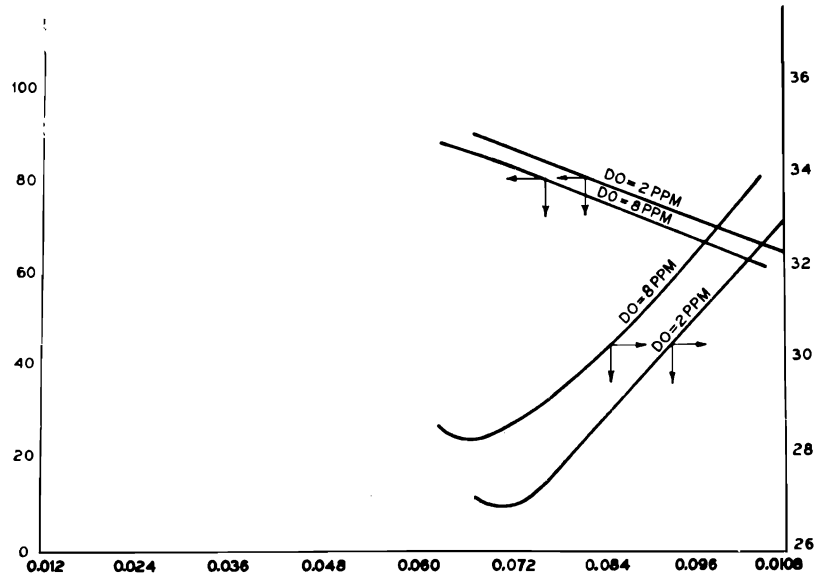


FIG. 8

