



Patent dodatkowy
do patentu

Zgłoszono: 11.X.1969 (P. 136 276)

Pierwszeństwo: 12.X.1968 Włochy

Opublikowano: 30.04.1974

Kl. 12i,31/20

MKP C01b 31/20

Twórca wynalazku: Giuseppe Giammarco

Współwłaściciele patentu: Vetrocok Cokapuania S.p.A., Wenecja (Włochy)
Giuseppe Giammarco, Wenecja (Włochy)

Sposób usuwania i odzyskiwania gazowych zanieczyszczeń z mieszanin gazowych

1

Wynalazek dotyczy sposobu usuwania z mieszanin gazowych, zawartych w nich zanieczyszczeń, jak dwutlenek węgla, siarkowodór, cyjanowodór, dwutlenek siarki, organiczne związki siarki, gazowe węglowodory, acetylen i benzen, indywidualnie lub jednocześnie na drodze absorpcji prowadzonej pod ciśnieniem większym od atmosferycznego. W tym etapie absorpcji mieszanina gazowa jest przemywana cieczami absorbującymi o odpowiednim charakterze i składzie chemicznym, które absorbują wspomniane zanieczyszczenia, a następnie w etapie regeneracji, prowadzonej zwykle pod ciśnieniem niższym od ciśnienia absorpcji, najczęściej pod ciśnieniem atmosferycznym. W etapie tym zaabsorbowane zanieczyszczenia zostają usunięte z roztworu, który następnie zawraca się do etapu absorpcji.

Ciecze stosowane jako absorbenty w tego typu procesach można zasadniczo podzielić na dwie grupy. Grupa pierwsza obejmuje roztwory, w których zaabsorbowanie zanieczyszczeń następuje na skutek reakcji chemicznej, na przykład roztwory węglanów metali alkalicznych — aktywowane lub nie, roztwory amoniakalne, roztwory fosforanów, fenolanów lub boranów, roztwory soli aminokwasów (Alkacid); roztwory etanoloamin lub podobnych związków w wodzie lub rozpuszczalnikach organicznych (sulpholene). Roztwory te stosuje się często w przypadku usuwania zanieczyszczeń o charakterze kwaśnym, jak dwutlenek węgla, siarko-

2

wodór, cyjanowodór i podobne, oddzielane łącznie lub indywidualnie. Roztwory regeneruje się zwykle przez ogrzewanie do temperatury wrzenia, a także stosuje się przedmuchiwanie strumieniem gazu obojętnego lub powietrza (jak np. w przypadku roztworów arseninów).

Druga grupa absorbentów obejmuje ciecze, które absorbują zanieczyszczenia na drodze fizycznego procesu rozpuszczania. Do cieczy tych zaliczyć można wodę, metanol, rozpuszczalniki olejowe, jak olej antracenowy, węglan propylenu i wiele innych rozpuszczalników, które ostatnio wprowadzono do praktycznego użycia w celu usuwania dwutlenku węgla i siarkowodoru z wielu gazów, a szczególnie z gazu ziemnego.

W wielu przypadkach regeneracja takich roztworów po absorpcji polega na początkowym rozprężeniu roztworu do ciśnienia atmosferycznego, a następnie dalsza regeneracja następuje w wyniku wrzenia roztworu. W innych przypadkach jak np. przy stosowaniu wody jako absorbentu, regenerację przeprowadza się całkowicie na drodze działania na ciecz powietrzem lub innym gazem powodującym desorpcję.

Istnieje także szczególny rodzaj procesów utleniających, w których siarkowodór absorbuje się z mieszaniny gazowej w sposób wymagający wymywania, a następnie przeprowadza się go w siarkę pierwiastkową na drodze działania utleniającego na roztwór w etapie regeneracji. Wiadomo, że

w tego typu procesach stosuje się roztwory arseninowo-arsenianowe, roztwory węglanów alkalicznych metali zawierające katalizatory utleniania, jak hydrochinon, związki wanadu, sole i tlenki żelaza, żelazocyjanki itp.

W tych znanych procesach ciecz stanowiąca absorbent w obiegu między etapem absorpcji i regeneracji sprężana jest za pomocą pompy lub innego urządzenia mechanicznego, które zużywa znaczne ilości energii, stanowiące istotny składnik kosztów prowadzenia procesu oczyszczania, szczególnie jeśli proces absorpcji prowadzi się pod znacznym ciśnieniem i gdy gaz poddawany oczyszczaniu zawiera duże stężenie zanieczyszczeń, jak ma to miejsce w przypadku dwutlenku węgla.

Jedynie w niektórych przypadkach, przy obecnym stanie wiedzy, energia zużywana na krążenie roztworu pomiędzy oboma etapami jest częściowo wykorzystywana (odzyskiwana) za pomocą turbin (tzw. turbin rekuperacyjnych) poruszanych cieczą wypływającą pod ciśnieniem z absorbera.

Zauważyć jednak należy, że takie turbiny rekuperacyjne nie są zbyt szeroko stosowane z jednej strony z uwagi na ich wysoki koszt, z drugiej strony ponieważ ich charakterystyka jest taka, że można je jedynie stosować w instalacjach o dużych zdolnościach przerobowych, w których ilość cyrkulującej cieczy przekracza zwykle 200—250 m³/h.

W większości przypadków również własności cieczy absorbujących (jak np. eltanoloaminy i roztwory aminokwasów, jak Alkazid), szczególnie własności korodujące usuwanych zanieczyszczeń, stanowią argumenty przemawiające przeciw stosowaniu turbin rekuperacyjnych.

Celem wynalazku jest sposób odzyskiwania części energii zawartej w cieczy po absorpcji, metodą, którą można zastosować w dowolnym typie instalacji do oczyszczania gazu, nawet o małej zdolności przerobowej, bez względu na charakter cieczy i własności korozyjne usuwanych zanieczyszczeń.

Dodatkowym aspektem wynalazku jest zużytkowanie odzyskanej energii w celu poprawienia wydajności i działania samego obiegu oczyszczania, ściślej ułatwienia i usprawnienia wydzielania zanieczyszczeń z cieczy po absorpcji w etapie regeneracji.

Dalszymi aspektami wynalazku są: w przypadku regeneracji absorbentu na drodze wrzenia — zmniejszenie ilości ciepła potrzebnego działania obiegu, częściowe lub całkowite wyeliminowanie zwykle stosowanej wymiany ciepła pomiędzy roztworem po absorpcji i roztworem regenerowanym oraz ulepszenie urządzeń obecnie stosowanych.

Istota wynalazku polega na fakcie, że energia zawarta w cieczy opuszczającej absorber pod ciśnieniem, wykorzystywana jest w eźektorze, przy przechodzeniu przez który powstaje spadek ciśnienia, wykorzystywany następnie w odpowiednich punktach układu oczyszczania, jak omówiono to poniżej, aby spowodować usunięcie z cieczy zaabsorbowanych zanieczyszczeń. Wytworzony przez eźektor spadek ciśnienia wykorzystuje się przede wszystkim w następujący sposób:

— obniżone ciśnienie oddziałuje na ciecz po absorpcji, tak że rozprężanie tej cieczy można

kontynuować aż do ciśnień niższych od atmosferycznego, dzięki czemu uzyskuje się dalsze usunięcie zanieczyszczeń;

— stosując obniżone ciśnienie na szczycie kolumny regeneracyjnej, co powoduje jej lepsze działanie pod obniżonym w ten sposób ciśnieniem;

— obniżone ciśnienie oddziałuje na ciecz opuszczającą kolumnę lub inne urządzenie regeneracyjne, dzięki czemu poprawia się usunięcie zawartych w cieczy zanieczyszczeń, natomiast strumień oparów odciągnięty w ten sposób styka się następnie w sposób bezpośredni z cieczą po absorpcji celem jej ogrzania;

— w szczególnych przypadkach, gdy regenerację prowadzi się za pomocą strumienia gazów obojętnych przepływających przez regenerowaną ciecz, wówczas podciśnienie wytworzone przez eźektor wykorzystuje się do wywołania przepływu strumienia gazów przez regenerowaną ciecz.

Wszystkie te możliwości wykorzystuje się indywidualnie lub jednocześnie zależnie od typu obiegu oczyszczania i charakteru cieczy stosowanej jako absorbent. Zastosowania takie opisano szczegółowo poniżej — odnoszą się one do przypadków praktycznych.

Obecnie, rozprężanie cieczy odpływającej pod ciśnieniem z absorbera prowadzi się (w kolejnych stadiach lub inaczej) do ciśnienia kolumny regeneracyjnej, to jest zwykle do ciśnienia 1 Atm, w odpowiednich strefach, czyli komorach rozprężania. W czasie tej operacji rozpuszczone w cieczy zanieczyszczenia zostają usunięte aż do ilości odpowiadającej warunkom równowagi pod ciśnieniem 1 Atm.

Natomiast w sposobie według wynalazku ciecz rozpręża się do ciśnienia poniżej ciśnienia atmosferycznego, przy czym podciśnienie wytwarzane jest przez eźektor. W takim przypadku usuwanie zanieczyszczeń zawartych w cieczy jest lepsze, co w wielu przypadkach jest wystarczające w praktyce przemysłowej do bezpośredniego zawrócenia cieczy do absorbera.

Do wykonywania sposobu według wynalazku zaleca się instalację przedstawioną schematycznie na rysunku, lecz oczywiście można zastosować inne układy, w których ciecz po początkowym rozprężeniu w eźektorze jest poddawana dalszemu rozprężaniu do obniżonego przez eźektor ciśnienia.

Ciecz opuszczająca absorber A (fig. 1) pod ciśnieniem zostaje wprowadzona do eźektora I, gdzie powoduje ona powstanie podciśnienia, przenoszono go przewodem n do komory D. Następnie ciecz po wstępnym rozprężeniu w eźektorze przechodzi do komory oddzielania B, gdzie zostają oddzielone gazowe zanieczyszczenia wytworzone przez ciecz i usunięte następnie na zewnątrz. Następnie ciecz, przez przewód v, przechodzi do drugiej komory, komory rozprężania D, gdzie wytworzone przez eźektor podciśnienie powoduje dalsze wydzielanie z cieczy zanieczyszczeń, odprowadzanych następnie przewodem n. Na koniec ciecz odprowadza się przewodem z i zwraca bezpośrednio do etapu absorpcji, lub jeśli to konieczne — do dalszej regeneracji.

Obniżenie ciśnienia wytworzone przez eźektor — jak wykazane to zostanie dalej w opisie oraz

na wykresie (fig. 8) — zależy zarówno od ciśnienia cieczy po absorpcji wprowadzonej do eżektora, jak i od ilości gazowych zanieczyszczeń, które eżektor odciąga z cieczy w drugim stopniu rozprężania.

I tak, na przykład, jeśli jako absorbent stosuje się wodę w procesie usuwania dwutlenku węgla, przy ciśnieniu roboczym 25 Atm, to wówczas po wstępnym rozprężeniu w eżektorze woda zawiera resztkową zawartość dwutlenku węgla, biorąc pod uwagę temperaturę, rzędu 2 objętości CO₂ na 1 objętość wody. W tym przypadku (fig. 8) eżektor jest w stanie wytworzyć podciśnienie do $1/4,4=0,23$ Ata, co stanowi odpowiednio wysoką próżnię dla prawie całkowitej regeneracji wody.

Jeśli regeneracja cieczy stanowiącej absorbent uzyskana w wyniku rozprężania pod ciśnieniem poniżej atmosferycznego, wytworzonego przez eżektor nie jest dostateczna, wówczas również można zastosować sposób według wynalazku oraz aparaturę zaproponowaną na fig. 2 (lub inną analogiczną aparaturę), która jest zasadniczo identyczna z instalacją przedstawioną na fig. 1, z tą różnicą, że druga komora rozprężania pracuje w wyższej temperaturze, aż do temperatury wrzenia cieczy, w celu ułatwienia wydzielenia z cieczy zawartych w niej zanieczyszczeń gazowych.

W instalacji przedstawionej na fig. 2, ciecz z komory rozdzielania B, przechodzi przewodem v i jest podgrzewana w podgrzewaczu H ciepłem gorącej cieczy odpływającej z komory D przewodem z. Tak podgrzana ciecz podawana jest na szczyt komory D, do której doprowadza się ciepło z zewnątrz, za pomocą elementu grzejnego F, w celu podgrzania cieczy do temperatury odpowiedniej do zadowalającego usunięcia zanieczyszczeń i odpowiedniej regeneracji. Następnie ciecz doprowadza się przewodem z i po przejściu przez wymiennik ciepła kieruje się ją do etapu absorpcji. Jest oczywiście, że podwyższenie temperatury ułatwia usunięcie zanieczyszczeń.

W przypadku ogrzewania cieczy do temperatury wrzenia komora D stanowi normalną kolumnę regeneracyjną. W takim przypadku może być korzystne zastosowanie chłodnicy C (pokazanej za pomocą linii przerywanych na schemacie), w celu wykroplenia pary towarzyszącej zanieczyszczeniom gazowym odprowadzanym z eżektora.

Zauważyć należy, że wrzenie cieczy w komorze D zachodzi w obniżonej temperaturze, na skutek obniżenia ciśnienia przez eżektor. Jest korzystne nie tylko z punktu widzenia zmniejszenia rozmiarów wymiennika ciepła H (poprzez zmniejszenie różnicy temperatur między etapem absorpcji i regeneracji), lecz także dlatego, że przy niższej temperaturze pracy można wykorzystywać tańsze ciepło dostarczane do elementu grzejnego F.

Wszystkie te fakty są znane technologom, w przypadku instalacji pracującej pod ciśnieniem atmosferycznym i przy zastosowaniu roztworu węglanu sodowego do usuwania siarkowodoru z gazu koksowniczego. W takim przypadku stosuje się kolumny regeneracyjne i inne urządzenia pracujące pod ciśnieniem niższym od atmosferycznego, wytworzonym przez pompę próżniową.

W sposobie według wynalazku, gdzie przeciwnie

absorpcję prowadzi się pod ciśnieniem, zastąpiono pompę próżniową wspomnianym już eżektorem, co ma tę zaletę, że nie tylko eliminuje koszty energii zużywanej na pompowanie, lecz głównie — że pompę zastępuje tam tanim urządzeniem nie wymagającym kosztownych remontów, które ponadto nie posiadając poruszających się elementów może być wykonane z dowolnego materiału odpornego na różne środowiska korozyjne, włączając w to organiczne tworzywa sztuczne.

Pierwszą z opisanych odmian odnoszącą się do fig. 1 można zastosować jako ulepszenie sposobu omówionego we włoskim opisie patentowym nr 841361 i patencie dodatkowym nr 51504.

W opisach tych omówiono i zastrzeżono dostarczanie ciepła niezbędnego do działania obiegu częściowo lub całkowicie z gazem poddawanym oczyszczaniu.

W konsekwencji — szczególnie dotyczy to roztworów aktywowanych i nieaktywowanych węglanów metali alkalicznych — roztwory po absorpcji uzyskiwały temperaturę przekraczającą niekiedy 150°C. Ciepło zawarte w nich wykorzystuje się następnie do usuwania dwutlenku węgla i/lub siarkowodoru w nich zawartego na drodze rozprężania do ciśnienia roboczego kolumny regeneracyjnej, które zwykle jest równe ciśnieniu atmosferycznemu.

Sposób omówiony we wspomnianych opisach patentowych można ulepszyć i uczynić bardziej efektywnym metodą opisaną w pierwszym wariantcie sposobu według wynalazku, rozszerzając zakres rozprężania na ciśnienia niższe od atmosferycznego wytwarzane eżektorem.

Znany jest sposób według którego, roztwór przepływając w dół absorbera, w momencie uzyskania odpowiedniego nasycenia dwutlenkiem węgla i/lub siarkowodorem oraz odpowiedniej temperatury jest odprowadzany z absorbera bądź z pewnej jego wysokości, bądź z jego dna i kierowany do komory regeneracyjnej, w której usunięcie dwutlenku węgla i/lub siarkowodoru odbywa się kosztem ciepła zawartego w roztworze, na skutek czego następuje jego ochłodzenie. Tak zregenerowany częściowo i chłodzony roztwór zwraca się do absorbera, w którym pochłania on dalsze ilości siarkowodoru i/lub dwutlenku węgla oraz ciepło.

Sposób według wynalazku zgodnie z fig. 1, stanowi ulepszenie tego sposobu. Ulepszenie to polega na fakcie, że roztwór rozprężając się do ciśnienia niższego od atmosferycznego wytworzonego przez eżektor, wydziela większe ilości dwutlenku węgla i/lub siarkowodoru, a zwłaszcza ochładza się w znacznie większym stopniu, tak że po zawróceniu do absorbera powoduje on korzystne dla przebiegu absorpcji obniżenie temperatury, nawet jeśli gaz podaje się w wysokiej temperaturze.

Na fig. 3 przedstawiono praktyczne wykorzystanie sposobu według wynalazku.

Roztwór po absorpcji, który w stanie gorącym odpływa z absorbera poprzez przewód m, przechodzi następnie przez eżektor I wytwarzając obniżenie ciśnienia, które przenosi się przewodem n do komory D. Następnie ciecz po wstępnym rozprężeniu w eżektorze przechodzi do komory oddziela-

nia B, gdzie zostaje oddzielona od zanieczyszczeń gazowych. Na koniec ciecz poprzez przewód v przechodzi do drugiej komory rozprężania D, gdzie podciśnienie wytworzone działaniem eżektora pozwala na dalsze usunięcie zanieczyszczeń odprowadzanych następnie przewodem n. Roztwór z komory D odprowadza się dwoma strumieniami. Pierwszy przepływający przewodem r kieruje się do kolumny regeneracyjnej R, gdzie doprowadza się do końca proces regeneracji, a następnie ciecz kieruje się na szczyt kolumny absorpcyjnej A. Drugą część podaje się za pomocą pompy na pewną pośrednią wysokość absorbera. Ta druga część roztworu, który w czasie pierwszego i drugiego rozprężania uzyskał dostatecznie niską temperaturę, wprowadzany w środkowej części absorbera ma za zadanie obniżyć temperaturę w absorberze do wartości zapewniającej odpowiednio dobre warunki absorpcji.

Opisana odmiana odnosi się do przypadku, w którym podciśnienie wytworzone przez eżektor oddziałuje na ciecz lub roztwór opuszczający kolumnę regeneracyjną lub inne urządzenie regeneracyjne.

Odmianę taką zaleca się w tych przypadkach, gdy pożądane jest uzyskanie największego spadku ciśnienia cieczy, a więc największego efektu regeneracyjnego.

Jak już stwierdzono, podciśnienie wytworzone przez eżektor zależy nie tylko od ciśnienia cieczy przepływającej przez eżektor lecz także od ilości gazowych zanieczyszczeń odprowadzanych z cieczy w czasie drugiego rozprężania. Podciśnienie to osiąga więc największą wartość, gdy ciecz po regeneracji zawiera jedynie niewielkie ilości zanieczyszczeń. Wynika to jasno z wykresu (fig. 8), przedstawiającego warunki pracy eżektora.

Współrzędne tego wykresu przedstawiają: objętość zanieczyszczeń gazowych odciąganych przez eżektor na objętość cieczy przepływającej przez eżektor oraz stosunek między ciśnieniami przed i za eżektorem. Każda krzywa na wykresie odpowiada ciśnieniu cieczy zaznaczonemu przy tej krzywej. Sprawność eżektora przyjęto jako równą 15%.

I tak, na przykład, jeśli ciśnienie cieczy wynosi 20 ata i z cieczy odprowadza się cztery objętości gazu na jedną objętość cieczy (punkt a na wykresie), to wówczas eżektor wytwarza stosunek ciśnień wynoszący 1,94 (punkt b na wykresie). Jeśli ciecz z eżektora wypływa do ciśnienia atmosferycznego, to wówczas podciśnienie wynosi $1/1,94 = 0,51$ ata.

Z drugiej strony, jeśli — jak ma to miejsce w omawianym obecnie wariancie — ciecz została już zregenerowana i eżektor odciąga z cieczy tylko 1 objętość gazu na 1 objętość cieczy (punkt c na wykresie), to wówczas stosunek ciśnień wyniesie 5,5 (punkt d na wykresie) i podciśnienie wyniesie 0,183 ata.

Bez trudu można uzyskać jeszcze niższe ciśnienie, jeśli jest to konieczne, co umożliwia uzyskanie kompletnego praktycznie usunięcia zanieczyszczeń gazowych zawartych w absorbującej cieczy, i co za tym idzie znacznego stopnia oczyszczenia mieszaniny gazowej.

Odmianę sposobu opartą na opisanych wyżej faktach, stosuje się w praktyce przemysłowej zgod-

nie z fig. 5 i 6, które poniżej zostaną omówione. Stosuje się go także w innych podobnych instalacjach.

Ciecz po absorpcji opuszczająca absorber A (fig. 5) pod ciśnieniem wprowadzana jest do eżektora I, w którym powstaje podciśnienie oddziałujące następnie na komorę D, odciągając zanieczyszczenia gazowe zawarte w cieczy poprzez przewód n. Ciecz opuszczająca eżektor kieruje się na szczyt komory regeneracyjnej B, gdzie zanieczyszczenia zostają oddzielone i odprowadzone na zewnątrz. W tej komorze regeneracyjnej ciecz zostaje zregenerowana jednym ze znanych sposobów.

Na koniec regenerowaną ciecz odprowadzaną z komory B kieruje się do drugiej komory rozprężania D, gdzie podciśnienie wytworzone przez eżektor usuwa dalsze ilości gazowych zanieczyszczeń, usuwając je przez przewód n. Ciecz po takim dodatkowym zregenerowaniu podaje się do absorbera pompą.

I tak na przykład, gdy jako absorbent stosuje się wodę, wówczas komora B stanowi zasadniczo wieżę z wypełnieniem, w której wodę poddaje się rozprężaniu w przeciwnym kierunku do płynącego ku górze strumienia powietrza, usuwającego zaabsorbowane uprzednio w wodzie zanieczyszczenia gazowe.

W większości przypadków jednak, komora B stanowi kolumnę regeneracyjną, w której ciecz regeneruje się poprzez wrzenie za pomocą dostarczanego z zewnątrz ciepła. Na fig. 6 przedstawiono bardziej szczegółowy schemat instalacji działającej w ten sposób.

Ciecz odpływająca pod ciśnieniem z absorbera kieruje się do eżektora I, a następnie przechodzi ona do komory E, której celem jest zapewnienie bezpośredniego i dokładnego kontaktowania się cieczy z gazowymi zanieczyszczeniami odciągniętymi z komory D wraz z dużą ilością pary. Celem tej operacji jest ogrzanie cieczy.

Następnie ciecz kieruje się do kolumny regeneracyjnej R, w której gazowe zanieczyszczenia zostają oddzielone i usunięte na zewnątrz, natomiast ciecz przepływając w dół kolumny regeneruje się na drodze wrzenia pod wpływem ciepła dostarczonego z zewnątrz.

Na koniec, ciecz odprowadza się z kolumny regeneracyjnej i kieruje do kolumny pre-ekspansyjnej C, która jest bezpośrednio połączona poprzez przewód m ze szczytem kolumny regeneracyjnej, gdzie oczywiście panuje ciśnienie niższe niż na dole kolumny. Celem tego jest umożliwienie wykorzystania pary wytwarzanej z roztworu do dogodnego ogrzewania roztworu po absorpcji na szczycie regeneratora.

Następnie ciecz podaje się do drugiej komory rozprężania D, w której podciśnienie wytworzone przez eżektor I odciąga z cieczy dalsze ilości gazowych zanieczyszczeń oraz pary. Ciecz w pełni zregenerowana w ten sposób i ochłodzona podawana jest pompą P do absorbera A.

Taki układ można zastosować dla dowolnego typu absorbenta ciekłego oraz — jak już to uprzed-

nio stwierdzono — dla dowolnej znanej w technologii metody regeneracji.

Opisana odmiana zilustrowana na fig. 6, nadaje się jednak szczególnie dla cieczy i roztworów regenerowanych na drodze wrzenia, które następnie w stanie wrzenia lub gorące odprowadza się ze strefy regeneracji, zaś zawarte w nich ciepło można wykorzystać z powodzeniem w komorze D w celu ułatwienia usuwania gazowych zanieczyszczeń na drodze zmniejszenia ciśnienia za pomocą eżeктора.

Wykorzystanie ciepła zawartego w gorących i wrzących roztworach jest przedmiotem wynalazków opisanych we włoskich opisach patentowych nr 53496 i dodatkowym nr 51505. Zastrzeżenia w tych opisach patentowych dotyczą odprowadzania strumienia oparów różnymi metodami z gorących lub wrzących roztworów w celu usunięcia z roztworów części zawartych w nich dwutlenku węgla i/lub innych kwasowych gazów. Zastrzeżenia te obejmują również zastosowanie strumienia oparów do ogrzewania zimniejszego roztworu po absorpcji odpływającego z absorbera z wyeliminowaniem wymiennika ciepła między roztworem po absorpcji i gorącym roztworem, jak to dotychczas było stosowane.

Według wynalazku, wykorzystanie eżeктора jest różne w zależności od tego czy używane są roztwory, z których odprowadza się z oparami znaczne ilości zanieczyszczeń gazowych (jak w przypadku dobrze aktywowanych roztworów węglanów metali alkalicznych lub roztworów nieznacznie tylko regenerowanych), czy też stosuje się roztwory, z których odprowadza się głównie parę wodną (jak w przypadku roztworów nieaktywowanych, zregenerowanych w znacznym stopniu).

W pierwszym przypadku pożądane jest uzyskanie możliwie największego zregenerowania roztworu, usuwając jak najwięcej zanieczyszczeń gazowych, dlatego też zaleca się aby strumień oparów i gazowych zanieczyszczeń wyciągany przez eżektor chłodzić za pomocą chłodziцы, tak żeby para została skondensowana i w ten sposób zwiększyć podciśnienie wytwarzane przez eżektor.

W drugim przypadku, natomiast, najważniejszym celem jest ogrzanie roztworu po absorpcji za pomocą odprowadzanych oparów, z częściowym lub całkowitym pominięciem wymiennika ciepła. Oczywiście w takich warunkach chłodziца zalecana w pierwszym przypadku nie powinna być stosowana.

Użycie eżeктора zaleca się więc również w tych przypadkach, gdy pożądane jest, aby gorący roztwór regenerowany dawał strumień oparów w kilku kolejnych stadiach i aby roztwór po absorpcji mieszał się z tymi oparami w odpowiednich kolejnych stadiach, jak przedstawiono to na fig. 7.

Oczywiście celem jest tu możliwie najintensywniejsze ogrzanie roztworu po absorpcji, powiedzmy do temperatury bliskiej temperaturze gorącego roztworu po regeneracji. Takí efekt jest jednak możliwy do uzyskania innymi znanymi metodami, jak np. przy użyciu szeregu eżektorów użytych w poszczególnych stadiach.

Odmiana ta odnosi się do przypadku, w którym

eżektor zasysa powietrze lub inne gazy i miesza je z cieczą odpływającą z eżeктора, w celu ulepszenia działania obiegu oczyszczania.

Ze wszystkich przypadków, w jakich wariant ten może znaleźć zastosowanie, szczególne znaczenie przywiązuje się do procesów utleniania stosowanych do odsiarczania mieszanin gazowych. Procesy takie, jak wiadomo odnoszą się do schematu przedstawionego na fig. 4.

Ciecz po absorpcji usuwana jest z dolnej części absorbera A, który pracuje pod ciśnieniem i następnie kierowana do komory regeneracyjnej i utleniającej B, wypełnionej przerabianą cieczą, do której od dołu wprowadza się powietrze. Tlen z powietrza oddziałuje na roztwór, utleniając go i przeprowadzając zaabsorbowany uprzednio siarkowodór w siarkę pierwiastkową. Siarka ta, jak ogólnie wiadomo, unoszona jest przez strumień powietrza i oddzielana jest w postaci piany zbierającej się w górnej zwężonej części komory utleniającej.

Zastosowanie sposobu według wynalazku w odmianie obecnie omawianej wprowadza modyfikację takiej instalacji polegającą na tym, że ciecz opuszczająca kolumnę absorpcyjną A kierowana jest do eżeктора I, który poprzez przewód d zasysa powietrze i wraz z cieczą wprowadza je do dolnej części kolumny utleniającej B.

Przykład 4 stanowi opis omówionej odmiany.

Przykład 1. W konwencjonalnych instalacjach do usuwania dwutlenku węgla z gazu ziemnego przez wymywanie wodą, działających pod ciśnieniem 45 ata. Wodę opuszczającą kolumnę absorpcyjną kierowano do komory rozprężania, gdzie rozpręża się do ciśnienia atmosferycznego, co powoduje wydzielenie dwutlenku węgla. Woda kierowana jest następnie na szczyt wieży wypełnionej drewnianymi sitami, gdzie przepływając w przeciwnym kierunku do strumienia powietrza ostatecznie się regeneruje.

Taki konwencjonalny układ zmodyfikowano przez zastosowanie instalacji przedstawionej na fig. 1. Zgodnie z wykresem (fig. 8) eżektor pracujący pod ciśnieniem 45 ata i usuwający nie więcej niż 2 objętości dwutlenku węgla na 1 objętość wody wytwarza spadek ciśnienia około 9,6 co oznacza, że w drugiej komorze rozprężania będzie panowało podciśnienie wynoszące $1/9,6 = 0,104$ ata. W tych warunkach zawartość dwutlenku węgla pozostającego w wodzie spada znacznie, tak że woda może być wykorzystana następnie do oczyszczania gazowej mieszaniny do zawartości dwutlenku węgla rzędu 0,2—0,3%.

Istnieje dalsza zaleta tak zmodyfikowanego sposobu, polegająca na tym, że woda cyrkulująca w instalacji nie zawiera rozpuszczonego tlenku pochodzącego z obróbki absorbenta za pomocą powietrza.

Przykład 2. Przykład ten dotyczy zastosowania instalacji przedstawionej na fig. 1 w odniesieniu do usuwania dwutlenku węgla z gazu odprowadzanego z instalacji do częściowego spalania. Gaz taki zawiera 31% dwutlenku węgla i znajduje

się pod ciśnieniem 100 ata. Przykład dotyczy zwłaszcza przypadku, w którym ciepło potrzebne do oczyszczania dostarcza się w etapie absorpcji z oczyszczanym gazem. Gaz ten dostarcza się w dostatecznie wysokiej temperaturze i roztwór ogrzany podczas absorpcji do temperatury 150°C, rozpręża się następnie do ciśnienia atmosferycznego, usuwając zawarty dwutlenek węgla i wykorzystując zawarte w roztworze ciepło.

Roztwór po absorpcji odprowadza się z dołu kolumny absorpcyjnej w temperaturze 150°C, jak we wspomnianym wcześniej przykładzie. Następnie roztwór kieruje się do eżektora I, gdzie rozpręża się on do ciśnienia 1 ata, wytwarzając podciśnienie oddziałujące na drugą komorę rozprężania D. Schemat instalacji i szczegóły omówiono wcześniej przy opisywaniu fig. 1.

Podciśnienie wytworzone przez eżektor w komorze D jest wystarczające, aby roztwór został schłodzony do temperatury 95°C, co stanowi tę zaletę, iż roztwór jest zwracany na szczyt kolumny absorpcyjnej bez konieczności stosowania chłodnicy pośredniej.

Jednocześnie roztwór wydziela odpowiednie ilości dwutlenku węgla, tak że jego stopień karbonacji spada do 2%. Poprawia to znacznie oczyszczanie gazu. Jeżeli chce się zachować dotychczas uzyskiwane uzyskiwanie gazu, wówczas można osiągnąć znaczne zmniejszenie ilości ciepła dostarczanego do podgrzewacza.

Przykład 3. Ten przykład dotyczy usuwania dwutlenku węgla z mieszaniny gazowej o ciśnieniu 18,5 ata i początkowej zawartości dwutlenku węgla 20,5%, stosując roztwór arseninu potasowego (200 g/l K_2O i 140 g/l As_2O_3).

Zgodnie z fig. 6 roztwór odprowadza się z dołu kolumny absorpcyjnej w temperaturze 98°C i przy stopniu karbonacji wynoszącym 62%. Roztwór kierowany jest bezpośrednio do eżektora I, gdzie wytwarza on podciśnienie oddziałujące na komorę D, której działanie omówione zostanie poniżej.

Następnie roztwór podaje się do kolumny regeneracyjnej R. Zauważyć należy, że w tym szczególnym przypadku nie ma konieczności stosowania komory mieszania E, gdyż nie ma potrzeby ogrzewania roztworu po absorpcji ciepłem odprowadzonym z regenerowanego roztworu.

W kolumnie roztwór zostaje zregenerowany do stopnia karbonacji 29%, przez dostarczenie 23 kg pary na 1 m³ roztworu. Na dole kolumny roztwór ma temperaturę 102°C, co odpowiada panującemu tam ciśnieniu 1,2 ata. Następnie roztwór kieruje się do komory D (należy tu zaznaczyć, że pierwsza komora rozprężania nie jest konieczna).

Roztwór w komorze D podlega działaniu podciśnienia wytworzonego przez eżektor i wydziela strumień pary i dwutlenku węgla, przy czym jego stopień karbonacji spada do wartości 19% i jednocześnie następuje ochłodzenie roztworu do temperatury 88°C.

Strumień pary i dwutlenku węgla jest następnie — przed wejściem do eżektora — chłodzony w chłodnicy zaznaczonej linią przerywaną na rysunku, co powoduje kondensację pary i zwiększenie

podciśnienia wytwarzanego przez eżektor. Stwierdzono doświadczalnie, że w omawianych warunkach eżektor daje podciśnienie 0,63 ata.

Ciecz odbierana z komory D w temperaturze 88°C jest w tej temperaturze kierowana na szczyt kolumny absorpcyjnej A gdzie oczyszcza gaz do zawartości dwutlenku węgla 0,90%. Spływając w dół kolumny absorpcyjnej roztwór ogrzewa się do temperatury 98°C i absorbuje 20,5 objętości dwutlenku węgla na 1 objętość roztworu. Należy tu dodać, że ilość ciepła dostarczana do ogrzewacza kolumny regeneracyjnej R wynosi 640 kcal/1 Nm³ usuniętego dwutlenku węgla.

Przykład 4. Przykład ten dotyczy usuwania siarkowodoru z gazu zawierającego 10 g siarkowodoru na 1 m³ oraz 3% dwutlenku węgla i znajdującego się pod ciśnieniem 25 ata.

Jako absorbent stosuje się roztwór zawierający około 2% węglanu sodowego. Absorpcja zachodzi w półkowej kolumnie absorpcyjnej pracującej w temperaturze 35—40°C.

Obieg oczyszczania przedstawiono schematycznie na fig. 2, gdzie przyjmuje się, że absorbent zostaje całkowicie zregenerowany na drodze wrzenia w kolumnie regeneracyjnej D.

Roztwór absorbujący opuszczający kolumnę przechodzi przez eżektor I, wytwarzając podciśnienie przenoszone do komory regeneracyjnej D, a następnie kierowany jest do komory oddzielania B, w której zanieczyszczenia gazowe oddziela się od cieczy i odprowadza na zewnątrz. Ciecz odprowadza się z komory B poprzez przewód v i poddaje ogrzewaniu w wymienniku ciepła H ciepłem roztworu opuszczającego kolumnę regeneracyjną D poprzez przewód z. Ciecz kieruje się następnie do głowicy kolumny regeneracyjnej D, na dnie której doprowadza się ją do wrzenia przez dostarczenie ciepła z zewnątrz za pośrednictwem podgrzewacza F. Ilość dostarczonego ciepła wynosi około 60 kg pary na 1 m³ roztworu. Gazowe zanieczyszczenia usuwane w kolumnie wyciągane są przez eżektor I, tak że ciśnienie w kolumnie wynosi 625 mm Hg. Zregenerowany roztwór zwraca się do kolumny absorpcyjnej za pomocą pompy.

Przykład 5. Instalacja do odsiarczania gazu ziemnego, działająca pod ciśnieniem 45 ata jest zbudowana w sposób podobny do przedstawionej na fig. 4. W instalacji tej stosuje się roztwór arseninowo-arsenianowy. Roztwór ten odprowadza się z dołu kolumny absorpcyjnej, gdzie panują warunki umożliwiające absorpcję 1 kg siarkowodoru na 1 m³ roztworu.

Zużycie powietrza służącego do utleniania, takiego jak opisany roztwór arseninowo-arsenianowy, wynosi jak wiadomo około 5,0 m³ na 1 kg siarkowodoru, co w tym przypadku wynosi 5,0 m³ powietrza na 1 m³ roztworu.

Zgodnie z wykresem (fig. 8) tę ilość powietrza można zassać za pomocą eżektora przy użyciu 1 m³ roztworu wprowadzanego do eżektora pod ciśnieniem 45 ata, co daje stosunek ciśnień, przed i za eżektorem około 3:1.

Tak więc, komora utleniania wypełniona jest cie-

czą do wysokości 20 m, jak się to zwykle stosuje w praktyce przemysłowej, wówczas cała niezbędna do utleniania siarkowodoru do siarki pierwiastkowej ilość powietrza dostarczana jest bez żadnych kosztów za pomocą eżektora.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób usuwania i odzyskiwania gazowych zanieczyszczeń z mieszanin gazowych zawierających te zanieczyszczenia, przy pomocy cieczy absorbujących przez układ absorpcyjny pod ciśnieniem, w którym ciecz absorbująca wchodzi w dokładny i bezpośredni kontakt z mieszaniną gazową w celu usunięcia zawartych w niej zanieczyszczeń gazowych, oraz przez układ regeneracyjny pracujący zasadniczo pod niższym ciśnieniem niż układ absorpcyjny, przy czym w układzie regeneracyjnym ciecz jest regenerowana przez wydzielenie lub przereagowanie zaabsorbowanych zanieczyszczeń, **znamienny tym**, że ciecz odpływająca pod ciśnieniem z etapu absorpcji przechodzi przez eżektor, gdzie się rozpręża i wytwarza spadek ciśnienia wykorzystywany następnie do usuwania zaabsorbowanych zanieczyszczeń gazowych.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wytworzony przez eżektor spadek ciśnienia wykorzystuje się w działaniu na ciecz opuszczającą eżektor, umożliwiając jej dalsze rozprężanie się, dzięki czemu usuwa się z cieczy dalsze ilości zawartych w niej zanieczyszczeń gazowych.

3. Sposób według zastrz. 1 i 2, **znamienny tym**, że ciecz opuszczającą eżektor podgrzewa się przed poddaniem jej działaniu podciśnienia wytworzonego przez eżektor.

4. Sposób według zastrz. 1, 2 i 3, **znamienny tym**, że ciecz opuszczającą eżektor poddaje się ogrzewa-

niu do wrzenia przed poddaniem jej działaniu podciśnienia wytworzonego przez eżektor.

5. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że podciśnienie wytworzone przez eżektor oddziałuje na ciecz opuszczającą etap regeneracji.

6. Sposób według zastrz. 1 i 5, **znamienny tym**, że regenerację przeprowadza się na drodze wrzenia cieczy pod wpływem dostarczonego z zewnątrz ciepła, przy czym wydziela się para cieczy zawierająca usuwane zanieczyszczenia, zaś ciecz wrzącą lub gorącą poddaje się działaniu podciśnienia wytworzonego przez eżektor, w wyniku czego wydziela się z niej strumień oparów zawierający dalsze ilości zanieczyszczeń, co doprowadza do końca proces regeneracji, przy czym odprowadzone w ten sposób opary wprowadza się w bezpośredni kontakt z cieczą po absorpcji wykorzystywaną w eżektorze, dzięki czemu zostaje ona ogrzana przed wprowadzaniem do etapu regeneracji.

7. Sposób według zastrz. 6, **znamienny tym**, że strumień odprowadzanych oparów i zanieczyszczeń poddaje się chłodzeniu w celu wycondensowania pary, a następnie kieruje się do eżektora.

8. Sposób według zastrz. 1, 5 i 6, **znamienny tym**, że podciśnienie wytwarzane przez eżektor oddziałuje na gorący lub wrzący roztwór po regeneracji odcinając z niej strumień oparów i zanieczyszczeń w kolejnych stadiach i opary te poddaje się bezpośredniemu kontaktowaniu z cieczą po absorpcji wykorzystywaną w eżektorze, przy czym kontaktowanie to odbywa się w odpowiednich kolejnych stadiach.

9. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że podciśnienie wytwarzane przez eżektor wykorzystuje się do zasysania powietrza lub innych gazów i do wywołania przepływu tych gazów przez etap regeneracji celem usunięcia lub przereagowania zanieczyszczeń zaabsorbowanych uprzednio w cieczy.

Fig.1

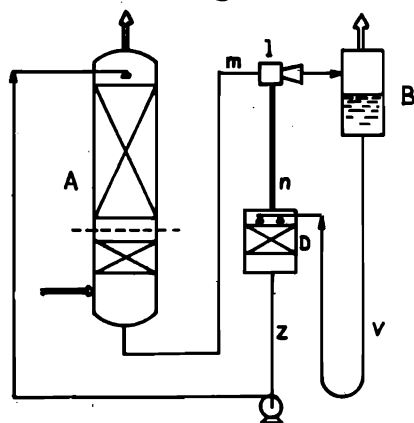


Fig. 2

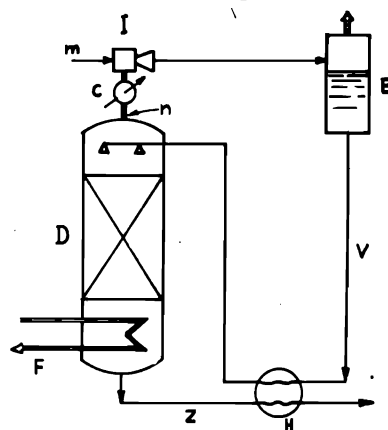


Fig.3

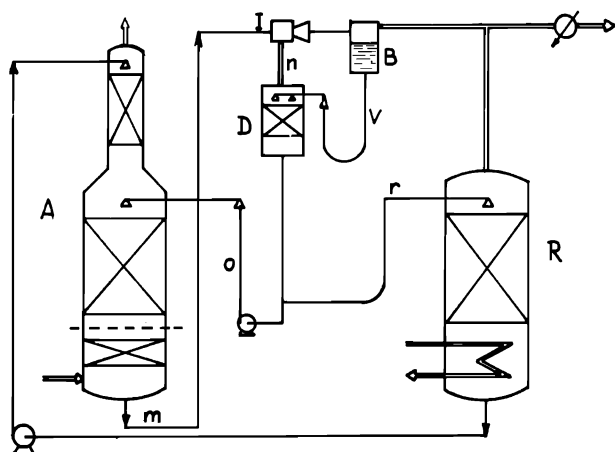


Fig.4

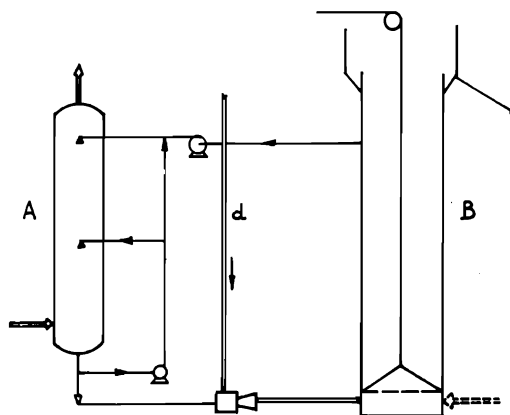


Fig. 5

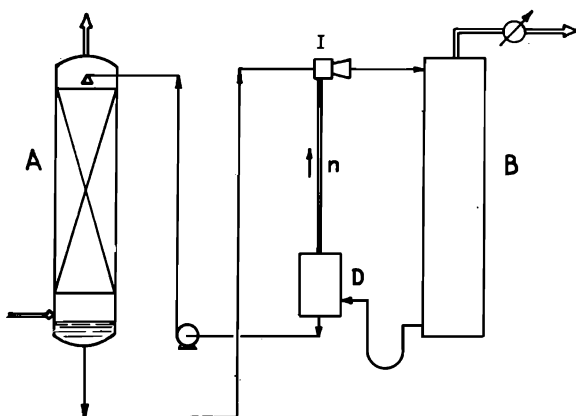


Fig.6

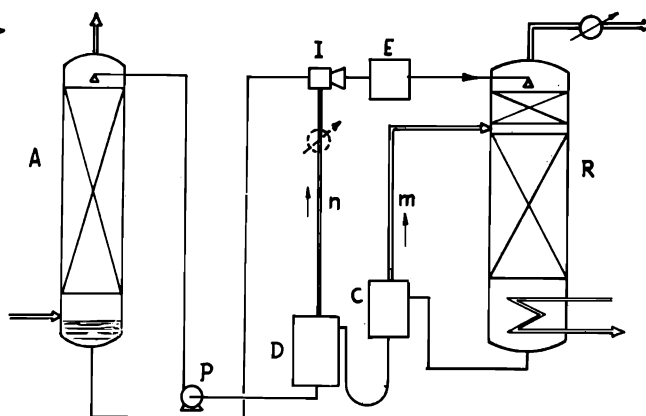


Fig.8

ERRATA

Łam 5, wiersz 16
jest: pod ciśnieniem
powinno być: do ciśnienia

Łam 12, wiersz 29
jest: komory regeneracyjnej D,
powinno być: kolumny regeneracyjnej D,

