

25 listopada 1929 r.



RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

OPIŚ PATENTOWY

Nr 10778.

Kl. 17 g 2.

Samuel Gordon Allen
(New York, N. Y., Stany Zjednoczone Ameryki).

Sposób i urządzenie do otrzymywania z powietrza tlenu i azotu.

Zgłoszono 18 października 1927 r.

Udzielono 11 lipca 1929 r.

Pierwszeństwo: 3 stycznia 1927 r. (Stany Zjednoczone Ameryki).

Wynalazek niniejszy dotyczy rozdziału powietrza na składniki, a zwłaszcza otrzymywania zeń tlenu, lecz oczywiście wynalazek można również zastosować do jednoczesnego otrzymywania czystego tlenu i azotu. Wynalazek ma na celu zmniejszenie kosztu otrzymywania tlenu z powietrza do tego stopnia, aby tlen można było używać na większą skalę w przemyśle, gdyż, obniżając dostatecznie cenę tlenu, można go będzie używać np. w przemyśle metalurgicznym. Wynalazek obejmuje również sposób skraplania, który można użyć z korzyścią w innych zakresach wytwórczości, wobec czego ten sposób skraplania nie ogranicza się jedynie do użytku w zakresie niniejszego wynalazku.

Przedmiotem wynalazku jest więc spo-

sób i urządzenie do otrzymywania tlenu lub azotu, który to sposób, rozważany w całości lub częściowo, wymaga znacznie mniejszego nakładu energii mechanicznej, aniżeli sposoby dotychczasowe, obniżając przytem cenę otrzymanego produktu dzięki zwiększeniu wydajności. Tlen lub azot otrzymany zapomocą tego sposobu jest tańszy również dzięki uproszczeniu urządzenia (i jego regulacji) służącego do przeprowadzania tego sposobu, gdyż zmniejsza się przez to kapitał potrzebny i koszty prowadzenia.

Sposób i urządzenie niniejsze opisane są poniżej w związku z rysunkami, na których fig. 1 przedstawia widok schematyczny tego urządzenia w częściowym przekroju, a fig. 2 — krzywą temperatur panujących podczas przeprowadzania sposobu.

Jeżeli urządzenie ma dawać około pięciu tonn tlenu dziennie, to wtedy należy sprężyć około 140 metrów sześciennych powietrza na minutę o temperaturze 0°C i pod ciśnieniem jednej do sześciu atmosfer absolutnych ($5,16\text{ kg na cm}^2$) w odpowiedniej sprężarce, poczem to sprężone powietrze wprowadza się do ciepłej części jednej sekcji oziębiacza *A* opisanego następnie, posiadając temperaturę około 30°C . Powietrze zostaje tam ochłodzone przez rozdzielone poprzednio składniki powietrza do -165°C . Sprężone powietrze wchodzi następnie do oziębiacza pośredniego *B*, gdzie temperatura jego spada do punktu skroplenia, wskutek czego następuje częściowe skroplenie powietrza, poczem powietrze to wraz z pewną ilością swych skroplin wchodzi od spodu do sekcji rurkowej *c* kolumny rektyfikacyjnej *C*, gdzie sprężone powietrze przechodzi w postaci pęcherzyków przez ciecz znajdującą się na dnie sekcji *c*, a to w celu wywołania równowagi fazowej i otrzymania przez to cieczy bogatej w tlen.

Najlepiej jest sprężyć powietrze w ilości większej od tej, która ma być rektyfikowana, przyczem około połowy tego sprężonego powietrza wchodzi od spodu do sekcji *c* rektyfikatora *C* i opuszcza go w górnym końcu w postaci par zawierających około 99% azotu. Druga zaś połowa tego powietrza, czyli część która ma być poddana rektyfikacji, gromadzi się na dnie sekcji *c* w postaci cieczy zawierającej około 40% lub więcej tlenu. Ciecz tę oddziela się w samym rektyfikatorze, a w tym celu rozpręża się ją do jednej atmosfery zapomocą dławika *e* i wprowadza do części kaskadowej *d* rektyfikatora *C*. Rozprężenie to obniża temperaturę sprężonego powietrza do -185° , przyczem powstaje trochę par.

Początkowy rozdział powietrza na składniki odbywa się w sekcji kaskadowej *d*, zawierającej odpowiednią ilość przegródek zaopatrzonych w pokrywy do rozbijania

pęcherzyków gazu, a w tym celu ciecz spływa w tej sekcji z przegródki na przegródkę i jej pary wznoszą się ku górze, przechodząc w postaci pęcherzyków przez ciecz zgromadzoną na tych przegródkach. Jak się przekonano, ta sekcja kaskadowa *d* rektyfikatora nadaje się najlepiej do przeprowadzenia początkowego podziału powietrza. Chcąc zaś osiągnąć podział całkowity zapomocą rektyfikacji kaskadowej, należałoby użyć nieskończoną ilość przegródek kaskadowych zarówno nad jak i pod otworem dopływowym dla cieczy, co oczywiście jest niemożliwem, wobec czego rektyfikator *C* zawiera pod sekcją kaskadową pośrednią sekcję rurkową i dolną sekcję rurkową *c*, a ponad tą sekcją kaskadową znajduje się górna sekcja rurkowa *g*. Powyższe sekcje rurkowe spełniają podwójną rolę, a mianowicie rektyfikują ciecz i jednocześnie wywołują jej odpływ.

Ciecz gromadząca się na dnie sekcji kaskadowej *d* przelewa się do rurek sekcji pośredniej *f* i spływa w tych rurkach po skręconych spiralnie paskach miedzianych, utrzymujących ciecz w ścisłym zetknięciu i równowadze fazowej z parami wznoszącymi się w tych rurkach. Pomiędzy cieczą w rurkach tej sekcji *f* i powietrzem bogatym w azot, zaczerpniętym ze szczytu sekcji rurkowej *c* i wprowadzonym do spodu pośredniej sekcji rurkowej *f* zapomocą przewodu *h*, następuje wymiana ciepła, a mianowicie ciecz zawarta w rurkach sekcji pośredniej *f* odbiera ciepło parom azotowym otaczającym te rurki.

Ciecz odpływająca z rurek sekcji pośredniej *f* wchodzi do komory mieszającej *i*, podobnej do sekcji kaskadowej i służącej do dokładnego zmieszania tej cieczy. Z komory *i* zmieszana ciecz odpływa do rurek sekcji dolnej *c*, zaopatrzonych również w spiralne paski, utrzymujące spływającą po nich ciecz w ścisłym zetknięciu i równowadze fazowej z parami wznoszącymi się w

tych rurkach. Ciecz spływająca w rurkach sekcji dolnej *c* odbiera ciepło od sprężonego powietrza wchodzącego do tej sekcji z oziębiacza pośredniego *B*, czyli że ciecz podlegająca rektyfikacji otrzymuje ciepło w miarę spływania ze spodu sekcji kaskadowej *f* do dna dolnej sekcji rurkowej *c*, przyczem z rurek tej sekcji *c* odpływa praktycznie biorąc czysty tlen skroplony do komory zbiorczej *j*.

Pary wznoszące się w kolumnie rektyfikacyjnej *C* uchodzą z sekcji kaskadowej do rurek górnej sekcji rurkowej *g*, gdzie ulegają oziębianiu, mającemu na celu rektyfikację i oczyszczenie tych par. Rurki sekcji *g* zaopatrzone są również w paski spiralne, utrzymujące spływającą po nich ciecz w ścisłym zetknięciu i równowadze fazowej z parami wznoszącymi się w przeciwnym kierunku.

Skroplony tlen gromadzący się w komorze *j* rozpręża się z ciśnienia rektyfikacji do ciśnienia nieco wyższego od atmosferycznego, panującego w oziębiaczu *B*, wskutek czego tlen wyparowuje i zostaje odprowadzony przewodem *k* przechodzącym przez oziębiacz *B* w taki sposób, iż para tlenu wymienia ciepło z dopływającym sprężonym powietrzem. Parę azotu, gromadzącą się u szczytu kolumny *C*, przepuszcza się również przez oziębiacz *B* w taki sposób, iż para ta wymienia ciepło z dopływającym powietrzem sprężonym.

Reszta sprężonego powietrza zużytkowana zostaje do zasilania oziębiacza dodanego do kolumny *C* ponad szczytem sekcji kaskadowej *d*. W tym celu ciecz, gromadząca się na dnie sekcji pośredniej *f* wokoło zawartych w niej rurek, rozpręża się do ciśnienia nieco wyższego od atmosferycznego zapomocą dławika *m* i wprowadza na dna górnej sekcji rurkowej *g*, gdzie ciecz ta odparowuje i pary jej przechodzą przewodem *n* przez oziębiacz *B* w taki sposób, iż wymieniają ciepło z powietrzem

sprężonym. Para otaczająca rurki sekcji pośredniej *f* wchodzi do parnika *o* z obiegu zewnętrznego oziębiacza *D* zapomocą przewodu *p*, gdzie para ta oziębia się i skrapla, oddając ciepło cieczy powstałej w skraplaczu *q* zewnętrznego obiegu oziębiacza *D* i rozprężona zostaje do ciśnienia nieco wyższego od atmosferycznego zapomocą dławika *r* i dostaje się do parnika *o*. Para zawierająca dużo azotu, skroplona w parniku *o*, wprowadzona zostaje na dno sekcji pośredniej *f*, a pary odparowane w tym parniku przez powstałą w nim wymianę ciepłą przechodzą zpowrotem przez skraplacz *q* obiegu zewnętrznego oziębiacza *D* w taki sposób, iż wymieniają ciepło z czynnikiem tego obiegu, płynącym ku dołowi. Ten obieg zewnętrzny oziębia w stopniu wyrównującym ciepło przedostające się do urządzenia i końcowe straty ciepła.

Aby wyjaśnić zalety niniejszego sposobu opisane będą teraz oddzielnie niektóre części powyższego urządzenia oraz ich działanie. Co do mechanizmu oziębiacza *A*, służącego do chłodzenia strumienia powietrza płynącego ku dołowi i ogrzewania strumienia powrotnego, to podzielony jest on na dwie krótkie sekcje *s — s*, połączone ze sobą równolegle tak, aby można było odwracać przepływ przez nie, oraz dwie sekcje *t — t*, które mogłyby być połączone w jedną całość gdyby nie pewne przyczyny wyjaśnione następnie. Sekcje *t — t* połączone są ze sobą w szereg i są stale w obwodzie, przyczem pierwsza z tych sekcji jest połączona tak, aby była połączona w szereg z każdą z sekcji *s* w chwili jej włączenia do obwodu.

Ponieważ skropliny i lód wytwarzają się w tem miejscu oziębiacza *A*, gdzie wchodzi powietrze, więc tę część oziębiacza oddzielono od jego całości, tworząc dwie krótkie odwracalne sekcje wymiany ciepłej, gdy tymczasem w normalnych oziębiaczach, składających się tylko z dwóch sek-

cyj, połączonych w szereg podczas włączania tych sekcji, sekcja otrzymująca gaz, który przeszedł przez drugą sekcję zawierającą lód, ogrzewała się do temperatury pokojowej i chociaż temperatura gazu przechodzącego przez tę drugą sekcję obniżała się nieco, to jednak całkowite obniżenie tej temperatury było niewielkie, wskutek czego gaz odpływający do sekcji rektyfikacyjnej był dość ciepły i wpływał szkodliwie na obieg rektyfikacyjny, zmieniając warunki działania, zużywając oziębienie i zwiększając ilość potrzebnej energii mechanicznej. Zakłócenie porządku procesu rektyfikacji zmniejsza czystość otrzymanego produktu, czyli że zarówno pod względem czystości jak i pod względem działania stałość warunków zostaje zniweczona. Warunki te utrzymują się aż do chwili doprowadzenia sekcji oziębiacza do temperatur roboczych, przyczem warunki te zostają ponownie odzyskane z chwilą odwrócenia obiegu spowodowanego wytworzeniem się lodu.

Trudności powyższych uniknięto, dzieląc oziębiacz *A* i umieszczając dwie krótkie rury odwracalne w miejscu szkodliwego tworzenia się lodu. W metalu tworzącym zwykły oziębiacz gromadzi się w chwili wyłączenia go z obwodu znaczna ilość oziębienia, które zostaje utracone podczas ogrzewania się go do temperatury pokojowej. W urządzeniu niniejszem, część oziębiacza, w której oziębienie gromadzi się w metalu w niskiej temperaturze, jest zawsze włączona w obwód, dzięki czemu oziębienie to nie zostaje utracone.

Urządzenie oziębiacza *A* jest przytem tak obliczone, aby posiadało większą wydajność termodynamiczną, a to dla tego, iż różnica temperatur pomiędzy powrotnym strumieniem i strumieniem skierowanym ku dołowi jest minimalna w przeciwieństwie do tego, co się dzieje w oziębiaczach zwykłych, w których w momencie odwracania

kierunku przepływu jest zawsze duża różnica temperatur.

Oziębiacz wskazany i opisany tutaj jest prosty i łatwy w działaniu i zmniejsza do minimum wszelkie wahania w urządzeniu, dzięki czemu odwracanie przepływu nie wywiera szkodliwego wpływu na rektyfikację i czystość otrzymywanego produktu, a zużycie energii mechanicznej jest minimalne.

W związku z fig. 1 należy zauważyć, że odwracalne sekcje oziębiacza *A* zawieszono są u szczytu, a pozostałe sekcje zawieszono są od spodu, przyczem połączenia łączące części odwracalne oziębiacza z częściami będącymi stale w obwodzie znajdują się w miejscach zawieszenia tych sekcji, dzięki czemu rozszerzanie się i kurczenie ich nie powoduje żadnych trudności, co się zaś tyczy całości oziębiacza, to może on rozszerzać się i kurczyć od lub ku punktowi swego zawieszenia. Kolumna rektyfikacyjna *C* zawieszona jest natomiast pośrodku i na jednej linii z punktami zawieszenia oziębiacza *A*, dzięki czemu kolumna ta kurczy się i rozszerza od i ku swym końcom.

Część oziębiacza, znajdującą się stale w obwodzie, podzielona jest na dwie równe sekcje $t - t$ zaopatrzone w odpowiednie przewody i tworzące wspólnie odwrócone *U*, dzięki czemu budynek mieszczący urządzenie może być niższy, a połączenie łączące koniec oziębiacza *A* z rektyfikatorem jest krótsze, dzięki czemu straty ciepła zmniejszają się do minimum. Spadek ciśnienia, poczynając od dolnej części rektyfikatora *C* ku końcowi oziębiacza *A* jest ponadto wyrównany przez spadek ciśnienia, poczynając od szczytu rektyfikatora ku końcowi oziębiacza.

Oziębiacz *A* można więc zastosować również zamiast dotychczas znanego oziębiacza w używanych obecnie skraplaczach.

Co do oziębiacza pośredniego *B*, składającego się z grup rurek otoczonych pla-

szczem, to służy on przede wszystkim do wytworzenia warunków, dzięki którym ten oziębiacz i rektyfikator C mogą działać doskonale pod względem termodynamicznym i pod innymi względami, a w stosunku do oziębiacza A oziębiacz B służy do odparowywania czystego ciekłego tlenu zaczerpniętego z komory *j* umieszczonej na dnie kolumny C, dzięki czemu tlen ulatuje przez oziębiacz A w postaci pary. Ponieważ tlen jest w postaci pary, więc niewielkie tylko ciśnienie może spowodować przepływ tej pary przez oziębiacz A, gdy tymczasem chcąc wtłoczyć tlen ciekły do tego oziębiacza trzeba by było użyć znacznego ciśnienia, które rozprzestrzeniłoby się w całym urządzeniu, wywołując wzrost ciśnienia, który spowodowałby nie tylko większe zużycie energii mechanicznej, lecz również wpływałby szkodliwie na przebieg procesu. Ponieważ tlen w oziębiaczu A ochładzany jest w postaci pary, więc jest bardzo korzystne z termodynamicznego punktu widzenia, aby czynnik chłodzący, przechodzący przez oziębiacz A, był również w postaci pary, czemu właśnie zadość czyni oziębiacz pośredni B, który jest w zasadzie pełnym naczyniem, służącym do odparowywania ciekłego tlenu, które to odparowywanie powinno się odbywać w takim pełnym naczyniu, a nie w małych rurkach oziębiacza A.

Co się tyczy strumienia sprężonego powietrza płynącego ku dołowi, to oziębiacz B obniża dodatkowo temperaturę gazów opuszczających oziębiacz A do punktu skroplenia, wobec czego w oziębiaczu B następuje znaczne skroplenie. W kolumnie rektyfikacyjnej C odbywa się jedynie ciągłe mieszanie się par i cieczy, zarówno w czynniku podlegającym rektyfikacji, jak i w czynniku użytym do doprowadzania i odbierania ciepła w kolumnie. Gdy mieszanie takie następuje, to wtedy korzystnym jest z punktu widzenia termodynamicznego, aby

pary i cieczy posiadały w przybliżeniu jednakową temperaturę, gdyż w pierwszym razie mieszanie się czynników o zbyt dużej temperaturze powoduje duże straty termodynamiczne.

Oziębiacz B wprowadza parę i ciecz do kolumny rektyfikacyjnej C w takiej samej temperaturze, jaką posiada ciecz zawarta w tej kolumnie. W urządzeniach dotychczasowych skroplony tlen musi być odciągany wielokrotnie w znacznych ilościach celem usunięcia z urządzenia nagromadzonych tam węglowodorów, gdy tymczasem dzięki użyciu oziębiacza B do odparowywania otrzymanego ciekłego tlenu, węglowodory te odciągane są stale wraz z ciekłym tlenem i zostają w tym oziębiaczu odparowane i usunięte przez oziębiacz A z urządzenia. Trzeba więc jedynie co dłuższy czas odciągnąć z oziębiacza B niewielką ilość cieczy celem usunięcia nagromadzonych w niej ewentualnie węglowodorów, dzięki czemu ilość traconego tlenu i oziębienia zmniejsza się znacznie. Oziębiacz B odzyskuje bowiem oziębienie tlenu ciekłego, gdyż ciepło potrzebne do odparowania tlenu zostaje odebrane gazom uchodzącym z oziębiacza A i przechodzącym przez oziębiacz B na dno sekcji rurkowej c. Oziębiacz B pozostawia również miejsce na odparowanie ciekłego tlenu pod ciśnieniem trochę wyższym od atmosferycznego, dzięki czemu próżnia nie jest potrzebna do odciągania otrzymanego tlenu.

Aby w rektyfikatorze C mogła nastąpić wymiana ciepła, gazy podlegające rozdzielaniu powinny być sprężone do takiego ciśnienia, aby ich temperatura skroplenia była wyższą od temperatury wrzenia tlenu pod ciśnieniem rektyfikacji, wobec czego temperatura tych gazów w oziębiaczu B jest wyższa od temperatury odparowywania tlenu pod ciśnieniem atmosferycznym, dzięki czemu różnica temperatur umożliwia przenoszenie ciepła. Ponieważ tylko nie-

wielka ilość ciepła musi być usunięta ze sprężonego powietrza, celem obniżenia jego temperatury od temperatury gazu opuszczającego oziębiacz A do temperatury skroplenia, więc większość ciepła usuniętego w oziębiaczu B powoduje skroplenie powietrza w stałej temperaturze. Ponieważ zaś odparowywanie ciekłego tlenu odbywa się w stałej zasadniczo temperaturze, więc krzywe temperatur wszystkich czynników są bliskie sobie i do siebie równoległe.

Gdyby urządzenie niniejsze nie zawierało oziębiacza B, lecz ciekły tlen odparowywany był w szczycie rektyfikatora, celem wywołania oziębienia potrzebnego do rektyfikacji, to wtedy rektyfikację należałoby przeprowadzać pod ciśnieniem tak wysokim aby osiągnąć pożądane przeniesienie ciepła. W sposobie niniejszym ciecz wytwarzająca oziębienie w szczycie rektyfikatora zawiera bardzo dużo azotu, a ponieważ odparowywana jest pod ciśnieniem bliskim atmosferycznemu, więc jej temperatura odparowywania jest znacznie niższa od temperatury odparowywania czystego tlenu pod tem samem ciśnieniem. Chcąc więc osiągnąć żądane przeniesienie ciepła w urządzeniu niniejszem, należy zastosować ciśnienie rektyfikacji znacznie niższe od ciśnienia możliwego w przypadku usiłowania odzyskania oziębienia ciekłego tlenu zapomocą odparowywania go w szczycie kolumny rektyfikacyjnej.

Z punktu widzenia wydajności termodynamicznej widzimy, że w oziębiaczu A żaden z czynników nie zmienia swego stanu, gdy tymczasem w kolumnie rektyfikacyjnej następują ciągłe zmiany tych czynników ze stanu ciekłego w parę i odwrotnie. Dzięki zastosowaniu pomiędzy oziębiaczem A a kolumną rektyfikacyjną C oziębiacza pośredniego B, warunki powyższe są zachowane zarówno w oziębiaczu A, jak i w rektyfikatorze, wobec czego działają one z najkorzystniejszym wynikiem.

Oziębiacz B obok powyższych wyników upraszcza jednocześnie działanie całego urządzenia. Szybkość odciągania ciekłego tlenu nie wpływa na ciśnienie rektyfikacji, czyli że ciśnienie to zależy całkowicie od szybkości odciągania pary azotu ze szczytu kolumny C. Szybkość odciągania pary azotowej regulowana jest przez samoczynny zawór bezpieczeństwa u, umieszczony na przewodzie powrotnym biegnącym od oziębiacza A. Komora tego zaworu może być połączona ze szczytem rektyfikatora C tak, aby zawór ten działał jedynie pod wpływem ciśnienia rektyfikacji niezależnie od spadku ciśnienia pary azotu powracającej przez oziębiacz A.

Czystość otrzymanego tlenu i azotu zależy, przy danej wydajności urządzenia od ciśnienia rektyfikacji, a więc obniżenie tego ciśnienia obniża różnicę temperatur w szczycie rektyfikatora, a przez to zmniejsza ilość ciepła przenoszonych z czynnika oziębiającego do czynnika podlegającego rektyfikacji. Powoduje to zanieczyszczenie pary azotowej uchodzącej ze szczytu rektyfikatora. Jeżeli natomiast podnieść ciśnienie rektyfikacji, to wtedy różnica temperatur wzrasta, a przez to wzrasta oziębianie, dające w wyniku bardziej czystą parę azotu. Czystość tej pary można więc regulować drogą zmieniania ciśnienia rektyfikacji, czyli, że czystość ta jest stała gdy stałym jest ciśnienie rektyfikacji. Ciekły tlen gromadzący się na dnie kolumny C posiada czystość zależną od czystości pary azotowej, uchodzącej ze szczytu kolumny lecz w odwrotny sposób. Czystość otrzymanego tlenu można więc regulować zapomocą zmian ciśnienia rektyfikacji i wtedy wyższe ciśnienie rektyfikacji daje tlen mniej czysty, a niższe ciśnienie rektyfikacji — tlen bardziej czysty.

Ten związek pomiędzy czystością otrzymywanych produktów a ciśnieniem rektyfikacji jest ścisły, gdy kolumna rektyfika-

cyjna pracuje z daną szybkością, gdyż zmiany tej szybkości wpływają na czystość otrzymywanych produktów nawet wtedy, gdy ciśnienie rektyfikacji utrzymywane jest na poziomie stałym. Jeżeli więc szybkość ta maleje wskutek zmniejszania się szybkości rektyfikacji, to wtedy zmniejsza się odpowiednio oziębianie czynnika podlegającego rektyfikacji w szczycie kolumny C.

Jeżeli ciśnienie rektyfikacji jest utrzymane na poziomie stałym, a szybkość działania kolumny maleje, to wtedy oziębianie jednostki objętości czynnika podlegającego rektyfikacji wzrasta, ponieważ otrzymuje się tę samą różnicę temperatur pomiędzy czynnikiem oziębiającym i czynnikiem rektyfikowanym, a wobec tego ta sama ilość ciepła przenoszona jest przez powierzchnię wymiany cieplnej, lecz ciepło to przechodzi do mniejszej ilości czynnika rektyfikowanego, dzięki czemu czystość otrzymanego azotu wzrasta, a czystość tlenu odpowiednio maleje.

Chcąc więc otrzymywać tlen i azot o stałej czystości bez względu na sprawność kolumny rektyfikacyjnej, należy zmieniać odpowiednio ciśnienie rektyfikacji, co można osiągnąć w rozmaity sposób, jak np. za pomocą samoczynnego zaworu bezpieczeństwa *U* działającego w ten sposób, iż ciśnienie podlegające regulacji zmienia się wraz z szybkością przepływu pary przez ten zawór, przyczem komora tego zaworu połączona jest bezpośrednio ze szczytem rektyfikatora. Pożądaną zależność ciśnienia rektyfikacji od szybkości jej przebiegu można również osiągnąć za pomocą samoczynnego zaworu bezpieczeństwa w którym w punkcie przyłączenia komory tego zaworu utrzymane jest stałe ciśnienie, przyczem komora ta połączona jest w pewnym punkcie z przewodem dla powracającej pary azotowej, przebiegającym pomiędzy szczytem rektyfikatora i punktem, w którym umieszczony jest ten zawór. Punkt ten może

znajdować się na przewodzie łączącym szczyt rektyfikatora z oziębiaczem *A* lub też na przewodzie łączącym dwie sekcje tego oziębiacza, będące stale w obwodzie, a do odwracania przepływu służą sekcje dodatkowe. Dzięki wzrostowi spadku ciśnienia wraz ze wzrostem przepływu azotu podczas szybkiego działania rektyfikatora, ciśnienie rektyfikacji wzrasta w miarę wzrostu szybkości rektyfikacji, powodując wzrost różnicy temperatur potrzebny do zwiększenia ilości przenoszonego ciepła i utrzymania czystości produktu.

W każdym z przypadków powyższych, warunki działania urządzenia są utrzymywane samoczynnie przez jeden samoczynny zawór bezpieczeństwa, umieszczony na przewodzie wylotowym dla pary powstałej w rektyfikatorze, jeżeli oczywiście ciecz otrzymana w tym rektyfikatorze jest usuwana w swej naturalnej postaci. W urządzeniach dotychczasowych, gdzie ciecz otrzymana przez rektyfikację odparowuje się w rektyfikatorze i odciąga zeń w postaci pary, ciśnienie rektyfikacji zależy nie tylko od regulacji przepływu azotu, lecz również od kontroli przepływu otrzymanego tlenu, czyli, że użycie jednej z tych regulacji wpływa na działanie całości rektyfikatora. Dzięki zastosowaniu oziębiacza *B* umożliwiającego odciąganie tlenu w stanie ciekłym i odzyskanie w nim oziębienia, warunki działania urządzenia nie tylko można regulować w sposób prosty, lecz również zastosować regulację samoczynną celem otrzymywania stale produktów o żądanej czystości, bez względu na szybkość działania urządzenia, którego dozór może być sprowadzony do minimum.

Powracając obecnie do sekcji kaskadowej *d*, zaznaczyć należy, że w składzie cieczy i pary płynących strumieniami o kierunkach przeciwnych od przegródki do przegródki, następują duże zmiany, a zwłaszcza na pewnych przegródkach, dają-

ce na dnie tej sekcji kaskadowej ciecz o dużej czystości, a u szczytu tej sekcji — parę czystą w tymże stopniu. Objętość tych czynników zmienia się bardzo mało podczas przepływania przez sekcję kaskadową, wobec czego ciecz dopływa w dużej ilości do rurek sekcji *f*, a duże ilości pary wchodzi do górnej sekcji rurkowej *g*, przyczem w sekcji kaskadowej *d* nie ma prawie ogrzewania i oziębiania z wyjątkiem drobnej ilości ciepła przedostającego się przez zewnętrzną izolację. Doprowadzanie lub odbieranie ciepła w sekcji kaskadowej nie jest potrzebne, ponieważ zmieniłoby to przeznaczenie tej części rektyfikatora rozdzielającej w dużym stopniu powietrze na składniki, przyczem rozdzielanie postępujące od przegródki do przegródki tej sekcji jest mniejsze przy wymianie cieplnej, aniżeli bez niej.

Początkowy rozdział następuje, jak już było powiedziane, w sekcji kaskadowej *d*, gdzie czynniki są bardzo nieczyste, a oczyszczają się znacznie, przechodząc z przegródki na przegródkę. Po osiągnięciu jednak przez te czynniki dość dużej czystości, wzrost tej czystości od przegródki do przegródki jest bardzo mały, czyli że kilka przegródek powoduje znaczny rozdział otrzymywanych produktów podczas pierwszego okresu rektyfikacji, a do kompletnego oczyszczenia tych produktów należałoby użyć w pozostałym okresie rozdziału bardzo wielu przegródek, których rolę wypełniają w danym urządzeniu rurkowe sekcje rektyfikatora *c* i *g* opisane poprzednio. Wzmiankowane już spiralne paski miedziane skręcone są wtłoczone do rurek tych sekcji tak, aby wytworzyły kanał śrubowy. Strumienie cieczy spływające po tych paskach rzucane są ku ściankom rurek, dzięki czemu wchodzi w bezpośrednie zetknięcie z powierzchnią przenoszenia ciepła, przyczem, ponieważ spływająca ciecz rozpściera się po powierzchni tych pasków,

więc duża jej powierzchnia styka się ze wznoszącym się strumieniem pary, dzięki czemu strumień cieczy i strumień pary stykają się ze sobą ściśle wzdłuż całej długości rurek, a ciepło doprowadzane jest lub odbierane wzdłuż całej jej długości.

Należy zauważyć, że wlot do sekcji kaskadowej *d* znajduje się poniżej jej środka, wskutek czego ponad tym wlotem znajduje się największa ilość przegródek, na których odbywają się niewielkie zmiany rektyfikowanego czynnika, w przeciwieństwie do tego, co ma miejsce w rektyfikatorach dotychczasowych. Budowa urządzenia niniejszego oparta jest na pewnej ilości danych, z pośród których można wymienić tę okoliczność, iż tlen zawarty jest w powietrzu w mniejszej ilości, więc w składzie jego następują większe zmiany, w miarę spływania z przegródki na przegródkę, aniżeli w składzie procentowo większego składnika, czyli azotu. Aby zaś otrzymać dużą ilość tlenu, należy otrzymywać azot o dużej czystości. Jeżeli więc umieścić większą ilość przegródek powyżej aniżeli poniżej wlotu do sekcji kaskadowej, to wtedy otrzymuje się jednocześnie dużą wydajność i wysoką czystość mniejszego składnika, czyli tlenu. W urządzeniu niniejszem mamy pod sekcją kaskadową dwie sekcje rurkowe, a nad nią tylko jedną sekcję rurkową, przyczem sekcje rurkowe pod sekcją kaskadową odparowujące ciecz są czynniejsze od sekcji rurkowej, skraplającej parę ponad sekcją kaskadową.

W rektyfikatorach dotychczasowych wywoływano odpływ pary i cieczy drogą gotowania cieczy zgromadzonej na dnie kolumny i drogą skroplenia pary w szczycie tej kolumny lub zapomocą wprowadzenia do szczytu kolumny cieczy odpływowej, przyczem niepróbowano wcale przeprowadzać rektyfikację czynników w częściach rektyfikatora, w których ciepło jest doprowadzane lub odbierane. Rektyfikacja w

rektyfikatorze niniejszym odbywa się natomiast w tych częściach kolumny, w których ciepło doprowadzane jest lub odbierane, czyli że, praktycznie biorąc, cała długość kolumny jest czynna w rozdzielaniu składników powietrza.

Czystość otrzymywanych produktów zależy nie tylko od budowy mniejszego rektyfikatora, lecz, jak się przekonano, czystość ta zmienia się również w danym rektyfikatorze pod wpływem wielkości oziębienia szczytu rektyfikatora i ilości ciepła doprowadzonego na spód rektyfikatora. Są więc teoretyczne minimalne wielkości tego oziębienia i ogrzania rektyfikatora konieczne do osiągnięcia danego rozdziału składników powietrza zapomocą nieskończonej ilości przegródek. Chcąc jednak osiągnąć w praktyce ten rozdział, należy zastosować wielkości większe od tych minimalnych wielkości teoretycznych i im nadwyżka ta jest większa tem bliższa będzie pożądana czystość otrzymywanych produktów.

Wskazana tu kolumna rektyfikacyjna jest urządzona tak, aby sprężając więcej powietrza aniżeli może ona zrektyfikować, otrzymać nie tylko dostateczną ilość cieczy oziębiającej potrzebnej do otrzymania teoretycznego minimum oziębienia w szczycie kolumny, lecz również duży nadmiar oziębienia zapomocą sprężenia dużego nadmiaru powietrza, przyczem kolumna zawiera przyrządy służące do skroplenia części sprężonego powietrza ulegającej rektyfikacji i użytej do oziębiania w oddzielnych komorach. W szczycie kolumny istnieje więc nadmiar oziębienia, a obok tego na spodzie tej kolumny jest nadmiar ogrzewania. Te nadmiary ogrzewania i chłodzenia wytwarzają wielki nadmiar cieczy i pary odpływowej, co umożliwia osiągnięcie produktów o pożądanej czystości. Należy jednak zaznaczyć, że obie cieczy otrzymane zapomocą skroplenia sprężonego powietrza nie posiadają jednakowego składu, czyli nie

posiadają początkowego składu atmosfery, z której pochodzą. Gdyby to jednak było możliwe do osiągnięcia, to wtedy w nadmiarze sprężonego powietrza, użytego do oziębiania, traconoby dużo tlenu, czyli że tlen otrzymany w kolumnie zapomocą rektyfikacji stanowiłby połowę lub mniej tlenu zawartego w użytym sprężonym powietrzu. Skraplanie powietrza przeprowadza się więc w taki sposób, aby zatrzymać więcej tlenu w cieczy podlegającej rektyfikacji i aby część cieczy użyta do oziębiania zawierała bardzo mało tlenu, dzięki czemu otrzymuje się znacznie większą wydajność tlenu w stosunku do jego zawartości w użytym sprężonym powietrzu, co osiąga się stosując rektyfikator niniejszy zaopatrzony w dwie dolne sekcje rurkowe *f* i *c*.

Pośrednia sekcja *f* zawiera rurki w ilości odpowiedniej do pomieszczenia cieczy odpływającej w sekcji kaskadowej *d*, przyczem około połowy tej cieczy zostaje odprowadzona w tych rurkach, a pozostała ilość cieczy, dopływająca do sekcji *c*, może przepłynąć już przez znacznie mniejszą ilość rurek pomimo że w tej sekcji dolnej *c* trzeba skroplić tę samą ilość pary, jaką skrapla się wokoło rurek sekcji pośredniej *f*. Aby to osiągnąć, powierzchnia przynosząca ciepło w sekcji *c* powinna być taka sama, jak powierzchnia w sekcji *f*, czyli że sekcja *c* powinna być dłuższa od sekcji *f*.

Ciecz bogatą w tlen otrzymuje się na dnie sekcji *c* dwojaką drogą, a mianowicie, sprężone i nieco skroplone powietrze, które wchodzi do tej sekcji *c*, przechodzi w postaci pęcherzyków przez nagromadzoną tam ciecz, co wprowadza parę i ciecz w równowagę fazową, która oznacza w tych warunkach, że ciecz zawiera więcej tlenu, aniżeli para. Druga zaś droga otrzymywania cieczy bogatej w tlen polega na spływaniu skroplonej pary po rurkach sekcji *c* i *f*, w miarę skraplania się tej wznoszącej się pary, która wobec tego zawiera coraz

więcej azotu. Im dłuższe są rurki tych sekcji, tem czystszy jest otrzymany azot. Celem wytworzenia ściślejszego styku pary z cieczą, dostępy pomiędzy rurkami można wypełnić pierścieniami Lessinga lub podobnym materiałem. Pary azotowe, uchodzące ze szczytu sekcji c, stanowiące około połowy sprężonego powietrza, wchodzi do pośredniej sekcji f nieco ponad poziomem zawartej tam cieczy, a następnie, przebiegając wzdłuż rurek tej sekcji f, skraplają się oddając ciepło potrzebne do rektyfikacji cieczy zawartej w rurkach, a powstała stąd ciecz gromadzi się na dnie tej sekcji.

Główny obieg oziębiany jest przez obieg zewnętrzny celem wyrównania ciepła przenikającego z zewnątrz i strat końcowych ciepła w obwodzie głównym. Ze szczytu sekcji pośredniej f para przechodzi do parnika o. Para ta zawiera bardzo dużo azotu wskutek rozdziału powietrza, który nastąpił w tej sekcji f, dzięki przepływowi cieczy ku dołowi w rurkach tej sekcji i wznoszeniu się pary wokoło tych rurek. Odciągnięte pary zawierają również dużą część rzadkich gazów atmosferycznych, w szczególności neonu. Pary te wchodzi do dolnej części parnika i wnoszą się w jego rurkach, skraplając się wskutek odparowywania się cieczy ziębiącej otaczającej te rurki. Skroplona część tej pary spływa wymienionymi rurkami zpowrotem do sekcji pośredniej f za pośrednictwem specjalnego przewodu. Od szczytu parnika o biegnie cienki przewód, zapomocą którego odciąga się stale z tego parnika niewielkie ilości pary zawierającej dużo neonu, który jest mniej lotny od azotu, wobec czego można go oddzielić w oddzielnem urządzeniu tu nieuwidocznionem.

Ciecz odpływająca z sekcji pośredniej f rozpręża się do ciśnienia atmosferycznego i wchodzi do sekcji górnej g, gdzie otacza zawarte tam rurki i paruje, wytwarza-

jąc oziębienie, potrzebne do rektyfikacji. Ponieważ ciecz ta zawiera bardzo dużo azotu, więc dużą jej ilość można użyć do oziębiania nie tracąc przez to zbyt wiele tlenu. To duże oziębienie, w porównaniu z wielką ilością cieczy rozprężonej, wytwarza bardzo silny przepływ cieczy, powodujący rozdział składników powietrza podczas rektyfikacji. Bardzo duża ilość pary, w porównaniu z ilością cieczy wprowadzonej do rektyfikatora, zostaje skroplona w dwóch sekcjach rurek c i f, będących pod wlotem rektyfikatora, wytwarzając bardzo silny przepływ par, powodujący proces rektyfikacji. Ponieważ zaś ciecz podlegająca rektyfikacji jest bogatsza w tlen, aniżeli powietrze atmosferyczne, więc można jednocześnie otrzymać czysty tlen i czystszy azot. Można by więc powiedzieć, że rektyfikator niniejszy i sposób jego działania daje większą ilość składników o danej czystości, dzięki temu, że rektyfikacji poddaje się ciecz bardziej przygotowaną do całkowitego rozdziału na składniki i dzięki pewnemu nadmiarowi ogrzewania i oziębiania, który to nadmiar powoduje całkowity rozdział składników powietrza. Chociaż więc nadmiar sprężonego powietrza wymaga dodatkowego zużycia energii mechanicznej, to jednak czystość i ilość otrzymywanego produktu opłaca z nadmiarem ten dodatek energii, wskutek czego koszt produkcji jest niższy od kosztu dotychczasowego.

Oziębianie zapomocą zewnętrznego obiegu ziębiącego, mające na celu wyrównanie przenikania ciepła z zewnątrz i końcowe straty ciepła w głównym obiegu rozdziału składników, ma miejsce w parniku o celem ułatwienia działania całego urządzenia. Podczas pracy urządzenia oziębianie zmienia się w zależności od temperatury pokojowej, która wpływa na szybkość przenikania ciepła do urządzenia, zmian w końcowych stratach ciepła w obiegu głów-

nym, wzrostu różnicy temperatur, wraz z mniejszym przenoszeniem ciepła w oziębiaczach rozdzielowych, nagromadzenia się lodu i śniegu na rurkach, utracenia zgromadzonego oziębienia w czasie zamiany oziębiaczy *A*, lub wreszcie od stopniowej zmiany w oziębieniu nagromadzonem w metalu i izolacji urządzenia w miarę osiągnięcia przez nie, po puszczeniu w ruch, pewnych stałych warunków działania. Jeżeli w warunkach działania obiegu zewnętrznego niema żadnych zmian, to wtedy zmiany warunków w głównym obiegu powodują zmiany w ilości cieczy nagromadzonej w urządzeniu. Podczas normalnego działania tego urządzenia manipuluje się tak zaworami, aby w miarę możliwości utrzymać poziomy tych cieczy na stałej wysokości. Poziom cieczy zmieniający się stopniowo w powyższych warunkach jest poziomem cieczy oziębiającej, nagromadzonej w skraplaczu obiegu zewnętrznego. Z chwilą dostarczenia tych zmian poziomych zmienia się szybkość maszyny rozprężającej *v* drogą zmiany jej obciążenia lub też zmienia się szybkość pracy sprężarki oziębiającej, celem powrócenia poziomu cieczy do normalnej wysokości. Ponieważ zmiana następuje tylko w obiegu zewnętrznym, więc warunki przenoszenia ciepła w obiegu głównym, a zwłaszcza w rektyfikatorze, są stałe, wskutek czego działanie jest równomierne, a otrzymane produkty czyste.

Zastosowanie oziębiania w parniku jest korzystne również pod tym względem, iż oziębianie zapomocą obiegu zewnętrznego daje ciecz ziębiącą, którą wprowadza się, po rozprężeniu, do sekcji *g*, gdzie ciecz ta paruje i zwiększa oziębienie doprowadzone celem rektyfikacji. To oziębienie ze strony obiegu zewnętrznego równa się ilościowo przenikaniu ciepła do wszystkich części głównego obiegu podziałowego i końcowej stracie ciepła spowodowanej różnicą temperatur wewnątrz oziębiacza *A*. Z wy-

jątkiem ciepła przenikającego do rektyfikatora ponad jego wlotem, straty te powodują odpowiedni dopływ ciepła do rektyfikatora poniżej jego wlotu, które to ciepło powoduje parowanie cieczy podlegającej rektyfikacji, zwiększając przepływ pary. Oziębienie zaczerpnięte z obiegu zewnętrznego jest głównie użyte w rektyfikatorze ponad jego wlotem, celem wyrównania strat i wytworzenia ciepła doprowadzonego do czynnika w rektyfikatorze pod wlotem. Ten sposób wyrównywania strat zwiększa przepływ cieczy i pary, czyniąc otrzymany produkt czystszy.

Przeprowadzając w praktyce sposób niniejszy można z łatwością otrzymać 99 procentowy tlen ciekły i 99 procentową parę azotową. Jeżeli więc urządzenie niniejsze ma służyć do otrzymywania tlenu, to wtedy otrzymuje się ilość tlenu znacznie większą od osiągniętej zapomocą zwykłych sposobów i urządzeń, przyczem ten wzrost ilości obniża oczywiście cenę tlenu.

Co do obiegu zewnętrznego, to w roli czynnika ziębiącego najlepiej jest użyć azot, przyczem azot ten spręża się do 25 atmosfer absolutnych (25 kg na cm²) i wprowadza do oziębiacza *E* podobnego do oziębiacza *A*. Azot ten otrzymuje się ze sprężonego powietrza, a w tym celu parę azotową, odparowaną w szczycie rektyfikatora, wprowadza się poprzez oziębiacze do sprężarki (nieuwidocznionej) obiegu zewnętrznego. Ta para azotowa jest wzmiankowanym „nadmiarem” powietrza obiegu głównego.

Oziębiacz *E* składa się z dwóch krótkich sekcji *s*¹ i *s*¹ zamiennych, połączonych w szereg z sekcją *t*¹, będącą stale w obwodzie i połączoną w szereg ze skraplaczem *t*² włączonym również stale w obwód. Azot ochładza się w sekcjach *s*¹ i *t*¹ do około —130°C i około 82% jego przechodzi do maszyny *v* rozprężeniowej, a pozostałość do skraplacza *t*². Ciecz powstałą w skrapla-

czu t^2 rozpręża się, jak już było powiedziane, w parniku, przeprowadza się jej odparowywanie, przyczem otrzymana para i wydech z maszyny v powracają razem przez skraplacz t^2 i zimne i ciepłe sekcje oziębiacza połączone w szereg, w których pary te ogrzewają się jeszcze przed ich ponownym sprężeniem do temperatury pokojowej.

Na wykresie uwidocznione są krzywe temperatur w poszczególnych częściach niniejszego urządzenia, gdzie wskazane są miejsca odpowiadające częściom urządzenia, podanego na fig. 1. Krzywe te wskazują na to, iż w oziębiaczu rozdzielowym A odebrana zostaje znaczna ilość ciepła, powodując znaczny spadek temperatury, przyczem linie wskazujące strumienie opadające i powracające są sobie bardzo bliskie i prawie równoległe do siebie. W oziębiaczu pośrednim B zostaje odebrana znaczna ilość ciepła, przy prawie stałej temperaturze, co jest słuszne w stosunku do rektyfikatora C i parnika o , gdzie linie wskazujące strumienie opadające i powrotowe są sobie bliskie i prawie równoległe. Linie oznaczające strumienie opadające i powrotowe w skraplaczu q obiegu ziębiącego są również sobie bliskie i prawie równoległe. Linie zaś wskazujące strumienie w oziębiaczu obwodu ziębiącego są również równoległe i tak bliskie sobie, jak odpowiednie linie oznaczające strumienie opadające i powrotowe w oziębiaczu rozdzielowym. Spadek temperatury w punktach rozprężenia w obiegu głównym jest stosunkowo niewielki, co zmniejsza straty.

Na podstawie porównania z długością kolumny rektyfikacyjnej, widać, że oziębiacze są również długie i rzeczywiście są one dłuższe od używanych dotychczas. Ta znaczna długość oziębiacza A zmniejsza straty termodynamiczne, jak to już było dowiedzione w opisie ogólnym niniejszego sposobu. Długość oziębiacza A zbliża mia-

nowicie do siebie krzywe temperatur strumieni opadającego i wznoszącego się. Najlepiej jest, gdy średnica wewnętrzna rury tego oziębiacza ma się tak do ich długości jak 1 do 2000, czyli, że mając naprzykład jedną tylko rurę biegnącą od miejsca wlotu sprężonego powietrza do miejsca wylotu tego powietrza z oziębiacza długość tej rury powinna być 2000 razy większa od jej średnicy wewnętrznej, która może wynosić około 5 cm.

Przewód h kolumny rektyfikacyjnej C można zaopatrzyć również w dławik, celem regulowania, w miarę potrzeby, ciśnień względnych, panujących wewnątrz sekcji c i sekcji f . Zapomocą tego dławika reguluje się mianowicie względne ilości cieczy, gromadzące się na dnie tych dwóch sekcji. Mianowicie, jeżeli pragnie się np. zwiększyć ilość otrzymywanego tlenu, to wtedy zapomocą tego dławika można zmniejszyć ilość tlenu unoszonego przez pary uchodzące ze szczytu sekcji c do sekcji f .

Samoczynny zawór bezpieczeństwa można również nastawiać. Powietrze wraz z nadmiarem można sprężać zapomocą jednej sprężarki lub też można sprężać powietrze podlegające rektyfikacji zapomocą jednej sprężarki, a nadmiar powietrza zapomocą drugiej.

Sposób niniejszy zmniejsza więc energię mechaniczną potrzebną do sprężenia powietrza lub mieszaniny gazów podlegających rektyfikacji, a w tym celu składnik lotniejszy, a w przypadku powietrza — azot, używa się w roli czynnika oziębiającego, odparowywującego na rurkach szczytowej sekcji g . Odparowanie to odbywa się pod ciśnieniem wyższym od atmosferycznego w takim stopniu, aby przewyższyć spadek ciśnienia podczas powrotu przez oziębiacz A i jego przewody. Ciśnienie czynnika podlegającego rektyfikacji w rurkach powinno być wyższe od ciśnienia czynnika oziębiającego zamieniającego się

na tych rurkach w parę, a to dlatego, aby ciepło przechodziło z lotniejszego składnika powietrza podlegającego rektyfikacji do lotniejszego czynnika użytego w roli czynnika oziębiającego. W tym celu ciśnienie rektyfikacji może wynosić tylko $1\frac{1}{2}$ atmosfery absolutnej, lecz w razie odpowiedniego dostosowania rektyfikatora ciśnienie to może wynosić 4 atm absolutne.

Celem doprowadzenia ciepła potrzebnego do rektyfikacji, powietrze lub inne gazy zmieszane, znajdujące się wokoło rurek sekcji c i f rektyfikatora, spręża się do takiego ciśnienia, aby zostały skroplone, oddając jedynie czynnik podlegający rektyfikacji. Podczas skraplania tych gazów w chwili ich wznoszenia się w sąsiedztwie rurek wymienionych sekcji, składnik mniej lotny usuwany jest szybciej od składnika bardziej lotnego, wywołując przez to spadek temperatury skraplania, poczynając od dolnego aż do górnego końca obu tych sekcji c i f. Z drugiej zaś strony składnik powietrza podlegający rektyfikacji musi otrzymywać ciepło w coraz to wyższej temperaturze, w miarę spływania ku dołowi wewnątrz rurek wymienionych sekcji. Wobec powyższego, jeżeli sprężone gazy wznoszą się podczas skraplania, oddając ciepło rektyfikacji cieczy podlegającej tej rektyfikacji i płynącej ku dołowi, to wtedy stosunek temperatur tych dwóch czynników przyjmuje postać dwóch linii prawie równoległych do siebie, a dzięki temu różnica ciśnień potrzebna do przenoszenia ciepła staje się mniejsza, czyli że przy danym ciśnieniu rektyfikacji można użyć możliwie jak najniższe sprężenie gazów podlegających rozdzielaniu, przyczem sprężenie to jest około trzy razy większe od ciśnienia rektyfikacji, czyli wynosi od 4 do 12 atm absolutnych przy ciśnieniu rektyfikacji od $1\frac{1}{2}$ do 4 atm absolutnych.

W związku z powyższym, należy zauważyć, że jeżeli użyć stosunkowo niewielką

ilość przegródek poniżej wlotu sekcji kaskadowej d, to wtedy czynnik podlegający rektyfikacji wchodzi do sekcji rurekowych rektyfikatora w stanie dość nieczystym, a wobec tego o temperaturze niższej od temperatury składnika mniej lotnego, gromadzącego się w postaci cieczy na dnie rektyfikatora, co jest potrzebne w celu otrzymania pożądanego stosunku temperatur.

Wogóle mówiąc, wynalazek niniejszy różni się zasadniczo od sposobów i urządzeń stosowanych dotychczas, iż pozwala osiągnąć całkowity rozdział składników, np. powietrza, którego składników nie umiano dotychczas rozdzielić całkowicie, otrzymując tylko tlen lub azot, gdyż drugi składnik był zbyt nieczysty. Całkowity rozdział zmieszanych gazów osiągnięto w sposób niniejszym na tej podstawie, iż całą ilość potrzebnego ciepła doprowadzana jest do dolnej części rektyfikatora, a odbierana — w górnej części tego rektyfikatora, przyczem doprowadzanie i odbieranie ciepła potrzebnego do osiągnięcia całkowitego rozdziału powoduje konieczne do tego przepływy w urządzeniu, a sprężając więcej powietrza, aniżeli go potrzeba do rektyfikacji, dostarcza się ciepło, oziębienie i przepływy potrzebne do osiągnięcia poświadczonych wyników.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Sposób rozdziału powietrza na tlen i azot, znamienny tem, że spręża się więcej powietrza aniżeli go potrzeba do rektyfikacji i rozdziela sprężone powietrze zapomocą częściowej rektyfikacji albo częściowego lub całkowitego rozdzielania na części, z których jedna zawiera dużo tlenu, a druga dużo azotu i jedną z tych części rektyfikuje się zapomocą drugiej.

2. Sposób według zastrz. 1, znamienny tem, że część sprężonego powietrza ochładza się zapomocą obiegu zewnętrznego ce-

lem otrzymania czynnika oziębiającego, użytego następnie w obiegu głównym.

3. Sposób według zastrz. 1 — 3, znamienny tem, że odciąga się jeden ze składników sprężonego powietrza w stanie stonkowo czystym, celem zużytkowania go w roli czynnika oziębiającego, użytego następnie do rektyfikacji pozostałości sprężonego powietrza.

4. Sposób według zastrz. 3, znamienny tem, że odciągnięty składnik powietrza użyty zostaje w zewnętrznym obwodzie ziębiącym obiegu głównego, celem wyrównania ciepła przenikającego z zewnątrz i strat termodynamicznych w obwodzie głównym.

5. Sposób według zastrz. 1, znamienny tem, że jeden ze składników powietrza w stanie dość czystym użyty zostaje do doprowadzania ciepła potrzebnego do rektyfikacji i odbierania ciepła rektyfikacji.

6. Sposób według zastrz. 1, znamienny tem, że część nadmiaru sprężonego powietrza oziębia się zapomocą zewnętrznego obiegu ziębiącego i zużytkowuje tę część do wyrównania ciepła przenikającego z zewnątrz tak, aby wytworzyć nadmierny przepływ.

7. Sposób według zastrz. 1, znamienny tem, że rozdział początkowy osiąga się zapomocą przerywanego zetknięcia cieczy z parą, bez doprowadzania i odejmowania ciepła, a ostateczne produkty oczyszcza się zapomocą ciągłego styku strumieni cieczy i pary połączonego z doprowadzaniem i odejmowaniem ciepła.

8. Sposób według zastrz. 1, znamienny tem, że powietrze ochładza się do temperatury cieczy zgromadzonej w rektyfikatorze i to jeszcze przed wprowadzeniem jej do tego rektyfikatora celem zetknięcia go z czynnikiem podlegającym rektyfikacji.

9. Sposób według zastrz. 1, znamienny tem, że powietrze spręża się do ciśnienia potrzebnego do wywołania w rektyfikatorze wymiany cieplnej, poczem sprężone po-

wietrze ochładza się zapomocą produktów jego rozdziału, skraplając je częściowo zapomocą ciekłego produktu rektyfikacji, a następnie to częściowo skroplone powietrze skrapla się nadal w ciecz zawierającą dużo jednego tylko składnika tego powietrza, otrzymując parę bogatą w drugi składnik, a to drogą doprowadzenia ciepła potrzebnego do rektyfikacji, które to pary skrapla się następnie, doprowadzając więcej ciepła rektyfikacji i tą skroploną parę używa się do oziębiania rektyfikacyjnego, poczem ciecz zawierającą dużo jednego składnika powietrza rektyfikuje się.

10. Sposób według zastrz. 1, znamienny tem, że powietrze lub zmieszane gazy ochładza się do punktu skroplenia jeszcze przed wprowadzeniem go do kolumny rektyfikacyjnej zapomocą produktów rektyfikacji.

11. Sposób według zastrz. 1, znamienny tem, że jedna z rozdzielonych części powietrza, zawierających parę azotową, która ma być użyta do rektyfikacji pozostałej części powietrza, użyta zostaje w obiegu zewnętrznym tak, iż można z niej wydzielić rzadkie gazy.

12. Sposób według zastrz. 1, znamienny tem, że ciekły składnik rektyfikacji odciąga się w tej postaci z kolumny rektyfikacyjnej, a ciśnienie rektyfikacji reguluje się zapomocą odpowiedniego odciągania lotnego składnika rektyfikacji.

13. Sposób według zastrz. 1 — 12, znamienny tem, że rozdział zasadniczy osiąga się zapomocą obiegu wewnętrznego, a rozdział dalszy — zapomocą zewnętrznego obiegu ziębiącego.

14. Sposób według zastrz. 13, znamienny tem, że przenikanie ciepła z zewnątrz i straty podczas jego przenoszenia wyrównane zostają zapomocą użycia w obiegu wewnętrznym czynnika ziębiącego, dostarczanego przez obieg zewnętrzny.

15. Urządzenie do przeprowadzania

sposobu według zastrz. 1 — 14, znamienne tem, że posiada rektyfikator zawierający dwie sekcje rurkowe, umieszczone poniżej wlotu dla czynnika podlegającego rektyfikacji.

16. Urządzenie według zastrz. 15, znamienne tem, że zawiera obieg rektyfikacyjny i zewnętrzny obieg oziębiania połączone ze sobą zapomocą pośredniego parnika.

17. Urządzenie według zastrz. 15—16, znamienne tem, że zawiera rektyfikator zaopatrzony w przewody łączące ze sobą jego sekcję dolną z sekcją pośrednią, który to przewód zaopatrzony jest w zawór dławikowy, służący do regulowania względnych ilości cieczy gromadzących się w dolnej sekcji rektyfikatora, przyczem część tej cieczy zostaje użyta do rektyfikacji części pozostałej.

18. Urządzenie według zastrz. 15—17, znamienne tem, że czystość otrzymywanych produktów rektyfikacji utrzymuje się na stałym poziomie, bez względu na szybkość tej rektyfikacji zapomocą samoczynnego zaworu bezpieczeństwa, którego komora połączona jest ze szczytem rektyfikatora lub punktem jego znajdującym się pomiędzy szczytem rektyfikatora i tym zaworem, który działa w ten sposób, iż regulowane przezeń ciśnienie zmienia się wraz z szybkością przepływu pary przez ten zawór.

19. Urządzenie według zastrz. 15—18, znamienne tem, że zawiera: kolumnę rektyfikacyjną posiadającą dolną sekcję rurkową, w której z części podlegającej rektyfikacji wydziela się nadmiar gazu, pośrednią sekcję rurkową, służącą do skraplania tego nadmiaru oraz szczytową sekcję rurkową do odparowywania tegoż.

20. Urządzenie według zastrz. 19, znamienne tem, że kolumna rektyfikacyjna zawiera sekcję kaskadową, do której wprowadza się część powietrza podlegającą rektyfikacji.

21. Urządzenie według zastrz. 19, zna-

mienne tem, że powietrze wprowadza się do dolnej sekcji rurkowej kolumny tak, aby przechodziło ono w postaci pęcherzyków przez ciecz zgromadzoną w tej sekcji.

22. Urządzenie według zastrz. 15, znamienne tem, że posiada kolumnę rektyfikacyjną dla powietrza zawierającą sekcję kaskadową, która przeprowadza początkowy rozdział powietrza bez odprowadzania i odbierania powietrza, oraz górne i dolne sekcje rurkowe, w których rektyfikacja trwa nadal z równoczesnem odprowadzaniem i odbieraniem powietrza.

23. Urządzenie według zastrz. 15, znamienne tem, że zawiera: rektyfikator, zewnętrzny obieg oziębiający część powietrza sprężonego celem wytworzenia czynnika ziębiącego oraz przyrząd umieszczony w obwodzie zewnętrznym, służący do gromadzenia cieczy ziębiącej celem jej odpowiedniego zużytkowania w obiegu rozdzielowym.

24. Urządzenie według zastrz. 15, znamienne tem, że zawiera oziębiacz (A), którego jedna część włączona jest stale w obwód, a druga część, w której następują szkodliwe skroplenia i zmrożenia, jest podwójna i łączona tak, aby odwracać kierunek przepływu chłodzonego czynnika przez tę część podwójną.

25. Urządzenie według zastrz. 24, znamienne tem, że wymienione części, czyli sekcje oziębiacza, zawieszone są na wspornikach końcami zwróconemi ku sobie.

26. Urządzenie według zastrz. 25, znamienne tem, że oziębiacz połączony jest z rektyfikatorem podtrzymywanym pośrodku w płaszczyźnie wsporników podtrzymujących sekcje oziębiacza.

27. Urządzenie według zastrz. 15, znamienne tem, że zawiera oziębiacz, który otrzymuje czynnik oziębiający z obiegu zewnętrznego, należącego do obiegu rektyfikacyjnego.

28. Urządzenie według zastrz. 24, zna-

mienie tem, że oziębiacz składa się z rurek i płaszczyzn i podzielony jest na dwie równoległe i pionowe sekcje, zaopatrzone w górnych końcach w odpowiednie przewody i zawieszzone w tychże górnych końcach.

29. Urządzenie według zastrz. 15, znamienne tem, że zawiera oziębiacz składający się z rurek i płaszczyzn, podzielony na dwie pionowe i równoległe sekcje zamienne zawieszzone swemi górnymi końcami oraz na dwie pionowe równoległe sekcje połączone ze sobą w szereg i zawieszzone swemi dolnymi końcami, które znajdują się w pobliżu górnych końców dwóch pierwszych sekcji, przyczem górne końce pierwszej pary i dolny koniec pierwszej sekcji z drugiej pary połączone są ze sobą przewodami.

30. Urządzenie według zastrz. 15, znamienne tem, że zawiera: pionową kolumnę rektyfikacyjną, oziębiacz oraz przewody łączące szczyt i spód tej kolumny z jednym końcem oziębiacza, który ma kształt litery U i koniec jego połączony z kolumną, znajduje się w pobliżu środka jej długości.

31. Urządzenie według zastrz. 15, znamienne tem, że zawiera: kolumnę rektyfikacyjną do rektyfikowania zmieszanych gazów lub powietrza, oziębiacz oraz oziębiacz pośredni (B), połączone ze sobą tak, iż strumień, płynący ku dołowi od oziębiacza (A) do kolumny, przechodzi przez oziębiacz pośredni (B), przyczem ten oziębiacz pośredni jest tak połączony z kolumną i oziębiaczem (A), iż skroplony składnik powietrza, zgromadzony w kolumnie, powraca przez nią do oziębiacza pośredniego, wymieniając ciepło ze strumieniem płynącym ku dołowi.

32. Urządzenie według zastrz. 31, znamienne tem, że powietrze ochładzane jest w oziębiaczu pośrednim zapomocą ciekłego składnika rektyfikacji pod ciśnieniem niższem od ciśnienia rektyfikacji.

33. Urządzenie według zastrz. 15, znamienne tem, że zawiera kolumnę rektyfikacyjną, mieszczącą część powietrza, w której gromadzi się ciekły jej składnik oraz przyrząd służący do regulowania ciśnienia rektyfikacji, który to przyrząd posiada nastawialny narząd regulujący uchodzenie z kolumny parowego składnika rektyfikacji.

34. Urządzenie według zastrz. 33, znamienne tem, że parowy składnik rektyfikacji odciągany jest z kolumny przewodem zaopatrzonym w samoczynny zawór regulacyjny, działający pod wpływem ciśnienia rektyfikacji.

35. Urządzenie według zastrz. 19—22, znamienne tem, że rurkowe sekcje rektyfikatora, służące do oczyszczania składników powietrza, posiadają rurki zawierające wewnątrz skrócone spiralnie paski.

36. Urządzenie według zastrz. 22, znamienne tem, że wlot do sekcji kaskadowej rektyfikatora jest tak umieszczony, iż po tej stronie tego wlotu, po której następują mniejsze zmiany składu składnika powietrza podlegającego rektyfikacji, znajduje się najwięcej przegródek kaskadowych.

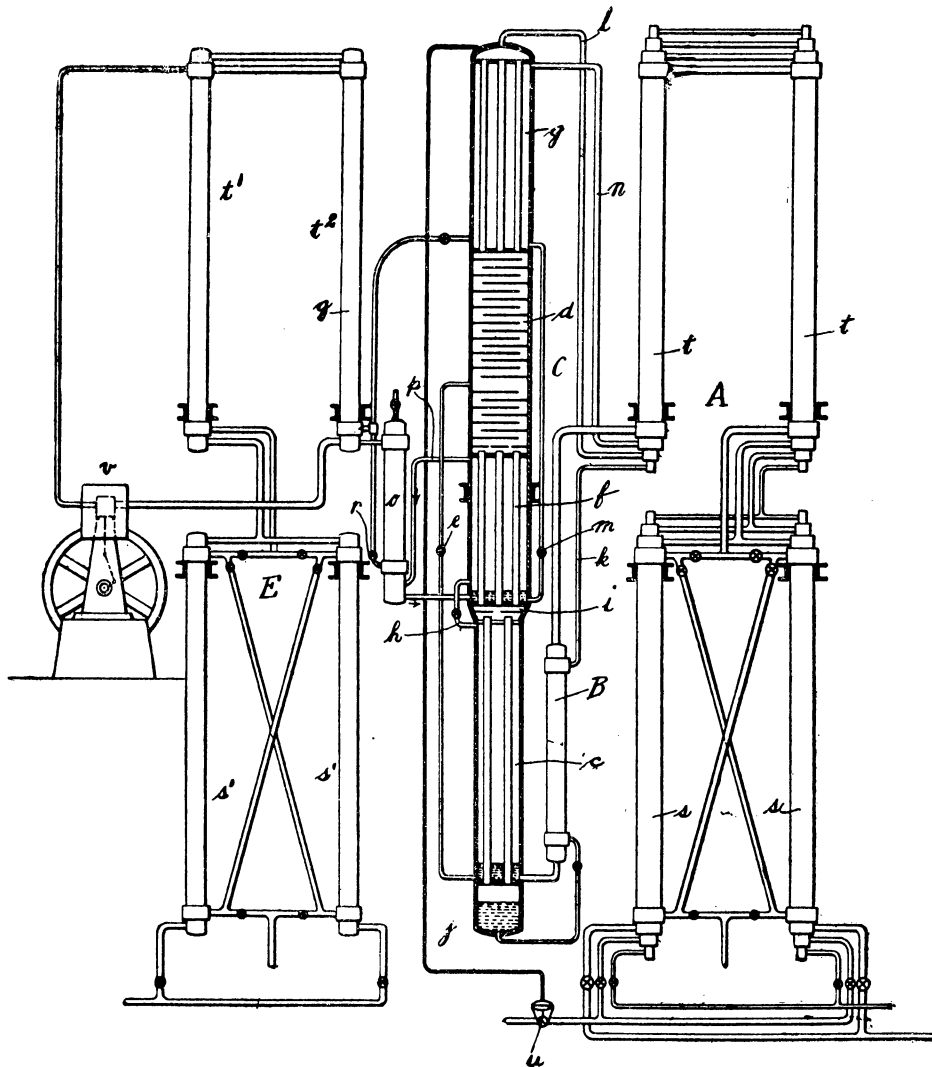
37. Urządzenie według zastrz. 15, znamienne tem, że rektyfikator posiada pod swym wlotem dwie sekcje rurkowe, z których jedna zawiera pewną ilość dość krótkich rurek, a druga mniejszą ilość dość długich rurek.

38. Urządzenie według zastrz. 15, znamienne tem, że pomiędzy pośrednią sekcją rurkową i dolną sekcją rurkową znajduje się komora mieszająca (i).

39. Urządzenie według zastrz. 15, znamienne tem, że zawiera oziębiacz, składający się z rurek, których długość jest 2000 razy większa od średnicy wewnętrznej.

Samuel Gordon Allen.
Zastępca: I. Myszczyński,
rzecznik patentowy.

Fig. 1.



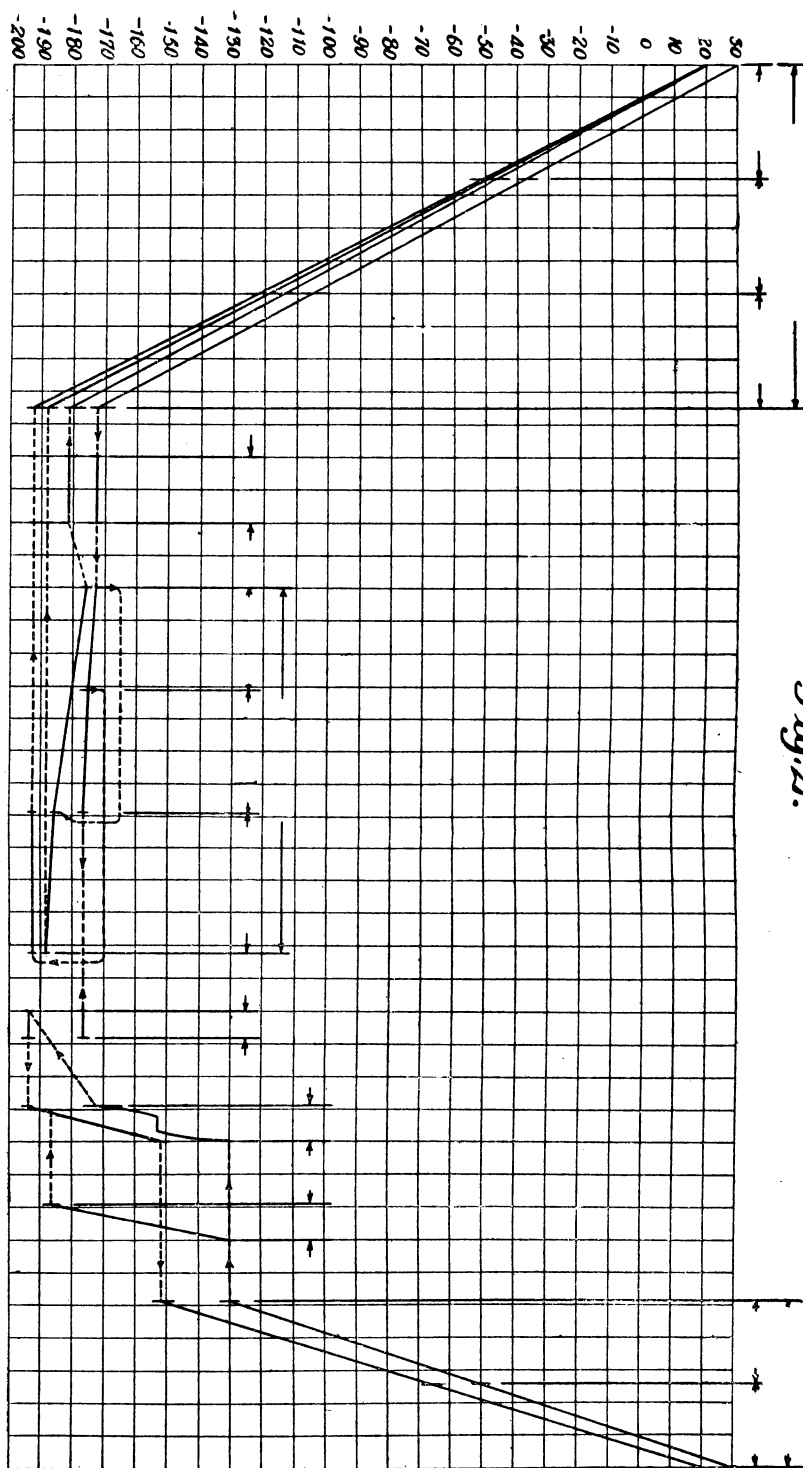


Fig. 2.