

METAN

MIESIĘCZNIK DLA SPRAW PRZEMYSŁU GAZU ZIEMNEGO,
WYDAWANY STARANIEM „METANU“, SP. Z. O. O. WE LWOWIE

NR. 6.

LWÓW, CZERWIEC 1917.

ROCZNIK I.

REDAKTOR: DR KAZIMIERZ KLING

TREŚĆ: Nr. 5.: Prof. Ignacy Mościcki: Nowe urządzenia absorbcyjne dla dużych ilości gazu, str. 61. — Wiadomości bieżące, str. 72.

PROF. IGNACY MOŚCICKI

NOWE URZĄDZENIA ABSORBCYJNE DLA DUŻYCH ILOŚCI GAZU ¹⁾.

(Neue Absorptionseinrichtungen für grosse Gasmengen. — New absorption-apparatus for great quantity of gases).

Przy opracowywaniu metody technicznego wytwarzania kwasu azotowego z powietrza nasunął mi się z konieczności cały szereg zadań, od których rozwiązania zależało ostateczne powodzenie całej pracy.

Jednym z najważniejszych takich zadań, oprócz konstrukcyi samych pieców elektrycznych, było opracowanie nowych urządzeń absorbcyjnych dla wychodzących z pieca rozcieńczonych tlenków azotu. Wieże absorbcyjne znanych do tej pozey systemów nie odpowiadały wymaganiom, które im stawiała tworząca się, zupełnie nowa w swoim rodzaju, metoda fabrykacyi chemicznej.

¹⁾ Urządzenia absorbcyjne prof. Mościckiego stosowane są obecnie na wielką skalę i z najlepszymi rezultatami w przemyśle otrzymywania kwasu azotowego z powietrza. Ponieważ jednak rozwiązują one nie tylko sprawę absorbcyi tlenków azotu, ale nadawać się mogą do szeregu innych przemysłów gazowych, nie wyłączając przemysłu gazu ziemnego (np. otrzymywanie gazoliny przez absorbcję w olejach), przeto uznaliśmy za stosowne zaznaczyć czytelników naszego pisma z interesującymi wynikami prac prof. Mościckiego. Krótkie ich zestawienie w nieco zmienionej formie drukowane było roku zeszłego w warszawskim „Przeglądzie technicznym“. Pozatem znaleźć je można li tylko w odpowiednich pismach patentowych. (Przypisek redakcyi).

Przy fabrykacji kwasu azotowego z powietrza, ma się do czynienia z bardzo wielkimi ilościami rozcieńczonego gazu, który w dodatku w zetknięciu z wodą dosyć powoli i nie od razu całkowicie wchodzi z nią w pożądaną reakcję. To też, po bardzo niezadowolających próbach stosowania wież absorbcyjnych już poprzednio znanych systemów, musiałem przystąpić w r. 1907 do opracowania nowego, więcej odpowiadającego celowi, systemu.

Po dokładnem zanalizowaniu tematu udało mi się, w krótkim stosunkowo czasie, opracowanie to uskutecznić, i jak się to później okazało, w sposób nie tylko zadowolający, ale nawet przechodzący moje oczekiwania.

Nowe urządzenia absorbcyjne zostały opatentowane we wszystkich krajach kulturalnych i były stosowane już na dużą skalę. Oprócz opisów samych patentów — właściwych publikacji, dotyczących tej pracy, jeszcze nie było. Sądzę więc, że będzie na miejscu dać obecnie możliwie wyczerpujące sprawozdanie z poczynionych doświadczeń nad tym przedmiotem, tem bardziej, skoro sprawa absorbcji gazów rozcieńczonych nabrała w ostatnich czasach większego znaczenia w przemyśle chemicznym.

Następujące rozważania stanowiły podstawę konstrukcyi urządzeń absorbcyjnych mego systemu.

Aparat absorbcyjny powinien umożliwiać gazom, przechodzącym przez niego, jaknajdoskonalsze zetknięcie się z cieczą. W tym celu odpowiednio duże powierzchnie materiału wypełniającego, z którymi przechodzący gaz się styka, powinny być pokrywane warstwą cieczy absorbcyjnej, odpowiednio często odnawianą.

Wszystkie dotychczasowe sposoby zraszania powierzchni materiału wypełniającego mają tę wadę, że ciecz, chociażby najlepiej rozdzielona na cały przekrój wieży absorbcyjnej, ma tendencję do tworzenia wązkich sznurków, zraszających stosunkowo tylko małą część powierzchni materiału wypełniającego. Części powierzchni, do których ciecz spływająca z góry na dół rzadko dochodzi, są pokryte nasyconym roztworem, nie pozwalającym na branie czynnego udziału w dalszem absorbowaniu gazu. Z tego powodu jest się zmuszonym do stosowania znacznie większych powierzchni absorbcyjnych, niżby tego wymagały warunki, przy których zraszanie cieczą odbywałoby się stale, bez wyżej wymienionej wadliwości.

Chcąc jeszcze dalej zredukować rozmiary urządzeń absorbcyjnych, trzeba dążyć do zastosowania takiego materiału wypełniającego, któryby tworzył ile możności jak największą powierzchnię czynną, przypadającą na jednostkę objętości wypełnionej. Do tego celu doskonale nadaje się jakiś twardy materiał w bardzo rozdrobnionej postaci, nie podlegający działaniu chemicznemu zraszającej go cieczy. Granicę rozdrobnienia stanowi tu ilość i rodzaj osadu, zawartego w krążącej cieczy. Naturalnie jest tu mowa tylko o cieczach, które

praktycznie nie zawierają części stałych. W przeciwnym razie materiał wypełniający nie może mieć postaci bardzo rozdrobnionej ¹⁾).

Dla kwaśnych cieczy zraszających, doskonałym materiałem wypełniającym jest kwarcyt w postaci bardzo rozdrobnionej. Doświadczenie wykazuje, że wielkość ziarenek wypełnienia może wynosić od 0,1 do 0,2 cm³. Tego rodzaju materiał wypełniający posiada olbrzymią powierzchnię czynną. Metr sześcienny wykazuje około 600 m² powierzchni, t. j. przynajmniej 10 razy więcej, niż wypełnienie tej samej objętości w aparatach dawniejszych systemów.

Przy dalszem rozważaniu trzeba było wziąć na uwagę fakt, że gazy, o ile nieco prędzej przepływają obok powierzchni zroszonej cieczą, mają tendencję do porywania cieczy w postaci maleńkich pęcherzyków, tworząc rodzaj mgły, nie dającej się łatwo napowrót skroplić. Gaz, zawarty w tych pęcherzykach, pozostaje jedynie w kontakcie ze swą nadzwyczaj cienką błoną i z tej racji przechodzi przez cały system absorbcyjny, nie stykając się z powierzchniami czynnymi materiału wypełniającego. Biorąc na uwagę ten czynnik, jest się zmuszonym do znacznego ograniczenia prędkości przepływu gazu. W wieżach absorbcyjnych starszych systemów, posiadających stosunkowo małą powierzchnię czynną właściwą, przy jednoczesnym dużym przekroju kanałów przejściowych dla gazu, czynnik ten nie odgrywa prawie żadnej roli, gdyż wymienione warunki przeważnie nie pozwalają na takie zwiększenie prędkości przepływu, żeby wspomniane zjawisko zachodzić mogło. Inaczej sprawy stoją wobec drobnoziarnistego materiału wypełniającego. Przejścia pomiędzy oddzielnymi ziarnkami stanowią tu wąskie bardzo szczeliny, które razem wzięte, stanowią w całym przekroju wypełnienia stosunkowo bardzo wąski kanał dla przepływu gazów. Z tego powodu, przeprowadzając przez wieżę ilość gazu dostateczną do zupełnego wyzyskania olbrzymiej powierzchni czynnej wypełnienia, wytwarzamy w jego szczelinach prędkość przepływu gazu, znacznie przekraczającą granicę, zakreśloną zjawiskiem tworzenia się mgły. Chcąc więc jednocześnie uczynić zadość ekonomicznemu wykorzystaniu powierzchni absorbcyjnej i zachowaniu dozwolonych granic prędkości przepływu gazu, jesteśmy zmuszeni do znacznego zredukowania grubości samej warstwy wypełnienia.

Doświadczenia wykazały, że przy użyciu rozdrobnionego kwarcytu, którego oddzielne ziarnka ważą od 0,3 do 0,5 g, grubość wypełnienia absorbcyjnego nie powinna przekraczać 30 cm, o ile zraszanie cieczą powierzchni czynnych odbywa się całkowicie i dostatecznie często w stosunku

¹⁾ Użycie np. mleka wapiennego, jako cieczy absorbcyjnej, wymaga zupełnie innych urządzeń, jak te, które są tu przedmiotem opisu. W późniejszej publikacji postaram się uwzględnić i te ostatnio wymienione warunki. W niniejszem sprawozdaniu będę miał jedynie na względzie użycie cieczy praktycznie czystych i nie wytwarzających osadu pod wpływem reakcji z gazem, przechodzącym przez urządzenia absorbcyjne.

do koncentracji gazów absorbowanych. Stosując większą grubość warstwy wypełnienia, nie moglibyśmy go dostatecznie wyzyskać, utrzymując prędkość przepływu gazu w granicach dozwolonych. W ostatnim przypadku część wypełnienia absorbcyjnego byłaby bezużyteczną, gdyż gazy, o które w danym razie chodzi, byłyby już przez pierwszą część warstwy wypełnienia zupełnie zaabsorbowane.

Widzimy więc, że przy użyciu wypełnienia drobnoziarnistego, które specjalnie pozwala, jak się o tem później dowiemy, na stosowanie doskonałego zraszania cieczą całkowitej powierzchni czynnej, możemy znacznie zmniejszyć objętość urządzeń absorbcyjnych w porównaniu ze starymi systemami. Dokładniejsze jednak zastanowienie się nad końcowymi wywodami doprowadza do przeświadczenia, że rozwiązanie postawionego zadania, oparte tylko na rozważaniach powyżej wyłuszczonych, nie będzie jeszcze technicznie doskonałe. Naprzykład, mając na względzie absorbowanie tlenków azotu, byłoby się zmuszonym do budowania całego szeregu stosunkowo bardzo niskich zbiorników kamionkowych, zajmujących znaczną powierzchnię fabryki, bez możliwości wyzyskania w sposób praktyczny wysokości budynku. Wskutek tego nie zatrzymałem się na tem miejscu w swej pracy i postawiłem sobie jeszcze dalsze zadanie opracowania takiej konstrukcji urządzeń absorbcyjnych, któraby pozwalała stosować dla przepływu gazów warstwę o grubości tylko 30 cm, przy jednoczesnem użyciu wysokich wież, umożliwiających zraszanie zapomocą tego samego urządzenia znacznie grubszych warstw wypełnienia, wynoszących wiele metrów.

To są główne wytyczne prac moich nad tym przedmiotem. Sprawozdaniem z nich, tak pod względem doświadczalnym, jak i konstrukcyjnym, zajmę się w następnych rozdziałach artykułu niniejszego.

Pierwszy aparat laboratoryjny, który przyczynił się bardzo do opracowania nowego urządzenia absorbcyjnego, składał się ze szklanej wieżyczki absorbcyjnej, umocowanej na statywie drewnianym. Rura szklana o średnicy 50 mm, zaopatrzona dwiema rurkami bocznymi do przepływu gazu, była wypełniona w pewnej swej części perełkami szklanymi. W górnym otworze rury, zamkniętym korkiem gumowym, tkwił zwyczajny rozdzielacz z kurkiem, którego otwór miał 5 mm średnicy. Dzięki temu dosyć szerokiemu otworowi można było wylewać z rozdzielacza na wypełnienie perełkowe wieżyczki pewną ilość cieczy z taką prędkością, iż ta, spływając na dół, tworzyła nierozdzieloną warstwę, zatapiając całkowicie, w miarę posuwania się ku dołowi, coraz nowe części wypełnienia perełkowego. Po każdym takim przepływie cieczy przez część wieżyczki wypełnioną perełkami, całkowite powierzchnie wolne perełek, z którymi przechodzący gaz się stykał, były w doskonały sposób przemylane. W ten sposób maksymalna powierzchnia

wypełnienia mogła być stale utrzymywana w stanie czynnym pod względem swej zdolności absorbcyjnej.

Ryc. 1 uwidocznia konstrukcję aparatu.

Wypełnienie perełkowe spoczywa na kulce szklanej, która opiera się na trzech wklęsnięciach rury zewnętrznej. Pomiędzy perełkami i kulą znajduje się warstwa, o grubości kilku centymetrów, ze szkła wydętych, mniejszych kulek, które nie dopuszczają perełek do szczeliny utworzonej przez większą dolną kulkę i rurę zewnętrzną i w ten sposób pozostawiają wystarczającej wielkości przejścia dla gazów do dolnej części aparatu. Pod dolną kulkę znajduje się rurka boczna, przeznaczona do wpływu gazu z aparatu. Rurka ta jest nieco podniesiona do góry, a to w tym celu, żeby ciecz absorbcyjna, spływająca do dolnej części aparatu, nie miała do wnętrza rurki dostępu i nie zatykała sobą przejścia dla gazów. Na dole aparatu znajduje się drugi kurek, zapomocą którego ciecz może być każdorazowo wylewana do stojącego poniżej naczynia. Z tego naczynia ciecz wlewa się w pewnych odstępach czasu z powrotem do umieszczonego w górze rozdzielacza.

Przechodzenie gazu przez aparat odbywa się z góry na dół, albowiem w przeciwnym razie, w chwili zraszania wypełnienia, warstwa cieczy, opuszczająca się, jak zaznaczono wyżej, z góry na dół, zagradzałaby przejście dla gazu. Przy przepływie gazu i cieczy w tym samym kierunku przechodzenie gazu przez aparat może być prawie zupełnie jednostajne.

Wielokrotne doświadczenia wykazały, że tak skonstruowana wieżyczka absorbcyjna, której wypełnienie jest w sposób wyżej opisany zraszane, pozwala na przepływ skuteczny 400 litrów gazu na godzinę. Najwięcej doświadczeń było czynionych z jedno- i więcej procentowym dwutlenkiem azotu. Jako ciecz absorbcyjną stosowałem najczęściej jednonormalny ług potasowy. Druga taka wieżyczka, połączona w szereg z pierwszą, już w zupełności nie wykazywała zaabsorbowanych tlenków azotu.

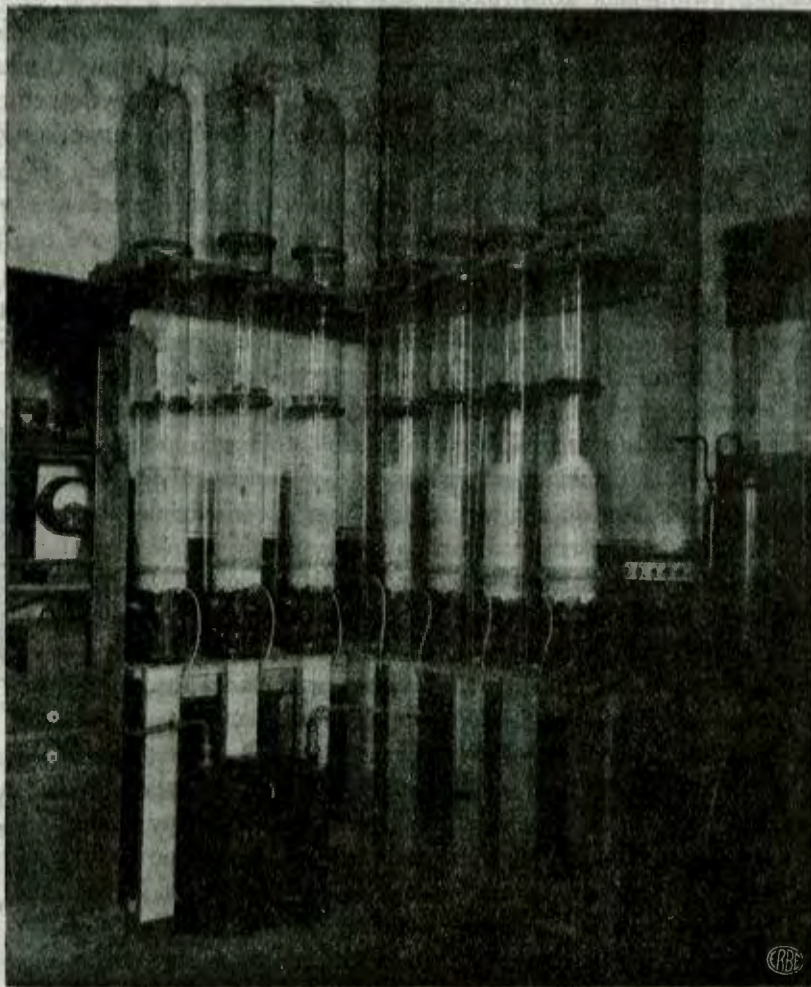
Grubość warstwy perełek wynosiła przy tych doświadczeniach przeważnie 30 cm, chociaż parokrotne pomiary wykazały, że i 20-centymetrowa warstwa dawała jeszcze zupełnie zadowalniające wyniki. Zraszanie wypełnienia odbywało się co kilka minut, a każdorazowa ilość cieczy, raptownie wylewana z rozdzielacza na wypełnienie wieżyczki, wynosiła mniej więcej od 130 do 140 cm³.

Aparaty te służyły mi najpierw do dokładnych pomiarów wydajności pieców elektrycznych przy spalaniu azotu powietrza. Później zaś stowałem je zawsze, kiedy chodziło o zbadanie koncentracji różnych gazów rozcieńczonych, dających się w podobny sposób absorbować, jak np. bezwodnik kwasu węglowego, cyanowodór, para wodna powietrza.



Ryc. 1.

Wielokrotnie używałem podobnych aparatów ze specjalnem urządzeniem, zastępującem automatycznie dosyć żmudną czynność zraszania wypeł-



Ryc. 2.

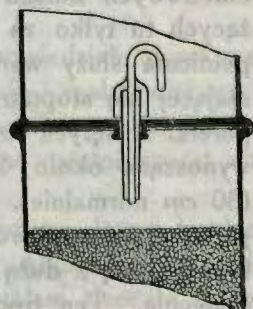
nienia absorbcyjnego. Są to jednak sprawy, nie dotyczące już technicznych urządzeń absorbcyjnych, którei jedynie zajmować się będę w niniejszem sprawozdaniu.

W r. 1908, kiedy „Aluminium Industrie Aktien Gesellschaft Neuhausen“ zainteresowała się mojami pracami¹⁾ w dziedzinie produkcji kwasu

¹⁾ „Elektrotechnische Zeitschrift“ 1907, str. 1003, 1032 i 1055. „La Revue électrique“ 1907. „Chemik Polski“ 1907, str. 409, 433, 462 i 484.

azotowego z powietrza i kiedy miała się odbyć ekspertyza, na której podstawie miało nastąpić zawarcie ostatecznej umowy, zbudowałem mały model urządzenia absorbcyjnego dla części gazów, wychodzących z 60-konnego pieca elektrycznego. Model ten ten miał za zadanie całkowite przerabianie 6 m^3 na godzinę 2,5-procentowych tlenków azotu na 50-procentowy czysty kwas azotowy.

Ryc. 2 daje pojęcie o całym tem urządzeniu absorbcyjnym. Jak widzimy, składa się ono z siedmiu wież szklanych o średnicy 200 mm , złączonych w szereg, dla przepływu gazu, rurkami 20-milimetrowymi. Każda z wież składa się z czterech części, ustawionych jedna na drugiej i uszczelnionych kołnierzami szlifowanymi. Pierwszą część od dołu stanowi naczynie cylindryczne z kurkiem na samym dole do wypuszczania kwasu z wieży. Oprócz kurka znajduje się na dole drugi otwór, przez który ciecz ustawicznie spływa do pompki powietrznej, podnoszącej kwas na wierzch aparatu. W górnej części dolnego naczynia znajduje się z lewej strony jeszcze jeden otwór, pozostający stale nad poziomem cieczy, a służący do wypływu gazu z wieży. Drugą część wieży tworzy cylinder zwyczajny, zakończony z obu stron kołnierzami. Trzecia część posiada dno, w którego środku znajduje się otwór ze szlifem wewnątrz, a w otworze mieści się w szlifowana, stożkowata trochę, rurka szklana o średnicy wewnętrznej 35 mm . Rurka ta wystaje swym górnym końcem 7 cm ponad poziom dna, dolnym zaś końcem, 20 cm długim, wchodzi do drugiej części wieży. Ryc. 3 uwiidocznia dalsze szczegóły tej części, służącej jako urządzenie do zbierania się cieczy do pewnego poziomu, a następnie do jej automatycznego, raptownego wylewania na wypełnienie absorbcyjne, umieszczone w drugiej części wieży. Nad górnym końcem omawianej rurki, w pewnym od niej oddaleniu, znajduje się pokrywa cylindryczna, której dolny brzeg oparty jest na trzech nóżkach w odległości około 10 mm od dna trzeciej części wieży. W górną część przykrywki wtopiona jest 20-milimetrowa rurka, której koniec dolny wchodzi konaksyalnie w rurkę 35-milimetrową i przechodzi ku dołowi przez całą jej długość, górny zaś koniec jest zakrzywiony ku dołowi i dochodzi prawie do poziomu górnego brzegu rurki zewnętrznej.



Ryc. 3.

Urządzenie to działa w sposób następujący: pompka powietrzna podnosi ciecz z dolnej części wieży na samą górę i wlewa ją zapomocą rurki, przechodzącej przez czwartą część wieży, na ściankę wewnętrzną trzeciej części. Ciecz ta, spływając po ściance, zbiera się spokojnie, bez pryskania, na dnie części trzeciej. Kiedy poziom cieczy dosięgnie górnego brzegu rurki 35-milimetrowej, następuje bardzo prędkie wylanie się cieczy na wypełnienie wieży pod wpływem działania rurki jako lewara. Rurka zagięta, prze-

chodząca przez pokrywkę, służy do przepływu gazów z górnej części wieży do wypełnienia absorbcyjnego. Z chwilą podniesienia się poziomu cieczy do górnego końca rurki 35-milimetrowej otwór zagiętej rurki 20-milimetrowej zamyka się cieczą, dzięki czemu przepływ gazów wstrzymuje się na chwilę i swym trochę zwiększonym ciśnieniem powoduje regularniejsze funkcjonowanie lewara.

Należy tu jeszcze zauważyć, że przy pierwszych próbach funkcjonowania lewarów okazała się potrzeba zaopatrzenia zagiętej rurki w mały otworek na wysokości kilku centymetrów od jej końca. Bez tego ciecz, zamykająca otwór końca rurki, wchodzi w nią i pod wpływem dużej prędkości przechodzących gazów pozostaje w niej przez czas dłuższy, pulsując ustawicznie z dołu do góry i z powrotem. To działanie wywoływało pulsujące ciśnienia w wieży, pociągającą za sobą, w miarę podnoszenia się na nowo poziomu cieczy, wylewanie się tej ostatniej przez lewar w sposób nieprzewidywalny.

Część czwartą i ostatnią wieży tworzy cylinder, zamknięty w swym końcu górnym, zaopatrzony trzema otworami na wierzchu. Jeden otwór służy do wchodzenia gazów do wieży, drugi — przeprowadza uszczelnioną rurkę pompy powietrznej, przez którą przepływa ciecz, służąca do zraszania wypełnienia absorbcyjnego, trzeci zaś otwór jest zamknięty korkiem szklanym i służy do wlewania wody, albo kwasu, pochodzącego z sąsiedniej wieży.

Na ryc. 2 widzimy, że właściwe wypełnienie wieży spoczywa na 50-milimetrowych kulach ¹⁾ kamionkowych, wewnątrz pustych, z otworami, służących tu tylko za rodzaj rusztu. Jako przejście do drobnoziarnistego wypełnienia służy warstwa zwyczajnych izolatorów porcelanowych, o zmniejszającej się stopniowo wielkości. Wartwą właściwego wypełnienia tworzą perełki z ciętych rurek szklanych. Grubość warstwy właściwego wypełnienia, wynosząca około 45 cm, jest tu większa, niżby potrzeba tego wymagała (30 cm normalnie). W górnej części warstwy leżą w jej środku miseczki porcelanowe, odwrócone do góry dnem, a to w tym celu, żeby ciecz, wylewająca się z dużą prędkością przez lewar, nie żłobiła dołu w środku wypełnienia. Ten środek zaradczy, zastosowany jedynie w pośpiechu, który czyni część wypełnienia wieży zupełnie bezużyteczną, był właśnie powodem wspomnianego wyżej zwiększenia grubości warstwy absorbcyjnej.

Ilość cieczy, wylewana raptownie na wypełnienie, zapewniająca tworzenie się zwartego słupa — koniecznego warunku do dokładnego zraszania wypełnienia wieży — wynosi tu około 2,2 litra. Pompki powietrzne, wykonane z rurek szklanych, z których każda podnosi wyżej wymienioną ilość

¹⁾ Kulki te pochodziły z aparatu systemu Guttmana, który dawniej stosowałem obok innych systemów przy pierwszej 100-konnej fabryce próbnej kwasu azotowego w Vevey.

cieczy do góry w przeciągu kilku minut, są umieszczone w skrzynkach drewnianych, przytwierdzonych do podstawy wież. Jedna z tych skrzynek jest na rysunku otwarta. Powietrze pod ciśnieniem około 0,3 atm., które wywołuje podnoszenie cieczy do góry, wchodzi przez kraniki do rurek gumowych, połączonych z pompkami szklanymi. Gazy z pieca po ochłodzeniu wchodzi górnym otworem do pierwszej wieży, uwidocznionej na rysunku po prawej stronie. Po przejściu przez wypełnienie absorbcyjne gazy wychodzą na dole i znowu wchodzi do następnej wieży w jej górną część i t. d. aż do ostatniej wieży, z której wychodząc, są już zupełnie pozbawione tlenków azotu.

Pozostaje mi jeszcze do wyjaśnienia, dlaczego w tem urządzeniu absorbcyjnym wieże posiadają taką wysoką nadbudowę zupełnie pustą. Otóż górne części tych aparatów mają przeznaczenie specjalne, nie mające nic wspólnego z właściwymi aparatami absorbcyjnymi. Tlenek azotu, wchodzący do górnej części wieży, utlenia się, dzięki pozostawianiu tu przez czas dłuższy, do dwutlenku, który dopiero jest w stanie wchodzić w reakcję z wodą. Ta reakcja nie przerabia odrazu całej zawartości tlenków azotu na kwas azotowy. Obok kwasu azotowego tworzy się i kwas azotawy, który, rozkładając się, wydziela tlenek azotu, wymagający znowu pewnego czasu do utlenienia się, zanim znowu wejdzie w kontakt z wodą.

To są powody, nie tylko wyjaśniające, dlaczego każda z wież posiada w tym przypadku część, przeznaczoną do utleniania tlenków azotu, ale również i usprawiedliwiają one stosowanie w danym razie tak znacznej liczby wież w szereg połączonych.

Opisane urządzenie absorbcyjne w zupełności odpowiedziało oczekiwaniom, wysnutym z doświadczeń z omawianą poprzednio, małą wieżyczką laboratoryjną. Pierwsza wieża, jak to wspomniana ekzpertyza wykazała, dawała 50-procentowy kwas azotowy, a gazy, opuszczające ostatni aparat absorbcyjny, były praktycznie wolne od tlenków azotu.

Kiedy więc na podstawie przeprowadzonej ekspertyzy doświadczalnej i patentowej, na początku sierpnia r. 1908, umowa z „Aluminium Industrie Aktien-Gesellschaft Neuhausen“ doszła do skutku, dostałem zlecenie zaprojektowania i zbudowania w Chippis (Kanton Wallis) w Szwajcaryi pierwszej większej fabryki kwasu azotowego według mego systemu. Jedna część nowej tej pracy odnosiła się do zbudowania urządzeń absorbcyjnych dla przerabiania na kwas azotowy rozcieńczonych tlenków azotu w ilości 2500 m³ na godzinę.

Przystępując do projektowania i budowy wspomnianej fabryki, postanowiłem zbudować pospiesznie, równoległe z tem, jej model 100-konny w laboratorium Uniwersytetu fryburskiego, a to w tym celu, aby jeszcze przy wykończaniu fabryki w Chippis mógł korzystać z doświadczeń, poczy-

nionych z modelem fryburskim, który miał być kopią, o ile możliwości, zbliżoną, lecz w małej skali, budującej się jednocześnie dużej fabryki.

Następujący rozdział zajmie się sprawozdaniem z urządzeń absorbcyjnych modelowej fabryczki fryburskiej.

Urządzenia absorbcyjne fryburskiej fabryczki próbnej miały przerabiać na kwas azotowy 100 m^3 na godzinę rozcieńczonych tlenków azotu. Gdyby się miało tylko ten warunek, bez brania pod uwagę budującej się dużej fabryki, to, na podstawie doświadczeń z urządzeniem absorbcyjnym, opisaniem w poprzednim rozdziale, wystarczyłoby tylko zwiększyć średnicę wież do 80 cm i wykonać całość trochę więcej technicznie, nie wprowadzając żadnych zmian zasadniczych. Ale inaczej sprawa wyglądała z zastosowaniem tego modelu do urządzeń absorbcyjnych dla godzinnego przepływu 2500 m^3 gazu, a tem bardziej wobec projektowanego późniejszego znacznego zwiększenia fabryki. Dla przepływu 2500 m^3 gazu na godzinę trzeba by budować wieżę o średnicy 400 cm , albo stosować cały szereg wież o mniejszej średnicy, działających równolegle. Największe wymiary wież kamionkowych, które można było wówczas budować, wynosiły w średnicy 150 cm . Otóż przyjmując ten wymiar, trzeba by było postawić 7 takich wież, pracujących równolegle. Ponieważ produkcja w danym wypadku wymagała postawienia siedmiu takich grup w szereg, potrzeba byłoby w sumie 49 wież absorbcyjnych. Oprócz tego, ta duża liczba wież wymagałaby tyleż oddzielnych urządzeń do zraszania wypełnienia absorbcyjnego.

Z powyższych względów, przystosowując konstrukcję urządzeń absorbcyjnych fabryki w Chippis do jej rozmiarów, trzeba było i model fryburski, który miał być zmniejszoną kopią dużej fabryki, do niej przystosować.

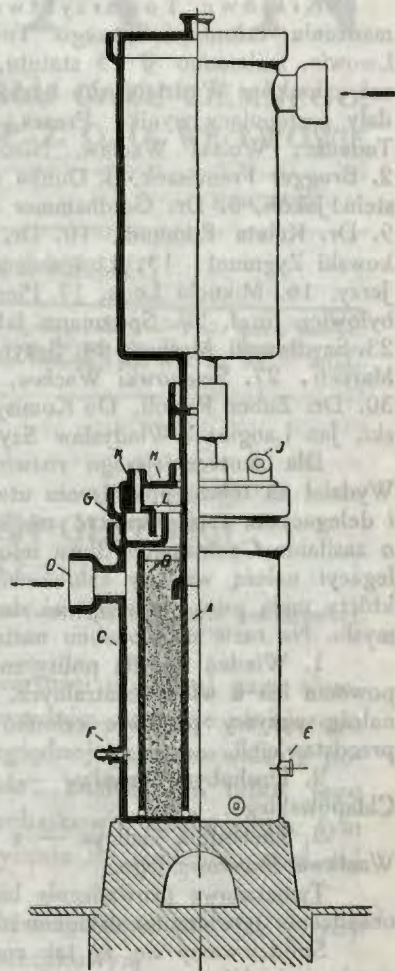
Ryc. 4 daje dokładne pojęcie o konstrukcji i działaniu zbudowanych we Fryburgu kamionkowych wież absorbcyjnych. Każda wieża składa się z dwóch części, z których tylko dolna jest właściwym urządzeniem absorbcyjnym. Górną część stanowi pusty zbiornik, przeznaczony do utleniania tlenków azotu.

Właściwa wieża absorbcyjna składa się z dwóch konaksjalnych rur A i B , wstawionych w zewnętrzne naczynie C . Przestrzeń pomiędzy środkową rurą A i rurą B wypełniona jest w przeważnej swej części ziarnkami kwarcytu o ciężarze $0,3$ do $0,4\text{ g}$. Dolna część wypełnienia, pozostająca stale pod poziomem cieczy, składa się z kawałków kwarcytu znacznie większych. Obie rury wewnętrzne A i B posiadają, do wysokości uwidocznionej na rysunku, skośne otworki o średnicy 1 cm , bardzo gęsto rozsiane na całej powierzchni obydwóch cylindrów. Zewnętrzne naczynie posiada boczny otwór D do odprowadzania gazów z wieży, dwa otworki z szybkami wewnątrz szlifowanymi E i F do przepływu cieczy z jednej wieży do drugiej, a na samym dole — jeszcze dwa otwory: w jednym tkwi w szlifowany kurek

do wypuszczania cieczy w razie potrzeby na zewnątrz, a drugi służy do przepływu kwasu do pompy powietrznej, podnoszącej ustawicznie ciecz do góry, z przeznaczeniem do zraszania wypełnienia. Wierzch naczynia zewnętrznego jest przykryty i uszczelniony zbiornikiem *G*, kształtu pierścieniowego, w którym zbiera się każdorazowo kwas, przeznaczony do peryodycznego wylewania raptownego na wypełnienie wieży. Zbiornik *G* przykryty jest i uszczelniony pokrywą *H*, specjalnego kształtu, uwidocznionego na rysunku. Na wierzchu pokrywy znajdują się dwa otwory ze stożkowymi kryzami. Przez otwór *I* wpływa do zbiornika ciecz, podnoszona do góry zapomocą pompy powietrznej, zaś otwór *K* połączony jest z przewodem, doprowadzającym sprężone powietrze, przeznaczone do peryodycznego, raptownego wyciskania zraszającej cieczy przez pierścieniową szczelinę *L*, którą tworzą pionowe ścianki zbiornika *G* z pokrywą.

Działanie aparatu odbywa się w sposób następujący: gazy wchodzą do górnej części wieży, w której odbywa się dalsze utlenianie tlenków azotu; stamtąd idą na dół do środkowej rury *A*, skąd, przechodząc przez gęsto usiane otwory w ścianie rury, idą w kierunku poziomym przez warstwę zraszanego cieczą absorbcyjną wypełnienia kwarcytowego, a dalej — przez otworki rury *B* dostają się do przestrzeni, zawartej między cylindrem *B* i zewnętrzną ścianką wieży; w końcu, przez otwór *D*, gazy opuszczają wieżę.

O działaniu urządzenia zraszającego wspomniałem powyżej. Ciecz wyciśnięta raptownie, w odpowiedniej ilości, ze zbiornika *G* dostaje się na wypełnienie pierścieniowe wieży i zwartą masą, w miarę opuszczania na dół, zatapia po kolei wszystkie części wypełnienia. Dzięki temu, że otworki w ściankach wewnętrznych cylindrów mają odpowiedni kierunek skośny, warstwa cieczy, opuszczająca się na dół, nie jest w stanie wydostać się z pierścienia wypełnienia na zewnątrz.



Ryc. 4.

(Ciąg dalszy nastąpi).

zaś temperatura spalania da się znaleźć z równania:

$$t = \frac{1610 + 14400 D}{C_p}, \quad (4)$$

które będzie względem t równaniem drugiego stopnia. W granicach gęstości od $D = 0,6$ do $D = 1,5$ jest t wielkością prawie stałą i wynosi *ca* 2060°C .

Ilości powietrza potrzebne do spalania gazu o gęstości $0,6 - 1,5$ przedstawia diagram na rycinie (str. 76). W diagramie tym przedstawia I ilość powietrza w m^3 , potrzebną do spalania 1 m^3 gazu o gęstości D ; II przedstawia ilość gazów spalania w m^3 , powstałą z 1 m^3 gazu o gęstości D . Pęk reszty krzywych oznacza ilości gazów spalania przy użyciu nadmiaru powietrza.

PROF. IGNACY MOŚCICKI.

NOWE URZĄDZENIA ABSORBCYJNE DLA DUŻYCH ILOŚCI GAZU.

(Neue Absorptionseinrichtungen für grosse Gasmengen. — New absorption-apparatus for great quantity of gases).

(Ciąg dalszy).

Doświadczenia wykazały, że warstwa cieczy o grubości nawet kilkunastu centymetrów nie wydostaje się przez skośne otwory boczne. Wobec tego, że ciecz nie pozostaje w spoczynku, prawa ciśnienia hydrostatycznego nie mają tu zastosowania.

Ważniejsze wymiary omawianej wieży są następujące: średnica wewnętrzna zewnętrznego płaszcza C wynosi 60 cm ., cylindra $B - 44 \text{ cm}$, rury środkowej $A - 10 \text{ cm}$. Grubość warstwy wypełnienia w kierunku promienia, a zatem i w kierunku przepływu gazów, wynosi 15 cm .

Grubość warstwy wypełnienia, zastosowana w tym wypadku, jest dwa razy mniejsza od przyjętej poprzednio na podstawie doświadczenia. To zmniejszenie grubości warstwy wypełnienia miało na celu jedynie zmniejszenie średnicy wieży, a w zamian za to przyjęto podwójną wysokość wypełnienia kwarcytowego, pozwalającą na prawie dwukrotnie mniejszą prędkość przepływu gazów w stosunku do tej, jaką można jeszcze stosować bez narażania się na powstawanie mgły.

Wysokość czynna warstwy wypełnienia liczy się od poziomu cieczy, osiagającego często wysokość bocznego otworka E naczynia zewnętrznego,

do poziomu najwyższych otworków skośnych w środkowej rurze A. W naszym przypadku wysokość ta dochodzi do 60 cm.

Ilość cieczy, wylewana peryodycznie i raptownie na wypełnienie, wynosi, odpowiednio do wielkości poziomego przekroju wypełnienia, około 10 litrów.

Warto w tem miejscu zauważyć, że ciecz zraszająca, opuszczając się z góry na dół zwartą masą, prawie wcale nie przeszkadza jednostajnemu przepływowi gazów, gdyż przy każdorazowym zraszaniu wypełnienia tylko mała część jego wysokości jest jednocześnie zatopiona.

W ten sposób system, który nadaje się specjalnie do przerabiania większych ilości gazów, został lepiej przystosowanym do fabryczki w małej skali.

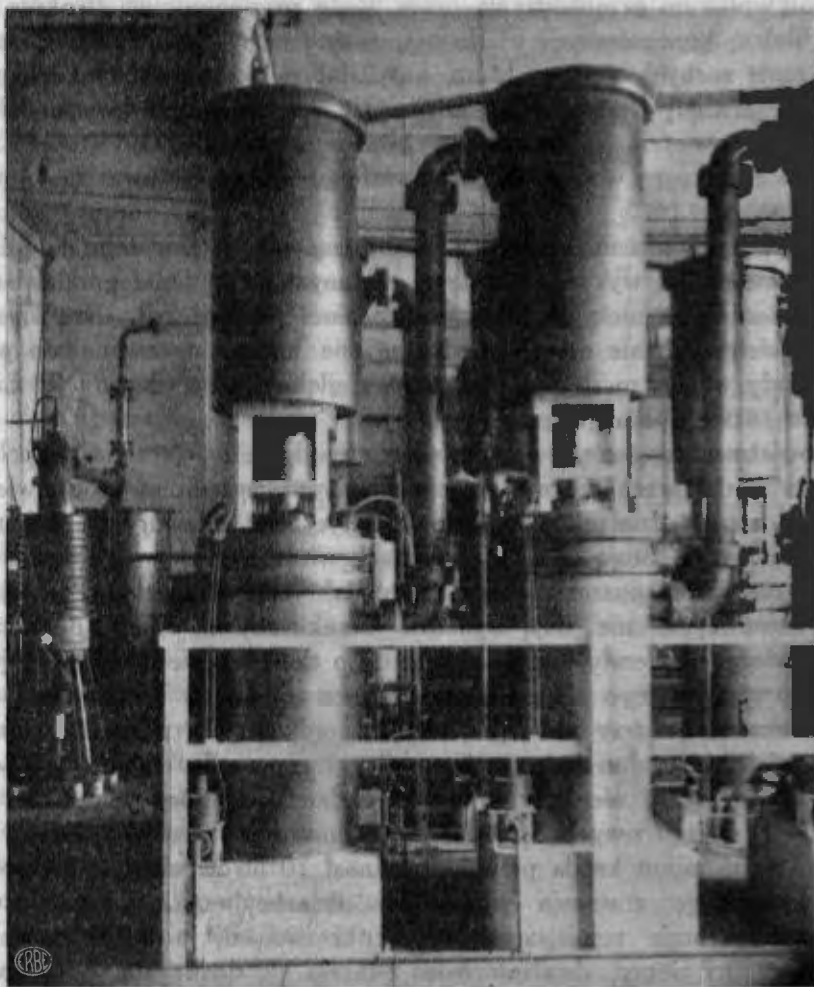
Ryc. 5 daje ogólne wyobrażenie o całym fryburskim modelu fabryki kwasu azotowego. Po lewej stronie rysunku, w głębi sali, stoi piec elektryczny ¹⁾ z wirującym płomieniem. Obok niego stoi chłodnica dla wychodzących z pieca gazów, która jest jednocześnie podgrzewaczem dla powietrza wchodzącego do pieca. Na przodzie sali widoczne są dwa rzędy wież absorbcyjnych, połączone w jeden szereg przewodami gazowymi. Z ogólnej liczby siedmiu wież, trzy stoją na przodzie, a cztery, z których jedna zupełnie na rysunku niewidoczna, tworzą rząd tylny. Gazy, idące z chłodnicy rurą glinową, wchodzą do górnej części wieży nie uwidocznionej na rysunku, a stamtąd, drogą już nam znaną, przechodzą w analogiczny sposób przez wszystkie wieże po kolei. Z ostatniej wieży gazy, uwolnione od tlenków azotu, wychodzą na zewnątrz budynku. Przepływ gazów przez aparaty skutecznia dmuchawa, wciągająca powietrze przez gazomierz i tłocząca je dalej. Pomiedzy dmuchawą i gazomierzem powietrze przechodzi przez oddzielnie stojącą ósmą wieżę, tej samej konstrukcyi, co omawiane, tylko bez części górnej. Cieczą, zraszającą wypełnienie tej wieży, jest stężony kwas siarkowy, którego zadanie polega na pozbawianiu powietrza wilgoci.

Oprócz połączenia wszystkich siedmiu wież przewodami gazowymi, posiadają one na dole połączenia dla przepływu cieczy z jednej wieży do drugiej, następnej. Środkowe części tych przewodów stanowią rurki szklane w kształcie litery U, tworzące zamknięcie hydrauliczne, nie pozwalające na przechodzenie tą drogą gazów. Kierunek przepływu cieczy z wieży do wieży jest odwrotny, aniżeli kierunek wejścia gazów, co stanowi tak zwany przeciwpływ dla gazu i cieczy absorbcyjnej.

Na ryc. 4 widzimy, że otwór E dla wypływu cieczy leży o kilka centymetrów niżej od otworu dopływu F, co ma na celu zapewnienie przepływu

¹⁾ Sprawozdanie z opracowania konstrukcyi pieców elektrycznych mego systemu będzie stanowiło oddzielną publikację, jako dalszy ciąg poprzedniej, wydanej w r. 1907 w „Chemiku Polskim“

kwasu przez wieże tylko w jednym kierunku. Z tej więc racji podmurowania wież tworzą kaskadę w kierunku przepływu kwasu, otrzymując otwór wypływu każdej wieży na jednym poziomie z otworem dopływu wieży następnej.



Ryc. 5.

Przepływ cieczy przez cały szereg wież uskutecznia się w ten sposób, że do ostatniej wieży, z której gazy wychodzą na zewnątrz budynku, wlewa się woda do lejka połączonego z otworem dopływu, poczem dalsze przepływanie cieczy z wieży do wieży odbywa się automatycznie. W miarę dopływu wody do ostatniej wieży, wypływa z pierwszej kwas, jako ostateczny produkt procesu absorbcyjnego. Koncentrację kwasu warunkuje do pewnej

granicy stosunek ilości dopływającej wody do ilości tlenków azotu, wychodzących z pieca elektrycznego. O ile do pieca doprowadza się powietrze suche, koncentracja uzyskanego w ten sposób kwasu może dochodzić do 60%. Kwas 50-procentowy nie jest już w stanie dalej podnosić swego stężenia pod wpływem przechodzenia przez wieżę rozcieńczonych tlenków azotu. To też dalszą koncentrację, aż do 60% można osiągnąć już tylko przez doprowadzenie suchych gazów, które nasycając się w tych warunkach parami cieczy w pierwszej wieży, więcej zabierają z niej wody, niż kwasu. W razie niesuszenia powietrza, koncentracja kwasu zależna jest od stopnia nasylenia powietrza parą wodną. W takim razie otrzymuje się kwas mniej więcej 40-procentowy.

I w tem urządzeniu aparatami, podnoszącymi ciecz z dołu do góry, są pompki powietrzne, wykonane z rurek szklanych. Dla lepszego działania są one wpuszczone na metr głęboko pod poziom podłogi sali. Działania tych pomp powietrznych nie opisuję, gdyż są one często stosowane do podnoszenia wody w bardzo dużych ilościach z głębokich studzien. W Europie mają one nazwę pomp „mamutowych“¹⁾.

Powietrze sprężone, wyciskające peryodycznie ciecz na wypełnienie wież, przechodzi przez zawory, uruchomiane automatycznie w odpowiednich odstępach czasu działaniem elektromagnetycznem. Zawory te są uwidocznione na ryc. 5. Stoją one na poziomach wież.

Po pierwszym puszczeniu w ruch tej fabryczki okazało się, że jej urządzenia absorbcyjne nie dają wyników oczekiwanych. Gazy, opuszczające ostatnią wieżę, zawierały jeszcze dosyć dużo tlenków azotu. Prędko jednak odkryto przyczynę tego niepowodzenia. Ciecz zraszająca była wylewana, tak jak zamierzano, co trzy minuty. Otóż stwierdzono, że pompki powietrzne, których wielkość trudno było z góry obliczyć z powodu małych ilości cieczy w grę wchodzących, nie były w stanie podnieść do góry przepisanej ilości cieczy w przeciągu owych 3-ch minut. Pomiary wykazały, że dopiero po upływie 9-ciu minut każda pompka podnosi 10 litrów cieczy, potrzebnych do każdorazowego zraszania wypełnienia absorbcyjnego. I kiedy częstość zraszania trzykrotnie zmniejszono, a pompki nadały w międzyczasie podnieść owe 10 l cieczy, działanie wież okazało się doskonałe. Wychodzące gazy zawierały już tylko 0,02-procentowe tlenki azotu. To doświadczenie jest doskonałym dowodem, jak doniosłe znaczenie ma ten nowy sposób zraszania wypełnienia, jedynie pozwalający na dokładne utrzymywanie w stanie czynnym całkowitej powierzchni wypełnienia wieży absorbcyjnej.

Chcąc dać całkowity obraz działania omawianej fabryczki modelowej, muszę jeszcze zauważyć, że na puszczenie jej w ruch potrzeba było kilku

¹⁾ „Rationelle Konstruktion und Wirkungsweise des Druckluft-Wasserhebers für Tiefbrunnen“ von Alexander Perényi. Wiesbaden, C. W. Kreidel's Verlag. 1908.

minut czasu, poczem cała produkcja 50-procentowego kwasu azotowego odbywała się zupełnie automatycznie. Dozorujący nie miał prawie nic do czynienia. Jedynie potrzebne materiały wyjściowe — powietrze i woda, znajdowały się na miejscu i były dostarczane do fabrykacji automatycznie.

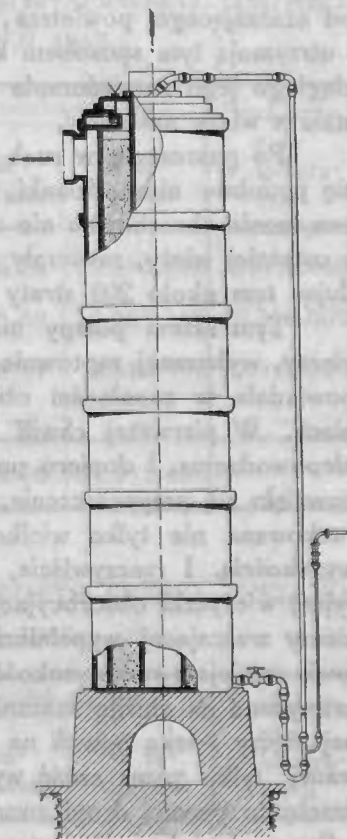
Fabryczka ta spełniła w zupełności swe zadanie, niestety tylko trzeba ją było po krótkim stosunkowo przeciągu czasu rozebrać, tak jak cały szereg innych poprzednich urządzeń, aby uczynić miejsce w laboratorium fryburskim dla prac nowych.

Z kolei przechodzę do opisu wież absorbcyjnych, zastosowanych w fabryce kwasu azotowego w Chippis.

Wież te, jak już wspomniałem, nie różnią się zasadniczo od wież, opisanych w poprzednim rozdziale. Jedynie znacznie zwiększone rozmiary ich, dostosowane do większej produkcji kwasu azotowego, stanowią całą różnicę. To też nie ma potrzeby opisywania budowy tych wież, a załączona ryc. 6, na podstawie tego, co już wyżej powiedziano, daje zupełnie zrozumiałą ich obraz¹⁾.

Wymiary tych wież absorbcyjnych są następujące: średnica wewnętrzna płaszcza zewnętrznego wynosi 144 cm, cylindrów wewnętrznych — 110 i 40 cm, a grubość ścianek, zawierających otworki skośne — 50 mm. Grubość warstwy wypełnienia w kierunku promienia, a zatem i w kierunku przepływu gazów, wynosi 30 cm, wysokość zaś wypełnienia czynnego, t. j. od poziomu cieczy na spodzie wieży do poziomu górnego — około 5 m. Całkowita wysokość wież przekracza trochę 6 m.

Całe urządzenie składało się z 8-miu wież absorbcyjnych, połączonych w szereg i tak działających, jak model fryburski. Zbiorniki, dające czas na dalsze utlenienie tlenków azotu, nie stanowią tu nadbudowy, analogicznie do modelowego urządzenia. Oddzielne wieże, wewnątrz puste, o wielkości wież absorbcyjnych, są tu włączone pomiędzy te ostatnie. Jedynie pomiędzy dwiema pierwszymi wieżami absorbcyjnymi nie ma zbiornika utle-



Ryc. 6.

¹⁾ Kamionkowe części wież absorbcyjnych tego urządzenia, jak również i fabryczki fryburskiej, wykonała na podstawie dostarczonych dokładnych rysunków firma: „Deutsche Ton- und Steinzeugwerke A. G. Berlin-Charlottenburg“.

niającego. Właściwie, pierwsza wieża, chociaż budową swą zupełnie się nie różni od następnych, nie jest tu uważana za aparat absorbcyjny w ścisłym tego słowa znaczeniu. Kwas w tej wieży, utrzymywany na końcowej koncentracji (40-procentowy) już prawie nie jest w stanie absorbować tlenków azotu. Gazy, idące z chłodnicy, a później dalej utlenione w pierwszym zbiorniku utleniającym, przechodzą przez pierwszą wieżę absorbcyjną, prawie nie wchodząc w reakcję z jej cieczą zraszającą. Posiadając wyższą temperaturę od otaczającego powietrza, zabierają one z pierwszej wieży pary wodne i utrzymują tym sposobem koncentrację kwasu na stałym poziomie, pomimo ciągłego jego rozcieńczania kwasem o niższej koncentracji, dopływającym tu stale z wieży następnej.

Po puszczeniu w ruch fabryki w Chippis w końcu 1909 roku okazały się podobne niespodzianki, jak w fabryczce fryburskiej. I tu na początku urządzenia absorbcyjne nie dały spodziewanych wyników. Gazy, wychodzące z ostatniej wieży, zawierały jeszcze przynajmniej 0,3% tlenków azotu, powodując tem około 20% straty w produkcji kwasu.

Tym razem pompy mamutowe były dobrze obliczone, a zatem i ilość cieczy, wylewanej raptownie na wypełnienie absorbcyjne (przeszło 50 l) odpowiadała w zupełności obliczeniom, opartym na poprzednich doświadczeniach. W pierwszej chwili więc nie można było odnaleźć przyczyny tego niepowodzenia. I dopiero po dokładnem zanalizowaniu wszystkich czynników powzięło się przypuszczenie, że ilość wymaganej cieczy zraszającej jest warunkowana nie tylko wielkością przekroju wypełnienia, ale jeszcze i jego wysokością. I rzeczywiście, przy specjalnej obserwacji działania laboratoryjnej wieżyczki absorbcyjnej, uwidocznionej na ryc. 1, okazało się, że słup cieczy zraszającej wypełnienie absorbcyjne, w miarę opuszczania się ku dołowi, zmniejsza swą wysokość. Warstwy wypełnienia, zatapiane kolejno cieczą, zatrzymują na chwilę znaczną jej część i dopiero później nadmiar zatrzymanej cieczy ścieka powoli na dół. Przy zmniejszeniu zaś ilości cieczy wylewanej, tylko górna część wypełnienia zraszana jest w sposób pożądaný. Po przebyciu pewnej drogi zwarty słup cieczy zupełnie zanika, a dalej zraszanie odbywa się już według starej metody, polegającej na obciekaniu cieczy specjalnie wybranymi drózkami i przemywaniu tym sposobem tylko bardzo małej części powierzchni absorbcyjnej.

Celem dokładniejszego zbadania warunków zraszania powierzchni absorbcyjnej ustawiono 3-metrową wieżę z cylindrów szklanych o średnicy wewnętrznej 20 cm, pozostałych z aparatów, uwidoczniomych na ryc. 2 i prawie całą jej wysokość wypełniono ziarnkami kwarcytu, poprzednio już podanej wielkości¹⁾. Doświadczenia wykazały od razu na wstępie, że słup cieczy, której ilość raptownie wylana wynosiła 2,2 l, jak to dawniej w sto-

¹⁾ Doświadczenia te wykonał z mego polecenia mój asystent, dr. J. J. Stöckly.

sunku do przekroju wieży uważano za normalne, już po przejściu jednego metra doszedł do zupełnego zaniku, a zraszanie pozostałej jeszcze 2-metrowej warstwy wypełnienia odbywało się dalej w sposób wadliwy.

(Dokończenie nastąpi).

PRODUKCJA GAZU ZIEMNEGO W OKRĘGU BORYSŁAWSKO-TUSTANOWICKIM ZA MIESIĄC KWIECIEŃ 1917.

G M I N A	Ilość otworów będących w ruchu	produkujących gaz			Produkcja gazu		Produkcja ropy w kilogramach
		w ruchu	zastanowionych	Razem	w m ³ na minutę	w m ³ ogółem	
Tustanowice . .	172	77	42	119	356.28	15.391.296	37.892.000
Borysław . . .	164	75	9	84	295.49	12.765.168	20.110.000
Mrażnica . . .	22	7	—	7	88.31	3.814.992	3.942.500
Popiele . . .	7	—	—	—	—	—	—
Razem . .	365	159	51	210	740.08	31.971.456	

PRODUKCJA GAZU ZIEMNEGO W OKRĘGU BORYSŁAWSKO-TUSTANOWICKIM ZA MIESIĄC MAJ 1917.

G M I N A	Ilość otworów będących w ruchu	produkujących gaz			Produkcja gazu		Produkcja ropy w kilogramach
		w ruchu	zastanowionych	Razem	w m ³ na minutę	w m ³ ogółem	
Tustanowice . .	175	81	41	122	351.36	15.684.710	38.795.000
Borysław . . .	156	70	13	83	293.58	13.105.411	22.545.000
Mrażnica . . .	22	6	—	6	96.92	4.326.509	3.965.000
Popiele . . .	5	—	—	—	—	—	—
Razem . .	358	157	54	211	741.86	33.116.630	

METAN

MIESIĘCZNIK DLA SPRAW PRZEMYSŁU GAZU ZIEMNEGO,
WYDAWANY STARANIEM „METANU“, SP. Z. O. O. WE LWOWIE

NR. 8.

LWÓW, SIERPIEŃ 1917.

ROCZNIK I.

REDAKTOR: DR KAZIMIERZ KLING

TREŚĆ: Nr. 8.: Prof. Ignacy Mościcki: Nowe urządzenia absorbcyjne dla dużych ilości gazu (dokończenie), str. 85.—
Inż. W. Szaynok: Brak opatu w Borysławiu, str. 92. — Produkcja gazu ziemnego w okręgu borysławsko-tustanowickim za miesiąc czerwiec 1917, str. 93. — Wiadomości bieżące, str. 94. — Nekrolog Władysława Kunowskiego, str. 96.

PROF. IGNACY MOŚCICKI.

NOWE URZĄDZENIA ABSORBCYJNE DLA DUŻYCH ILOŚCI GAZU.

(Neue Absorptionseinrichtungen für grosse Gasmengen. — New absorption-apparatus for great quantity of gases).

(Dokończenie).

Zwiększając stopniowo ilość cieczy wylewanej na wypełnienie stwierdzono, że dopiero 10 litrów zapewnia utrzymanie zwartego słupa cieczy aż do samego spodu wieży. Na podstawie otrzymanego szeregu dat, zależność potrzebnej ilości cieczy od rozmiarów wieży daje się wyrazić następującem równaniem:

$$v = 1,1 q h,$$

w którym v oznacza objętość cieczy w litrach, q — przekrój poziomy wypełnienia w decymetrach kwadratowych i h — wysokość warstwy wypełnienia w metrach.

Zależność, wyrażoną powyższem równaniem, można jeszcze inaczej przedstawić. Z dat powyższych łatwo jest wyliczyć, że objętość cieczy, wymagana do racjonalnego zraszania wypełnienia absorbcyjnego, wynosić powinna 11% całkowitej jego objętości.

Oczywiście, nie dosyć jest mieć do dyspozycji dostateczną ilość cieczy w celu zapewnienia jej masie zwartości i zatapiania po kolei poszczególnych warstw wypełnienia aż do samego spodu wieży, ale jeszcze należy tę ciecz wylewać z odpowiednią prędkością. I w tym kierunku zostały poczynione pomiary, które wykazały, że 10 litrów cieczy należy wylać przynajmniej

w ciągu 5 sekund, aby wytworzyć zwarty słup cieczy w wypełnieniu absorbcyjnym o przekroju 3 dm^2 . A zatem w ciągu jednej sekundy trzeba wylać $0,67 \text{ l}$ na każdy dm^2 przekroju przestrzeni absorbcyjnej.

Ten wynik doświadczalny można też jeszcze na innej drodze potwierdzić:

Szybkość cieczy, opuszczającej się w przestrzeni absorbcyjnej zwartą masą wynosi, jak to pomiary wykazały, $12,5 \text{ cm}$ na sekundę. To znaczy, że przez każdy dm^2 przekroju wypełnienia przepływa w ciągu sekundy $1,25 k$ litrów cieczy, gdzie k oznacza stosunek przestrzeni pustej pomiędzy ziarnkami kwarcytu, do całkowitej przestrzeni absorbcyjnej. Ponieważ w danym wypadku zmierzono, że $k = 0,5$, więc wypada $0,63 \text{ l}$. Liczba ta jest bardzo zbliżona do liczby $0,67$, otrzymanej bezpośrednio z doświadczenia. Wobec tego można powiedzieć:

Prędkość wylewania cieczy zraszającej ma być tak regulowana, aby na każdy dm^2 poziomego przekroju wypełnienia wylewało się przynajmniej $0,7$ litra cieczy na sekundę.

Oprócz powyższych pomiarów, wykonano z tą samą wieżą szklaną doświadczenia celem stwierdzenia, ile cieczy pozostaje jeszcze w wypełnieniu, po upływie pewnego czasu od jej raptownego wylania.

Poniższa tabliczka daje nam w tym kierunku wystarczające wskazówki. Tym razem, zanim wylano każdorazowo 12 litrów wody, potrzebnej do racjonalnego przemycia wypełnienia, pozwolono na zupełne obcieknięcie cieczy pozostałej w wypełnieniu po doświadczeniu poprzednim.

Czas po wylaniu wody, w minutach.	Ilość wody, która wyciekła z wieży, w litrach.	Ilość wody, zatrzymanej w wieży w litrach.	Ilość wody, zatrzymanej w 1 dm^3 wypełnienia w cm^3 .
1	7,2	4,80	53
2	+1,9	2,90	32
3	+0,5	2,40	26
4	+0,2	2,20	24
6	+0,13	2,07	23
9	+0,07	2,00	22
15	+0,12	1,88	21
25	+0,20	1,68	19

Daty powyższe mają duże znaczenie przy określaniu potrzebnej częstości zraszania wypełnienia w stosunku do koncentracji gazów absorbowanych.

Wszystkie te doświadczenia wyjaśniły dokładnie przyczynę wadliwego początkowo funkcjonowania urządzeń absorbcyjnych w Chippis. Wskutek stosowania niedostatecznej ilości cieczy zraszającej, tylko mała górna część wypełnienia bywa przemycana w sposób pożądaný. Gazy, które przechodziły przez pozostałą większą część dolną, nie były należycie absorbowane. I z chwilą, gdy zbiorniki górne, zawierające ciecz zraszającą, zostały od-

powiednio zwiększone, urządzenie absorbcyjne zaczęło działać stale tak, jak model fryburski, bez zarzutu.

Na podstawie poprzednio podanych wymiarów urządzeń absorbcyjnych w Chippis, objętość wypełnienia czynnego każdej wieży wynosi 3770 dm^3 , a $11\frac{0}{10}$ tej liczby daje 415 litrów cieczy, potrzebnej do każdorazowego przemycania wypełnienia. Prędkość zaś, z jaką tę ilość cieczy wylać należy, wobec wielkości przekroju wypełnienia $75,4 \text{ dm}^2$, wynosi około 53 litrów na sekundę, to znaczy, że górny zbiornik wieży należy wypróżniać w przeciągu nie więcej, niż 8-miu sekund.

Teraz jeszcze kilka uwag co do materiału wypełniającego. Podczas przechodzenia gazów przez 30-centymetrową warstwę wypełnienia z normalną prędkością 20 litrów na cm^2 przekroju wypełnienia, mierzonego w kierunku ~~prostopadłym~~ do kierunku przepływu gazu, spadek ciśnienia gazu wynosi 1,6 mm słupa wody. Odpowiednie pomiary były wykonane z kwarcytem o ciężarze poszczególnych ziarenek 0,3 do 0,5 g i po upływie $\frac{1}{2}$ minuty od czasu ich przemycia.

Przy użyciu jeszcze więcej rozdrobnionego kwarcytu, np. o ciężarze oddzielnych ziarenek 0,1 g, ciśnienie to, mierzone pod innymi względami w tych samych warunkach, rośnie do 5,2 mm słupa wody. Z tego więc powodu ziarnka kwarcytu, przeznaczone do wypełnienia wież absorbcyjnych, powinny być dobrze oddzielone zapomocą sit z oczkami odpowiedniej wielkości, od ziarenek drobnitkich, które pozostając, mogłyby wywoływać niepożądany wzrost spadku ciśnienia gazów, przechodzących przez przestrzeń absorbcyjną.

Należy również zwracać uwagę na dobre wymieszanie całego materiału wypełniającego, przeznaczonego do jednej i tej samej warstwy absorbcyjnej. W przeciwnym razie, o ile materiał wypełnienia nie jest jednostajny w całej wysokości warstwy, powstają różne prędkości przepływu gazu w oddzielnych jej częściach.

W końcu, materiał wypełniający powinno się wsypywać do wieży w stanie suchym. Zmoczone ziarnka przy wsypywaniu zajmują większą objętość, niż suche i z tego powodu narażone są z biegiem czasu na osiadanie. To ostatnie powoduje powstawanie luk w różnych wysokościach wypełnienia, które wpływają w sposób szkodliwy na równomierność przepływu gazów przez wypełnienie.

Kiedy fabryka kwasu azotowego w Chippis przeszła swą próbę ogniową i gdy już w najlepsze zaczęła dostarczać cysternami wysokoprocentowy kwas azotowy, o czystości zadowalającej w zupełności najgrymaśniejsze wymagania przemysłu chemicznego, odbiorcom, zgłaszającym się w wielkiej liczbie nie tylko ze Szwajcaryi, ale i z Niemiec, postanowiła „Aluminium Industrie Aktien Gesellschaft“ powiększyć będącą w ruchu fabrykę przeszło dziesięć ciokrotnie.

Wobec wielkich rozmiarów mającego powstać rozszerzenia, pociągającego za sobą milionowe wkłady, trzeba było zwrócić specjalną uwagę na możliwość poczynienia wszelkich uproszczeń, któreby wpłynęły na zmniejszenie kosztów budowy. To też w pierwszym rzędzie zwróciłem uwagę na urządzenia absorbcyjne, stanowiące najkosztowniejszą część fabryki. Dziesięciokrotnego zwiększenia liczby istniejących wież kamionkowych nie można było, z powyższych względów, uważać za jedyne rozwiązanie zadania. To też opracowałem nowe urządzenia absorbcyjne, które, jakkolwiek nie różniły się zasadniczo od poprzednich i miały te same właściwości działania, konstrukcją swą, jak się zdawało, więcej odpowiadały nowo postawionemu zadaniu.

Załączone ryc. 7 i 8 są kopiami schematycznych szkiców, pochodzących z odpisów odpowiednich patentów, przyznanych mi we wszystkich krajach kulturalnych. Jakkolwiek ryciny te nie dają dokładnego obrazu konstrukcji urządzeń, zbudowanych i działających od lat kilku, to jednak wystarczają one do wyjaśnienia zasadniczych szczegółów ich budowy i działania.

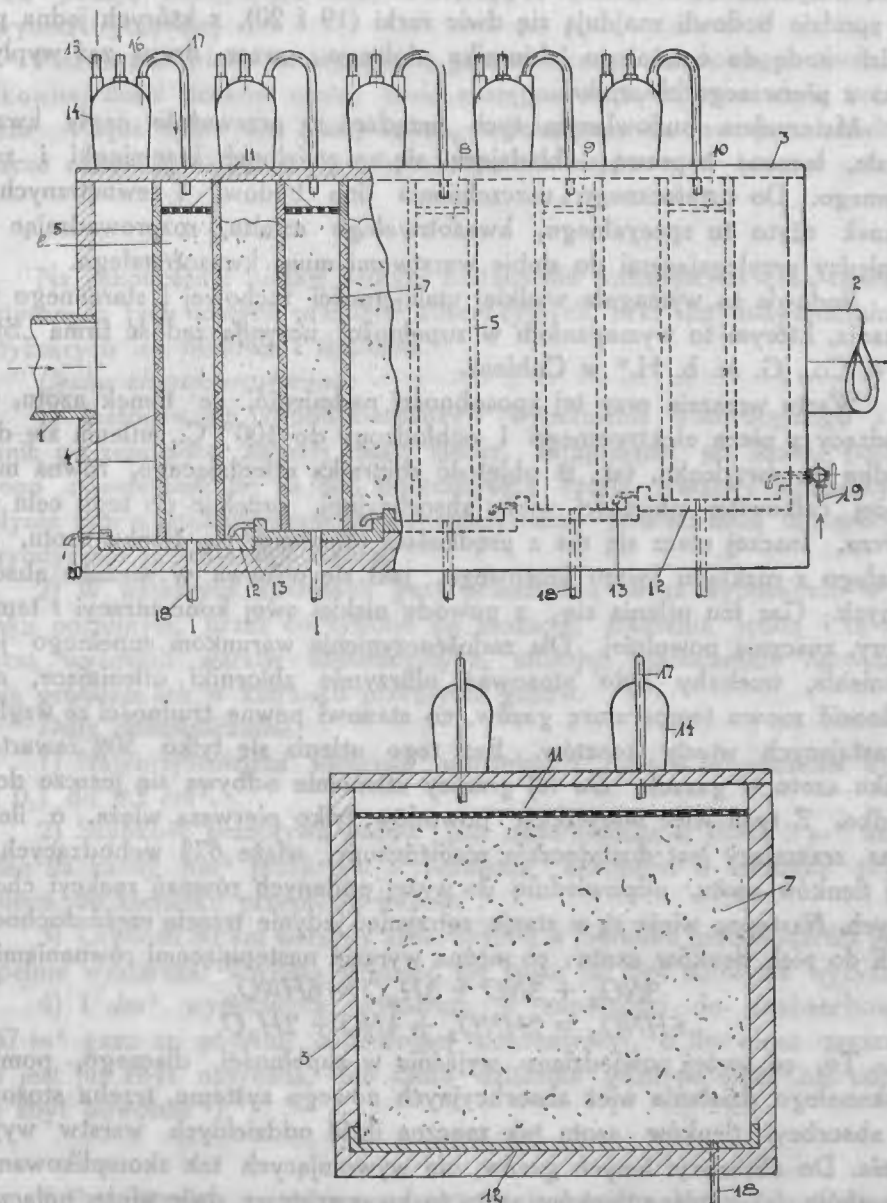
Główna zmiana konstrukcji tego urządzenia absorbcyjnego, w stosunku do opisanego poprzedniego, polega na stosowaniu warstw wypełnienia w formie prostopadłościanów, które, stojąc względem siebie równolegle, nie stanowią części składowych oddzielnych aparatów, połączonych dopiero w szereg przewodami gazowymi, ale wchodzi w skład jednej wspólnej, na zewnątrz uszczelnionej budowli.

Ryc. 7 (str. 89.) uwidocznia częściowo przekrój aparatu, prostopadły do warstw absorbcyjnych, a zatem w płaszczyźnie równoległej do kierunku przepływu gazów. Ryc. 8 (str. 89.) przedstawia przekrój wzdłuż jednej warstwy wypełnienia.

Jak widzimy, cała budowla przegrodzona jest pewną liczbą równoległe do siebie stojących ścianek (5), gęsto usianych otworkami, tworząc oddzielne komory, wypełnione do pewnej wysokości ziarnkami kwarcytu. Tylko jedna część tych komór (6, 7, 8, 9, 10) tworzy właściwe warstwy wypełnienia absorbcyjnego, zraszanego peryodycznie w znany nam już sposób. Na wierzchu wypełnienia tych komór znajdują się dziurkowane płyty kamionkowe (11), celem zabezpieczenia wypełnienia przed tworzeniem się dołów pod wpływem raptownie wylewanej cieczy zraszającej. Pozostałe komory, oddzielające warstwy wypełnienia absorbcyjnego jedną od drugiej, nie są zraszane. W urządzeniach absorbcyjnych w Chippis komory te nie zawierają nawet wcale wypełnienia. Na spodzie budowli znajdują się zbiorniki, tworzące rodzaj kaskady, celem wytworzenia przeciwprądu pomiędzy gazem i cieczą, analogicznie do urządzeń poprzednio opisanych. Aparaty, podnoszące ciecz z dołu do góry, nie są tu widoczne¹⁾. Przedstawione sche-

¹⁾ Jako aparaty, podnoszące ciecz do góry, służą tu doskonale i bez zarzutu działające automaty kamionkowe, dostarczone i zmontowane przez firmę „Deutsche Steinzeugwaaren-fabrik“, Friedrichsfeld (Baden).

mających na szkicu rury (18) prowadzą właśnie ciecz ze zbiorników dolnych do automatów, podnoszących ją do zbiorników górnych (14). Zbiorniki



Ryc. 7 i 8.

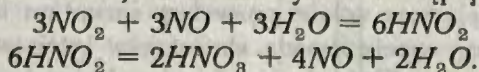
górne posiadają trzy rury, z których jedna (15) prowadzi do nich ciecz, druga (16) — powietrze ściśnięte, do prędkiego ich wypróżniania, a trzecia (17), zagięta, wiodąca prawie od samego spodu zbiornika, służy do wyle-

wania cieczy na wypełnienie absorbcyjne. Kierunek przepływu gazów wskazuje strzałki. Gazy, wchodzące do komory rozdzielczej, przechodzą po kolei przez wszystkie warstwy absorbcyjne, nie zmieniając prawie swego kierunku. Na spodzie budowli znajdują się dwie rurki (19 i 20), z których jedna prowadzi wodę do ostatniego zbiornika dolnego, przez drugą zaś wypływa kwas z pierwszego zbiornika.

Materyałem budowlanym tych urządzeń są przeważnie cegły kwasotrwałe, łączone zaprawą, składającą się ze zmielonej krzemionki i szkła płynnego. Do ostatecznego uszczelnienia dna budowli i zewnętrznych jej ścianek użyto tu specjalnego, kwasotrwałego asfaltu, rozprowadzając go pomiędzy przylegającymi do siebie warstwami muru kwasotrwałego.

Budowla ta wymagała wielkiej umiejętności fachowej i starannego wykonania, którym to wymaganiom w zupełności uczyniła zadość firma „Steu-ler & Co., G. m. b. H.“ w Coblenz.

Warto wreszcie przy tej sposobności nadmienić, że tlenek azotu, wychodzący z pieca elektrycznego i ochłodzony do 100° C., utlenia się dość prędko do dwutlenku, tak, iż objętość zbiornika utleniającego, równa mniej więcej całkowitej objętości wieży absorbcyjnej, zupełnie do tego celu wystarcza. Inaczej rzecz się ma z prędkością utleniania się tlenku azotu, powstałego z rozkładu kwasu azotowego, jaki się odbywa w wieżach absorbcyjnych. Gaz ten utlenia się, z powodu niskiej swej koncentracji i temperatury, znacznie powolniej. Dla zadośćuczynienia warunkom zupełnego jego utlenienia, trzebaby było stosować olbrzymie zbiorniki utleniające, albo podnosić znowu temperaturę gazów, co stanowi pewne trudności ze względu wzrastających wtedy kosztów. Bez tego utlenia się tylko 50% zawartości tlenku azotu w gazach. Do tej granicy utlenienie odbywa się jeszcze dosyć prędko. Z tych więc wszystkich powodów tylko pierwsza wieża, o ile jej kwas zraszający jest dostatecznie rozcieńczony, wiąże 67% wchodzących do niej tlenków azotu, odpowiednio do wyżej podanych równań reakcji chemicznych. Następne wieże są w stanie zatrzymać jedynie trzecią część dochodzących do nich tlenków azotu, co można wyrazić następującymi równaniami:



To, co wyżej powiedziano, wyjaśnia w zupełności, dlaczego, pomimo doskonałego działania wież absorbcyjnych nowego systemu, trzeba stosować do absorbcyi tlenków azotu tak znaczną ilość oddzielnych warstw wypełnienia. Do absorbcyi innych gazów, nie wywołujących tak skomplikowanych warunków, jak zamiana tlenków azotu na kwas azotowy, dwie wieże, połączone w szereg, zupełnie wystarczają. Pierwsza wieża ma wtedy za zadanie dokoncentrowywanie cieczy, druga zaś — absorbuje w zupełności pozostałą część gazu.

I przy absorbcyi tlenków azotu można ilość wież znacznie zredukować, jeżeli sobie pozwolić na jednoczesne wytwarzanie azotanów, lub azotynów.

Dla orientacji i możliwości obliczenia w każdym przypadku potrzebnej ilości wież w szeregłączonych do przerabiania tlenków azotu wyłącznie na kwas, podaję następujące daty, stwierdzone podczas działania modelowej fabryczki fryburskiej:

Pierwsze 3 wieże zatrzymują w postaci kwasu azotowego około 80% całkowitej ilości tlenków azotu, dwie następne wiążą 12%, a dwie ostatnie wieże — już tylko 6%. Gazy zatem, wychodzące na zewnątrz, zawierają jeszcze około 2% całkowitej produkcji tlenków azotu.

* * *

Na zakończenie podaję krótkie zestawienie ważniejszych cech charakterystycznych tych nowych urządzeń absorbcyjnych, oraz dat doświadczalnych, dotyczących ich budowy i działania.

Cechy charakterystyczne:

1) Zastosowanie drobnoziarnistego wypełnienia absorbcyjnego i zraszanie go zapomocą zwartej masy cieczy, zatapiającej po kolei, podczas swego opuszczania się na dół, poszczególne części warstwy absorbcyjnej. Jedynie tym sposobem uzyskuje się maksymalną powierzchnię absorbcyjną, peryodycznie przemywaną cieczą.

2) W większych aparatach gazy przechodzą przez wypełnienie w kierunku poziomym, przez co zyskuje się możliwość zraszania jedną i tą samą cieczą wysokich warstw absorbcyjnych, stosując jednocześnie racjonalnie małe grubości ich w kierunku przepływu gazów.

Daty doświadczalne:

1) Najkorzystniejsza wielkość oddzielnych ziarenek wypełnienia wynosi od 0,1 do 0,2 cm^3 .

2) Szybkość przepływu gazów jest odpowiednia w ilości 2 m^3 na godzinę na każdy dm^2 przekroju wypełnienia, liczonego w kierunku prostopadłym do kierunku przepływu gazów.

3) Grubość 30 cm warstwy absorbcyjnej w kierunku przechodzenia gazów zupełnie wystarcza. Większa grubość nie może już być należycie wyzyskana.

4) 1 dm^3 wypełnienia wystarcza w zupełności do zaabsorbowania 0,67 m^3 gazu na godzinę o dowolnej koncentracji, o ile ciecz zraszająca nie jest już zbyt nasycona, lub samo działanie gazu na ciecz nie odbywa się zbyt powolnie ¹⁾.

¹⁾ Daty powyższe sprawdzono na podstawie wzajemnego działania dwutlenku azotu i rozcieńczonego roztworu alkalicznego (stosowano z dobrym skutkiem i roztwór węglanu sodu), cyanowodoru i rozcieńczonego ługu potasowego lub sodowego, bezwodnika kwasu węglowego i rozcieńczonego ługu sodowego, pary wodnej i stężonego kwasu siarkowego. Prócz wymienionych działań, sprawdzone zostały działania mleka wapiennego na cyanowodor i bezwodnik kwasu węglowego, chociaż o użyciu omawianego systemu absorbcyjnego do

5) Spadek ciśnienia gazów na warstwie wypełnienia 30-centymetrowej, przy normalnej prędkości 2 m^3 gazu na 1 dm^2 przekroju wypełnienia, wynosi $1,6 \text{ mm}$ słupa wody.

6) Objętość cieczy zraszającej, wylewanej jednorazowo na warstwę absorbcyjną, wynosić powinna przynajmniej 11% całkowitej objętości tej warstwy.

7) Prędkość wylewania cieczy zraszającej ma być tak regulowana, aby na każdy dm^2 poziomego przekroju wypełnienia wylewano przynajmniej $0,7 \text{ l}$ na sekundę.

BRAK OPAŁU W BORYSLAWIU.

Poprzedniej zimy dawał się w Boryslawiu dotkliwie odczuwać brak opału na popęd kopalń. Obecnej zimy będą pod tym względem stosunki znacznie gorsze z powodu zwiększonego ruchu wiertniczego.

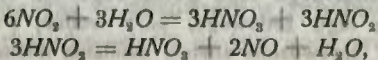
W ciągu roku 1916. wzrosła ilość szybów w ruchu będących ze 194 na 324 t. j. około 57% . W pierwszym półroczu 1917. wzrost ten wynosił tylko 10% . Przyjmując że w przyszłości przyrost ten stale się utrzyma (na podtrzymanie obecnej produkcji jest on za mały), stosunek zapotrzebowania do produkcji gazu przedstawi się na przyszłość jak na podanym diagramie uwidoczniono. Z będących do dyspozycji ilości gazu potrącić należy gaz eksportowany rurociągami po za obręb kopalń. Ilość ta wynosi około $40,000,000 \text{ m}^3$ rocznie, do czego doliczyć należy około $8,000,000 \text{ m}^3$ rocznie na popęd tłoczni, tak, że razem zużycie gazu na eksport wynosi $4,000,000 \text{ m}^3$ miesięcznie. Z podanego diagramu wynika (ryc. str. 93), że z początkiem roku 1917. produkcja gazu w Boryslawiu wystarczała na popęd kopalń i pokrycie eksportu. Wobec jednak uruchomienia zastanowionych wskutek inwazyi szybów stosunki zaczęły się pogarszać, tak, że obecnie miesięczny deficyt gazu wynosi około $8,000,000 \text{ m}^3$ a w styczniu 1917. osiągnie prawdopodobnie ilość 12 milionów metrów kubicznych miesięcznie.

Środkiem zaradczym na przyszłość jest ekonomizacja zużycia gazu i w tym kierunku poczyniono już daleko idące przygotowania przez rozpoczęcie budowy wielkich elektrowni mających dostarczać prądu do popędu kopalń. Urzeczywistnienie tych projektów nastąpi dopiero za rok lub dwa lata i z tego powodu elektryfikacja nie da na najbliższy czas żadnego polepszenia istniejącego braku opału.

Jeżeli natychmiast nie zabezpieczy się potrzebnej ilości opału, ruch na kopalniach będzie musiał być zredukowany, z czem połączone będzie stałe zmniejszanie się obecnej produkcji ropy.

ostatnich dwóch kombinacji nie może być mowy, a to z powodu łatwego zamulania się wypełnienia absorbcyjnego.

Przy kombinacji dwutlenku azotu i wody, związana wodą część tlenków azotu wynosi 67% całkowitej ilości ich, przechodzącej przez warstwę absorbcyjną. Wynik ten zgadza się z teorią według równania:



czyli dwie trzecie cząsteczek NO_2 przechodzi w kwas azotowy.