ciskał piętna Swej własnej, dużej indywidualności na Swych słuchaczach i współpracownikach. On cieszył się z rozwoju ich własnej odrębnej indywidualności, wspierał ich własne wysiłki i zamiłowania twórcze, pozostawiał im niezwykłą swobodę pracy i swobodę wyboru metody. Od współpracowników domagał się tylko dwu uzdolnień, a mianowicie uzdolnienia współpracy z innymi, t. j. pracowania zespołem dla osiągnięcia wspólnego, ustalonego celu i pewnego podporządkowania własnych interesów tam, gdzie dominował wyższy interes społeczny lub państwowy.

Z tej „szkoły" Profesora Mościckiego czerpiemy dziś wielu wysoce wartościowych ludzi, inżynierów i chemików; „szkołą" Profesora Mościckiego utrzymujemy przy życiu w tak niezwykle trudnych czasach przedewszystkiem obie wielkie fabryki azotowe w Mościcach i w Chorzowie.

Profesor Mościcki znajdował jednak czas dla wszystkich. W Jego gabinecie dyrekcyjnym częstymi gośćmi byli robotnicy. W tym stosunku nie było kwestyj małoważnych. On wysłuchiwał każdego i starał się wmyśleć w jego sytuację. W takiej atmosferze stosunki między robotnikami a kierownictwem fabryki w Chorzowie w latach 1922 — 1926 układały się szczególnie dobrze i poprawnie. Istniało wzajemne zrozumienie i wzajemne zaufanie. „Lojalność musi być dwustronna" mówił Profesor Mościcki, mając na myśli ścisłe przestrzeganie zobowiązań i umów, zawieranych między pracodawcą a pracobiorcą. To też robotnicy chorzowscy gorąco kochali swego „Profesora". Profesor Mościcki wierzył bowiem, że najważniejszym elementem powodzenia lub niepowodzenia każdego przedsięwzięcia są ludzie, to też usiłował wzbudzić przywiązanie do warsztatu pracy u każdego, choćby najmniejszego współpracownika.

Wreszcie można wspomnieć, że Profesor Mościcki zawsze przywiązywał dużą wagę do stosunku jednostki do Państwa. Był osobiście szczęśliwy, że może realizować Swą wielką ideę rozbudowy przemysłu azotowego dla Polski; że może uratować Chorzów od zagłady właśnie dla Państwa polskiego. Choć nieraz wyłaniały się bardzo ponętne osobiście perspektywy, zawsze, z całym naciskiem zwalczał myśl wyrwania Chorzowa i problematu azotowego z rąk Państwa. Wszystkie własne pomysły, patenty i ulepszenia, oddawał bezinteresownie na rzecz Państwa i przedsiębiorstwa państwowego, a Chorzów i Mościce korzystają z tego prawa dość obficie. Podobnego stosunku wymagał zawsze od Swoich współpracowników.

Można powiedzieć, że dziś—dzięki Profesorowi Mościckiemu, dzięki Jego niezłomnej pracy — gospodarstwo społeczne Polski jest całkowicie niezależne od zagranicy w zakresie azotowym. Posiada nietylko olbrzymie zakłady produkcyjne, których strona techniczna i organizacyjna wytrzymuje porównanie w najwyższej skali międzynarodowej, ale ponadto posiada zespół kilkudziesięciu inżynierów, wpracowanych w to potężne zagadnienie do tego stopnia, że każdy nowy problemat w tej dziedzinie może być i będzie w przyszłości rozwiązany samodzielnie, siłami polskiemi.

Może być, że dziś nie oceniamy jeszcze należycie czem jest rozwiązanie problematu azotowego dla nowej Polski w okresie, w którym z natury rzeczy tylko nieliczne problematy pozytywnie zostały rozwiązane. Ale przyjdzie czas, w którym cała Polska zrozumie, jak wielkie zadanie zostało pomyślnie rozwiązane pracą u podstaw przez jednego człowieka:

Profesora Ignacego Mościckiego.

Techniczno-naukowe prace Pana Prezydenta R. P. Profesora dr. h. c. Ignacego Mościckiego na polu przemysłu nieorganicznego

Doc. dr. inż. Ludwik WASILEWSKI

W ciągu swej niezwykle intensywnej działalności twórczo-naukowej Pan Prezydent R. P. Ignacy Mościcki interesował się licznemi dziedzinami życia przemysłowo-technicznego, które różniły się niejednokrotnie między sobą zarówno charakterem, jak też i zakresem obejmowanych zagadnień.

We wszelkich jednakże pracach Pana Prezydenta widać zasadniczą wspólną cechę, mianowicie zupełnie oryginalną i zupełnie swoistą metodykę tworzenia koncepcji rozwiązywanych problemów i nadawania im technicznego wyrazu.

Najserdeczniejszą, jeśli tak możnaby określić, domeną myślenia i twórczości technologicznej Pana Prezydenta jest przedewszystkiem aparatura. Przebija się to we wszystkich Jego pracach w tym pietyźmie i w tej dokładności, z jaką analizuje możliwości rozwiązań problemów. Czy to wówczas, gdy chodziło o utlenianie azotu w łuku, czy też o absorbcję małych ilości gazów; czy o za-

chowawczą dystylację ropy, czy też o kondensatory elektryczne, prostowniki, lub wentyle elektryczne; czy o chlorowanie węglowodorów, rozwarstwianie emulsji ropnej, czy też o wyładowania wysokoczęstotliwe, czy o wymiar fabryczny, czy też o skalę laboratoryjną, — wszędzie i zawsze problem aparatury był decydujący i stawał się w koncepcji Pana Prezydenta kluczem pozytywnie rozwiązującym zagadnienie.

W dzisiejszym stanie nauk przyrodniczych jest rzeczą jasną, że przy wszelkich problemach technologicznych zagadnienie aparatury zarówno pod względem konstrukcji i wytrzymałości, jak i materjału, jest alfą i omegą uzyskania pomyślnego wyniku pracy.

Pan Prezydent posiada w tej dziedzinie uzdolnienie wręcz fenomenalne. Droga myślenia i dochodzenia do najlepszych, wprost genjalnych, rozwiązań konstrukcyjnych, jest niezwykle oryginalna i prowadzi z reguły nadzwyczajnemi skrótami myślowemi.

Dar przestrzennego widzenia najbardziej skomplikowanych procesów i konstrukcyj pozwala Panu Prezydentowi na bardzo szybkie tworzenie doskonałych urządzeń aparaturowych, stanowiących niejednokrotnie w swej prostocie, jasności i logice prawdziwe arcydzieła, wykończone najczęściej w wielkim fabrycznym wymiarze.

Studjum niektórych, szczególniej dawniejszych prac Pana Prezydenta, w ich ewolucyjnym rozwoju, jest niezmiernie pouczające. Wskazuje, jakiemi drogami myśl twórczego badania rozwija się i na jakie niebezpieczeństwa uwikłania może być narażona.

Pierwsze okresy Swej pracy poświęca Pan Prezydent problemom ściśle naukowym. Teoretyczne badania prowadzone w tym czasie tworzą niejako odrębną całość, obejmującą działy elektrofizyki i elektrotechniki. Prace te były z reguły później punktem wyjścia dla różnorakich pomysłów i rozwiązań całego szeregu problemów czysto technicznych, mających zwykle duże znaczenie dla postępu życia przemysłowego.

Jedną z wybitnych cech Pana Prezydenta jest Jego wyjątkowa zdolność do niezmiernie łatwego stosowania zasad i metod czysto naukowych do techniki i przemysłu.

Ta niezwykła umiejętność posługiwania się prawami nauk przyrodniczych przy rozwiązywaniu zagadnień technologicznych, w połączeniu z uporem, bezwzględną konsekwencją i niesłychaną pracowitością, pozwoliła na osiągnięcie tych świetnych rezultatów, których świadkami jesteśmy obecnie.

Ze szczególnem zamiłowaniem zabiera się zawsze Pan Prezydent do rozwiązywania problemów wielkich, w których całe działy czekają jakby na opracowanie. Jakkolwiek i tematy mniejsze interesują i absorbują Pana Prezydenta, to jednak niezdolne są one porwać i przejąć Go w tym stopniu, w jakim to czynią problemy wielkie.

Trudno określić, w której gałęzi techniki, wiedzy technicznej, czy nauki czystej, Pan Prezydent uzyskał najlepsze rezultaty i wykonał najdonioślejsze odkrycia. Zdaje się jednak, że największą część pracy Swego życia twórczego Pan Prezydent poświęcił technicznym zagadnieniom w zakresie wielkiego przemysłu nieorganicznego, a w tych znów dominują problemy naukowe z zakresu elektrofizyki i elektrochemji. W każdym razie od tej dziedziny zagadnień rozpoczął Pan Prezydent Swoją pracę.

* * *

W końcu dziewiętnastego stulecia zagadnienie „azotowe" stało się problematem, który, ze względu na swą niewątpliwą ważkość, bardzo silnie zajął żywsze umysły ówczesnego świata nauki i techniki*).

Szereg najwybitniejszych uczonych, przemysłowców i ekonomistów wskazuje na niebezpieczeństwo rychłego wyczerpania się saletry chilijskiej i podnosi konieczność jak najszybszego uzyskania innych źródeł związków azotu, z których możnabyłoby czerpać niezbędny dla rolnictwa produkt zastępczy.

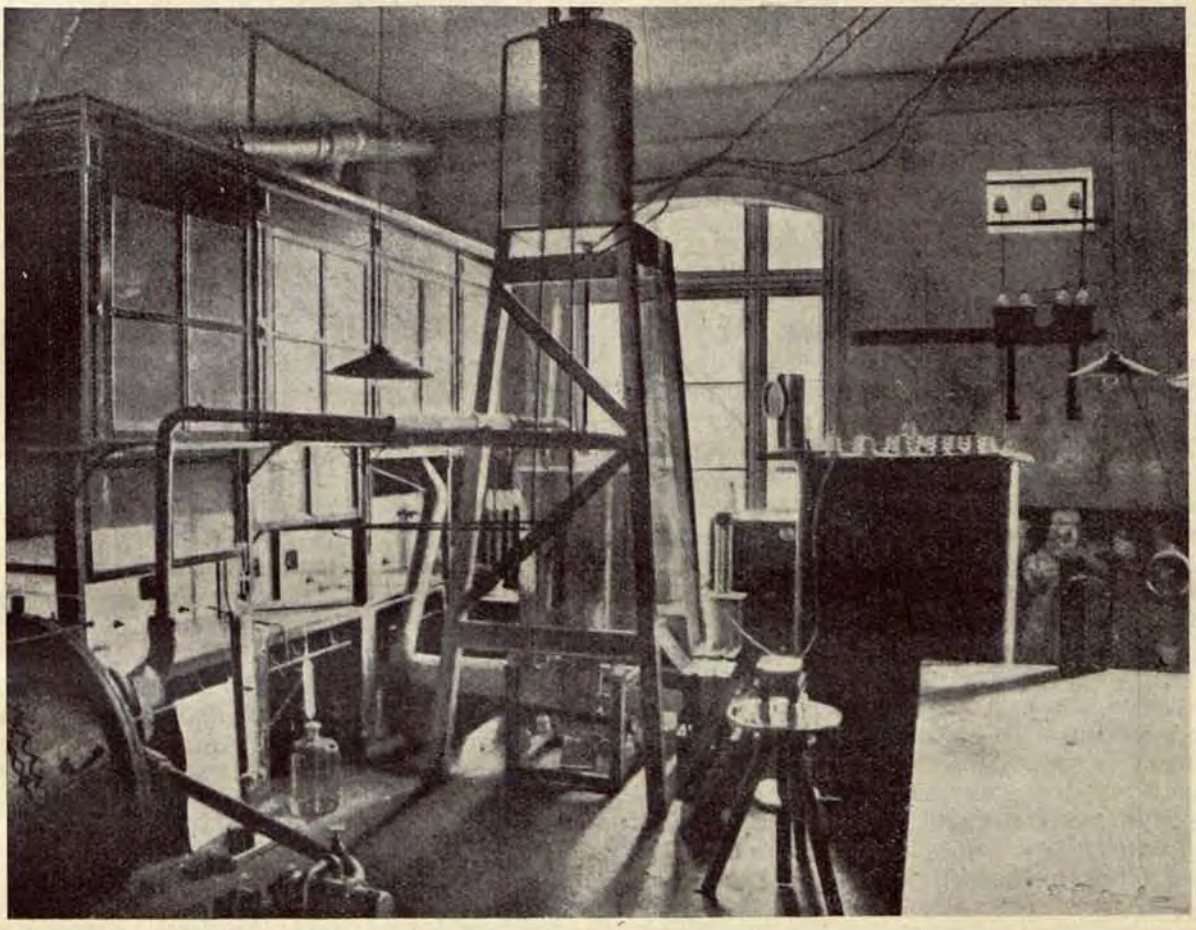
Ten problem silnie zainteresował również i Pana Prezydenta, pracującego podówczas w charakterze asystenta przy katedrze fizyki na Uniwersytecie w Fryburgu.

Dziedzina elektrofizyki i elektrotechniki, badaniom których poświęcił się młody uczony, stanowiła właśnie jedną z podstaw, na której można było oczekiwać, w tym zakresie w owych czasach, pomyślnych rozwiązań. Zagadnienie to było pierwszem wielkiem zadaniem, którem Pan Prezydent zajął się i na którem próbował Swych sił.

Jakkolwiek wpływ wyładowań elektrycznych na wiązanie azotu i tlenu był znany od czasów Cavendisha i Priestley'a, nikt jednak dotychczas tego rodzaju metody nie zastosował dla potrzeb przemysłowych. Należy sobie bowiem uświadomić, iż w owym czasie elektrotechnika stała na stosunkowo niskim poziomie, zaś operowanie prądem elektrycznym, a w szczególności prądem wysokiego napięcia było w stadjum zaczątkowem.

Całokształt fabrykacji kwasu azotowego z powietrza, opracowany we wszystkich szczegółach niemal wyłącznie przez Pana Prezydenta, dzieli się w zasadzie na dwie części. Pierwszą z nich jest produkcja tlenku azotu, która odbywa się podczas wyładowań łukowych w piecu elektrycznym, drugą zaś stanowi absorbcja otrzymanego w piecu tlenku i zamiana na kwas azotowy.

*) W zestawieniu niniejszych materjałów, współpracowali ze mną pp. inż. J. Z. Zaleski i inż. A. Kotowicz.



Rycina 1.
Wnętrze laboratorjum fizycznego Uniwersytetu we Fryburgu.

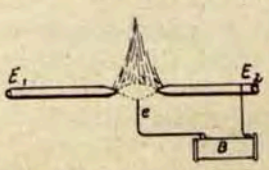
Pracę nad tem zagadnieniem rozpoczął Pan Prezydent od eksperymentów, do których stosował cewkę indukcyjną, zaopatrzoną w zwykły mechaniczny przerywacz. Przedewszystkiem chodziło o zapoznanie się z warunkami otrzymywania tlenku azotu, tworzącego się w czasie wyładowań elektrycznych. Pierwsze te badania trwały około 1 miesiąca.

Wyprowadzone na podstawie prac z tego okresu wnioski pozwalały mieć nadzieję, na możliwość technicznego zastosowania pomysłów, które jednak do realizacji wymagają dalszej pracy, dalszych eksperymentów.

Stanowisko asystenta przy katedrze fizyki Uniwersytetu we Fryburgu zajmowało jednak zbyt wiele czasu, a szczupłe stosunkowo fundusze nie pozwalały narazie na rozwinięcie pracy w należytem tempie. Intensywne próby i doświadczenia zostają dopiero przez Pana Prezydenta przeprowadzone w roku 1901, kiedy to, dzięki uprzejmości ówczesnego profesora we Fryburgu, p. Józefa Kowalskiego i pełnemu zrozumieniu rządu kantonalnego, oddano do celu tych badań obszerne laboratorjum w gmachu uniwersytetu, zaopatrzone bogato w aparaturę i energję elektryczną (rycina 1).

Tym razem dysponuje już Pan Prezydent prądem zmiennym o wyższem napięciu[1]). Jako generator prądu służy maszyna wysokiej częstotliwości (5000 — 6000 okresów/*sek*) systemu Thury, zbudowana przez „Compagnie de l'Industrie Electrique et Mécanique de Genève". Transformator o mocy 1 KW podnosił napięcie do 3000 V. Dodatkowe urządzenie z cewką indukcyjną pozwalało uzyskać łatwe zapalanie się łuku, a więc i lepsze wyzyskanie napięcia na końcówkach elektrod (rycina 2).

Natężenie prądu wytwarzającego płomień wynosiło 0,15 Amp. Spadek potencjału na elektrodach wahał się około 1400 V. W rezultacie otrzymywano jako wydajność średnią około 43,5 *g* HNO_3 z 1 KWG. Pan Prezydent,



Rycina 2.
e — elektroda pomocnicza;
E_1, E_2 — elektrody główne;
B — cewka indukcyjna.

[1]) I. Mościcki, „La production de l'acide azotique au moyen de l'air", Paris 1907.

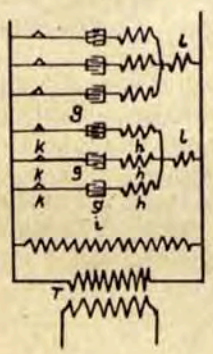
zachęcony temi dobremi rezultatami, uzyskanemi na względnie małej i stosunkowo prostej aparaturze, postanawia przejść z kolei do prób na skalę większą. Niestety, brak odpowiednich do tego środków finansowych staje temu chwilowo na przeszkodzie.

Dopiero później celem finansowania dalszych prac Pana Prezydenta tworzy się spółka pod nazwą „Société de l'Acide Nitrique à Fribourg". Kapitał Spółki w kwocie 90000 frs. był przeważnie kapitałem polskim.

Jednocześnie z rozpoczęciem pracy dla wspomnianego Towarzystwa opuścił Pan Prezydent zajmowane stanowisko asystenta przy katedrze fizyki we Fryburgu.

Pan Prezydent, podejmując się dla „Société de l'Acide Nitrique à Fribourg" rozwiązania takiego zagadnienia, jak otrzymywanie kwasu azotowego z wody i powietrza przy użyciu energji elektrycznej, doskonale zdawał Sobie sprawę z ogromu wysiłku, który Go czeka, to też pracował, jak to sam podaje[2]), nad tym problemem prawie bez wytchnienia. W ciągu dnia wykonywał eksperymenty, noce zaś spędzał na przygotowaniu teoretycznych podstaw do dalszych badań. Pierwszy etap tych prac należałoby raczej zaliczyć do badań elektrotechnicznych. Pan Prezydent starał się przedewszystkiem ustalić warunki jednoczesnego uzyskania wielu płomieni elektrycznych, zasilanych z jednego generatora wysokiej częstotliwości. Już w krótkim czasie przyszedł do przekonania, że stosowanie takich generatorów nie jest racjonalne z powodu dużego wydatku prądowego (mały spółczynnik wydajności prądnicy) oraz wysokiej ceny samej maszyny. Dlatego też Pan Prezydent przeszedł do stosowania przerywanego prądu stałego, choć doskonale jednocześnie zdawał Sobie sprawę, że i takie rozwiązanie nie jest odpowiednie również do rozwinięcia na skalę techniczną.

W następnej z kolei serji doświadczeń został zastosowany generator prądu o normalnej częstotliwości. Napięcie prądu było przez



Rycina 3.

T — transformator;
K — płomień łuku elektrycznego;
g — kondensator;
h — cewka samoindukcyjna;
l — cewka samoindukcyjna (duża);
i — cewka samoindukcyjna.

transformator T (rycina 3) podniesione do 50 000 V. Aby uzyskać częstotliwość prądu 6000 — 10 000 okresów/*sek*, postanawia Pan Prezydent zastosować odpowiedni układ cewek samoindukcyjnych i kondensatorów.

Okazało się jednak, że wówczas ani w technice nie było odpowiednich kondensatorów na wysokie napięcie, ani teoretycznie potrzebny materjał nie był przygotowany. Zupełnie zatem ubocznie zabiera się Pan Prezydent do opracowania potrzebnych kondensatorów i przeprowadza w tej dziedzinie specjalne studja i doświadczenia. Badania te okazały się niezmiernie cenne i ważne zarówno dla samej rozbudowy problemu azotowego, jak też i dla teorji oraz praktyki elektrotechnicznej[3]).

Dalsze badania Pana Prezydenta prowadzone już tym razem na 25 KW instalacji pozwoliły zorjentować się nietylko w wielu szczegółach budowy elektrotechnicznych urządzeń, lecz doprowadziły do cennych obserwacyj natury chemiczno-technicznej. Mianowicie[4]):

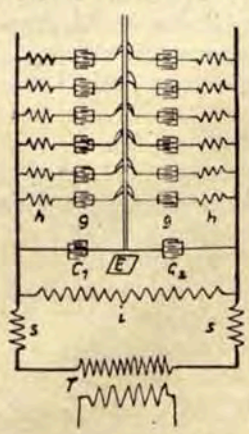
1) utlenienie NO t. j. przejście tego na NO_2 wymaga względnie długiego czasu;

2) nawet bardzo rozcieńczone tlenki azotu można absorbować przez odpowiednią instalację wież absorbcyjnych;

3) 60% HNO_3 pozbawiony zupełnie HNO_2 może być uzyskany przez absorbcję gazu wodą o 60°;

4) wydajność wzrasta o około 20% przez dodanie do powietrza wybuchowej mieszaniny wodoru i tlenu w ilości około 5%.

Wobec tego, że głównym celem Towarzystwa finansującego badania Pana Prezydenta była produkcja HNO_3 na skalę przemysłową, postanowiono z kolei zbudować aparaturę większą, tym razem o mocy około 100 KM. Ta mała próbna fabryczka zbudowana została w Vevey i uruchomiona po raz pierwszy na jesieni 1903 r. Jako źródło prądu zastosowano tym razem generator prądu zmiennego 3600 V, 50 okresów. Transformator 75 KWatowy podnosił napięcie do 50 000 V. Piec elektryczny był już stosunkowo dużych wymiarów. Średnica jego wynosiła 1,5 *m*, wysokość zaś 4,6 *m*. Początkowo zastosowany układ połączeń okazał się niezupełnie zadowalający i dlatego też Pan



Rycina 4.

hh—cewki samoindukcyjne; *g*, C_1, C_2—kondensatory; T—transformator; SS—cewki; E—ziemia; *i*—cewka samoindukcyjna duża.

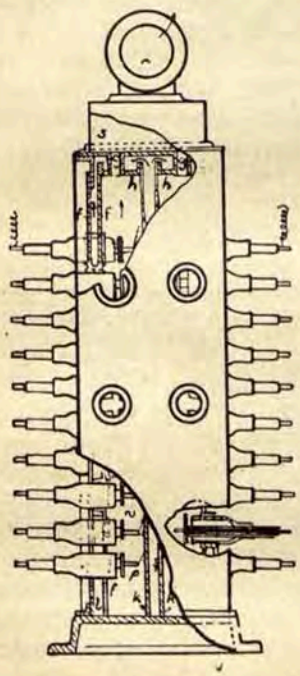
[2]) Przemysł Chem. 6, 175, (1922).

[3]) Na podstawie przeprowadzonych w tej dziedzinie badań uzyskał Pan Prezydent cały szereg patentów, dla eksploatacji których została założona fabryka we Fryburgu pod nazwą „Société Générale de Condensateurs Électriques à Fribourg". Ten dział prac Pana Prezydenta jest dokładnie omówiony w artykule p. prof. Drewnowskiego.

[4]) Revue électr. 30.X (1907).

Prezydent zmienił go na inny (rycina 4). Ten ostatni pozwalał na pracę ciągłą i prawie zupełnie automatyczną.

Przekrój podłużny pieca elektrycznego przestawia rycina 5. Zewnętrzną częścią pieca jest płaszcz z blachy żelaznej, w którym tkwią elektrody w dziesięciu poziomych rzędach. W każdym rzędzie jest dziewięć elektrod. Wewnątrz pieca znajduje się jedna wspólna uziemiona elektroda, wykonana w postaci walca aluminjowego. Elektrody boczne są izolowane od samego pieca. Powietrze wtłaczane od spodu pieca, przed wejściem w sferę wyładowań ogrzewało się uprzednio, przechodząc przez rury *l* i wnętrze wspólnej elektrody, skąd po przejściu przez płomień kierowane było do góry pieca i wędrowało do aparatów absorbcyjnych. Wobec tego, że każda sekcja wyładowania prądu była podzielona nie-



Rycina 5.

l — wlot powietrza; *ff* — ściany rury prowadzącej powietrze z *l*; *hh* — ściany elektrody środkowej; *kk* — otwory wylotowe powietrza z elektrody środkowej; S — wylot gazów z pieca; *pp* — elektrody; *r* — izolatory; *n* — płytki mikowe.

jako na połowę wspólną uziemioną elektrodą aluminjową, izolacja użyta do budowy pieca mogła być obliczona na połowę wysokości stosowanego do pieca napięcia, t. zn., że uwzględniono napięcie 25 000 V, mimo stosowanych 50 000 V. W obwodzie każdego płomienia znajdowała się cewka samoindukcyjna *h* i kondensator *g* (rycina 4). Pojemność obwodu wynosiła 0,01 mikrofarada, samoindukcja zaś 0,03 Henry. Odległość poszczególnych elektrod od wspólnej środkowej wynosiła 4 *cm*. Każdy obwód wyładowania zużywał około 0,05 A. Płomień tworzył się między końcówką elektrody *p* i wspólną elektrodą aluminjową *h*. Aby uchronić elektrody od intensywnego promieniowania stosowano płytki z miki *n*. Wzdłuż zewnętrznej ściany pieca rozmieszczone były okienka z miki pozwalające obserwować jego wnętrze.

Tlenek azotu uzyskiwany na tym piecu był pochłaniany w odpowiedniej baterji wież absorbcyjnych.

Mimo, że piec ten pracował zupełnie zadowalająco, nie mógł się Pan Prezydent zgodzić na uznanie go za doskonały i w dalszym ciągu starał się go ulepszyć. Po dłuższej obserwacji pracy pieca postanowił Pan Prezydent zastosować nowe pomysły do samej konstrukcji aparatu. Powodem tych postanowień była w pierwszym rzędzie wysoka cena instalacji, a to głównie z racji stosowania wysokiego napięcia.

Chcąc koszty instalacji obniżyć, należało stosować więcej energji na poszczególnym płomieniu, aby tem samem zwiększyć zdolność przetwórczą aparatu. Ta droga, jak się okazało, nie była jednak właściwa, stwierdzono bowiem, że wraz ze wzrostem energji w płomieniu zmniejsza się wydajność obliczona na 1 KWG. Między innemi, powodem tego było przesunięcie faz, zwiększające straty energetyczne wraz ze wzrostem mocy, zużywanej w poszczególnym płomieniu.

W tym mniej więcej czasie wychodzą prace[5]) nad stanem równowagi pomiędzy N_2, O_2 i NO w wysokich temperaturach. Z prac tych wynika, że im wyższa jest temperatura, tem większa staje się koncentracja NO, czyli równowaga przesuwa się na prawo w równaniu reakcji:

$$N_2 + O_2 \rightleftarrows 2NO.$$

Ażeby tedy dojść do możliwie dużej koncentracji NO w gazach poreakcyjnych, powinno się zastosować możliwie wysoką temperaturę płomienia elektrycznego. W praktyce jednakże gazy po wyjściu ze sfery wysokich temperatur stopniowo ochładzają się, a tem samem i utworzony już NO ma warunki rozkładania się do koncentracyj, odpowiadających właśnie owym niższym temperaturom. Szybkość tego rozkładu, jak i tworzenie się tlenku azotu, zależy bowiem również od temperatury. Im niższa jest temperatura, tem mniejszą staje się szybkość rozkładu, a poniżej 1000° jest już ona tak mała, że, praktycznie rzecz biorąc, pozostaje zupełnie bez znaczenia.

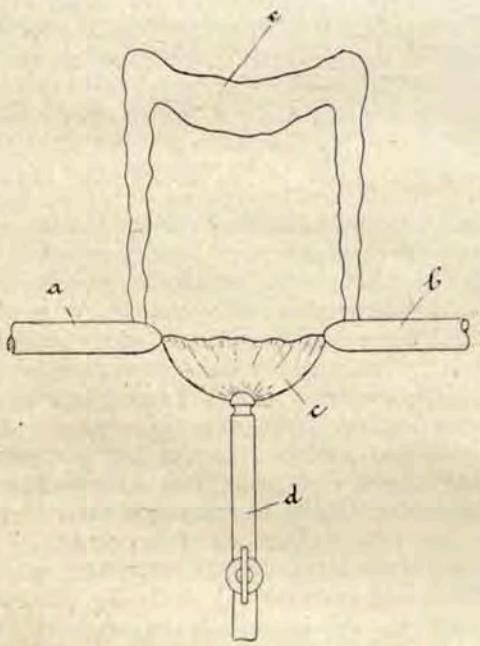
Płomień uzyskiwany w dotychczas stosowanym przez Pana Prezydenta piecu nie odpowiadał tym warunkom, posiadał bowiem całą skalę temperatur od najniższych do najwyższych.

Ostatnią wreszcie przyczyną, która skłoniła Pana Prezydenta do zarzucenia dotychczasowej koncepcji, była wiadomość o rezultatach uzyskiwanych przez Birkelanda i Eydego. Pan Prezydent otrzymał w tym czasie tłómaczenie komunikatu wygłoszonego przez Siegfrieda Edströma na Kongresie w Saint Louis w 1904 r., z którego miało wynikać, że Birkeland i Eyde otrzymują wydajność około 900 *kg* HNO_3 z 1 KW-roku, a więc trzykrotnie większą od uzyskiwanej na dotychczasowym piecu Pana Prezydenta.

[5]) Nernsta oraz Muthmanna i Hofera.

Jak się później okazało, informacje te były nieścisłe i mocno przesadzone, rezultaty uzyskiwane przez Birkelanda i Eydego nie były bynajmniej lepsze aniżeli uzyskane w Vevey. W każdym razie otrzymana wiadomość była dla Pana Prezydenta bodźcem, by ostatecznie zacząć realizować Swe nowe pomysły.

Opierając się na rezultatach prac o równowadze między N_2, O_2 i NO, postanowił Pan Prezydent pracować płomieniem o jaknajwyższej temperaturze ostro ograniczonej, a więc możliwie bez całej skali temperatur zniżających się. Zanim jednak można było przystąpić do rozwiązania tego zadania należało pokonać inną jeszcze trudność, a mianowicie możność uzyskania płomienia niegasnącego na dostatecznie dużej przestrzeni i przy, stosunkowo do zaprojektowanej odległości elektrod, niewysokiem napięciu.



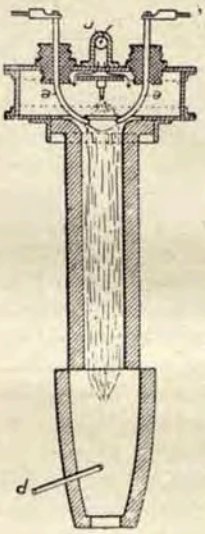
Rycina 6. (do patentu szwajcarskiego 33694)
a, b — elektrody; *c* — płomień gazowy; *d* — palnik gazowy; *e* — łuk elektryczny.

W tym celu wykonał Pan Prezydent najpierw urządzenie przedstawione na rycinie 6. Ten pomysł został również opatentowany[6]).

Rycina 7.
$E_1 E_2$—elektrody.

Wychodząc z założenia, że każdy płomień daje mniej lub więcej zjonizowane powietrze, przez które już łatwo może nastąpić wyładowanie elektryczności w formie łuku — stosuje Pan Prezydent płomień palnika motylkowego, wstawionego między elektrody wysokiego napięcia. Już w pierwszych próbach realizacji tego pomysłu (rycina 7) udaje się na odległości 5 *cm* między elektrodami przepuszczać prąd o dużem stosunkowo natężeniu, a mianowicie 4 A przy względnie niskiem napięciu.

Aby przekonać się o praktycznych wartościach przerobionych prób skonstruował Pan Prezydent nowy piec elektryczny (rycina 8), którego główną cechą była spokojna praca niegasnącego płomienia. Jakkolwiek piec ten posiadał tylko jedną sekcję wyładowania prądowego, zużywał on jednak 6 KW, co było bardzo dużym krokiem naprzód w porównaniu z poprzedniemi układami, w których trudno było na jednej sekcji wyładowania przekroczyć moc 500 wattów.



Rycina 8.
ee — elektrody; *r* — rurka doprowadzająca sprężone powietrze; *p*—porcelanowa rura, odprowadzająca gazy do analizy.

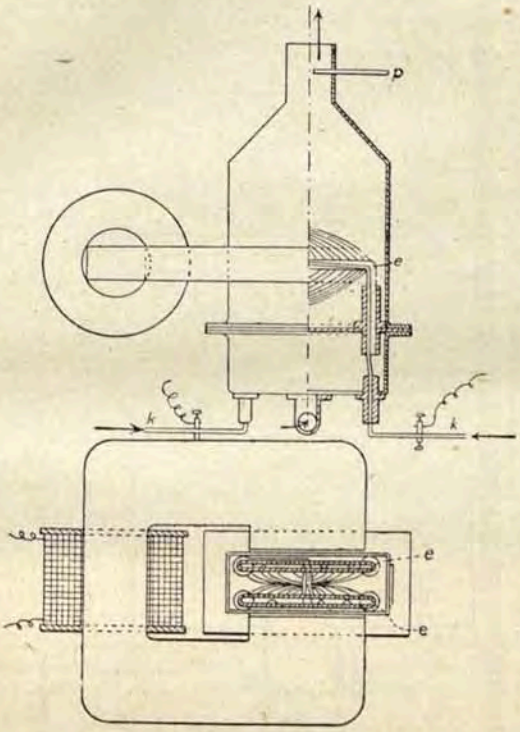
Wydajność uzyskana na tym piecu wynosiła jednak tylko około 40 *g* HNO_3/KWG. Jeśli jednak wziąć pod uwagę względnie małą moc pieca, jako całości, to uzyskany rezultat wskazywał, iż idea sama jest słuszna i pozwala przypuszczać, że na odpowiednio większej instalacji wzrośnie również i wydajność. Należało zarazem na podstawie tych wyników sądzić, że musi istnieć jeszcze jakiś czynnik, który przeszkadza otrzymaniu spodziewanych rezultatów.

Obserwując gołem okiem płomień w swym ostatnim piecu, przyszedł Pan Prezydent do wniosku, że jednak nie odpowiada on stawianym wymogom, gdyż sfera niskich temperatur płomienia zajmuje w dalszym ciągu zbyt dużą część wnętrzą pieca. Zastanawiając się tedy dalej nad zagadnieniem płomienia o jednolitej wysokiej temperaturze z możliwie małą strefą coraz niższych temperatur, Pan Prezydent doszedł do koncepcji płomienia ruchomego, otrzymywanego pod wpływem prądu zmiennego w silnem polu elektromagnetycznem. Koncepcja ta opiera się na zasadzie, że łuk elektryczny, jako przewodnik prądu zmiennego, umieszczony w polu magnetycznem, którego linje sił krzyżują się z kierunkiem prądu, zmuszony zostaje do ruchu. W tych warunkach cała aureola pośrednich temperatur powinnaby zniknąć, a otrzymywałoby się jedynie wąsko ograniczoną sferę najwyższej temperatury. Rycina 9 przedstawia wygląd zewnętrzny i przekrój takiego pieca.

Elektrodami *e* były dwie rury miedziane

[6]) Pat. szwajc. 33694.

zgięte w kształcie odwróconej litery U. Część pozioma elektrod wynosiła około 20 *cm*, odległość między niemi 4 *cm*. Gaz dla motylkowych płomyków gazowych doprowadzany był przez same elektrody. Płomyki tworzyły więc jakby most między elektrodami. Komora pieca miała przekrój prostokątny i była stosun-



Rycina 9.

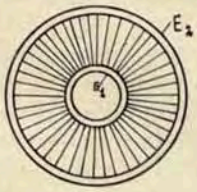
ee — elektrody; *kk* — przewodniki prądu elektrycznego; *p* — rurka odprowadzająca gazy do analizy.

kowo małych rozmiarów. Powietrze wprowadzano od dołu, odprowadzano górą. Prąd zmienny o napięciu 4500 V i częstotliwości 60 okresów na *sek* doprowadzano do przewodników *k*. Przez *p* pobierano próby gazu do analizy.

Pod wpływem działania elektromagnesu płomień wyładowania zmiennego prądu elektrycznego przyjmował kształt, jak widać na rycinie. Linje sił pola magnetycznego są poziome i przecinają przestrzeń między elektrodami pod kątem prostym.

W początkach 1905 r. piec był gotów do pracy. Okazało się jednak, że już po 15 minutach od chwili uruchomienia trzeba było go gasić. Temperatura wnętrza była tak wysoka, iż w płomieniu wyraźnie występował zielony kolor soli miedzi. Widocznie samo chłodzenie powietrzem, dotychczas stosowane na poprzednich piecach, było w tym wypadku niedostateczne i trzeba było pomyśleć o innej konstrukcji, uwzględniającej i ten czynnik.

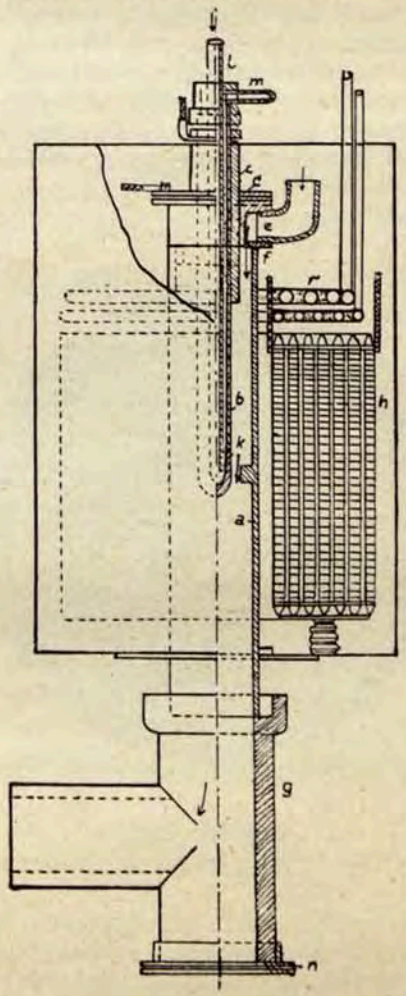
Rozważania nad dotychczas uzyskanemi rezultatami nasunęły Panu Prezydentowi myśl stworzenia wirującego płomienia elektrycznego. Mianowicie, o ile łuk elektryczny będzie uzyskiwany pomiędzy elektrodami współśrodkowemi (rycina 10), a linje sił pola magnetycznego będą biegły prostopadle do kierunku prądu, a więc równolegle do osi układu współśrodkowych elektrod, to ruch płomienia stanie się istotnie wirowym, przyczem środkiem wirowania będzie elektroda wewnętrzna.



Rycina 10.

E_1 i E_2 — koncentryczne elektrody.

W tej koncepcji pieca mógł Pan Prezydent usunąć jednocześnie za jednym zamachem jeszcze jedną wadę poprzednich konstrukcyj, mianowicie konieczność podtrzymywania ciągłości palenia się łuku przy pomocy czynnika zewnętrznego, jakim był płomyk gazowy. Elektrody bowiem współśrodkowe

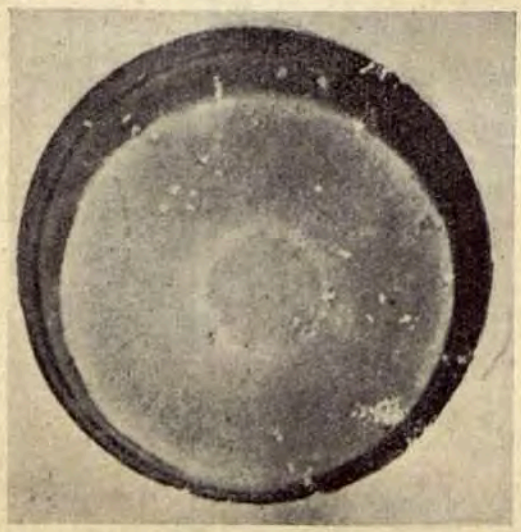


Rycina 11.

a — elektroda zewnętrzna; *b* — elektroda wewnętrzna; *d* — pokrywa; *c* — rura z piaskowca; *e* — wlot powietrza; *f* — przejście dla powietrza; *g* — rura odprowadzająca gazy; *h* — cewka elektromagnetyczna; *r* — wężownica chłodząca; *l* — wlot wody chłodzącej elektrodę środkową; *m* — wylot wody chłodzącej; *k* — nadlew ułatwiający zapalenie pieca; *n* — płytka mikowa.

mogły być w jednem miejscu przysunięte do siebie dostatecznie blisko n. p. przez odpowiedni występ, ażeby przy względnie niskiem napięciu (3000—5000 Volt) spowodować powstanie łuku, który, będąc spychany gazami przepływającemi, mógłby się rozprzestrzeniać, nie gasnąc, aż do szerokości rozstawienia elektrod.

Rycina 11 przedstawia pierwszy piec skonstruowany na podstawie tych rozważań. Elektrodami są tu dwa cylindry miedziane *a* i *b* o średnicy 15 *cm* i 6 *cm*. Elektroda wewnętrzna *b* umocowana za pośrednictwem izolatora do pokrywy *d*. Powietrze doprowadza się od góry przez rurę *e* a po przejściu przez sferę płomienia, kierowane jest do rury *g*, skąd znowu przechodzi do komory utleniającej (niezaznaczonej na rysunku). Cewka elektromagnesu *h* opiera się o dno zbiornika poprzez izolatory porcelanowe. Zbiornik napełniony jest olejem, mającym za zadanie chłodzenie całego urządzenia. Wymiana ciepła odbywa się za pośrednictwem wężownicy wodnej. Niezależnie od tego i elektroda wewnętrzna również chłodzona jest wodą. Aby ułatwić początkowe zapalenie pieca na elektrodzie *b* wykonany jest nadlew *k*, którego krawędź znajduje się w odległości 15 *mm* od elektrody *a*. Rycina 12 przedstawia zdjęcie płomienia widzianego



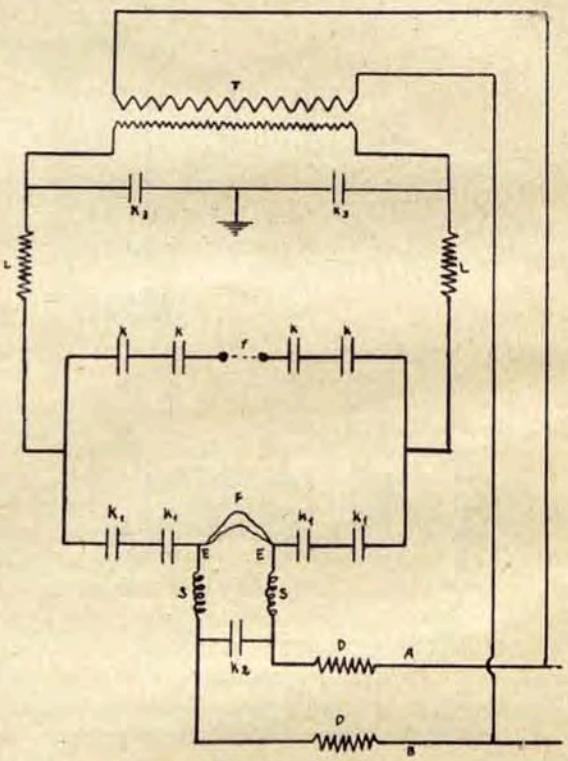
Rycina 12.
Fotografja wirującego płomienia elektrycznego.

od spodu pieca. Już przy napięciu 3000 V piec ten pracował zupełnie zadowalająco.

Dzięki układowi połączeń elektrycznych[7]), jakie z kolei Pan Prezydent obmyślił, udało się i sam piec znacznie udoskonalić, oraz pracę w dużym stopniu uprościć (rycina 13).

Mimo stosowania względnie niskiego napięcia w sieci A i B, dzięki odpowiedniej kombinacji obwodu wysokiego napięcia z niskiem, udaje się pracować z płomieniem, którego zapalenie nie nasuwa żadnych kłopotów. Układ ten pozwala w każdej chwili piec zatrzymać i w każdej chwili uruchomić go znowu.

Dzięki temu też układowi moc jednego pieca, posiadającego tylko jedną sekcję wyładowania, można było doprowadzić do 27 KW. Transformator T podwyższa napięcie z sieci A—B dziesięciokrotnie. Przeprowadzone do-



Rycina 13.
A i B—doprowadzenie prądu; E—elektroda; T—transformator; F—płomień łuku elektrycznego; K, K_1, K_2, i K_3—kondensatory; S—cewki samoindukcyjne; L—cewka indukcyjna bez rdzenia żelaznego.

świadczenia na tym piecu wykazały znaczną jego wyższość w porównaniu z poprzedniemi. Wydajność wynosiła powyżej 60 $gHNO_3$/1 KWG, i wzrastała z szybkością przepuszczanego powietrza. Dzięki zastosowaniu wirującego płomienia udało się znacznie obniżyć również temperaturę gazów opuszczających piec.

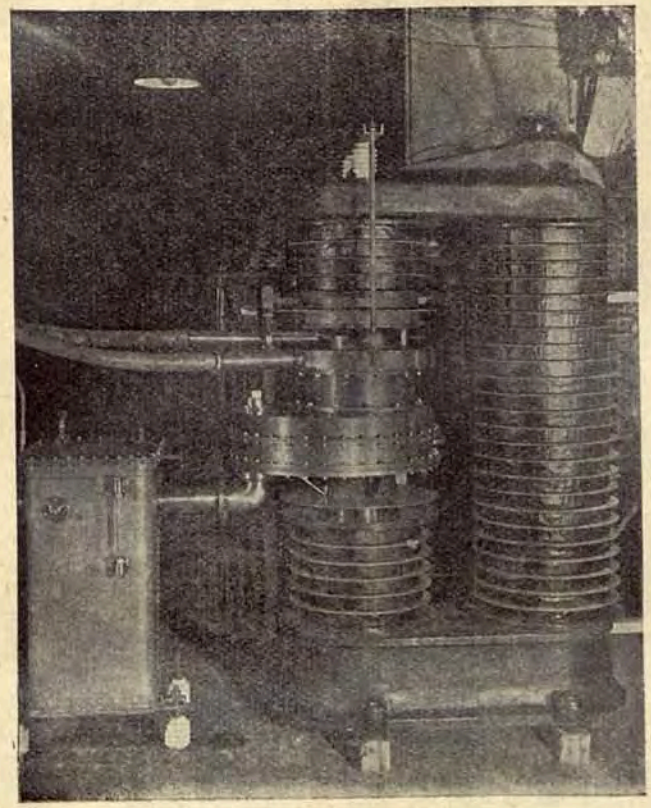
Przeliczając uzyskaną wydajność okazało się, iż wynosi ona conajmniej 525 $kg\,HNO_3$/1 KW-rok. Oczywiście, że przy użyciu pieca na skalę przemysłową, liczba ta powinna była znacznie wzrosnąć.

Następne pomysły udoskonalenia pieca elektrycznego przedstawiają rysunki 15[8]), 16[8]) i 17[9]).

Rycina 15 przedstawia odmianę pieca omówioną uprzednio na rycinie 9. I tu mamy płomyk gazowy i cewkę elektromagnetyczną

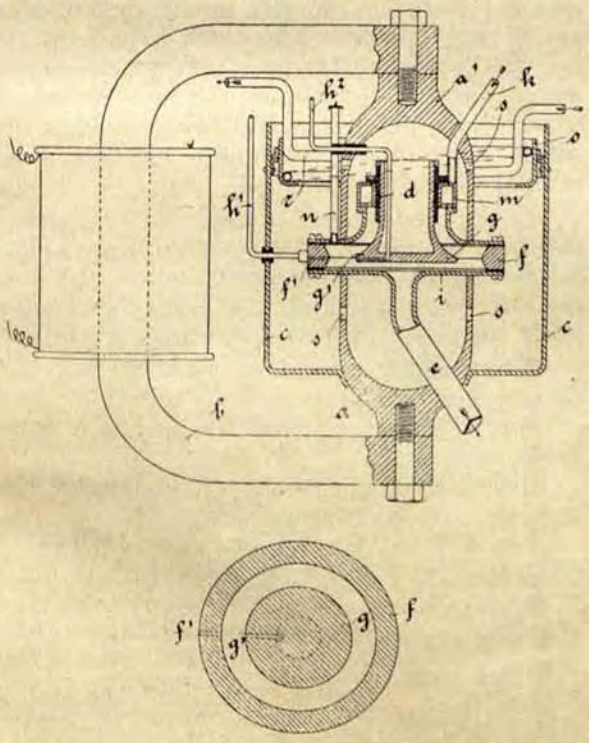
[7]) Patent niem. 184506.

[8]) Patent szwajc. 35840.
[9]) Patent franc. 380614.



Rycina 14 [10]).

Wygląd zewnętrzny pieca elektrycznego, użytego do ekspertyzy w roku 1908, na podstawie której „Aluminium Industrie A. G." przystąpiła do budowy fabryki kwasu azotowego w Chippis.



Rycina 15 (do patentu szwajcarskiego 35840).

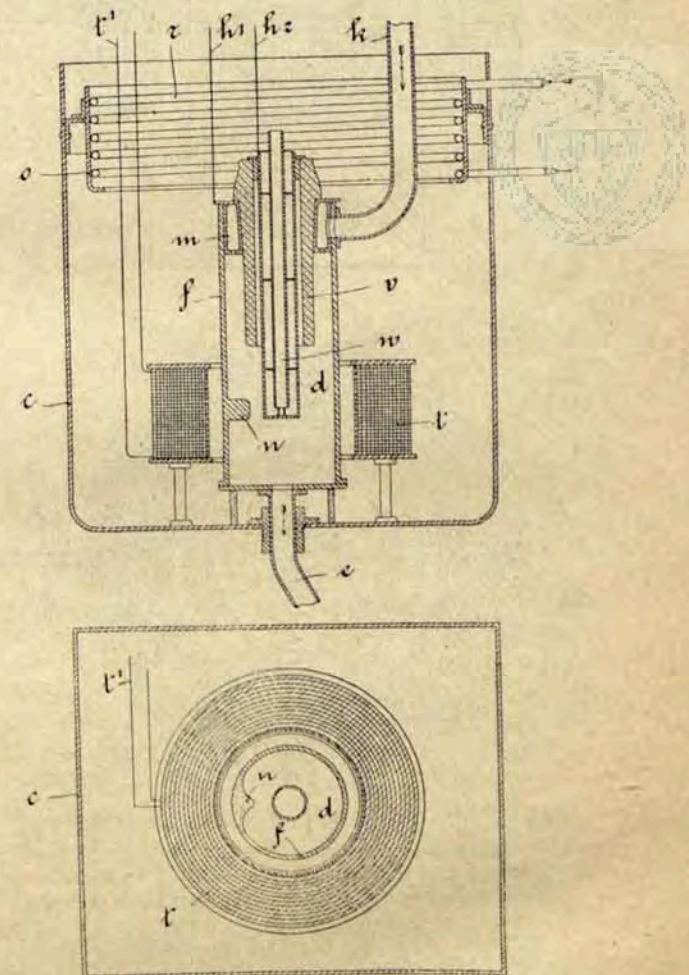
h_1 h_2 — doprowadzenie gazu świetlnego; b — elektromagnes; f i g — koncentryczne elektrody.

[10]) Przemysł Chem. 6, 128, (1922).

zarazem. Charakterystyczny jest zastosowany również tutaj współśrodkowy kształt elektrod.

Rycina 16 przedstawia odmianę pieca w zasadzie podobnie zbudowanego jak piec na rycinie 11. Różnica polega głównie na tem, że stosowana w tym wypadku cewka elektromagnetyczna ma znacznie mniejsze rozmiary. Należy również podkreślić inny sposób chłodzenia elektrody wewnętrznej. Na rycinie 17 widzimy znów pewną odmianę tegoż pieca. Tu zwrócono baczną uwagę na szybkie oziębianie gazów wychodzących, to też elektroda b w swej dolnej części posiada pionowe chłodzone kanaliki. Ze względów konstrukcyjnych cewka elektromagnetyczna znajduje się nazewnątrz komory pieca i nie jest już chłodzona. Obie elektrody mogą być chłodzone tem samem medium np. wodą, olejem.

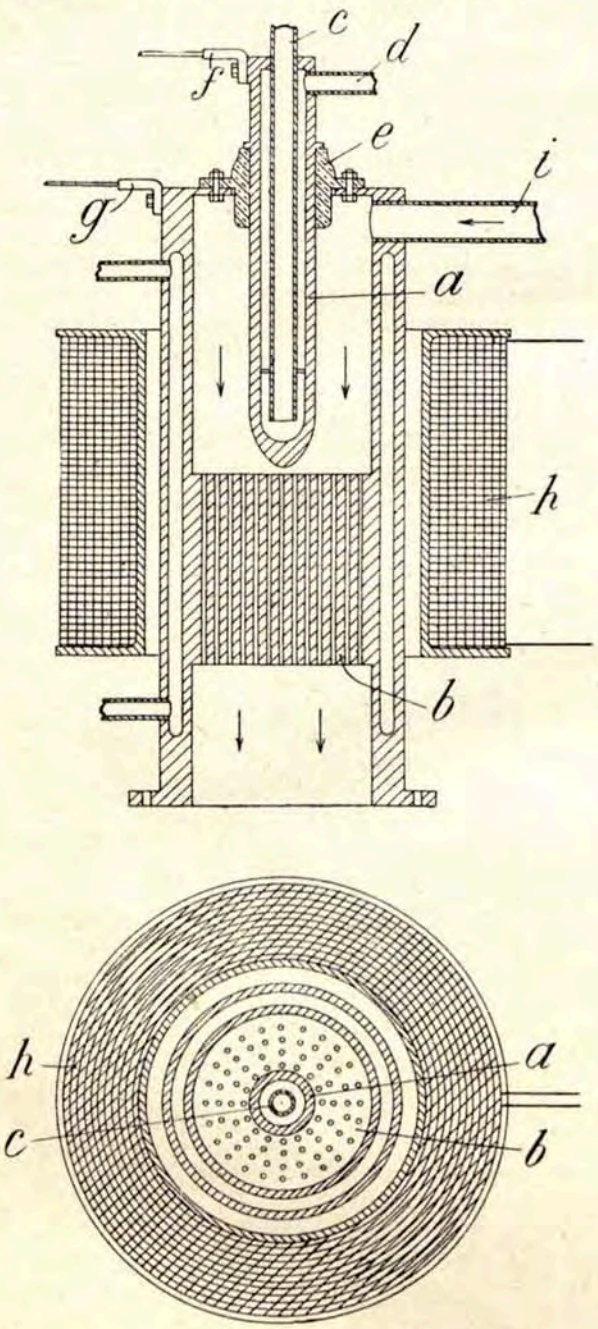
Ostatnio omówione patenty stanowiły poważną zdobycz techniczną i zostały zakupione przez szwajcarskie konsorcjum. Pan Prezydent jednakowoż, odstępując patenty zagranicznym kapitalistom, wyraźnie w umowie wyłączył tereny wchodzące dzisiaj w skład



Rycina 16 (do patentu szwajcarskiego 35840).

t — cewka elektromagnetyczna; f i d — koncentryczne elektrody; n — nadlew, ułatwiający zapuszczanie pieca.

Państwa Polskiego, pragnąc tutaj oddać swój dorobek do dyspozycji zbliżającej się zwycięskiej Polsce. Po odzyskaniu niepodległości zgłasza Pan Prezydent w Polskim Urzędzie Patentowym dwa patenty na najnowszy model pieca elektrycznego, w których ujmuje istotę swego wynalazku w sposób następujący [11]), [12]):



Rycina 17 (do patentu francuzkiego 380614).
a i *b* — elektrody; *h* — cewka elektromagnetyczna; *i* — wlot powietrza; *g* i *f* — doprowadzenie prądu; *c* — wlot wody chłodzącej; *d* — wylot wody chłodzącej; *e* — izolacja.

Patent Nr. 6371 brzmi:
„U dotychczas znanych pieców elektrycznych z wirującym pod wpływem pola magnetycznego płomieniem, zasilanym prądem zmiennym, zachodzi ponowne zapalanie się płomienia, konieczne przy każdorazowej zmianie prądu, przeważnie w tem miejscu, gdzie znajdował się płomień w ostatnim momencie przed swem zagaśnięciem i gdzie w następnej chwili występują jeszcze zjonizowane gazy.

Zdarza się jednak często, że właśnie w chwili, gdy prąd przechodzi przez punkt zerowy, zjonizowane gazy ulegną rozpędzeniu przez falę gazową, a to znacznie utrudnia ponowne zapalanie się płomienia. Ażeby mimo tych zjawisk utrzymać piec w ciągłym ruchu, jest niezbędnie koniecznem zastosować prąd o wyższem napięciu i pracować z większem przesunięciem fazy, co pociąga za sobą mniej korzystne wykorzystanie prądu.

Proponowano już zatem, by jednę elektrodę zaopatrzyć w rodzaj występu lub języczka zmniejszającego odległość elektrod w pewnem miejscu przestrzeni reakcyjnej, co ułatwia ponowne powstanie płomienia w tem miejscu, jednakże zastosowanie takiego występu wykazuję tę niedogodność że w tem miejscu największego zbliżenia elektrod płomień trwa zbyt długo w stosunku do czasu trwania jednego półokresu prądu zmiennego. Praktycznie było jednak rzeczą niemożliwą zwiększyć tak natężenie pola magnetycznego, pod którego działaniem płomień wiruje, aby za każdym razem płomień mógł z dostateczną szybkością opuszczać języczek zapalania. To pociągało za sobą trudności większego obciążenia pieca, bo podczas trwania mniejszej rozciągłości płomienia był także spadek napięcia w płomieniu mniejszy, niż przy normalnej długości płomienia.

Otóż przedmiotem niniejszego wynalazku jest piec, w którym usunięto szkodliwy wpływ fal gazowych na ponowne zapalanie się płomienia, nie wprowadzając tych niedogodności, jakie wynikały przy zastosowaniu występów.

Na rysunku uzmysłowiono kilka przykładów wykonania pieca.

Fig. 1[13]) i 3[14]) przedstawiają piec w przekroju pionowym.

Fig. 2[13]) jest przekrojem poziomym według linji II — II figury 1.

Fig. 4[15]) jest przekrojem pionowym przez część trzeciej odmiany wykonania.

Przestrzeń reakcyjna *1* łączy się ze stożkowato ku dołowi rozszerzającą się komorą dopływową *2*, do której wchodzi rura doprowadzająca gazy *3*. Ściany komory dopływowej *2* w tem miejscu, w którem komora ta przechodzi w przestrzeń reakcyjną *1*, t. j. tam, gdzie

[11]) Patent polski 6371.
[12]) Patent polski 6369.
[13]) Rycina 18.
[14]) Rycina 19.
[15]) Rycina 19.

gazy wchodzą do przestrzeni reakcyjnej, tworzą krawędź *13* w rodzaju pierścienia. U góry przytyka do przestrzeni reakcyjnej *1* kanał do raptownego schładzania *4*, przez który dostają się gazy do kanału wylotowego *5*. Przestrzeń reakcyjna wraz z kanałem chłodzącym jest otoczona naczyniem cylindrycznem *6*, przez które może przepływać ciecz schładzają-

Fig. 1

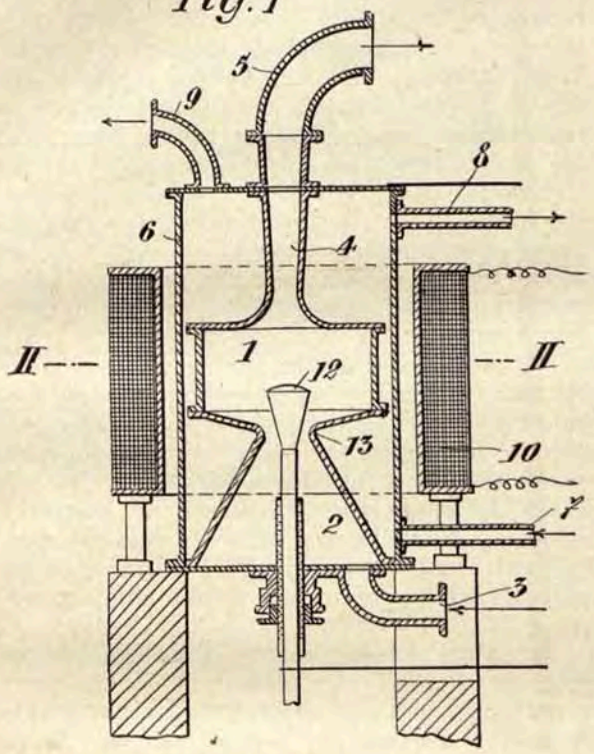
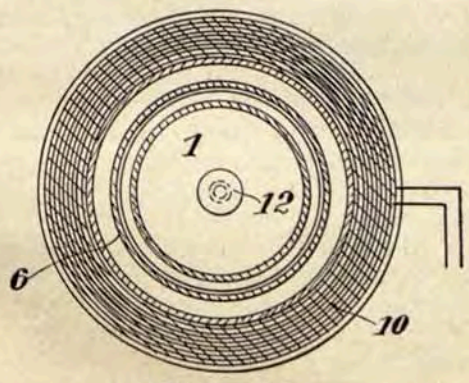


Fig. 2.



Rycina 18.

ca doprowadzana lub odprowadzana rurami *7* lub *8*. Rura *9* jest wylotem dla pary. Naczynie *6* otoczone jest cewką *10*, która służy do wzbudzania silnego pola magnetycznego. Do przestrzeni reakcyjnej *1* wchodzi od dołu stożkowato zakończona, centralnie osadzona i przesuwalna w kierunku osi, elektroda *12*

Fig. 3

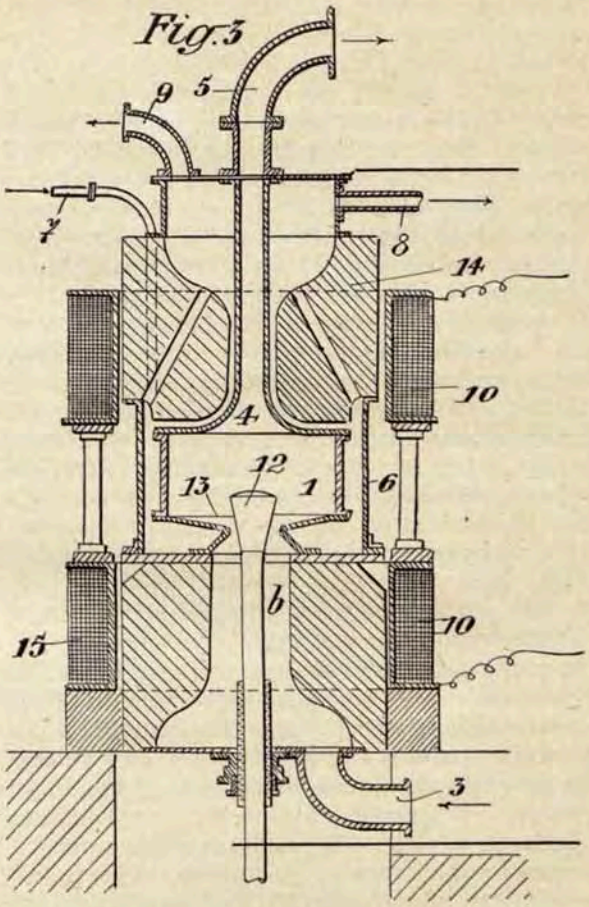
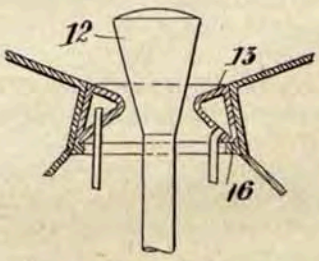


Fig. 4



Rycina 19.

zaopatrzona w urządzenie ochładzające. Zakończenie elektrody znajduje się w pobliżu pierścieniowej krawędzi *13;* oddalenie tego zakończenia od krawędzi *13* można zmieniać przesuwając elektrodę *12* i można je dobierać tak małem, że przy każdej zmianie kierunku prądu nastąpi ponowne zapalenie się płomienia na najkrótszej linji łączącej elektrodę *12* z krawędzią *13*.

W czasie ruchu pieca gazy przepływające z bardzo wielką chyżością (50 i 100 i więcej *m/sek*) pomiędzy centralną elektrodą *12* a bardzo do niej przybliżoną krawędzią *13* przesuwają płomień zasilany prądem o wysokiem napięciu w chwili jego wytworzenia się, w kierunku wolnego końca elektrody środkowej,

przyczem równocześnie pod wpływem pola magnetycznego płomień odbywa ruch wirowy. W tej samej chwili, gdy płomień zaczyna przybierać kształt łuku, powstaje składowa siła, która natychmiast usiłuje ustawić płaszczyznę łuku prostopadle do kierunku linij magnetycznych i która zmusza zewnętrzny koniec płomienia do bardzo szybkiego przejścia z dolnej płyty zamykającej przestrzeń reakcyjną ku obwodowi tej przestrzeni. Skutkiem współdziałania tych dwóch czynników płomień elektryczny w bardzo krótkim, w stosunku do długości półokresu, czasie przy każdej zmianie kierunku prądu osiąga większą długość, co pozwala piec bardziej obciążyć. Przez stosowany dobór średnicy elektrody środkowej można tak uregulować przekrój gazów na wysokości krawędzi zapalania, że dla danej ilości gazu da się osiągnąć dowolnie wielką chyżość przepływu gazów w tem miejscu.

Dla jednostajnego ruchu pieca jest rzeczą bardzo ważną, by zapalanie się płomienia, zachodzące po każdorazowej zmianie kierunku prądu, odbywało się tylko w pierścieniu zapalania. Dlatego elektryczna wytrzymałość na przebicie dielektryku gazowego w chwili każdorazowego zapalania się płomienia musi być mniejsza w przestrzeni między pierścieniem zapalania a elektrodą środkową, niż opór na przebicie dielektryku w innem miejscu np. w miejscu zjonizowanych śladów właśnie zagasłego płomienia.

Stożkowaty kształt środkowej elektrody, który umożliwia regulować w szerokich granicach oddalenie elektrody od pierścienia zapalania, pozwala z wielką łatwością uczynić zadość postawionym właśnie wymogom. Zarazem stożkowaty kształt elektrody, wskutek tego, że gazy wpadając z wielką chyżością do przestrzeni reakcyjnej uderzają o powierzchnię płaszcza elektrody, wywiera swój wpływ także w tym kierunku, iż rozpraszanie zjonizowanych gazów zachodzi łatwiej w pobliżu niej, niż przy elektrodzie cylindrycznej, a to dozwala na większe obciążenie pieca.

Przy piecu według fig. 3 (rycina 19) znajduje się komora reakcyjna *1* pomiędzy dwoma biegunami magnesów *14* i *15*, które wytwarzają bardzo silne pole magnetyczne. Centralne wydrążenie *b* znajdujące się w biegunie *15* powoduje rozbieżność linji sił magnetycznych w dolnej części komory reakcyjnej i w miejscu, gdzie odbywa się zapalanie płomienia. Wskutek tego zewnętrzny koniec płomienia odchyla się ku obwodowi szybciej, niż w piecu według figury 1.

Przy wyobrażonej na figurze 4 przestrzeni zapalania część tworząca krawędź *13* jest umocowana zapomocą dającego się wymieniać pierścienia *16* i posiada dopływ i odpływ dla cieczy chłodzącej. Umożliwia to szybką wymianę elektrody wewnętrznej i tej części elektrody zewnętrznej, która jest narażona na największe zużycie.

Zastrzeżenia patentowe:

1. Piec do poddawania gazów i par działaniu płomienia zasilanego prądem zmiennym o wysokiem napięciu, wirującego pod wpływem pola magnetycznego, polegający na tem, że w miejscu dopływu gazów do przestrzeni reakcyjnej elektroda zewnętrzna tworzy pierścień otaczający elektrodę wewnętrzną w takiem oddaleniu, iż przy każdej zmianie kierunku prądu płomień powstaje najpierw w tem miejscu, a przekrój przepływu gazów jest tak mały, iż gazy przepływają z bardzo wielką chyżością, przyczem pod wpływem tej chyżości przepływu i wskutek oddziaływania silnego pola magnetycznego rozciągnięcie się płomienia na większą długość wymaga tylko małego ułamka jednego półokresu prądu elektrycznego.

2. Piec według zastrzeżenia 1 z przestrzenią reakcyjną umieszczoną między biegunami silnego elektromagnesu polegający na tem, że biegun leżący bliżej miejsca dopływu gazów posiada centralne wydrążenia, aby odchylić linje sił magnetycznych od kierunku osiowego, a to dla powiększenia składowej siły elektromagnetycznej, która od miejsca zapalania łuk tworzący się w tem miejscu odsuwa.

3. Piec według zastrz. 1 polegający na tem, że wewnętrzna elektroda w częściach przytykających do miejsca zapalania posiada kształt stożkowaty w tym celu, aby przez przesuwanie tej elektrody w kierunku podłużnym można było zmieniać wielkość szczeliny zapalania.

4. Piec według zastrz. 1 polegający na tem, że w miejscu zapalania zewnętrzną elektrodę stanowi pierścień dający się odejmować".

Z kolei Patent Nr. 6369 brzmi:

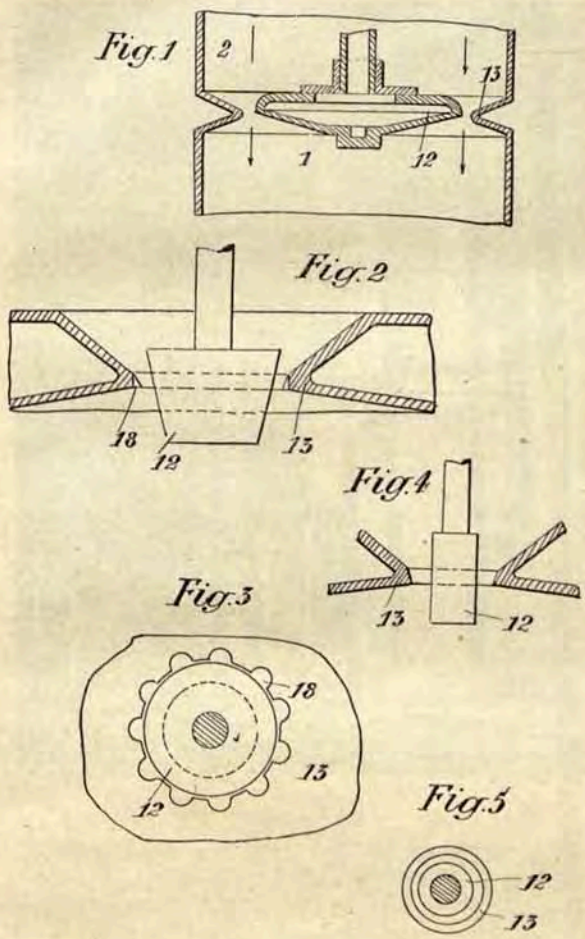
„Niniejszy wynalazek ma na celu dalsze udoskonalenie pieca opisanego w patencie głównym Nr. 6371. Jeżeli mianowicie napięcie w tego rodzaju piecach jest małe, a zatem wąska jest szczelina zapalania, zaś doprowadzana do pieca energja jest wielka, to trzeba doprowadzać gazy pod odpowiednio wyższem ciśnieniem, aby móc dostateczne ilości gazu wprowadzić do płomienia. Dla uniknięcia wynikającego stąd podrożenia kosztów ruchu możnaby np. zastosować urządzenia doprowadzające część gazów wprost do komory reakcyjnej tak, by tylko pewna część gazów przechodziła przez szczelinę. Tego rodzaju modyfikacja jest jednak dla ruchu pieca mało odpowiednia.

Poniżej opisano zatem urządzenie mające na celu zwiększenie przekroju przepływu dla

gazów bez zmieniania szerokości szczeliny, w której odbywa się zapalanie.

Poszczególne przykłady sposobów wykonania uwidocznia rysunek.

A więc zatrzymując tę samą szerokość szczeliny można przekrój przepływu zwiększyć np. w ten sposób, że dla pierścienia zapalania obiera się większą średnicę, a w razie potrzeby można pójść tak daleko, aż zewnętrzna elektroda bez zwężania jej utworzy pierścień. Jeżeli, jak to przedstawiono na figurze 1[16]),



Rycina 20.

średnica elektrody wewnętrznej *12* w stosunku do średnicy komory reakcyjnej *1* jest wielka, to elektrodę wewnętrzną opatruje się powierzchnią czołową nieznacznie tylko podnoszącą się ku środkowi, aby przy każdej zmianie kierunku prądu małe nawet odchylenia płomienia w kierunku osi wirowania powodowały znaczne wydłużanie się linji płomienia i by w ten sposób możliwie szybko osiągała ona większą długość,

Zamiast rozszerzać średnicę pierścienia, by uzyskać przez to wymagane zwiększenie przekroju przepływu dla gazów, można również, jak to uwidaczniają fig. 2 i 3[17]), zaopatrzyć pierścień *13* w równomiernie dookoła rozmieszczone wgłębienia *18*. Także elektroda wewnętrzna może posiadać dokoła regularnie rozmieszczone wyżłobienia. Ponieważ te wgłębienia i wyżłobienia nie wpływają szkodliwie na równomierny dopływ gazów, więc spowodowane tem zwiększenie przekroju jest bardzo celowe. Gdy nie kładzie się większej wagi na to, by doprowadzenie gazu odbywało się równomiernie, można również zwiększyć średnicę pierścienia, a elektrodę wewnętrzną osadzić w nim odśrodkowo, fig. 4 i 5 (rycina 20). Zarówno przy zastosowaniu wgłębień wzgl. wyżłobień, w pierścieniu i elektrodzie wewnętrznej, jak przy odśrodkowem umieszczaniu wewnętrznej elektrody jest rzeczą ważną tak dobrać spadek ciśnienia na całej przestrzeni szczeliny, by chyżość gazu również i w najwęższych miejscach szczeliny wystarczała do natychmiastowego przesunięcia płomienia w kierunku osi.

U pieców, które pracują z małem stosunkowo napięciem, a co za tem idzie przy bardzo małym odstępie między pierścieniem zapalającym, a środkową elektrodą, jest rzeczą odpowiednią tak umieścić przestrzeń reakcyjną i komorę doprowadzającą gazy, by komora doprowadzająca leżała ponad przestrzenią reakcyjną, a gazy przepływały przez płomień od góry ku dołowi. W ten sposób unika się spadania tworzącego się zawsze tlenku metalicznego i t. p. do szczeliny między elektrodą środkową a pierścieniem zapalania i powodowanych tem zaburzeń.

Zastrzeżenia patentowe:

1. Piec do poddawania gazów i par działania płomienia zasilanego prądem zmiennym o wysokiem napięciu, wirującego pod wpływem pola magnetycznego, w którym to piecu celem zwiększenia przekroju przepływu dla gazów bez zwiększenia małych rozmiarów szczeliny zapalania, elektroda wewnętrzna posiada dużą średnicę w stosunku do średnicy elektrody zewnętrznej, a polegający na tem, że elektroda wewnętrzna po stronie komory reakcyjnej posiada czołową powierzchnię nieznacznie tylko ku osi się podnoszącą.

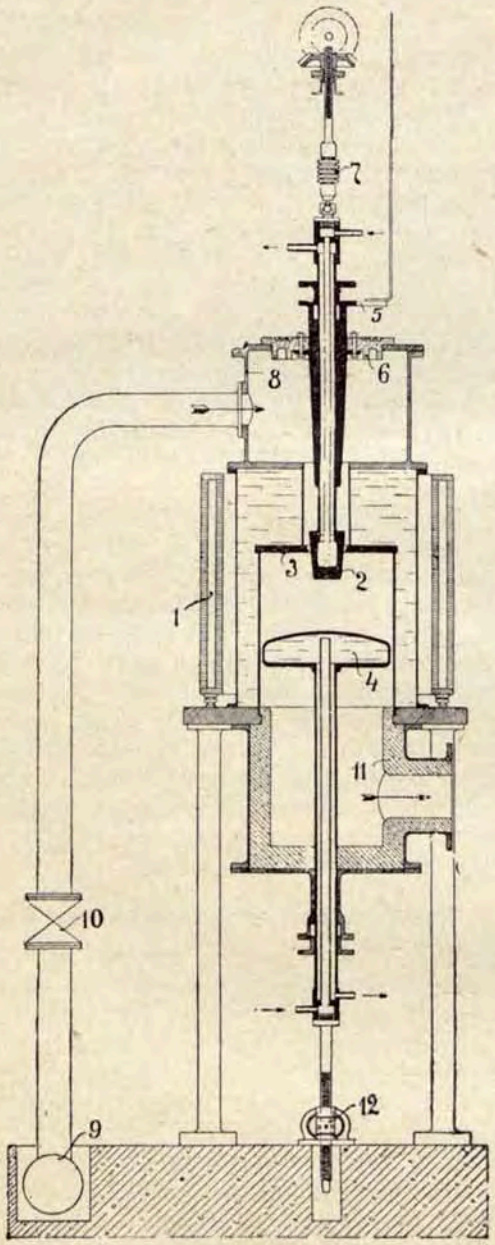
2. Piec według zastrzeżenia 1 polegający na tem, że w pierścieniu otaczającym elektrodę wewnętrzną znajdują się równomiernie wokoło rozmieszczone wgłębienia, a to w tym celu, aby przy małej średnicy elektrody wewnętrznej osiągnąć dostatecznie wielki przekrój dla przepływu gazów pomimo małej szerokości szczeliny.

3. Piec według zastrzeżenia 1 polegający na tem, że na elektrodzie wewnętrznej znajdują się równomiernie wokoło rozmieszczone

[16]) Rycina 20.

[17]) Rycina 20.

wyżłobienia, a to w tym celu, aby przy małej średnicy elektrody wewnętrznej osiągnąć dostatecznie wielki przekrój dla przepływu gazów, pomimo małej szerokości szczeliny.



Rycina 21.

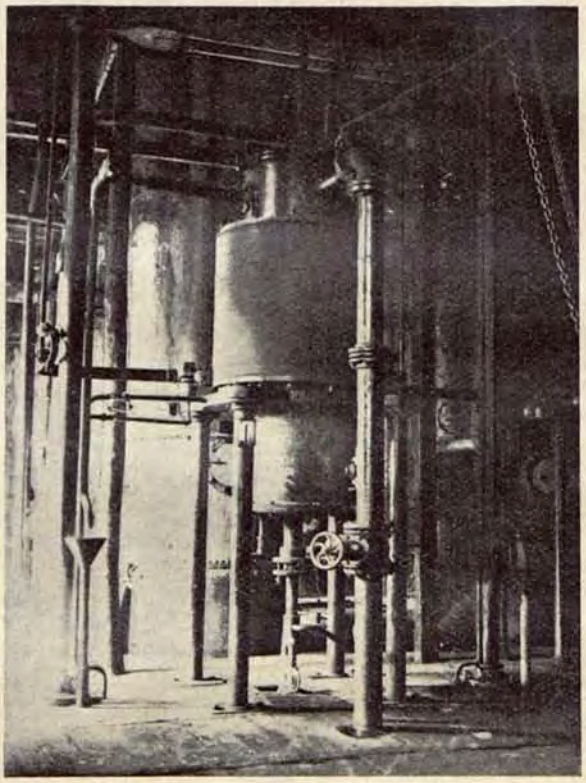
1 — cewka elektromagnesu; *2* — elektroda wewnętrzna; *3* — elektroda zewnętrzna; *4* — grzybek chłodzący gazy wychodzące; *5* — doprowadzenie prądu; *6* i *8* — ściany komory wlotowej; *7* i *12* — izolatory; *9* — przewód doprowadzający gazy; *10* — wentyl; *11* — wyłożenie komory wylotowej.

4. Piec według zastrzeżenia 1 polegający na tem, że elektroda wewnętrzna jest osadzona odśrodkowo względem otaczającego ją pierścienia, aby przy małej średnicy elektrody wewnętrznej osiągnąć dostatecznie wielki przekrój dla przepływu gazów".

Cały szereg pieców elektrycznych do utleniania azotu systemu Pana Prezydenta zainstalowano w Szwajcarji. Ponadto w fabryce „Azot" w Jaworznie zbudowano dwie baterje pieców z których jedna przeznaczona została do produkcji *NO*, druga zaś do syntezy *HCN*.

Piece elektryczne w Jaworznie stanowią ostateczną formę jednofazowego pieca systemu Pana Prezydenta.

Rycina 21 przedstawia przekrój pionowy takiego pieca a rycina 22 fragment baterji 12 piecowej dla produkcji *NO*.



Rycina 22.

Piec elektryczny do *NO* systemu Pana Prezydenta w fabryce „Azot" w Jaworznie.

Główną część pieca[18]) stanowią dwie koncentryczne, chłodzone wodą elektrody miedziane *2* i *3*. Jedna z nich wykonana jest jako cylinder o średnicy 600 *mm* nakryty płytą (t. zw. nożem), w której znajduje się otwór o średnicy 150 *mm*. Druga elektroda w kształcie stożka ściętego umieszczona jest w otworze poprzedniej, tak, by utworzona szczelina wynosiła 1—2 *mm*. Naprzeciw środkowej elektrody umieszczono grzybek chłodzący *4*, zadaniem którego jest szybkie oziębienie gazów, wychodzących z płomienia elektrycznego. Powietrze wtłaczane w szczelinę utworzoną między elektrodami porywa z sobą łuk elektryczny powstały na małej przestrzeni pomiędzy płytą a stożkiem, wydłużając go w ten sposób do rozmiarów równych mniej więcej

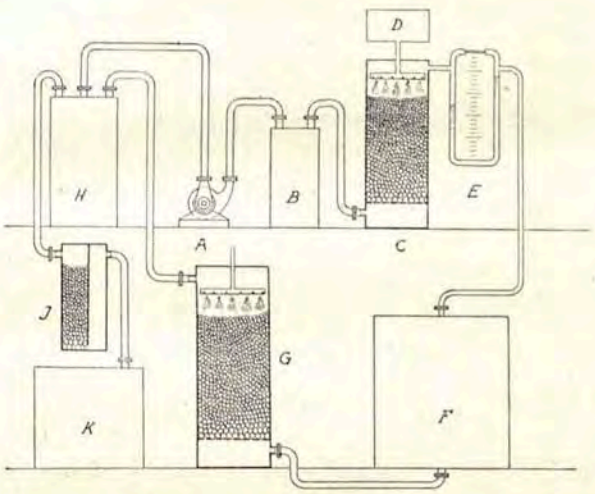
[18]) Przemysł Chem. **6**, 157, (1922).

odległości stożka od zewnętrznego walca. Dzięki stosowaniu chłodzącego grzybka gazy szybko oziębiają się do około 1000° i w tej temperaturze opuszczają piec.

Cyjanki.

Jeszcze na początku Swoich prac nad utlenianiem azotu wykonał Pan Prezydent szereg prób nad otrzymywaniem cyjanowodoru w piecu elektrycznym.

Jako materjału wyjściowego użył w pierwszych próbach mieszaninę gazów: CO, N_2 i H_2. Rycina 23 przedstawia schemat urządzenia stosowanego do tego celu. Piec elektryczny zużywał około 1/2 — 1 KW.



Rycina 23.

A — kompresor; B — zbiornik 40 *l*; C — wieża do osuszania gazów; D — zbiornik, zawierający H_2SO_4; E — anemometr; F — piec elektryczny syst. Pana Prezydenta; G — wieża do absorbcji HCN; H — zbiornik; I — płóczka z alkalicznym roztworem pjrogalolu; K — zbiornik z mieszaniną gazów: N_2, CO i H_2.

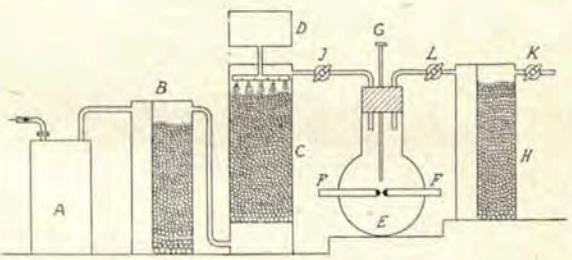
Uzyskane wyniki z tych pierwszych prób dawały jednak zbyt małe stężenie HCN w gazach (0,34%), by można je było zastosować korzystnie na skalę techniczną. Pozatem zostało stwierdzone, że szkodliwe bardzo dla przebiegu pożądanej reakcji są bodaj ślady tlenu lub też związków tlenu, nawet tak trwałych, jak np. woda.

Opierając się na danych doświadczalnych Berthelot'a przeprowadził Pan Prezydent szereg prób nad mieszaninami gazów o innym składzie. Berthelot w publikacji z 1869 r.[19]), podaje, iż przy wyładowaniu elektrycznem w atmosferze mieszaniny acetylenu i azotu tworzy się cyjanowodór przy jednoczesnem wydzielaniu się sadzy na elektrodach. Aby tego ostatniego uniknąć, stosował Berthelot rozcieńczenie użytej mieszaniny nadmiarem wodoru.

Pan Prezydent, przystępując do prób nad tą nową mieszaniną, postawił Sobie za zadanie ustalenie przy jakiem najmniejszem stężeniu wodoru ustaje wydzielanie się sadzy na elektrodach oraz oznaczenie optimum wydajności uzyskiwanego HCN w zależności od składu mieszaniny użytych gazów.

Rycina 24 przedstawia schemat zastosowanej aparatury. Zbiornik A napełniano mieszaniną trzech gazów: C_2H_2, N_2 i H_2, o znanym procentowym składzie.

Po wypompowaniu powietrza z B, C i D napełniano je mieszaniną gazów z A, poczem znów wypompowywano ich zawartość. Tę czynność powtarzano trzykrotnie, poczem po napełnieniu całego urządzenia gazem z A zapalano piec E. Po upływie paru godzin (2—4) przerywano prąd i analizowano gaz z E, przepuszczając go przez wieżę H. Po przeprowadzeniu całego szeregu prób wykazał Pan Prezydent, iż metoda obrana przez Berthelot'a nie jest korzystna, gdyż najlepsze rezultaty uzyskuje się nie przy nadmiarze wodoru, ale azotu. Najbardziej odpowiednią mieszaniną gazów okazała się następująca: 8% acetylenu, 20% wodoru i 72% azotu, przy której uzyskiwano 6,7% HCN w gazie po reakcji. Moc użytego w tej serji doświadczeń pieca elektrycznego wynosiła około 60 wattów (0,03 A i 2000 V).



Rycina 24.

A — zbiornik 40 *l* z mieszaniną gazów: C_2H_2, N_2 i H_2; B — płóczka z alkalicznym roztworem pirogalolu; C — wieża do osuszania gazów; D — zbiornik, zawierający H_2SO_4; E — kolba o pojemności 4,7 *l* zawierająca elektrody; FF — elektrody aluminjowe z końcami platynowemi; G — bagietka szklana do usuwania węgla z elektrod; H — wieża do absorbcji HCN; J, K i L — kurki przelotowe.

Ze względu na to, że w czasie prowadzenia doświadczenia wydzielały się zawsze jeszcze niewielkie ilości sadzy, nie oczyszczano dokładnie gazu od tlenu w przypuszczeniu, że ten tworzy z wydzielającą się sadzą CO, który na przebieg reakcji żadnego wpływu niema. Tak więc w gazach znajdowało się zazwyczaj około 1% tlenu.

Z kolei przeprowadzono te doświadczenia na większą skalę. Użyta aparatura była identyczna z przedstawioną na rycinie 23. Okazało się, że przy użyciu 1 KW-owego pieca najlepsze rezultaty uzyskuje się przy dużem obciążeniu płomienia elektrycznego. Dodatnio

[19]) Ann. 60, (1869).

również wpływa na wydajność duża szybkość gazów. Zmniejszenie procentowej zawartości C_2H_2 w mieszaninie jest niekorzystne. W optymalnych warunkach uzyskuje się 52,9 *g HCN* z 1 KWG. Przy stałym ruchu zawartość *HCN* w gazach wynosiła maksymalnie 2,2%.

W jednym ze Swych patentów Pan Prezydent ujmuje w następujący sposób całokształt procesu otrzymywania cyjanowodoru w piecu elektrycznym[20]):

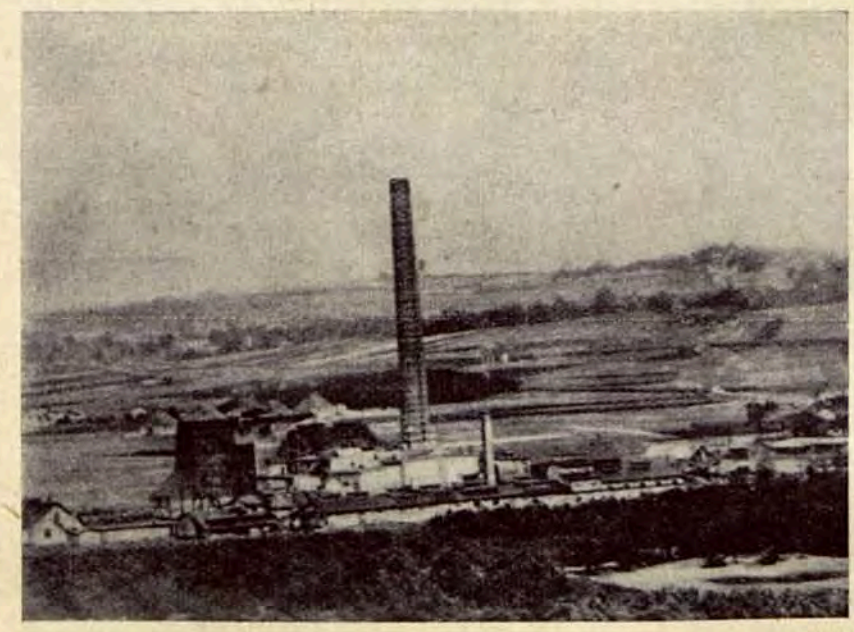
„Reakcję syntezy cyjanowodoru należy prowadzić przez ogrzanie do wysokiej temperatury mieszaniny azotu i węglowodorów.

Aby w czasie reakcji nie następował rozkład węglowodorów z wydzielaniem sadzy należy użyć nadmiaru azotu (a nie wodoru, jak to proponował Berthelot).

Wobec tego, że w czasie prowadzenia procesu obok reakcji syntezy *HCN* następuje również rozkład węglowodorów na węglowodory uboższe w wodór i wolny wodór, należy się liczyć z jego wzbogacaniem w mieszaninie gazów.

Dla usuwania nadmiaru wodoru może służyć jeden z następujących sposobów:

1. Oddzielenie wodoru z mieszaniny gazów przez dyfuzję. Wodór jako gaz o najmniejszej gęstości będzie szybko oddzielał się od pozostałej reszty.



Rycina 25.
Fabryka „Azot" w Jaworznie. Widok ogólny

2. Katalityczne utlenianie wodoru. Przy użyciu powietrza jako środka utleniającego wprowadza się zarazem pewne ilości azotu.

3. Spalanie mieszaniny gazów przy niedostatecznej ilości tlenu (najpierw spala się wodór), przyczem, o ile jako środek utleniający stosuje się powietrze, uzyskuje się również i tu pożądane wzbogacenie mieszaniny gazów w azot.

4. Oddzielenie wodoru przez redukcję tlenków. Przy odpowiednich warunkach można uzyskać, by w reakcji redukcji brał udział jedynie wodór.

Sposób prowadzenia procesu można rozwiązać przez utworzenie t. zw. koła cyjanowego. Gazy składające się początkowo z azotu i węglowodorów, ogrzewa się do temperatury potrzebnej dla syntezy *HCN*, poczem po oziębieniu i oddzieleniu utworzonego cyjanowodoru dzieli się na dwie nierówne części. Mniejszą część kieruje się do urządzeń, w których gazy mogą być użyte jako materjał opałowy (zawierają wodór i węglowodory). Większą część gazów po uzupełnieniu świeżą mieszaniną azotu i węglowodorów, niezawierającą wodoru wolnego, kieruje się z powrotem do syntezy. W ten sposób udaje się usunąć zarazem wzbogacanie się mieszaniny w gazy obojętne, t. j. nie biorące udziału w reakcji, jak np. argon, tlenek węgla i t. d. Tak więc istotą tego patentu jest praktyczne rozwiązanie syntezy cyjanowodoru z azotu i węglowodorów".

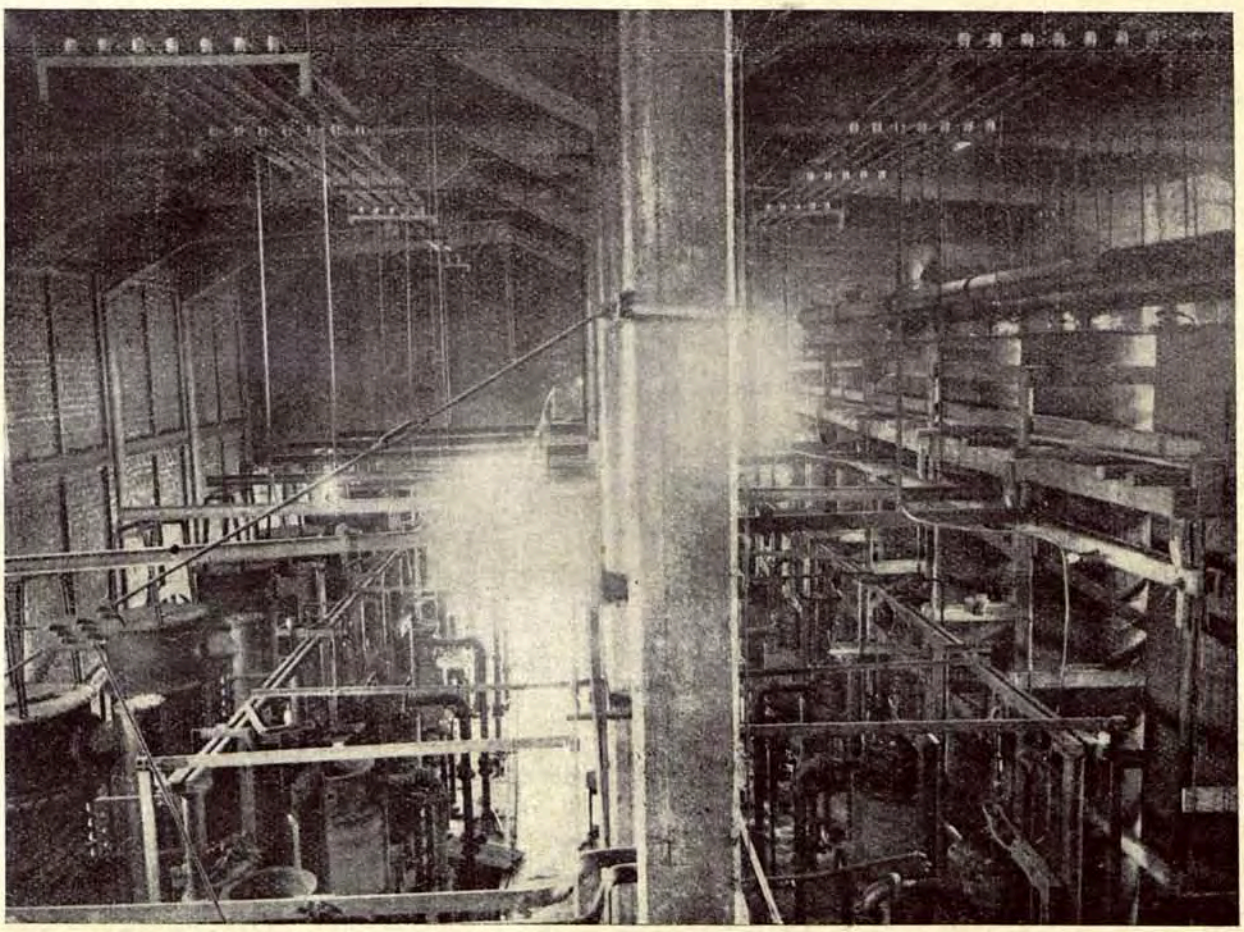
Jako uzupełnienie badań nad syntezą cyjanków, należy tu jeszcze wymienić prace nad zmydlaniem *KCN* w roztworze wodnym. Już kilka doświadczeń wykazało, że daje się to stosunkowo łatwo przeprowadzić.

Przy ogrzaniu *KCN* w roztworze wodnym w zamkniętych naczyniach o temperaturze 150° — 170° już po upływie 3 *godz* uzyskuje się prawie 100% wydajności. Z jednego mola *KCN* uzyskuje się jeden mol NH_3. Dodatek *KOH* okazał się zupełnie niepotrzebny. Przy ogrzewaniu wodnego roztworu *KCN* w 100° w ciągu 1 i 1/3 *godz* wydajność zmydlenia wyniosła tylko 25,4%.

Te wszystkie pomysły i uzyskane rezultaty były jeszcze realizowane w Szwajcarji.

Praca nad syntezą związków cyjanowych, jakkolwiek więcej skomplikowana, aniżeli przy utlenianiu azotu, dała rezultaty realne stosunkowo bardzo szybko. Całe urządzenie elektrotechniczne opracowane z wielkim nakładem wysiłku i cierpliwości przy pracach

[20]) Pat. węg. 52534.



Rycina 26.
Fabryka „Azot" w Jaworznie. Piece do syntezy *NO* (na lewo) i *HCN* (na prawo) zbudowane według systemu Pana Prezydenta.

nad utlenianiem azotu dało się tu prawie bez zmian zastosować.

Na podstawie doświadczeń fryburskich zbudował Pan Prezydent próbną fabryczkę na 75 KW w Neuhausen.

Wyniki prowadzone na skalę półtechniczną były zupełnie zadowalające. Na realizację tego problemu na skalę fabryczną trzeba było jednak czekać. Stało się to dopiero w wolnej Polsce. Placówką przemysłową, która urzeczywistniła plany Pana Prezydenta i w tej dziedzinie, była fabryka „Azot" w Jaworznie (ryciny 25 i 26).

Absorbcja gazów o małej koncentracji.

Pozytywne rozwiązanie sprawy otrzymywania tlenków azotu w łuku elektrycznym nie było jeszcze równoznaczne z rozwiązaniem zagadnienia produkcji kwasu azotowego. Dalszy etap stanowiło opracowanie urządzeń absorbcyjnych do pochłaniania NO_2. Prowadząc pracę na doświadczalnych piecach elektrycznych, a więc na jednostkach stosunkowo małych, nie napotykało się na duże trudności z zaabsorbowaniem względnie niewielkich ilości gazu, bo wynoszących około kilkaset litrów na godzinę. Dopiero przy przejściu ze skali laboratoryjnej na instalację półtechniczną, a później z kolei na przemysłową, trudności piętrzyły się i mnożyły. I w tej dziedzinie Pan Prezydent na podstawie Swoich obserwacyj i przeprowadzonych długotrwałych doświadczeń, podaje najzupełniej oryginalne w pomyśle i klasyczne w metodyce rozwiązanie. Opracowane przez Niego koncepcje wież absorbcyjnych, opatentowano we wszystkich cywilizowanych krajach. Znalazły one w przyszłości ogromne zastosowanie i to nietylko w dziedzinie produkcji kwasu azotowego. Wiele tego rodzaju instalacyj pracuje obecnie w Polsce, wykazując cały szereg poważnych zalet, w porównaniu z innemi do tego samego celu służącemi urządzeniami.

Teoretyczne podstawy konstrukcji wież absorbcyjnych systemu Pana Prezydenta dają się ująć w następującą formę[21]): Instalacja

[21]) Metan 1, 61, 77 i 85, (1917).

dla absorbcji powinna umożliwić jaknajdokładniejsze zetknięcie się gazu z cieczą pochłaniającą. Najodpowiedniejszem do tego urządzeniem są kolumny wypełnione drobnym materjałem, odpornym na chemiczne działanie mas reagujących. Gaz przechodzący przez kolumnę powinien natrafiać, na swej drodze, na powierzchnię materjału wypełniającego, całkowicie zwilżoną cieczą absorbującą, odpowiednio często odświeżaną. W dotychczasowych urządzeniach pochłaniających główną wadę stanowiły sposoby zraszania powierzchni materjału wypełniającego, polegające na tem, że spływająca, nawet najstaranniej rozdzielona na cały przekrój wieży, ciecz, miała tendencję do tworzenia jakby strumyków. Strumyki te zraszają i odnawiają stosunkowo niewielką część powierzchni materjału wypełniającego. Z tych oto względów duża część wypełnienia wieży absorbcyjnej czynnego udziału w pochłanianiu gazów nie bierze, gdyż ciecz absorbująca, która się w danem miejscu wieży znajduje, stanowi już roztwór nasycony.

Dlatego też powierzchnie absorbujące, a zatem i pojemności wież dawniej używanych, są często znacznie większych rozmiarów, niżby tego wymagały warunki, przy których zraszanie cieczą odbywałoby się bez wymienionej niedokładności. Dla gazów rozcieńczonych, jakiemi są otrzymywane z pieca elektrycznego tlenki azotu, sprawa ta jest szczególnie ważna.

Aby zredukować rozmiary urządzenia absorbcyjnego, należy stosować materjał wypełniający o możliwie dużej powierzchni czynnej, przypadającej na jednostkę objętości wieży. Dalsze rozważania stawiają jednak granicę rozdrobnienia użytego ziarna, względnie grubości warstwy wypełniającej. Zmniejszające się rozdrobnienie materjału wypełniającego pociąga za sobą zmniejszenie przekroju przejścia pomiędzy poszczególnemi ziarnami, a więc prowadzi do zmniejszenia sumarycznego jakby kanału przepływu gazów. W rezultacie zwiększa się szybkość przechodzących gazów ponad dozwoloną normę. O ile gazy przepływają obok powierzchni zwilżonej cieczą z szybkością zbyt dużą, mają one tendencję do porywania cieczy w postaci maleńkich pęcherzyków. Zawarty w pęcherzyku gaz styka się tylko z otaczającą go błonką cieczy i w ten sposób może przejść przez cały układ absorbcyjny, nie zetknąwszy się więcej z powierzchnią czynną materjału wypełniającego wieżę. Przez zredukowanie szybkości gazu przepływającego zmniejsza się zarazem jego ilość w jednostce czasu; do zaabsorbowania tej zmniejszonej ilości gazu objętość wypełnienia musi być odpowiednio zredukowana, o ile ma być całkowicie wykorzystana. Bardzo precyzyjne doświadczenia Pana Prezydenta wykazały, że przy użyciu ziarenek od 0,1 do 0,8 cm^3 powierzchnia czynna 1 m^3 materjału wynosi około 600 m^2. Dla cieczy kwaśnych bardzo odpowiednim materjałem wypełnienia jest drobnoziarnisty kwarcyt.

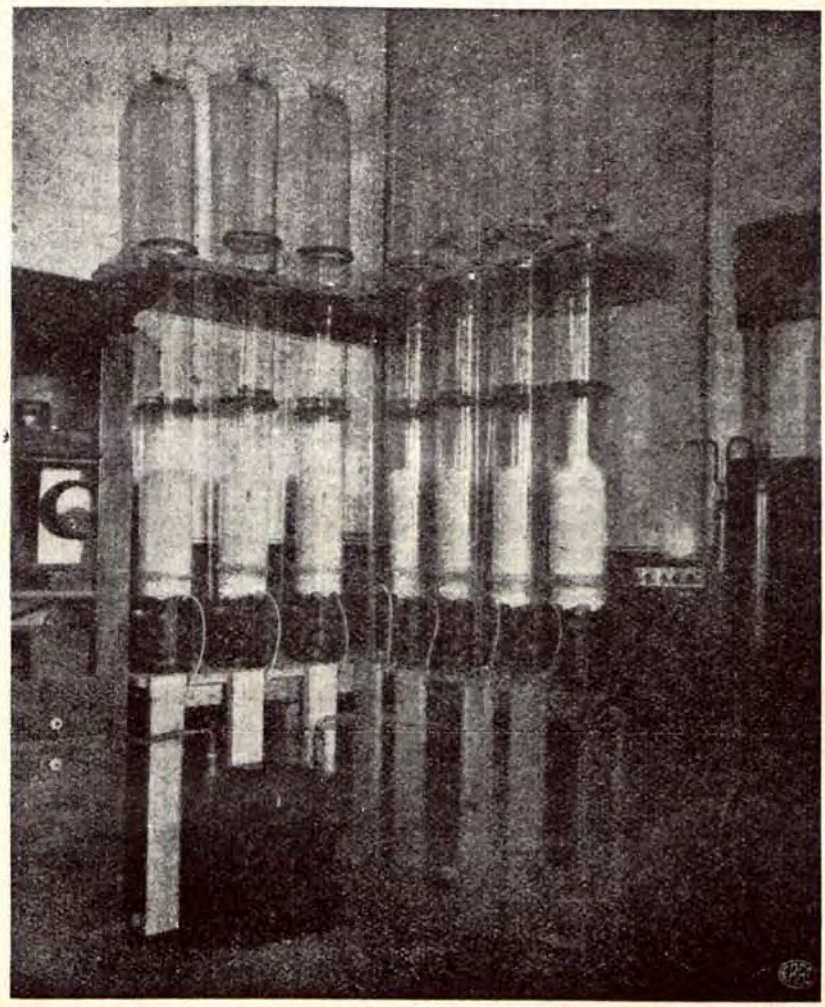
Przy wadze poszczególnego ziarnka kwarcytu od 0,3 do 0,5 *g* wysokość warstwy winna wynosić około 30 *cm*. Wysokość ta jest zupełnie wystarczająca, o ile oczywiście zraszanie czynnych powierzchni absorbcyjnych odbywa się całkowicie i dostatecznie często w stosunku do stężenia gazu absorbowanego. Przy użyciu większej ponad 30 *cm* warstwy materjału wypełniającego nie zdoła się jej całkowicie wyzyskać, biorąc jednocześnie pod uwagę to mianowicie, że nie przekroczymy dozwolonej szybkości przepływu gazów.

Ostatnim wreszcie czynnikiem, który należało uwzględnić w konstrukcji wież, już na skalę przemysłową, była kwestja odpowiedniego wykorzystania wysokości budynku, t. zn. użycia wysokich wież, przy jednoczesnem stosowaniu warstwy pochłaniającej, o grubości nieprzekraczającej 30 *cm*.

Właściwym prototypem wież absorbcyjnych Pana Prezydenta jest skromny aparacik laboratoryjny, używany jeszcze w czasie pierwszych doświadczeń nad wytwarzaniem tlenku azotu w płomieniu wyładowania elektrycznego. Rycina 27 przedstawia konstrukcję tego urządzenia. Główną częścią tego aparatu jest rura szklana średnicy 50 *mm*, wypełniona w pewnej swej części perełkami szklanemi. Rura posiada dwa boczne odgałęzienia na różnej wysokości, służące do przepływu gazu. Od góry rura zamknięta jest korkiem gumowym, przez który przeprowadzono rurkę rozdzielacza. Przekrój otworu w kurku rozdzielacza jest dostatecznie duży, aby można było w dość szybki sposób wylewać absorbcyjną ciecz z rozdzielacza do rury. Tworząca się w ten sposób ciągła warstwa płynu spływającego wzdłuż rury zatapia jakby na pewien czas kolejno części jej wypełnienia. Przy każdym takim przepływie cieczy czynna powierzchnia pochłaniającego perełkowego wypełnienia wieżyczki była doskonale obmywana z zaabsorbowanego gazu i mogła być w tych warunkach stale utrzymywana w całości w stanie czynnym, jeśli chodzi o jej zdolności pochłaniania. Powyżej dolnej rurki bocznej znajdują się na rurze trzy wklęśnięcia, na których opiera się

Rycina 27.

duża kulka szklana, utrzymująca na sobie wypełnienie perełkowe rury. Aby drobne perełki nie wysypywały się przez szczelinę utworzoną między rurą a dużą kulką, umieszczono bezpośrednio na niej kilkucentymetrową warstwę kulek o średnicy trochę większej, niż perełki wypełniające wieżyczkę.



Rycina 28.

Urządzenie absorbcyjne wykonane do przeprowadzenia ekspertyzy, na podstawie której została podpisana umowa z towarzystwem „Aluminium-Industrie A. G." Neuhausen.

Na dole aparatu znajduje się kurek do okresowego spuszczania cieczy, która w jakikolwiek sposób powinna być w pewnych odstępach czasu przelewana na górę do rozdzielacza.

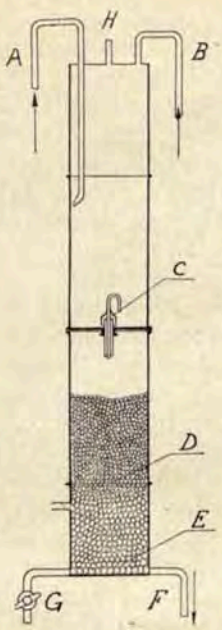
Absorbowany gaz przechodzi przez wieżyczkę z góry na dół, a więc współprądowo. W odwrotnym kierunku gazu puszczać nie można, gdyż w tym wypadku, na okres spłókiwania wypełnienia, przepływ gazu byłby zatrzymany, o ile nie zastosowałoby się zwiększonego ciśnienia.

Przy wysokości warstwy perełek wynoszącej 30 *cm* i ilości cieczy zraszającej około 130 — 140 cm^3, wylewanej w odstępach paruminutowych, można było przepuszczać przez aparat z dobrym skutkiem około 400 *l* gazów na godzinę. Najwięcej eksperymentów przeprowadził Pan Prezydent przy zastosowaniu tego aparatu do absorbcji rozcieńczonego 1 — 2%-owego dwutlenku azotu. Jako ciecz absorbcyjną stosowano wówczas jednonormalny roztwór ługu potasowego.

W roku 1908 zbudował Pan Prezydent instalację absorbcyjną dla dwutlenku azotu, w której cieczą pochłaniającą miała być woda. Chodziło w tym wypadku o otrzymywanie kwasu azotowego[22]). Piec elektryczny, z którego szły gazy do absorbcji miał moc 60 KW. Wytwarzał on około 6 m^3 2,5% dwutlenku azotu na godzinę. Instalacja miała wytwarzać czysty kwas azotowy o stężeniu 50%.

Całe urządzenie składało się z 7 wież absorbcyjnych oraz odpowiedniej ilości pompek i innych aparatów pomocniczych do przesyłania cieczy między poszczególnemi częściami aparatury (rycina 28). Każda wieża wykonana była z czterech cylindrów szklanych o średnicy 200 *mm*, zakończonych kołnierzami (rycina 29). Dolną część wieży stanowi naczynie cylindryczne zaopatrzone w trzy otwory. Z dwu dolnych otworów jeden służy do spuszczania kwasu z wieży, drugi zaś połączony jest z pompką powietrzną, która przepycha kwas na górę wieży. Trzeci otwór służący do wypływu gazu z wieży; znajduje się on w górnej części naczynia na takiej wysokości, aby poziom cieczy był zawsze niżej od niego. Drugą część wieży stanowi cylinder szklany szczelnie przylegający do poprzedniego. W obu tych częściach wieży znajduje się wypełnienie absorbcyjne, składające się z trzech warstw. Pierwszą od góry, grubości 45 *cm*, stanowią perełki z ciętych rurek szklanych, drugą, kilkucentymetrową — drobne izolatory porcelanowe, trzecią zaś, znajdującą się na samym spodzie,

[22]) Instalacja ta wykonana została dla przeprowadzenia ekspertyzy, na podstawie której miała zostać podpisana umowa z „Aluminium Industrie Aktien Gesellschaft, Neuhausen" w sprawie budowy fabryki do produkcji HNO_3.

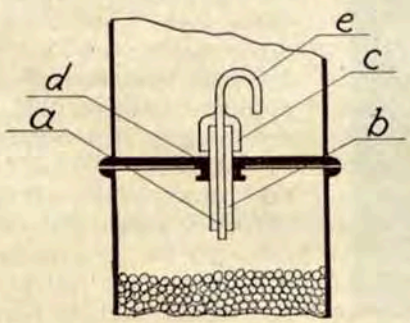


Rycina 29.

A — rurka do nalewania cieczy absorbującej;
B — wlot gazów;
C — urządzenie lewarowe do automatycznego zraszania wieży;
D — wypełnienie drobnoziarniste (cięte rurki szklane);
E — kule kamionkowe;
F — wylew cieczy absorbującej (do pompki powietrznej);
G — kran do opróżniania wieży;
H — otwór zapasowy.

tworzą puste kule kamionkowe z otworami. Średnica tych kul wynosi 50 *mm*.

W dnie trzeciej części wieży znajduje się urządzenie, które automatycznie zrasza wypełnienie perełkowe, znajdujące się poniżej, zatapiając je jakby nieprzerwanym słupem cieczy. Całe to urządzenie działa w sposób następujący: pompka powietrzna przetłacza ciecz absorbującą z dna wieży na górę. Ciecz, spływając po ściankach, zbiera się na dnie trzeciej części. Gdy zwierciadło wody podniesie się do górnego brzegu rurki *b* (rycina 30)



Rycina 30.

następuje szybkie wylanie się cieczy na wypełnienie perełkowe. Rurki *b* i *c* działają łącznie jako lewar. Rurka *a* i jej zagięta część *e* służą do przepływu gazu z trzeciej części wieży do drugiej. Dolny koniec rurki *e* i górny rurki *c* znajdują się na jednakowym poziomie. Odległość *d* utworzona między dolnym poziomem rurki *c* i dnem trzeciej części wieży wynosi 10 *mm*.

Część czwarta i ostatnia wieży posiada u góry trzy otwory, z których jeden służy do doprowadzania gazów, drugi do doprowadzania cieczy zraszającej wypełnienie absorbcyjne, trzeci otwór, naogół zamknięty jest szklanym korkiem i służy do wlewania wody (np. przy uruchomianiu instalacji). Ilość cieczy potrzebna do wytworzenia zwartego słupa przy spływie aż do samego dna, koniecznego warunku prawidłowego funkcjonowania wieży, wynosiła dla powyższej instalacji 2,2 *l*. Nadciśnienie powietrza w pompkach tłoczących ciecz na górę wieży wynosiło 0,3 *atm*.

W opisie działania urządzenia absorbcyjnego nie zostało dotychczas wyjaśnione zastosowanie pustej przestrzeni znajdującej się w górnej części wieży. Przestrzeń ta nie stanowi właściwie aparatury absorbcyjnej, lecz ma za zadanie utlenianie NO, przychodzącego z pieca i powstającego z tworzącego się współcześnie z kwasem azotowym kwasu azotawego. Dwutlenek azotu NO_2, powstały po utlenieniu NO z pieca, daje z wodą HNO_3 i HNO_2. Ten ostatni rozkłada się, wydzielając znów NO, który dopiero po utlenieniu w górnej części następnej wieży może być z kolei zaabsorbowany. I z tego też względu potrzebna jest do pochłaniania NO_2 stosunkowo tak duża ilość wież absorbcyjnych. Dla innych gazów, nie ulegających skomplikowanym wtórnym reakcjom jak NO_2, ilość wież możnaby było znacznie zmniejszyć.

Jak wykazały przeprowadzone systematyczne doświadczenia, opisana instalacja spełniała swe funkcje doskonale. Absorbcja szła zupełnie dokładnie. Gazy opuszczające ostatnią wieżę, praktycznie biorąc, były pozbawione tlenków azotu. Pierwsza wieża dawała 50%-owy HNO_3 o czystości znacznie wyższej, niż ówczesne normy handlowe tego wymagały. Wobec tak doskonałych rezultatów ekspertyzy została podpisana umowa w sierpniu 1908 r. z „Aluminium Industrie Aktien-Gesellschaft Neuhausen", na mocy której Pan Prezydent miał zaprojektować i zbudować fabrykę kwasu azotowego, pracującą na zasadzie Jego patentów.

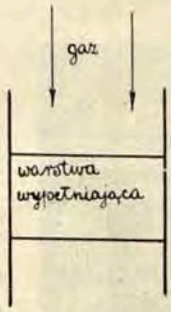
Początkowo fabryka ta miała przerabiać około 2500 m^3 rozcieńczonych tlenków azotu na godzinę. Przystępując jednak do budowy Pan Prezydent został jednocześnie poinformowany, iż „Aluminium-Industrie" zamierza tę fabrykę, w razie pozytywnych rezultatów, powiększyć wkrótce kilkakrotnie.

Aby przejść z pracy w skali laboratoryjnej, jaką była pierwsza instalacja absorbcyjna zbudowana z cylindrów szklanych, na skalę przemysłową, postanowił Pan Prezydent uprzednio zbudować instalację o charakterze półtechnicznym.

W poprzedniej instalacji ułożenie drobnoziarnistej warstwy pochłaniającej było poziome; rozumieć to należy w ten sposób, że kierunek przechodzenia gazów prostopadły do niej był pionowy (rycina 31).

Gdybyśmy zatem zechcieli powiększyć zdolność absorbcyjną, na tej samej zasadzie opartej, zbudowanej instalacji, należało się jedynie liczyć z powiększeniem powierzchni

przekroju poszczególnej wieży. Tego rodzaju rozwiązanie sprawy nie mogło jednak zadowolić Pana Prezydenta, gdyż w tym wypadku należałoby wybudować stosunkowo bardzo dużą ilość małych wieżyczek, pracujących równolegle, co tak ze względu na koszty budowy, jak i na niewykorzystanie wysokości budynku, mieszczącego instalację, byłoby wielce nieracjonalne. Największe wymiary wież kamionkowych, które wówczas można było nabyć na rynku, posiadały średnicę 150 *cm*. Przy takich rozmiarach należałoby wybudować dla przeróbki 2500 m^3 gazów/*godz* 10 bateryj po 7 wież czyli instalację składającą się z 70 wieżyczek.



Rycina 31.

Z tych oto względów postanowił Pan Prezydent przy budowie instalacji na skalę półtechniczną, która miała być zmniejszoną kopją mającej powstać w Chippis fabryki HNO_3, zmienić zasadę wzajemnego kierunku przechodzenia cieczy i gazów w aparaturze absorbcyjnej.

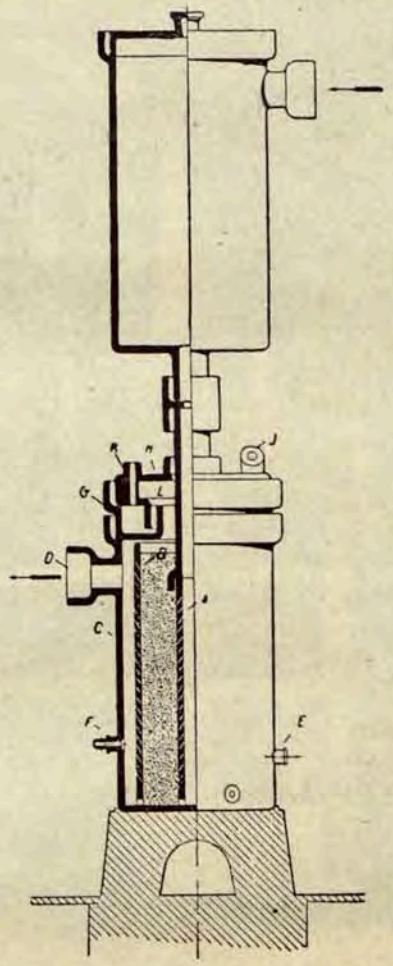
W poprzedniej instalacji gazy i ciecz absorbcyjna w poszczególnej wieży pracowały na zasadzie współprądu (↓↓), w tem zaś urządzeniu postanowił Pan Prezydent dla ominięcia wyżej podanych trudności nadać im tak zwany kierunek prądów krzyżujących się (+). Opierając się na tem, w zbudowanej instalacji poszczególna wieża posiada drobnoziarnistą warstwę absorbcyjną, wykształconą w postaci pionowej ściany, która jest spłókiwana w pewnych odstępach czasu nieprzerwaną warstwą cieczy, jak i w poprzednim wypadku, t. zn. w kierunku zgóry na dół, gazy zaś przechodzą poprzez warstwę wypełniającą w kierunku poziomym, a zatem pod kątem prostym do kierunku spływającej cieczy absorbcyjnej. Potrzebny wymiar 30 *cm* warstwy absorbcyjnej liczony jest w kierunku poziomym, a mianowicie, jako grubość pionowej ściany, wykonanej z materjału wypełniającego.

Wydłużając w kierunku pionowym ścianę absorbcyjną, można było nieledwie dowolnie zwiększać zdolność przeróbczą aparatu. W ten sposób zostały ominięte trudności związane z kosztami budowy i należytem wykorzystaniem wysokości budynku, mieszczącego instalację absorbcyjną.

Każda wieża składała się z dwu zasadniczych części: górnej i dolnej; górna część stanowiła pusty zbiornik, mający za zadanie utlenianie NO do NO_2, dolna zaś była właściwym aparatem absorbcyjnym.

Rycina 32 przedstawia nam przekrój i widok wieży, stanowiącej jednostkę składową instalacji absorbcyjnej, składającej się z siedmiu takich aparatów. Instalacja ta miała obsłużyć 100-konny piec elektryczny, wytwarzający około 100 m^3 rozcieńczonych tlenków azotu na godzinę[23]).

A i B stanowią dwie koncentrycznie umieszczone rury kamionkowe, pomiędzy któremi znajduje się drobnoziarniste wypełnienie kwarcytowe. Waga użytych ziaren kwarcytowych wynosi około 0,3 *g* — 0,4 *g*. Obie


Rycina 32.

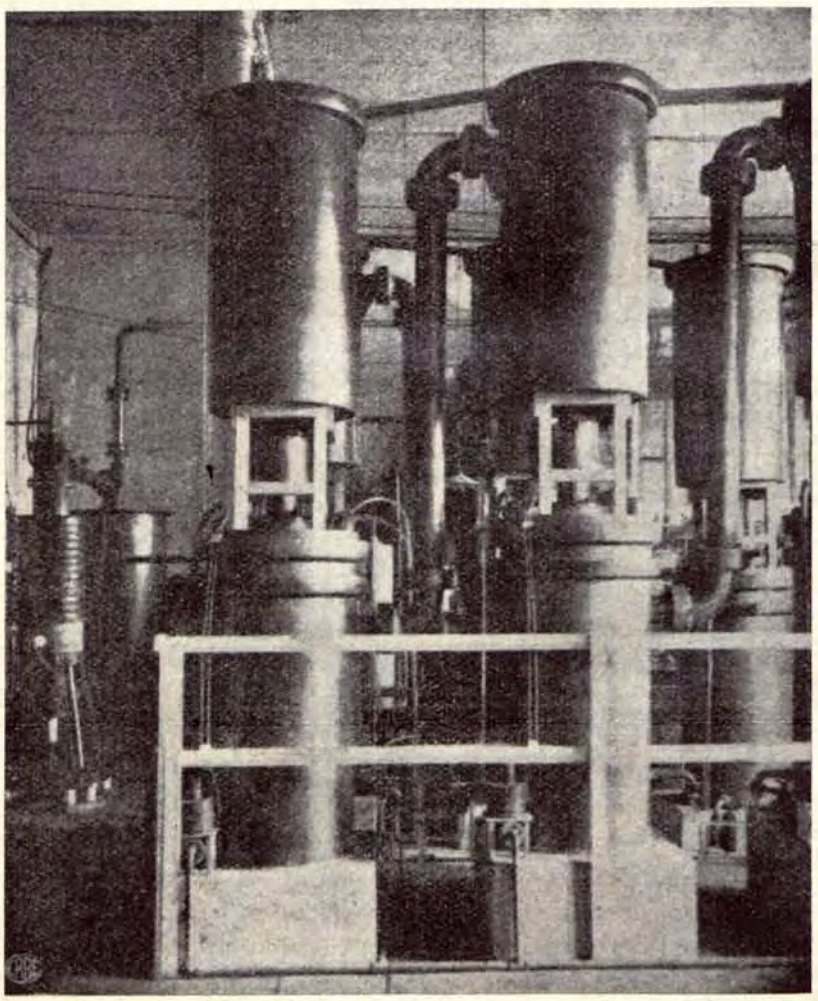
A — dziurkowana rura wewnętrzna; B — dziurkowana rura zewnętrzna; C — naczynie; D — otwór wylotowy dla gazów; E — otwór do wypływu cieczy absorbcyjnej; F — wlew cieczy absorbcyjnej; H — pokrywa zbiornika G; I — wlew cieczy do zbiornika G; K — otwór dla sprężonego powietrza. Strzałki oznaczają kierunek przepływu gazów.

rury A i B posiadają skośne otworki o średnicy 1 *cm* gęsto rozsiane po całej ich powierzchni[24]). Otwór D w naczyniu zewnętrznem C służy do odprowadzania gazów do następnej wieży.

[23]) Powyższa instalacja zbudowana została w laboratorjum uniwersytetu we Fryburgu.

[24]) Doświadczenia wykazały, że warstwa cieczy nawet kilkudziesięciu centymetrów grubości nie wypływa przez liczne skośne otworki w czasie przejścia zgóry nadół. Należy to sobie tłómaczyć tem, że dla cieczy będącej w ruchu prawa ciśnienia hydrostatycznego nie mają zastosowania.

Praca poszczególnej wieży absorbcyjnej przebiega w sposób następujący: rozcieńczony gaz do absorbcji wchodzi do górnej części aparatu, skąd po utlenieniu kierowany jest do środkowej rury A. Po przejściu w kierunku poziomym poprzez warstwę materjału absorbcyjnego wychodzi do przestrzeni utworzonej między rurami B i naczyniem C i wkońcu opuszcza aparat przez D.



Rycina 33.
[Instalacja absorbcyjna zbudowana dla modelowej 100-konnej fabryczki HNO_3.

W pierścieniowym zbiorniku G, do którego doprowadza się ciecz zraszająca, znajdują się u góry w uszczelniającej pokrywie H dwa otwory: I, przez który wpływa ciecz do zbiornika oraz K, doprowadzający sprężone powietrze potrzebne do perjodycznego szybkiego wylania zawartości na drobnoziarnistą warstwę absorbcyjną. Zraszanie cieczą odbywa się przez szczelinę L. Ciecz absorbcyjna przepływa z jednej wieży do drugiej poprzez E i F.

Grubość warstwy drobnoziarnistego wypełnienia użyta w tej instalacji wynosiła tylko 15 *cm*, a to z tego względu, by średnica wieży była możliwie mała. Odpowiednio do tego była zmniejszona do połowy szybkość przepływu gazów absorbowanych. Średnice rur A, B i C wynoszą odpowiednio 10 *cm*, 44 *cm* i 60 *cm*. Wysokość czynna warstwy wypełnienia, liczona od poziomu cieczy na dole przy otworze E do najwyżej położonych skośnych otworów, równa się około 60 *cm*. Ilość cieczy wylewana jednorazowo dla opłókania materjału wypełniającego, proporcjonalna do wielkości przekroju poziomego, wynosiła około 10 *l*.

Rycina 33 przedstawia całość tego urządzenia. Po lewej stronie w głębi widać piec elektryczny.

Po opanowaniu drobnych usterek które wynikły ze zbyt słabego działania pompek tłoczących ciecz absorbcyjną, instalacja funkcjonowała przez cały czas wyśmienicie. Charakterystyczną cechą jej była całkowita niemal automatyzacja. Po uruchomieniu, dozorujący nie miał właściwie nic do roboty. Potrzebne surowce do fabrykacji HNO_3, t. j. powietrze i woda mogły być dostarczane stale bez żadnych przeszkód.

Koncentracja otrzymywanego kwasu wynosiła około 40—50% i zależała od wzajemnego stosunku ilości dopływającej wody do stężenia tlenków azotu w absorbowanych gazach. Wyższą koncentrację ponad 50%, a dochodzącą do 60% można było uzyskać przez osuszanie powietrza, wprowadzanego do pieca elektrycznego.

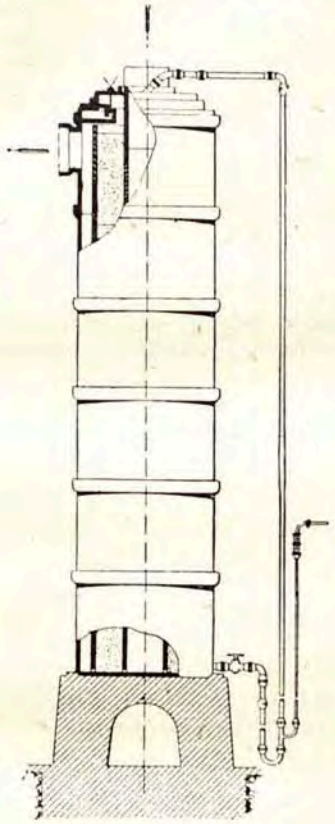
Ta mała fabryczka kwasu azotowego doskonale spełniła swe zadanie, pomogła bowiem w znacznym stopniu do zbudowania i uruchomienia fabryki w Chippis.

Całe urządzenie absorbcyjne w Chippis składało się z ośmiu wież połączonych w szereg[25]). W tym wypadku część wieży przeznaczona do utleniania *NO* nie stanowiła całości z częścią absorbcyjną, lecz była wykonana osobno. Zasada działania urządzenia absorbcyjnego była ta sama, co w modelowej fabryczce we Fryburgu.

---

[25]) Pierwsza wieża nie działała jako aparat do absorbcji NO_2. Zadaniem jej było wykorzystanie wysokiej temperatury gazów z pieca, dzięki której można było utrzymać koncentrację kwasu na stałym poziomie.

Rycina 34 przedstawia przekrój wieży absorbcyjnej fabryki w Chippis. Ważniejsze wymiary są następujące: średnica zewnętrzna — 144 *cm*, średnica cylindrów wewnętrznych — 110 *cm* i 40 *cm*, grubość ścian zawierających otwory skośne — 50 *mm*. Grubość warstwy wypełnienia drobnoziarnistego — 30 *cm*. Całkowita wysokość wieży — powyżej 6 *m*.



Rycina 34.
Wieża absorbcyjna fabryki HNO_3 w Chippis.
Strzałki oznaczają kierunek przechodzenia gazów.

I ta instalacja początkowo zdradzała pewne niedomagania. Po przeprowadzeniu całego szeregu pomocniczych doświadczeń ustalono, że dla sprawnego funkcjonowania wieży absorbcyjnej musi być zachowany wzajemny stosunek ilości i czasu trwania wylewania cieczy absorbcyjnej, zraszającej okresowo wypełnienie wieży. Ostatecznie ustalił Pan Prezydent, że, aby słup cieczy spływał jako ciągły co jest równoznaczne z dokładnem przemyciem wypełnienia, ilość cieczy musi wynosić około 11% objętości wypełnienia kwarcytowego. Pozatem w ciągu sekundy na 1 dm^2 przekroju poziomego należy wylewać niemniej niż 0,7 *l*. Dla wieży absorbcyjnej w Chippis odpowiednie liczby wynosiły: 415 *l* jako jednorazowa ilość zraszająca, czas opróżnienia zbiornika — 8 *sek*. Pan Prezydent ustalił również znaczenie wielkości ziarna kwarcytu dla prawidłowego funkcjonowania aparatury. Po zbadaniu tych wszystkich zależności i wprowadzeniu odpowiadających im poprawek w instalacji, całość funkcjonowała również sprawnie i automatycznie, jak modelowa fabryczka we Fryburgu. Po krótkim czasie prowadzenia ruchu fabryki w Chippis, wobec dużego zapotrzebowania na wyrabiany bardzo czysty kwas azotowy, Towarzystwo „Aluminium-Industrie", postanowiło ją dziesięciokrotnie powiększyć. Chcąc możliwie tanio nową fabrykę wybudować, należało przedewszystkiem zwrócić uwagę na budowę wież absorbcyjnych, one bowiem stanowiły najkosztowniejszą część aparatury fabrycznej.

Opracowane przez Pana Prezydenta skomasowane jakby urządzenie absorbcyjne działa naogół na tych samych zasadach, co poprzednie, różnica polega jedynie na tem, iż w jednym aparacie mamy połączonych niejako pięć wież razem, co w znacznym stopniu zmniejsza koszty budowy i zajmowane przez wieże miejsce.

Opisy i zastrzeżenia patentowe odnoszące się zarówno do metody w najogólniejszem pojęciu, jak i do aparatury absorbcyjnej, a w szczególności do aparatury ostatnio omówionej Pan Prezydent ujmuje w następującą formę[26]):

„Wzajemne oddziaływanie między gazami lub parami, a ciałami płynnemi przeprowadzano dotychczas w ten sposób, że gazy lub pary wprowadzano do wież, które zawierały dowolny materjał wypełniający zraszany dotyczącą cieczą. Otóż przy powszechnie dotąd stosowanych materjałach wypełniających, powierzchnia, która skutkiem zwilżenia stała się czynna przy wzajemnem oddziaływaniu między gazami lub parami a cieczą, jest bardzo mała, gdyż ciecz spływa wzdłuż pewnych dróg i część z przeznaczonej dla siebie powierzchni pozostawia zupełnie niezwilżoną. Z drugiej strony odświeżanie płynu na wielkiej części powierzchni zwilżanej bywa niedostateczne, tak, że w wielu miejscach, np. wskutek zbyt wielkiego stężenia, ciecz przestaje już być czynna.

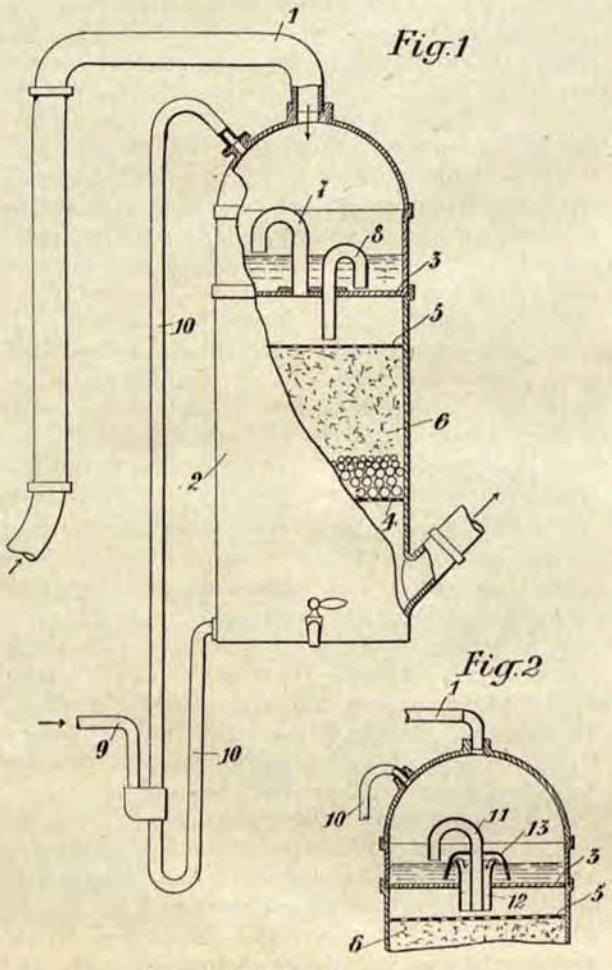
Celem przedłożonego nowego aparatu jest zatem znaczne zmniejszenie rozmiarów, a co za tem idzie i kosztów wykonania urządzenia. Osiąga się to w ten sposób, że gazy lub pary wprowadza się do wież, które, dla utworzenia możliwie dużej powierzchni zetknięcia dla cieczy i dla gazów lub par przy możliwie małej objętości wieży, oraz dla umożliwienia całkowicie odbywającego się wzajemnego oddziaływania i spłókiwania, są utworzone z warstwy bardzo drobnego materjału, przez który w perjodycznych odstępach prowadzi się niski słup cieczy zajmujący całkowity przekrój wie-

[26]) Pat. polski 6372, „Metoda i aparat do wprowadzenia ciał płynnych we wzajemne oddziaływanie z gazami lub parami".

ży, a tem samem i przekrój wypełnienia, a który opuszczając się ku dołowi przemywa dokładnie wszystkie części wypełnienia.

Załączony rysunek przedstawia nowy aparat potrzebny do przeprowadzenia tej metody w kilku rodzajach wykonania, a mianowicie:

na fig. 1 (rycina 35) pierwszy sposób wykonania w częściowym przekroju,



Rycina 35.

na fig. 2, (rycina 35) pewien jego szczegół,

na fig. 3 — 5, (ryciny 36, 37 i 38) trzy dalsze rodzaje wykonania aparatu.

Gazy lub pary wprowadza się przez przewód rurowy *1* do wieży *2*. Ta dzieli się zapomocą płyty *3* i rusztu *4* na trzy części. W części środkowej znajduje się włożona na ruszcie *4* i podziurawiona w kształcie sita płyta *5* przykryta, warstwą wypełniającą *6* wysokości około 30 *cm*, utworzoną z ciał bardzo małych rozmiarów, najodpowiedniej wydrążonych wewnątrz, jak np. z małych rurek kilkumilimetrowej średnicy i długości, sporządzonych z porcelany, glinki lub podobnego materjału. Część wieży zawierająca wypełnienie łączy się z górną jej częścią zapomocą dwóch rurek 7 i *8* wygiętych w kształcie litery U i wpuszczonych w płytę *3*. W przeciwieństwie do stosowanego dotychczas systemu zraszania ciągłego, doprowadzanie cieczy na warstwę wypełniającą odbywa się perjodycznie, a mianowicie w ten sposób, że słup cieczy niedużej grubości, zajmujący cały przekrój warstwy wypełniającej przesuwa się w wieży ku dołowi, przez co powoduje za każdym razem zupełne przemycie i zwilżenie całej powierzchni zetknięcia. To okresowo powtarzające się przemywanie odbywa się samoczynnie dzięki temu, że ciecz zbierającą się u spodu wieży przenosi się w znany sposób celem dalszej koncentracji z powrotem do górnej części wieży przez rurę *9* i zapomocą przewodu ścieśnionego powietrza *10*. Dopóki spływająca ciecz nie dosięgnie otworu szerokiej rury *7*, służącej za przewód dla gazów lub par, tak długo płyną gazy lub pary do warstwy wypełniającej. Z chwilą jednak, gdy powierzchnia cieczy dosięgnie tego otworu, wtedy gazy lub pary wzgl. ścieśnione powietrze dopływające rurami *1* i *10*, zaczynają wywierać nacisk na ciecz i teraz rura *8*, której otwór znajduje się tuż nad płytą *3*, a której najwyższy punkt leży mniej więcej na tym samym poziomie co ujście rury *7*, działa jako lewar, przez który cała ilość cieczy przelewa się szybko na sito *5*, a rozdzielona tu równocześnie na cały przekrój wieży spływa w postaci jednolitego słupa przez warstwę wypełniającą *6*. Figura 2 przedstawia pewną odmianę takiego urządzenia lewarowego poruszanego zapomocą gazów. Tutaj rurą *11* doprowadza się gazy, służąca zaś za lewar rura *12* jest u góry opatrzona przykrywką *13* w kształcie dzwonu; działanie tego urządzenia jest takie same jak wyżej opisanego. Ciecz, gdy dosięgnie ujścia rury *11*, wylewa się w kierunku strzałek przez pokrywkę *13* i rurę *12* na warstwę wypełniającą. Perjodyczne przemywanie można urządzić też w inny sposób np. przez zastosowanie zbiornika, który przechyla się od czasu do czasu i wylewa swą zawartość do górnej części wieży.

Urządzenia spłókujące mogą również mieścić się poza wieżą, a tylko zapomocą rurowego przewodu być z nią połączone.

Jak to wyżej wykazano, gazy lub pary prowadzi się przez wieżę, odmiennie niż w dotąd stosowanych systemach, w kierunku tym samym, co ciecz. Dzieje się tak dlatego, by unikać niepożądanych zmian w ciśnieniu prądu gazów lub par, który przy każdorazowem przemywaniu wypełnienia ulega przerwaniu.

Poniżej podano kilka dat eksperymentalnych, które ilustrują sprawność nowego aparatu w tej formie wykonania dla wypadku zastosowania go jako wieży absorbcyjnej. Używając jako wypełnienia rurek o 5 *mm* średnicy zewnętrznej a 3 *mm* wewnętrznej i 5 *mm* długich, otrzymuje się na m^3 około 1000 m^2 powierzchni czynnej.

Na każdy cm^2 przekroju wieży przy 30 *cm* wysokości warstwy wypełniającej mogą ulec całkowitemu pochłonięciu w przeciągu godziny wszystkie przeznaczone do absorbcji składniki zawarte w 20 *l* mieszaniny gazów, bez względu na ich rozcieńczenie, nawet wtedy, gdy nie należą do łatwo absorbujących.

Dla opisanego sposobu przemywania wystarcza nie więcej nad 3 — 4 cm^3 cieczy na *1* cm^2 przekroju wieży. By utrzymać przepływ gazów w wymienionych warunkach dostateczną nadwyżką ciśnienia jest mniejsza od 1 *cm* słupa wody.

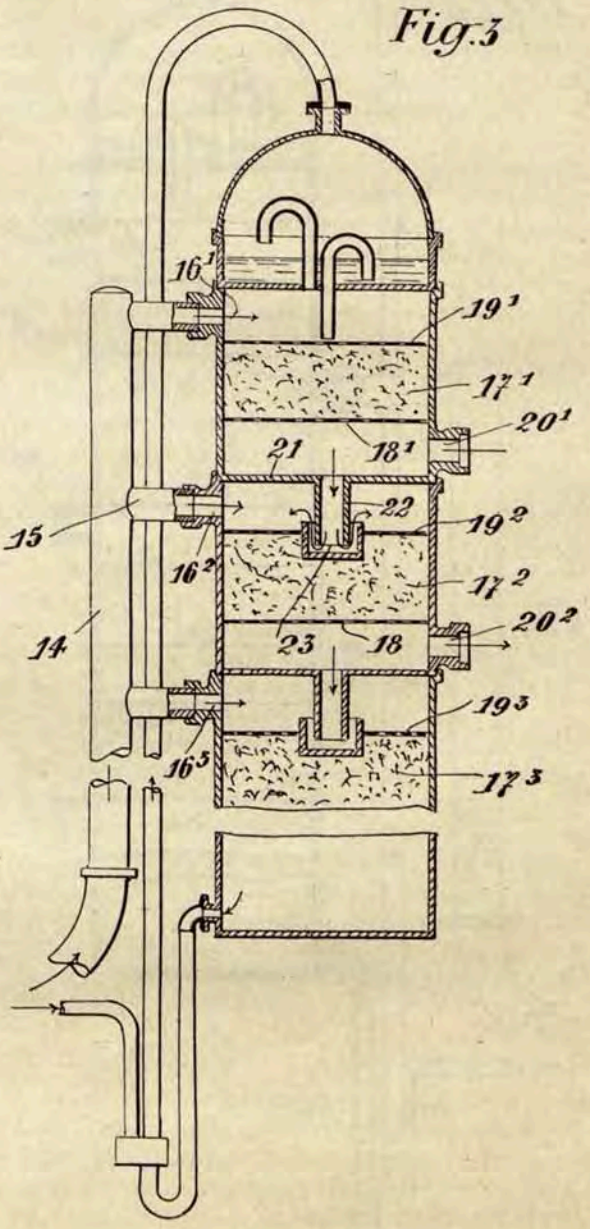
Przy stosowaniu opisanego wyżej materjału wypełniającego wysokość warstwy wypełnienia, którą mają przepływać gazy lub pary, nie powinna przekraczać 30 *cm*. Taka wysokość warstwy wystarcza, by wzajemne oddziaływanie cieczy i gazów lub par przebiegało w sposób całkowity, przyczem, jak wspomniano, przez każdy cm^2 przekroju warstwy może przechodzić w godzinie 20 *l* gazu lub pary. Nie można bardziej podnosić chyżości przepływu gazów czy par przez wieżę, gdyż wtedy gazy lub pary porywają części wypełnienia w postaci mgły. Tak samo jest bezcelowe zwiększanie wysokości warstwy wypełniającej ponad podane wymiary.

Gdy zatem chodzi o wprowadzenie cieczy we wzajemne oddziaływanie z dużemi ilościami gazu lub pary, jest się zniewolonym ustawić za sobą szereg takich wież, których wysokość nie dochodzi 1 *m*. To jednak jest równoznaczne z niezupełnem wyzyskaniem przestrzeni.

Tę wadę usunięto w wykonaniu przedstawionem na fig. 3 i 4, gdzie rozdzielone gazy lub pary prowadzi się równolegle przez poprzerywaną poziomemi komorami warstwę wypełniającą, której pojedyńcze części mają taką wysokość, aby wzajemne oddziaływanie gazów lub par i cieczy mogło przebiegać w nich całkowicie i które kolejno są spłókiwane zwartym słupem cieczy opuszczającym się od góry wieży ku jej dołowi.

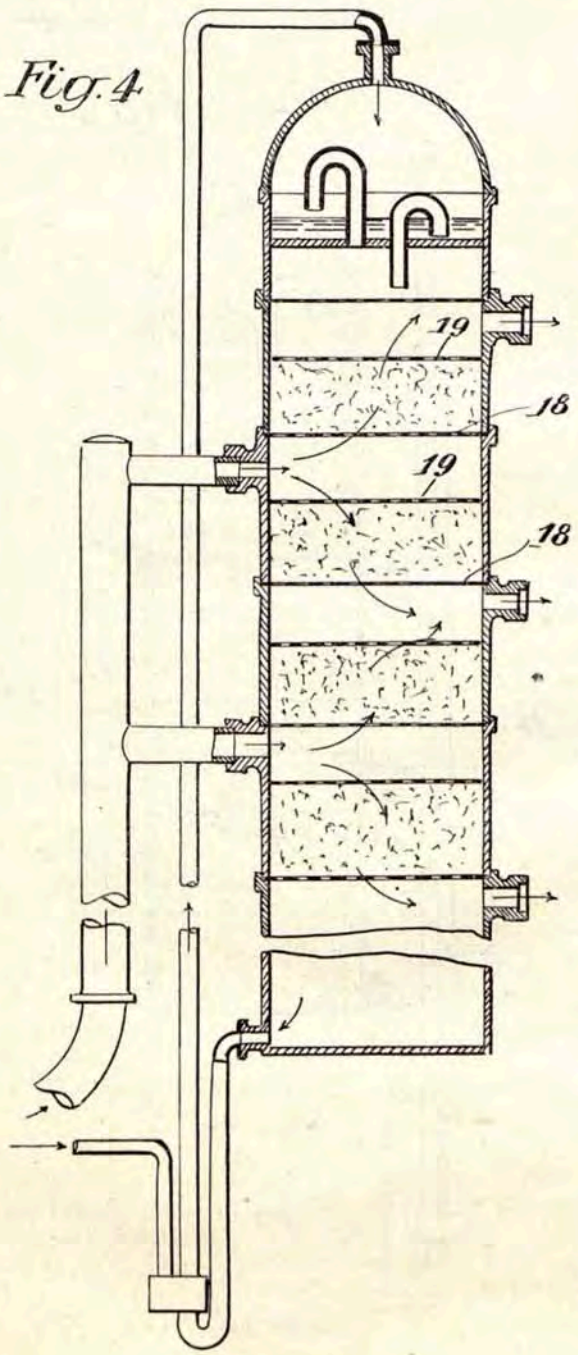
Z rury 14, fig. 3 (rycina 36), przez odgałęzienie *15* i otworami 16^1, 16^2, 16^3 ..... dopływają gazy lub pary równolegle do wieży ponad poszczególne, komorami od siebie oddzielone, części wypełnienia 17^1, 17^2, 17^3, ... Te ostatnie spoczywają na rusztach 18^1, 18^2, 18^3, ... i są przykryte sitowatemi płytami 19^1, 19^2, 19^3, ... Liczba tych części równa się liczbie otworów *16*. Spłókiwanie i przemywanie wszystkich części wypełnienia odbywa się perjodycznie tak, jak przy pierwszym przykładzie sposobu wykonania aparatu, albo zapomocą autentycznego urządzenia lewarowego poruszanego gazami lub parami, albo też przez przechylanie zbiornika o odpowiedniej objętości, który swą zawartość wylewa w najwyższej części wieży.

Gazy lub pary przedostają się przez sita 19^1, 19^2, 19^3, ... do odpowiednich części wypełnienia, a reszta gazów lub par, pozostała ewentualnie po przereagowaniu z cieczą, jak np. przy przerabianiu takich mieszanin gazów lub par, których jeden tylko składnik wchodzi w działanie z cieczą, uchodzi otworami 20^1, 20^2, 20^3, ... Aby uniemożliwić uchodzenie tym gazom lub parom, które nie weszły jeszcze w oddziaływanie wzajemne z cieczą, lub aby przeszkodzić mieszaniu się dopływających gazów lub par z gazami lub parami wylotowemi, umieszcza się między otworami 16^2 i 20^1 wzgl. 16^3 i 20^2 i t. d. płyty *21*, w których środku jest umocowana rura odpływowa *22*, sięgająca prawie do dna wkładki w kształcie kubka o pełnych ścianach *23*, wpusz-



Rycina 36.

czonej w każdą płytę sitową *19*. Gdy ciecz przejdzie przez warstwę wypełnienia 17^1, przedostaje się rurą odpływową *22* do wkładki *23*, poczem stąd odpływa dalej w kierunku wskazanym przez strzałki na płytę sitową



Rycina 37.

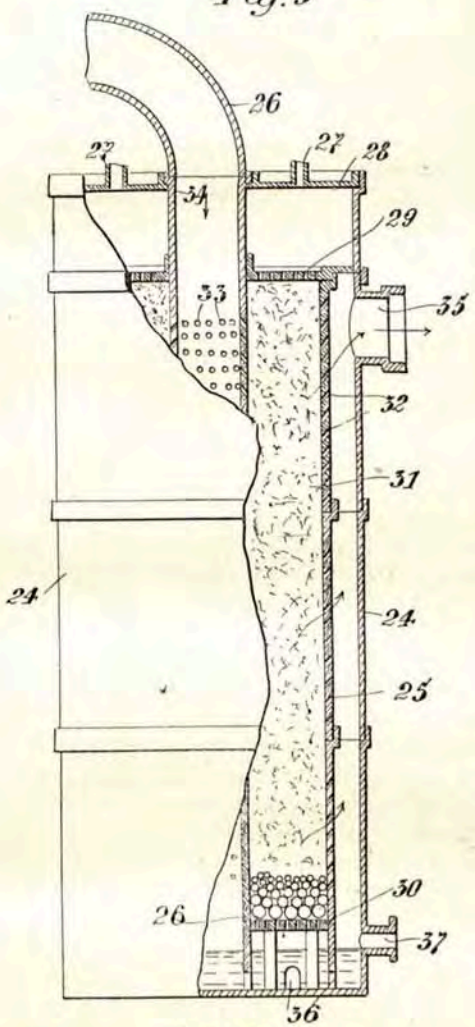
19^2. Wkładka *23* jest przytem stale napełniona, a znajdująca się w niej ciecz zamyka zupełnie przestrzeń położoną między płytą *21* a sitową płytą 19^2 od przestrzeni zawartej między płytą *21* a rusztem 18^1 tak, że gazy lub pary ani nie mogą ujść z wieży nie przeszedłszy wprzód przez warstwę wypełnienia, ani nie mogą się mieszać z gazami lub parami wylotowemi.

W odmianie aparatu przedstawionej na fig. 4 (rycina 37), występuje również podzielone przerwami wypełnienie, którego części mieszczą się między sitami *19* a rusztami *18*, podczas gdy gazy lub pary doprowadza się równoległemi rurami zasilającemi, umieszczonemi w bocznej ścianie wieży. Takież rury rozmieszczone po drugiej stronie wieży służą do odprowadzania wylotowych gazów lub par. Natomiast przestrzeń między dwoma sąsiedniemi częściami wypełnienia, a tem samem i objętość całej wieży jest tu znacznie zmniejszona wskutek odrzucenia opatrzonych rurami wylotowemi płyt *21* z fig. 3 (rycina 36). Rury doprowadzające są tak umieszczone, że gazy i pary wchodzą do wieży pomiędzy dwie części warstwy wypełniającej i mogą przeciągać równocześnie przez obie. I przy tem wykonaniu wykluczone jest mieszanie się gazów wchodzących do wieży z wylotowemi gazami lub parami, gdyż wzajemne oddziaływanie cieczy i gazów lub par zachodzące w warstwie wypełniającej przebiega w sposób całkowity. Reszta urządzenia jest przy tem wykonaniu taka sama jak w poprzedniem.

W odmiennem wykonaniu przedstawionem na fig. 5 (rycina 38) znajduje się we wnętrzu wieży *24* współśrodkowo umieszczona szeroka rura *25* sięgająca aż do dna wieży. W tę rurę *25* wchodzi koncentrycznie druga rura *26* węższa, która sięga również do dna wieży i służy do doprowadzania gazów lub par. Rura *26* przechodzi przez stanowiącą pokrywę wieży płytę *28*, opatrzoną otworami *27* przeznaczonemi do wprowadzania cieczy, a następnie przez płytę *29*, która zamyka rurę *25*. Ta ostatnia posiada u góry nieprzerwane obrzeżenie, oddzielające przestrzeń między ścianą rury *26* a ścianą rury *24* od przestrzeni położonej między płytami *28* i *29*, poniżej zaś jest podziurawiona na kształt sita w kierunku do rury *26*. W dolnej części rury *25* znajduje się ruszt *30*, na nim zaś spoczywa warstwa materjału wypełniającego *31*, która w sposób jednolity wypełnia przestrzeń między rurami *26* i *25*, a której usuwaniu się stoi na przeszkodzie warstwa przejściowa utworzona z kul glinianych o stopniowo coraz mniejszej średnicy. W ścianach rur *25* i *26* są przebite drobne kanaliki *32* wzgl. *33* ułożone w szereg a mianowicie w ten sposób, że kanały *32* zbiegają się w kierunku strzałki, zaś kanały *33* są rozbieżne. Urządzenie to ma na celu umożliwić prowadzenie gazów lub par poziomo przez warstwę wypełnienia, po której w kierunku pionowym ścieka ciecz. Gazy dopływają do wieży rurą *26* i dostają się kanałami *33* do warstwy wypełniającej *31*, gdzie wchodzą w oddziaływanie wzajemne z cieczą zwilżającą wypełnienie. Przemywanie war-

stwy wypełniającej odbywa się tak samo. jak w opisanych poprzednio odmianach urządzenia, ciecz mianowicie dostaje się do wypełnienia otworami *27* w płycie *28* oraz przez otworki w płycie *29*. Pozostające ewentualnie reszty gazów lub par przedostają się kanałami *32* do przestrzeni leżącej między rurą *25* i ścianami wieży, a stąd wchodzą przez otwór *35*. Gdyby pomimo zastosowania kanalików *32* i *33* ciecz dostała się do rury *26* albo do przestrzeni między rurą *25* a wieżą *24* — to spłynie po ścianach i wraz z resztą zbierze się w dolnej

Fig. 5



Rycina 38.

części wieży. Rury *25* i *26* są opatrzone u dołu wycięciami *36*, więc wzajemnie komunikują się z sobą i z wieżą *24*. W rurze *26* musi być zawsze tyle płynu, by gazy lub pary nie mogły uchodzić przez wycięcia *36* do przestrzeni pomiędzy rurą *25* a wieżą. By przez ułożone na ruszcie kule gliniane, które stawiają mniejszy opór, aniżeli materjał wypełniający, nie mogły przedostawać się gazy lub pary do dolnej części wieży i tędy uchodzić, rozmieszcza się kanaliki na obu rurach *25* i *26* dopiero powyżej rozłożonej na ruszcie warstwy materjału przejściowego, podobnież na rurze *26* rozmieszcza się je dopiero znacznie niżej płyty *29* celem uniemożliwienia gazom lub parom przejścia do przestrzeni między *28* i *29* położonej. Ciecz zbierającą się u samego dołu wieży można, podobnie jak przy innych odmianach wykonania, doprowadzić znowu na górę wieży albo odprowadzać nazewnątrz otworem *37*. Ten sposób wykonania dzięki uproszczeniu aparatury powoduje znaczne obniżenie kosztów całej instalacji w porównaniu z pierwszemi odmianami wykonania.

Nowy aparat może być zastosowany w tych wszystkich wypadkach gdzie ciecze mają wchodzić w bliskie zetknięcie z gazami lub parami np. przy absorbcji gazów lub par, albo przy suszeniu ich przez zraszanie wieży stężonym kwasem siarkowym, przy utlenianiu cieczy zapomocą gazów i t. d.

Poniżej przytoczono jeszcze kilka dalszych dat doświadczalnych odnoszących się do obranego za przykład wypadku zastosowania nowego aparatu jako wieży absorbcyjnej.

Wieża absorbcyjna zbudowana według sposobu podanego przy drugim i trzecim przykładzie wykonania przy średnicy około 80 *cm* i wysokości 10 *m* może w ciągu godziny pochłonąć w zupełności gazy lub pary przeznaczone do zaabsorbowania zawarte w 1000 m^3 mieszaniny gazów lub par dowolnej koncentracji nawet wówczas, gdy te gazy lub pary trudno ulegają absorbcji.

Wieża zbudowana według czwartego sposobu wykonania wykazuje trzykrotnie większą sprawność przy średnicy rury *26* równej 20 *cm*, rury *25* równej 80 *cm* i wysokości 10 *m*.

Pominąwszy lepsze wykorzystanie przestrzeni wykazuje nowy aparat obok znacznej sprawności i łatwej budowy także poważne obniżenie kosztów wykonania w porównaniu z kosztownemi urządzeniami dotychczas używanemi do tych celów.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Metoda wprowadzania ciał płynnych we wzajemne oddziaływanie z gazami lub parami polegająca na tem, że gazy lub pary prowadzi się przez warstwę materjału wypełniającego utworzonego z ciał drobnych rozmiarów, umieszczona we wnętrzu wieży, którą to warstwę, celem całkowitego zwilżenia i przemycia, polewa się perjodycznie taką ilością cieczy, by ta spływała zwartym słupem ku dołowi, przykrywając przytem przejściowo wszystkie części wypełnienia.

2. Metoda według zastrz. 1, polegająca na tem, że przez umieszczoną w wieży jednolitą lub komorami poprzerywaną warstwę materjału wypełniającego przeprowadza się rozdzielone równolegle gazy lub pary w ten spo-

sób, żeby przechodziły tylko przez taką wysokość wypełnienia, jaka jest konieczną dla całkowitego przebiegu reakcji z cieczą.

3. Aparat do wprowadzania ciał płynnych we wzajemne oddziaływanie z gazami lub parami według zastrz. 1 polegający na tem, że celem osiągnięcia możliwie dużej powierzchni dla wzajemnego oddziaływania gazów i par na ciecze przy możliwie małej objętości aparatu, pomieszcza się w zbiorniku jako wypełnienie ciała bardzo małych rozmiarów, i że zastosowuje się urządzenie, zapomocą którego można wypełnienie perjodycznie polewać cieczą opuszczającą się ku dołowi w warstwie wypełnienia zwartym słupem, spłókującą wszystkie części wypełnienia.

4. Aparat według zastrzeżenia 3, w którym przemywanie wypełnienia wywołuje się perjodycznie w ten sposób, że ciecz zbierająca się u góry aparatu zamyka wkońcu przewód dla gazów lub par dopływających ponad cieczą tak, że ich ciśnienie zaczyna działać na powierzchnię płynu i może uruchomić lewar służący do wprowadzania cieczy na materjał wypełniający.

5. Aparat według zastrz. 3, polegający na tem, że warstwa materjału wypełniającego jest poprzerywana poziomemi komorami, przyczem poszczególne jej części wykazują taką wysokość, że wzajemne oddziaływanie gazów lub par na ciecz może w danej części przebiegać w sposób zupełny, a ułożone ponad sobą części warstwy wypełniającej są kolejno spłókiwane i przemywane tym samym słupem cieczy opuszczającym się od góry ku dołowi, że następnie nad, wzgl. pod każdą częścią wypełnienia znajduje się rura doprowadzająca gazy lub pary, a w komorach między dwiema sąsiedniemi częściami wypełnienia jest przewidziana odgraniczająca płyta mająca uniemożliwić uchodzenie gazów lub par, które nie weszły jeszcze we wzajemne oddziaływanie z cieczą, jakoteż zmieszanie wchodzących do aparatu gazów lub par z resztą gazów lub par pozostałą po przereagowaniu ich z cieczą.

6. Aparat według zastrz. 3 z warstwą materjału wypełniającego podzieloną zapomocą poziomych komór, polegający na tem, że gazy lub pary mają możność przepływać równocześnie przez górną i dolną część wypełnienia.

7. Aparat według zastrz. 3, polegający na zbiorniku wypełnionym nieprzerwaną warstwą materjału wypełniającego, przyczem ściany zbiornika posiadają otwory, oraz na warstwie wypełniającej, przez którą gazy lub pary przepływają poziomo, a która ma taką grubość, by odbywające się w niej wzajemne oddziaływaniem gazów lub par i cieczy mogło przebiegać w sposób zupełny.

8. Aparat według zastrzeżenia 3, 7, polegający na tem, że warstwa wypełniająca mieści się między dwiema współosiowo ustawionemi powierzchniami, przyczem gazy lub pary mogą je przepływać w kierunku promieni.

9. Aparat według zastrz. 3, 7 i 8, polegający na tem, że powierzchnie odgraniczające warstwę wypełniającą posiadają otwory w taki sposób wykształcony, że ciecz przemywająca aparat zwartym słupem od góry ku dołowi nie może przez nie się wylewać, a to w tym celu, aby przez warstwę wypełniającą można przeprowadzić gazy prostopadle do kierunku słupa cieczy."

Oraz w dalszym ciągu[27]):

„Gdy przy absorbowaniu gazów przez ciecze przeznaczony do absorbcji gaz jest przez inne mocno rozcieńczony, a produkt reakcji z cieczy ma być otrzymany w wyższej koncentracji, wtedy ciecz absorbująca musi bardzo wiele razy przepłynąć tę samą warstwę absorbcyjną, aby się stopniowo wzbogacić w pochłonięty gaz. Wobec tego nie można w jednej jedynej wieży według zasady przeciwprądu wprowadzić w zetknięcie świeżych gazów z cieczą bardziej nasyconą i równocześnie całkiem ubogich gazów z cieczą świeżą. Ażeby to umożliwić, łączono szereg pojedyńczych wież absorbcyjnych jedna za drugą. W każdej z tych wież ta sama ciecz absorbcyjna bywa wielokrotnie na szczyt tej samej wieży podnoszona i spływa w dół po warstwie absorbcyjnej. Obok tego od czasu do czasu przenosi się płyn z jednej wieży na drugą w ten sposób, że ten ruch cieczy wobec kierunku przepływu gazów odpowiada zasadzie przeciwprądu. Gazy przepływają zatem przez wieże po kolei tak, że najbogatsze gazy wchodzą do wieży zawierającej najbardziej stężony płyn, a w miarę jak skutkiem absorbcji stają się uboższe, przechodzą przez wieże zasilane świeżą cieczą. W ostatniej wieży prawie zupełnie wyczerpane gazy wchodzą w kontakt ze świeżą cieczą absorbującą, podczas gdy z wieży pierwszej odprowadza się płyn po zetknięciu się z najbogatszemi gazami najbardziej stężony, aby zrobić miejsce dla cieczy płynącej w kierunku przeciwnym do ruchu gazów. Urządzenie to wymaga zatem większej liczby wież, a co za tem idzie przedstawia dużą powierzchnię do uszczelniania od zewnątrz.

Otóż wynalazca stwierdził, że objętość wież absorbcyjnych można bez obniżenia ich sprawności znacznie zredukować przez użycie materjału wypełniającego drobnych rozmiarów, który w tej samej przestrzeni przedstawia dla gazów większą powierzchnię zetknięcia z cieczą pochłaniającą, aniżeli dotychczas stosowany materjał wypełniający złożony z ciał dużych rozmiarów. Na innem miejscu opisał następnie wynalazca metodę,

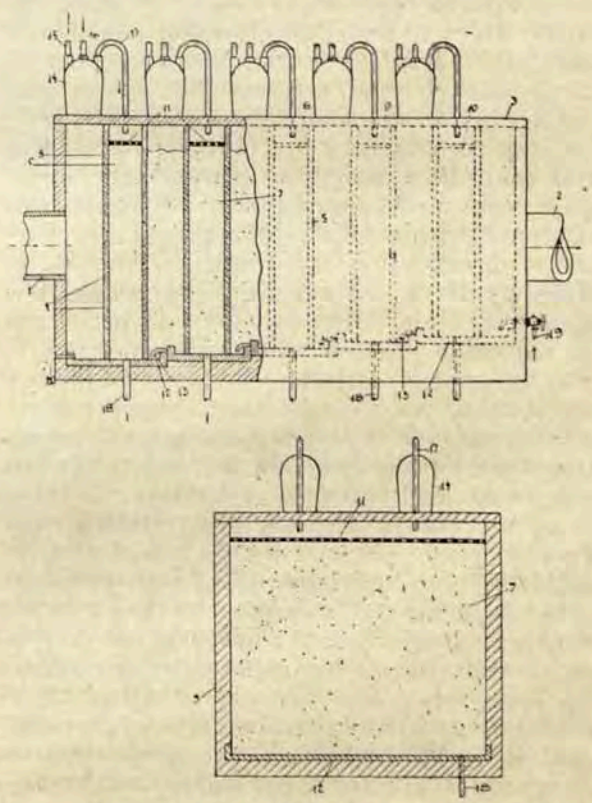
[27]) Pat. polski 6370. „Aparat do absorbowania rozcieńczonych gazów zapomocą cieczy".

służącą do spłókiwania takiego z drobnych ciał złożonego wypełnienia, wedle której wypełnienie polewa się w perjodycznych odstępach taką ilością płynu, że ta zwartym słupem opada przez warstwę materjału wypełniającego i przytem wszystkie jej części przemijająco zatapia. Zastosowanie tej metody nietylko umożliwia całkowite wyzyskanie wchodzących w grę materjałów, lecz zarazem pozwala grubość warstwy wypełnienia w kierunku przejścia gazów zredukować do minimum (15 do 30 *cm*), a to oznacza znowu zmniejszenie objętości wieży absorbcyjnej.

Wynalazca opierając się na tych rozważaniach zbudował aparat do absorbcji rozcieńczonych gazów zapomocą cieczy, zawierający zamkniętą przestrzeń, która jest całkowicie lub częściowo wypełniona odpowiednim materjałem wypełniającym i przez którą w kierunku poziomym przepływają gazy, podczas gdy ciecz służąca do absorbcji spływa prostopadle od góry ku dołowi i wylewana w perjodycznych odstępach przenika wypełnienie w postaci zwartej masy. Według tego wynalazku są w aparacie tym zastosowane urządzenia mające na celu oddzielne zraszanie wspomnianym sposobem pojedyńczych części warstwy, zajmujących wewnątrz tej przestrzeni cały przekrój dla przejścia gazów tak, że przy stosownem oprowadzeniu cieczy jest możliwa absorbcja według zasady przeciwprądu z wyczerpującem traktowaniem gazów, jakkolwiek kierunek, w jakim porusza się ciecz pochłaniająca, jest prostopadły do kierunku ruchu zaabsorbowanych gazów.

Rysunek uzmysławia jeden sposób wykonania nowego aparatu, a mianowicie na fig. 1 (rycina 39) w widoku bocznym w przekroju, a na fig. 2 w przekroju poprzecznym.

W szczelnie od zewnątrz zamkniętej, zaopatrzonej w rury dla dopływu i odpływu gazów *1* względnie *2*, komorze *3*, przez którą przepływają gazy w kierunku strzałek, znajduje się materjał wypełniający drobnych rozmiarów. Zapomocą opatrzonych otworami *4* ścian *5* dzieli się ten materjał na poszczególne warstwy *6*, *7*, *8*, *9*, *10*, a to w tym celu, aby umożliwić wspomniany sposób zraszania zapomocą zwartego słupa cieczy w kierunku prostopadłym do kierunku przepływu gazów. Ściany przechodzą przez całą szerokość komory, zaś otwory *4* są tak liczne, że nigdzie niema istotnej zmiany wielkości przekroju przepływu dla gazów na ich drodze przez aparat. Ściany działowe nie muszą odznaczać się szczególną wytrzymałością, gdyż są obustronnie utrzymywane przez materjał wypełniający. Każdą warstwę absorbcyjną przykrywa płyta sitowata *11*, pod każdą zaś warstwą absorbcyjną znajduje się zbiornik *12*, który służy do chwytania cieczy absorbcyjnej przemywającej daną warstwę. Zbiorniki są umieszczone na stopniach, które patrząc od strony rury doprowadzającej *1* podnoszą się w stronę tylnej ściany komory, a każdy z nich łączy się z sąsiednim zapomocą rur przelewowych *13*. Do dopływu cieczy absorbcyjnej np. wody służą naczynia *14* dla ścieśnionego powietrza, których po dwa lub więcej przypada na każdą warstwę. Do każdego z tych naczyń wchodzi rura doprowadzająca ścieśnione powietrze *15* wzgl. *16*, natomiast rura odpływowa dla cieczy *17* wiedzie do przestrzeni leżącej ponad płytami *11* każdej warstwy. Spłókiwanie odbywa się oddzielnie dla każdej warstwy i to w pewnych odstępach czasu, w ten sposób, że do napełnionych wodą naczyń *14*



Rycina 39.

doprowadza się ścieśnione powietrze, które ich zawartość wypycha raptownie na warstwę wypełniającą. Za każdym razem powstaje przytem w każdej warstwie jednolity słup wody, który opuszczając się od góry ku dołowi zatapia stopniowo wszystkie części warstwy i w ten sposób dokładnie je przemywa. W dnach zbiorników mieszczą się rury *18*, służące do tego, by ciecz zbierającą się w zbiornikach po każdorazowem przepłókaniu warstw absorbcyjnych odprowadzać do nieuwidocznionych na rysunku pomp, zapomocą których można ją spowrotem wprowadzać do naczyń *14*, a stąd znowu na warstwy absorbcyjne. Ta sama zatem ilość płynu może odbywać kilkakrotny obieg w tej samej warstwie i dzięki

temu w możliwie wysokim stopniu nasycić się gazem przeznaczonym do pochłonięcia.

Przemywanie poszczególnych warstw absorbcyjnych odbywa się, jak już wspomniano, oddzielnie, mianowicie zapomocą cieczy, której stężenie, zaczynając od przedniej warstwy *6*, leżącej najbliżej rury doprowadzającej gazy *1*, zmniejsza się przy przechodzeniu ku warstwom tylnym. Na gazy więc wchodzące do komory przez rurę *1*, działa najpierw najbardziej skoncentrowana ciecz, podczas gdy ubogie gazy, które przechodzą przez ostatnie warstwy wypełniające, stykają się ze świeżą wzgl. silnie rozcieńczoną, a zatem bardzo silnie pochłaniającą cieczą absorbcyjną. Świeżą ciecz absorbcyjną doprowadza się przez rurę *19*, która wchodzi do najwyżej położonego zbiornika. Jeżeli wskutek dopływu świeżej cieczy absorbcyjnej wzrasta ilość płynu krążącego w przynależnej warstwie *10*, to w końcu przy pomocy rury przelewowej *13* łączącej ten zbiornik z sąsiednim zbiornikiem następuje odprowadzenie nadmiaru płynu do tego następnego zbiornika i do należącej doń warstwy absorbcyjnej *9*. Względem świeżo do warstwy *10* doprowadzonego płynu absorbującego, nadmiar odprowadzony do przyległego zbiornika posiada wyższe stężenie. Ponieważ ten proces powtarza się też przy dalszych warstwach, więc dzięki zastosowaniu zbiorników, opisane wyżej stopniowanie koncentracji cieczy absorbcyjnej w poszczególnych warstwach wytwarza się automatycznie i stale się utrzymuje. Stężony płyn odbiera się z aparatu przy pomocy rury *20* wchodzącej do najniżej położonego zbiornika. Z powyższego przedstawienia jest widoczne, że każda warstwa wypełniająca wraz z urządzeniem do zraszania stanowi zupełnie całkowitą i samodzielnie pracującą przestrzeń absorbcyjną, która jednak na całkiem tylko małej części powierzchni ją ograniczającej, a należącej zarazem do zewnętrznej ściany aparatu, posiada szczelne, nieprzepuszczalne dla gazów ściany.

Przestrzeń znajdująca się między dwiema warstwami absorbcyjnemi, wypełniona drobnoziarnistym materjałem, może mieć oczywiście dowolne rozmiary. Przestrzenie te służą przedewszystkiem do osadzania mgieł, które tworzą się w warstwach absorbcyjnych wówczas, gdy przepływające przez nie gazy przekroczą pewną dopuszczalną chyżość. Z drugiej strony przestrzenie te mają na celu utrzymywać sąsiednie warstwy absorbcyjne w takiem od siebie wzajemnem oddaleniu, by ciecz nie mogła przechodzić z jednej warstwy do drugiej.

Opisany aparat stosownie do ilości gazów, które w danych okresach czasu mają ulec absorbcji, może posiadać dowolną ilość warstw absorbcyjnych, które załącza się bez oddzielania ich od siebie zamkniętemi ścianami; na całej rozciągłości aparatu mogą przezeń przepływać gazy, przyczem w żadnym punkcie nie zachodzi istotna zmiana przekroju przepływu dla gazów, z wyjątkiem rur dopływowej i wylotowej. Aparat wymaga zatem, w porównaniu z dotychczas używanemi urządzeniami absorbcyjnemi, znacznie mniejszej przestrzeni dla przerobienia tych samych ilości gazów. Ponieważ wreszcie jednostki absorbcyjne są pomieszczone w tej samej przestrzeni, więc także te części urządzenia, które muszą być szczelnie od zewnątrz odgraniczone, są zredukowane do minimum, co naturalnie wpływa na poważne zmniejszenie kosztów budowy.

Zastrzeżenie patentowe:

Aparat do absorbowania rozcieńczonych gazów zapomocą cieczy, składający się z zamkniętej przestrzeni, w całości lub częściowo odpowiednim materjałem wypełniającym wypełnionej, przez którą przepływają gazy w kierunku poziomym, podczas gdy służąca do absorbcji ciecz spływa prostopadle od góry ku dołowi, polegający na tem, że stosuje się w nim urządzenia takie, jak np. kilka po sobie ustawionych warstw drobnoziarnistego materjału wypełniającego, które rozciągają się na cały przez gazy przepływany poprzeczny przekrój komory, a które są utrzymywane i odgraniczone ściankami działowemi, zaopatrzonemi w liczne otwory, by można sposobem wyżej opisanym zraszać oddzielnie poszczególne części warstwy tak, by przez stosowne prowadzenie cieczy możliwa była absorbcja na zasadzie przeciwprądu z wyczerpującem traktowaniem gazów, pomimo, że kierunek przepływu cieczy pochłaniającej jest prostopadły do kierunku ruchu absorbowanych gazów".

Przemysłowe wykorzystanie pomysłów Pana Prezydenta odnośnie do elektrochemicznej produkcji HNO_3 nastąpiło stosunkowo szybko.

Na podstawie notatek i korespondencji w związku z budową fabryki „Azot"[28]) możnaby w następujący sposób odtworzyć historję realizacji prac Pana Prezydenta dotyczących problemu azotowego:

Pierwsze eksperymenty nad tem zagadnieniem miały miejsce we Fryburgu w 1900 roku, a więc w czasie, gdy inne prace w tej dziedzinie nie zostały jeszcze opublikowane. Na podstawie laboratoryjnych prób, które dawały już podstawę do traktowania tego przedmiotu serjo — zostało stworzone Towarzystwo „Société de l'Acide Nitrique à Fribourg" w listopadzie 1901 r. Celem Towarzystwa było finansowanie budowy pierwszej próbnej fabryki na 25 KW w zupełnie technicznem wykonaniu we Fryburgu.

[28]) W Jaworznie w 1915 r.

W roku 1903 projektowana fabryka próbna została zbudowana, a później przeniesiona do Vevey i powiększona do 75 KW. Ta ostatnia została wykończona na jesieni tegoż roku. Przedmiotem patentów fabryczki było jedynie jej urządzenie elektrotechniczne[29]). Dla absorbcji używano instalacji dawnego systemu.

Prawie jednocześnie z ukończeniem próbnej (75 KW) fabryki i przeprowadzeniem ekspertyzy technicznej, zostały opublikowane w części rezultaty pracy Birkelanda i Eydego, które wydały się Panu Prezydentowi o wiele lepsze od Jego własnych, tak pod względem wydajności, jak i kosztów urządzenia.

Wobec zupełnie wyraźnego przedstawienia sprawy Towarzystwu przez Pana Prezydenta, że system Jego nie wytrzymuje konkurencji w porównaniu z metodą Birkelanda i Eydego, „Société de l'Acide Nitrique à Fribourg" postanowiło ograniczyć się do finansowania prac nad kondensatorami. Niezrażony tem pierwszem niepowodzeniem poświęca Pan Prezydent wolne chwile w dalszym ciągu pracy nad kwasem azotowym.

Te nowe wysiłki — po całym szeregu prób doprowadziły do opracowania pieca elektrycznego z rotującym płomieniem, którego główna zasada pozostała i obecnie. Jeden z modeli takiego pieca, czyniący zadość stawianym wymaganiom, został puszczony w ruch w początku roku 1905 (Piec I, patent austryjacki Nr. 38935). Z tym 27 KW piecem odbyła się ekspertyza we Fryburgu w lecie roku 1906 pod kierownictwem technicznem Sir William'a Crooksa. Uzyskano wydajność ok. 60 *g* HNO_3/KWG, przyczem koncentracja NO w gazach bardzo mało przewyższała 1%, t. j. była taka, jak i w systemie Birkelanda.

Sprawozdanie z tych prac łącznie z ekspertyzą Sir Williama Crooksa było opublikowane w rok później w paru pismach fachowych (m. i. Elektrotech. Z. **28**, (1907), 1003, 1032 i 1055). Dalsza praca nad ulepszaniem tego systemu wzięła szybkie tempo; rezultatem jej były patenty na Piec II (*patent austryjacki Nr. 34021*), Piec III (*patent austryjacki Nr. 64945*) i Piec IV (*patent austryjacki Nr.Nr. 65945 i 65946*). Piec III stracił wkrótce swe znaczenie[30]).

W okresie tym Pan Prezydent zajmował się również opracowaniem zupełnie nowego systemu absorbcji.

Naskutek publikacji Pana Prezydenta w Elektrotech. Z. zgłosiła się do „Société de l'Acide Nitrique à Fribourg" z końcem roku 1907 firma „Aluminium Industrie A. G.", czego wynikiem był układ między obydwoma Towarzystwami, dotyczący kupna patentów na Szwajcarję i Austrję; w stosunku do innych krajów oba Towarzystwa miały występować jako współwłaściciele. Kontrakt ten był zawarty po przeprowadzeniu ekspertyzy technicznej i patentowej na jesieni 1908 roku. Zobowiązywał on Pana Prezydenta do bezzwłocznego zajęcia się budową dużej fabryki na 2000 KW w Chippis (Kanton Wallis), która jednocześnie miała być pokazową dla ewentualnie późniejszych tranzakcyj na inne kraje. Na mocy powyższego kontraktu Pan Prezydent zobowiązał się również do niepublikowania wyników Swych badań i temu należy przypisać brak wiadomości o Jego pracach z owego okresu, skutkiem czego były one dla ludzi dalej stojących niedostępne. Widomym znakiem osiągniętych rezultatów były jedynie druki patentowe, co daje się zauważyć w zestawieniu prac ówczesnych badaczy nad tym tematem.

Ekspertyzę z ramienia A. I. A. G. przeprowadzało dwu inżynierów z udziałem przedstawiciela fabryki Oerlikon. Wynikiem jej (przy ruchu urządzenia bez przerwy ok. 70 godzin) było stwierdzenie wydajności ok. 60 *g* 100%-ego HNO_3/KWG przy koncentracji tlenków azotu 2,5%. Absorbcyjne urządzenie dało 50%-wy HNO_3 przy znikomych stratach NO_2 w gazach wychodzących nazewnątrz. Ekspertyza w zupełności potwierdziła oczekiwania — wynik patentowej ekspertyzy był też zadowalający i na tej podstawie zawarta umowa z A. I. A. G. weszła w życie.

Budowa tej fabryki na 2000 KW była prowadzona całkowicie przez Pana Prezydenta, począwszy od zbierania ofert i opracowywania umów o warunki dostawy poprzez montaż, aż do ruchu próbnego i t. d.

Wobec dużego skoku z jednostki 50 KW na 1000 KW nasunęły się pewne trudności, a zwłaszcza przy piecach elektrycznych. Po przezwyciężeniu wynikłych komplikacyj uruchomienie tej 2000 KW-owej fabryki nastąpiło ostatecznie w 1910 roku[31]).

Należy zaznaczyć, że pierwsze piece (typ II), stosowane w tej 2000 KW fabryce, nie dawały 2½%-owej koncentracji tlenków azo-

[29]) Do rozwoju przyczyniło się opracowanie zastosowane do ubezpieczenia przepięć (Elektrotech. Z. **25** (1904) 527 i 549 oraz Schweiz. Elektrotechn. Z. 1906). Między innemi okazało się, że system wymagał kondensatorów elektrycznych na wysokie napięcie i ten problem udało się Panu Prezydentowi równie pomyślnie rozwiązać. Odnośne patenty zostały sprzedane „Sté Générale des Condens. Electr. à Fribourg. Fabryka przeszło dwadzieścia lat temu została podwojona, zupełnie zamortyzowana i dała przy 1 miljonie franków — 15% dywidendy.

[30]) Przy ekspertyzie A. I. A. G. funkcjonował piec III jak piec II, gdyż zmiany będące istotą pieca III okazały się przy próbach niepraktyczne, dlatego też patentu nie podtrzymywano.

[31]) Opóźnienie uruchomienia spowodowane zostało nadto zepsuciem się w początkach roku 1910 jednofazowego generatora na 5000 V, pracującego od 1909 roku. Przyczyną powyższego były skąpo obliczone części przewodzące, co z kolei pociągnęło za sobą grzanie się generatora już przy normalnej pracy, oraz, wkońcu, przepalenie izolacji.

tu, którą otrzymano podczas ekspertyzy z małym piecem. Gdy starano się koncentrację nawet o $^1/_2$% podwyższyć, dawał się zauważyć spadek wydajności energetycznej, co się wyrażało obniżeniem ilości gramów uzyskiwanego HNO_3 z jednej KWG. A zatem piece te, jakkolwiek były budowane według typu II, miały wydajność niewiele większą od typu I.

Opatentowane przez Pana Prezydenta urządzenia absorbcyjne okazały się zupełnie dobre. W czasie stawiania tej fabryki zostało opracowane urządzenie do koncentracji. Wobec tego po uruchomieniu całości można było otrzymywać odrazu 98%-owy HNO_3.

Ta pierwsza fabryka dostarczała kwas azotowy nietylko dla Szwajcarji, ale i eksportowała go do Niemiec. Wkrótce po stwierdzeniu rentowności produkcji HNO_3, oraz pojemności rynku zbytu, postanowiło A. I. A. G. zwiększyć znacznie fabrykę, a mianowicie na ca 20000 KW. Budową tą, jak również wszelkiemi związanemi z nią czy to ulepszeniami, czy ruchem próbnym, zajmował się Pan Prezydent osobiście do końca roku 1912, w którym to czasie połowa, t. j. instalacja na 10000 KW została puszczona w ruch.

Wszelkie ulepszenia (urządzenia absorbcyjne II i piec IV) wykonane w związku z tą budową przez Pana Prezydenta były patentowane na Jego nazwisko. Między innemi piec elektryczny (IV) — z początku jako mały model we Fryburgu, następnie jako ok. 50 KW w Neuhausen i w końcu jako 1000 KW (prowizorycznie zmodyfikowany) w Chippis dawał 2,5%-ową koncentrację tlenków azotu. Modyfikacje te nie nastręczały zbyt wielkich trudności i wkońcu wszystkie piece w fabryce funkcjonowały wzorowo.

Drugi patent tyczący urządzeń absorbcyjnych został zgłoszony przy rozbudowie fabryki w Chippis.

Głównymi odbiorcami kwasu azotowego za czasów pracy Pana Prezydenta w Chippis byli:

1) „Société Suisse des Explosifs", Brig, Kanton Wallis.

2) Chemische Fabrik „Uetikon" b. Zürich.

3) Grasset & Cie, rue Synagogue, Genève.

4) Fabrique des Produits Chimiques de Thann et de Mulhouse[32]).

Powołany w 1912 r. na katedrę elektrochemji na politechnice we Lwowie, opuścił Pan Prezydent A. I. A. G. i Chippis, przenosząc dalsze Swe zainteresowania praktycznego działania na teren Małopolski.

Chcąc Sobie zapewnić na terenie Małopolski i Kongresówki zupełną niezależność, doprowadza do skutku układ podziału patentów z A. I. A. G., na mocy którego patenty na terenie Austrji, Niemiec, Italji, Anglji i Belgji są wyłączną własnością S. A. N., podczas gdy teren Szwecji, Francji, Norwegji i Szwajcarji pozostał przy A. I. A. G. Patenty amerykańskie są nadal wspólną własnością. Rosja z Finlandją i patenty w Małopolsce należą do osobnego konsorcjum „Sulikowski & Co". Wszystkie inne kraje, w których patenty przestano opłacać, lub też wcale nie zgłaszano, pozostały wolne dla obu stron.

Równocześnie z pracami nad realizacją produkcji kwasu azotowego z powietrza prowadził Pan Prezydent badania nad nową metodą syntezy cyjanowodoru, soli cyjanowych i przeróbką tych ostatnich na amonjak przy równoczesnem otrzymywaniu soli kwasu mrówkowego jako produktu ubocznego. Próbna fabryka związków cyjanowych istniała naprzód we Fryburgu na 20 — 30 KW, a potem w Neuhausen na 75 KW. Należy podkreślić, że jakkolwiek prace te były rozpoczęte znacznie wcześniej, to ostateczne rozwiązanie dało dopiero zastosowanie pieca elektrycznego z płomieniem rotacyjnym. W piecach konstrukcji Birkelanda i Eydego synteza cyjanowodoru była niemożliwa do urzeczywistnienia.

W związku z budową samego pieca elektrycznego oraz jego prowadzeniem, zwracały na siebie uwagę następujące szczegóły:

Dławiki przy wszystkich płomieniach, konieczne do ograniczenia natężenia w nich prądu mogą być budowane jednocześnie jako jednocewkowe transformatory, które przy tych samych kosztach budowy odgrywają podwójną rolę, działając jako dławik ograniczający natężenie prądu, a również transformują napięcie na wysokość potrzebną do normalnego ruchu pieców.

Najkorzystniejsze jest łączenie dwóch pieców w szereg, przez co uzyskuje się mniejsze przesunięcie fazy, a ponadto bardziej dogodne warunki do obsługi, gdyż piec może być uziemiony bez uziemiania biegunów.

W ten sposób wewnętrzne elektrody połączone są z biegunami, obie komory zaś ze sobą i z ziemią. Połączenie tego rodzaju stwarza możliwość stosowania całkowitego napięcia w sieci do uruchomienia pieca.

Odnośnie do wad i zalet pieca systemu Pana Prezydenta należy wymienić następujące:

1) Komora płomienia nie ma wyłożenia z szamoty, ale jest zrobiona z dobrego przewodnika cieplnego, mianowicie z elektrolitycznej miedzi. Dzięki właśnie brakowi szamoty można otrzymywać tlenki azotu o dużej koncentracji, albowiem w piecach systemu Birkelanda lub B-ci Pauling, zmuszonych do stosowania wyłożenia, gazy wypełniające

[32]) W roku 1914 fabryka de Thann et de Mulhouse miała wybudować własną fabrykę HNO_3 według metody Pana Prezydenta. Realizacji tego, na podstawie całkowicie przygotowanych planów, stanęła na przeszkodzie wojna światowa.

piec odgrywają jednocześnie rolę medjum chłodzącego wewnętrzną jego powierzchnię, gdyż ta pod wpływem bardzo silnego promieniowania ciepła z samego płomienia ulega zniszczeniu. Szamota w piecach wspomnianych systemów odgrywa rolę izolacji elektrycznej. W rezultacie ilość powietrza doprowadzonego na 1 KW musi być 2,5 razy większa od ilości powietrza, którego wymagają piece systemu Pana Prezydenta. Tem samem uzyskuje się w piecach systemu Birkelanda i Eydego lub B-ci Pauling gazy o koncentracji 2,5-krotnie mniejszej. Czynnik ten jest bardzo ważny, gdyż według doświadczeń Pana Prezydenta, w wypadku gdy stężenie gazów wynosi 1% zamiast 2%, urządzenia absorbcyjne muszą być conajmniej czterokrotnie większe.

2. Dzięki konstrukcji całkowicie metalowej piec jest w ciągu kilku minut gotowy do ruchu. Włączanie i wyłączanie pieca może być tak częste, że piec ten może pracować jak lampa łukowa, może być zatem użyty do chwilowego wyrównania faz prądu trójfazowego. Nie jest się przytem narażonym na pękanie szamoty, która rozgrzewając się i stygnąc ulega szybszemu zniszczeniu.

3. Obciążenie pieca daje się regulować bardzo wygodnie, a mianowicie przy pomocy nie nastręczającego trudności nastawienia w dławiku.

4. Ruch pieca od samego początku, odnośnie do spadku napięcia na nim, jest stały. Niczem nie ustępuje pod tym względem najlepszym piecom Birkelanda. Z tych samych szyn można pobierać prąd do oświetlania.

5. Odnośnie do trwałości poszczególnych części pieca, to odznacza się on wyjątkowemi pod tym względem zaletami. Wobec tego, że cały piec wykonany jest z metalu, w normalnych warunkach pracy niema części narażonych na pękanie skutkiem zmian temperatury. Elektroda zewnętrzna, oraz górna płyta z rurą wytrzymuje bez przerwy szereg lat ruchu, a wewnętrzna elektroda wymaga wymiany jedynie raz na kilka miesięcy.

6. Obsługa pieca jest bardzo łatwa i zupełnie prawie zautomatyzowana. Jedynie elektroda wewnętrzna wymaga raz na kilka tygodni regulacji ustawienia, co się uskutecznia przy pomocy małego poruszenia korby

7. Dużą zaletą pieca jest wirowy ruch płomienia uzyskiwany dzięki działaniu pola magnetycznego. Piece elektryczne do otrzymywania *NO*, w których ruch płomienia wywołujemy jedynie przy pomocy ruchu samych gazów posiadają tę wadę, że wyższa koncentracja *NO* może być uzyskana pod warunkiem jednoczesnego spadku wydajności energetycznej. Przyczyną tego jest istnienie warunków nie pozwalających na dość szybkie oziębianie gazów opuszczających płomień łuku elektrycznego, co w konsekwencji umożliwia w wyższym stopniu rozkład powstałego tlenku azotu. Dopuszczanie zaś większej ilości powietrza powoduje bezpośrednio rozcieńczanie uzyskiwanego *NO*. Należy jeszcze nadmienić, że mniej intensywne chłodzenie powoduje szybsze niszczenie wyłożenia szamotowego w wspomnianych typach pieców Birkelanda lub B-ci Pauling.

8. Odnośnie do wydajności, to piec systemu Pana Prezydenta dawał około 60 *g* 100% HNO_3/1 KWG, podczas gdy np. przy systemie B-ci Pauling uzyskuje się 55 *g* na 1 KWG, ale obliczone wraz z solami azotowemi wapnia.

9. Wadą pieca konstrukcji Pana Prezydenta w porównaniu z piecami innych systemów np. Birkelanda lub B-ci Pauling jest niemożność budowania większych jednostek ponad 500 KW, o ile chce się uzyskać korzystny cos φ i odpowiednio wysoką koncentrację *NO* w gazach, a mianowicie 2½%-ową. Wyniki uzyskiwane na jednym piecu 1000KW są mniej więcej te same (cos φ oraz stężenie *NO* w gazach), jak w najlepszych piecach Birkelanda, które można budować na 6000 HP.

10. Piec systemu Pana Prezydenta w porównaniu z innemi np. Birkelanda, licząc na 1 KW w płomieniu, kalkuluje się cokolwiek drożej. Należy jednak wyjaśnić, że znaczny koszt stanowią tutaj cewki magnetyczne, które nie ulegają żadnemu zużyciu, a zatem ulokowany w nich (w miedzi) kapitał przedstawia w zasadzie niezmienną wartość.

Urządzenia absorbcyjne systemu Pana Prezydenta chronione są patentami między innemi austryjackiemi Nr. Nr. 38936 i 58176. Do opracowania tych urządzeń, nadających się specjalnie dla absorbcji dużych ilości rozcieńczonych gazów (np. tlenków azotu otrzymywanych z pieca elektrycznego), skłoniły Pana Prezydenta negatywne wyniki uzyskane przy posługiwaniu się nawet najlepszemi podówczas znanemi urządzeniami, stosowanemi do tego celu.

Wieże absorbcyjne opracowane przez Pana Prezydenta nie stanowią ulepszenia dawnych systemów, lecz są nawskroś oryginalne w pomyśle i przewyższają inne systemy nie o kilka czy kilkanaście procent, lecz kilkakrotnie tak pod względem wymaganej kubatury, jak i samego kosztu budowy.

Podczas gdy inne systemy do niedawna musiały się uciekać do stosowania mleka wapiennego lub wapniaka w końcowych wieżach dla zupełnego zaabsorbowania resztek gazu, którego inaczej do 30% uchodziło w powietrze — przy systemie Pana Prezydenta wszystkie wieże aż do ostatniej mogą służyć wyłącznie do kwasu, przyczem uchodzące z

ostatniej wieży gazy są praktycznie zupełnie wolne od tlenków azotu.

Najlepsze wieże podług ulepszonych starych systemów oraz duże rezerwuary dla rozcieńczonego kwasu azotowego budowała w owym czasie firma Stenler & Co G. m. b. H. w Coblencji. Podczas budowy urządzeń absorbcyjnych według patentów Pana Prezydenta przez wspomnianą firmę dla 2000 KW fabryki w Chippis miał Pan Prezydent okazję do gruntownego zapoznania się z systemami wież absorbcyjnych dotychczas przez tę firmę budowanych.

Prace nad urządzeniami dla dokoncentrowywania kwasu azotowego, przeznaczonemi dla fabryki w Chippis, zostały zakończone przez Pana Prezydenta w roku 1910.

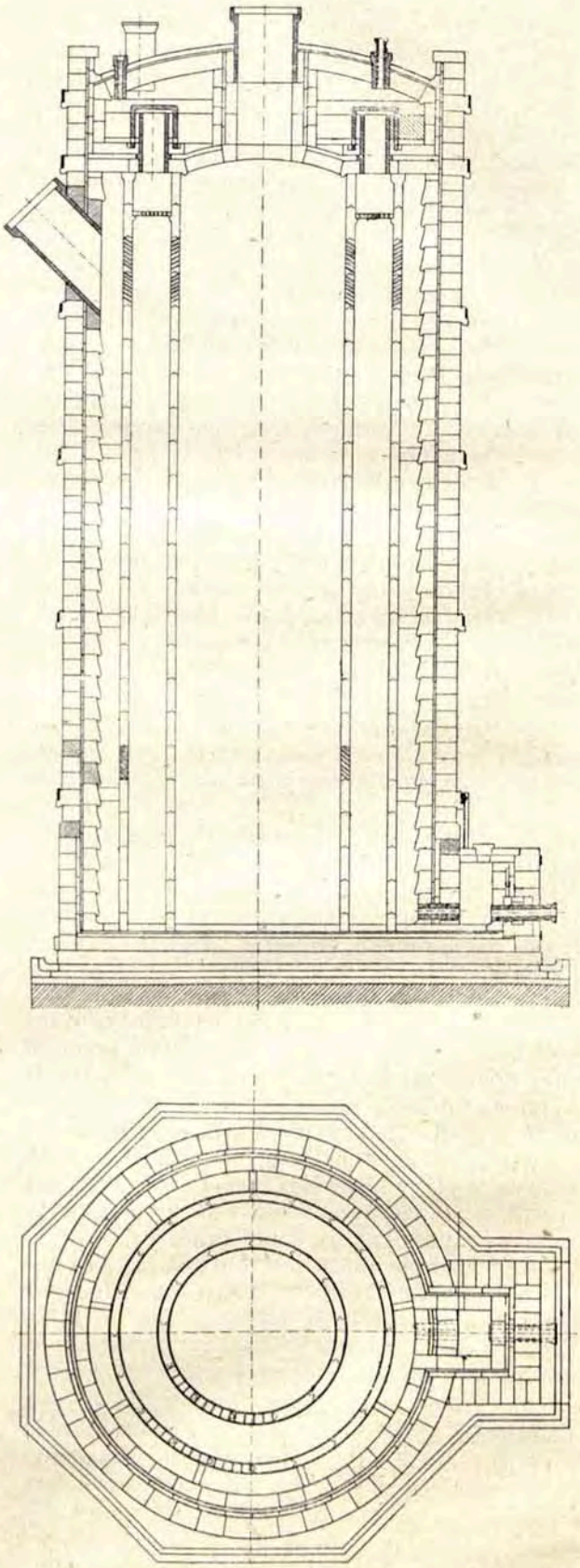
W owym czasie problem stężania kwasu azotowego tak odnośnie do metody, jak i wytrzymałości aparatury, nie był należycie rozwiązany, urządzenie natomiast według pomysłu Pana Prezydenta stało w zupełności na wysokości zadania. Instalacja ta pozwalała na produkcję stężonego, bo 98%-owego kwasu azotowego, co było dużym krokiem naprzód w porównaniu z innemi fabrykami syntetycznego kwasu azotowego, zwłaszcza, że uzyskiwany produkt odpowiadał najbardziej ostrym wymogom czystości, stawianym przez ówczesny przemysł chemiczny tak w Szwajcarji, jak i zagranicą. Również to samo dotyczy zawartości niższych tlenków azotu w produkowanym kwasie azotowym.

Kwas siarkowy potrzebny do koncentracji kwasu azotowego według metody Pana Prezydenta wystarcza o stężeniu 65,0—65,5° Bé. Kwas siarkowy wychodzący z urządzeń koncentracyjnych posiada ca 60,0° Bé (78%). Stężanie (regeneracja) kwasu siarkowego na pierwotną koncentrację było prowadzone na miejscu, co dało się dosyć łatwo uskutecznić, gdyż wymagane stężenie kwasu siarkowego, a mianowicie jedynie 65,0°—65,5° Bé daje się nawet na dosyć prostych urządzeniach uskutecznić. Możność stosowania do koncentracji kwasu azotowego, kwasu siarkowego o mocy 65,0°—65,5° Bé (90—92%) stanowi dużą zaletę metody Pana Prezydenta, gdyż największe trudności w dokoncentrowywaniu kwasu siarkowego występują, jak wiadomo, przy stężaniu ponad 92%.

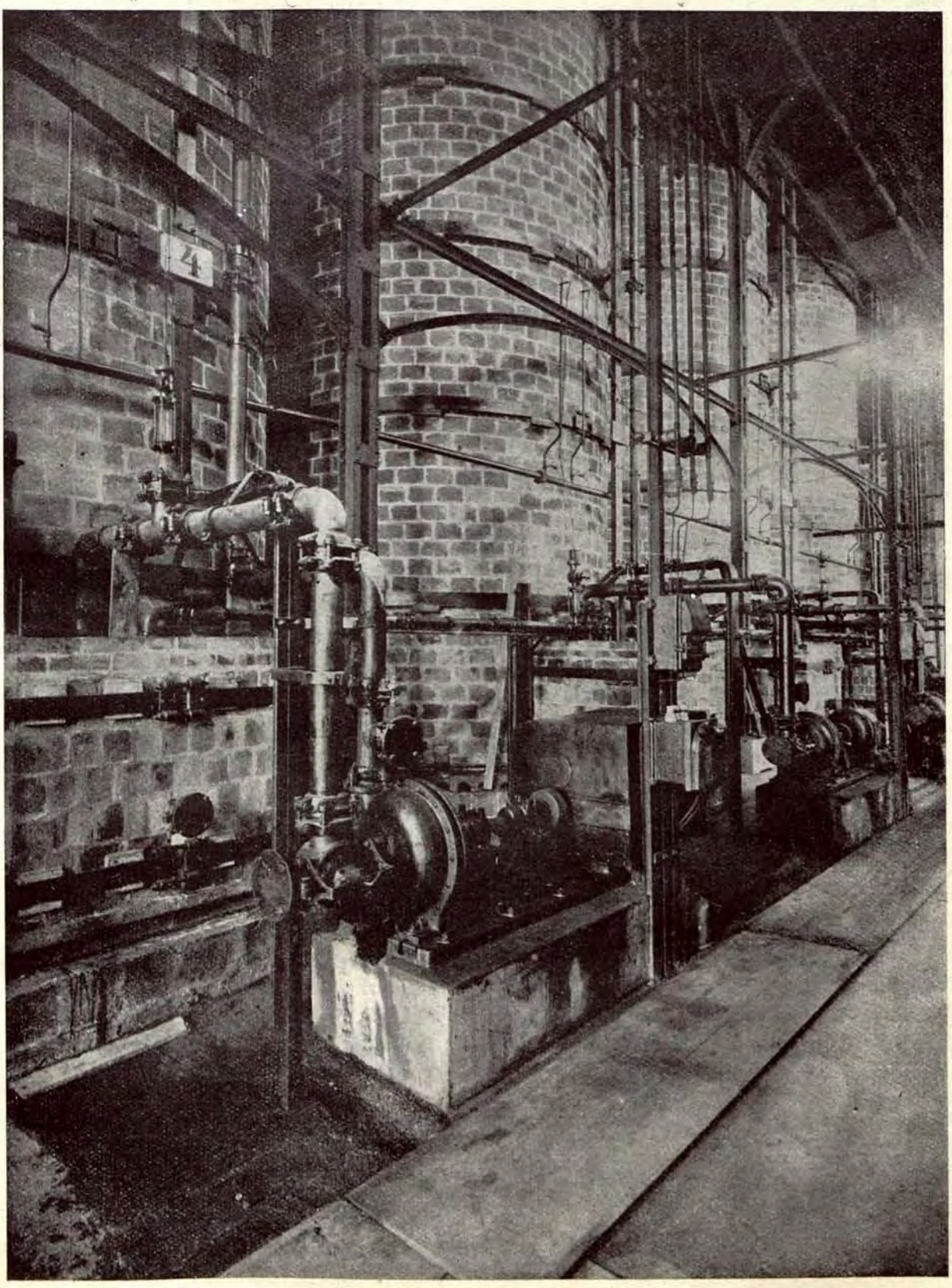
* * *

Wieże absorbcyjne systemu Pana Prezydenta są w Polsce stosowane w trzech fabrykach związków azotowych, a mianowicie: w dwu fabrykach Z. F. Z. A. w Mościcach i Chorzowie oraz w „Azocie" w Jaworznie.

We wszystkich tych fabrykach służą one do absorbcji NO_2 przez wodę, a więc do fabrykacji HNO_3.

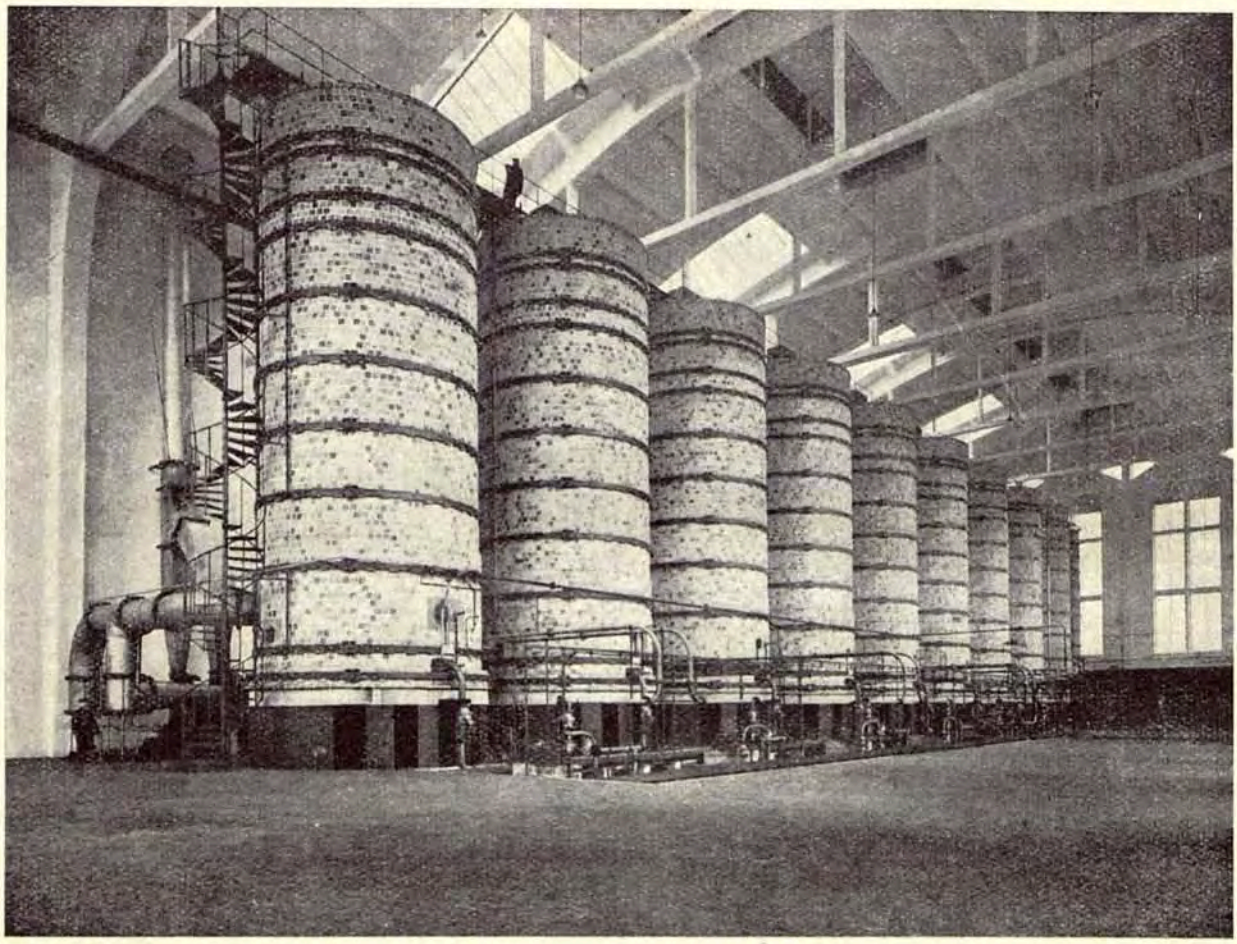


Rycina 40.
Wieża do absorbcji NO_2 systemu Pana Prezydenta w fabryce „Azot" w Jaworznie.



Rycina 41.

Wieże absorbcyjne systemu Pana Prezydenta w fabryce „Azot" w Jaworznie.



Rycina 42.
Wieże absorbcyjne systemu Pana Prezydenta w P. F. Z. A. w Mościcach.

Rycina 40 przedstawia przekrój podłużny wieży absorbcyjnej do NO_2, stosowanej w swoim czasie w Sp. Akc. „Azot" w Jaworznie[33]) Ważniejsze wymiary: wysokość 8,7 *m*, średnica około 3,5 *m*. Absorbcyjna warstwa wypełnienia drobnoziarnistego stanowi pierścień o średnicy 1,93 *m*, wysokości 6,3 *m* i grubości 35 *cm*. Warstwa ta znajduje się między dwiema cylindrycznemi ścianami zbudowanemi z cegieł kwasotrwałych. Cegły te mają ukośne otwory dla przepływu gazów. Zraszanie odbywa się co 5 *min* przy pomocy urządzenia lewarowego (podobnie jak na rycinie 32). Widok szeregu takich wież daje rycina 41. Wieże absorbcyjne w Mościcach[34]) służą do absorbcji tlenków azotu uzyskanych przez spalanie NH_3. Wież pracujących szeregowo jest dziewięć (rycina 42). Pierścień warstwy absorbcyjnej podzielony jest pionowemi ścianami na segmenty. Ilość ich wynosi 30. Każdy segment zraszany jest oddzielnie przez specjalne urządzenie. Gazy absorbcyjne przechodzą w kierunku poziomym (rycina 43).

Przeprowadzone w swoim czasie doświadczenia wykazały doskonałe funkcjonowanie wież. Otrzymane rezultaty pozwoliły stwierdzić, że nawet przy silnem forsowaniu ilości spalanego NH_3[35]) spółczynnik wydajności układu absorbcyjnego niewiele ulega zmianom i naogół jest bardzo wysoki (tablica I).

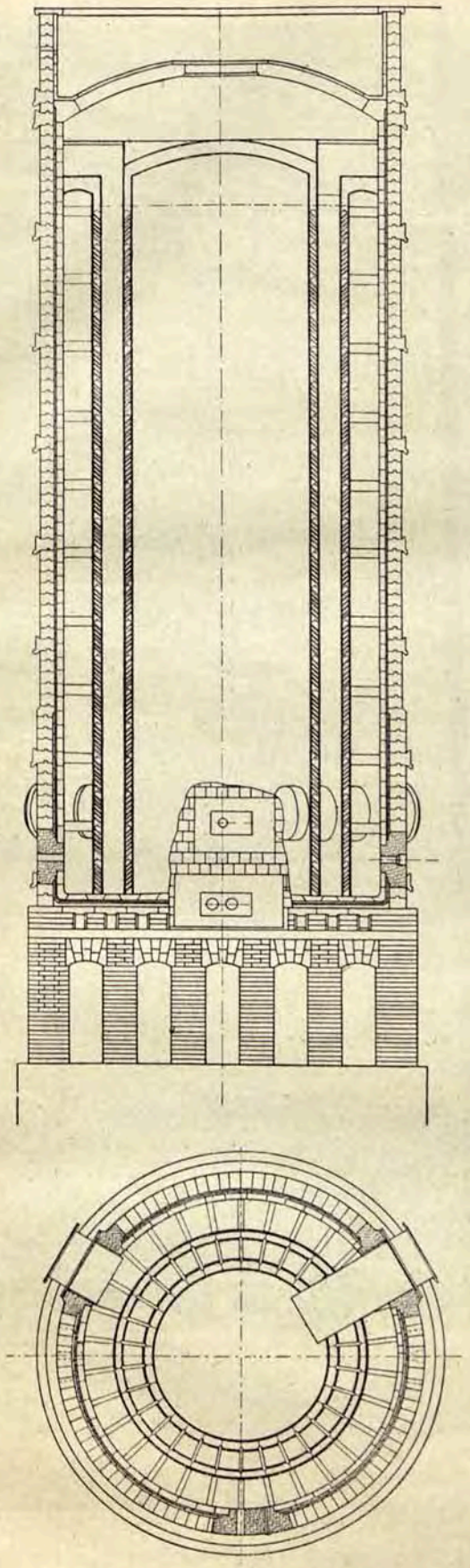
TABLICA I.

Ilość spalanego NH_3 gaz. w *kg* na 24 *godz.*	12362	28054	33541
Wydajność spalania	92,76	91,69	91,53
Wydajność absorbcji	99,23	98,23	97,92
Straty w absorbcji (bez alkalicznego pochłan. końcowego) .	0,77	1,77	2,08
Wydajność ogólna	91,99	89,92	89,45
Ilość otrzymanego kwasu wyrażona w *kg* 100 %-wego HNO_3	42078	93155	111299

[33]) Rysunki i fotografje odnoszące się do urządzeń fabryki „Azot" zostały łaskawie użyczone przez p. inż. J. Krakowskiego dyr. techn.

[34]) Odnośne fotografje i rysunki zostały łaskawie użyczone przez Dyrekcję Z. F. Z. A. w Mościcach i Chorzowie.

[35]) W Mościcach uzyskuje się w tym oddziele tlenki azotu przez spalanie NH_3 na siatkach platynowych.



Rycina 43.
Schemat wieży absorbcyjnej syst. Pana Prezydenta używanej w P. F. Z. A. w Mościcach do fabrykacji kwasu azotowego.

Wieże absorbcyjne systemu Pana Prezydenta[36]), stosowane do produkcji HNO_3 w Chorzowie, zbudowane zostały w latach 1930 — 31. Wieże te nie stanowią samodzielnej aparatury absorbcyjnej, lecz służą do zastąpienia pewnej części starej instalacji, pochodzącej jeszcze z czasów administracji niemieckiej. Całe urządzenie absorbcyjne w Chorzowie składa się z dwu chłodników, oziębiających spaliny NH_3, dwu starych wież granitowych, pracujących szeregowo, dwu wież kamionkowych, zbudowanych według patentów Pana Prezydenta, pracujących równolegle i wreszcie z 5 starych wież absorbcyjnych. Jako uzupełnienie do tej całej instalacji stosuje się jeszcze alkaliczne komory, w których resztki tlenków azotu zostają ostatecznie pochłonięte.

Całe to urządzenie, obliczone na obciążenie równe produkcji około 66 t 100% HNO_3 (20 t NH_3) dziennie, pracowało początkowo ze względu na małe obciążenie w ten sposób, że pierwsza wieża granitowa miała za zadanie utlenianie NO do NO_2, druga zaś, oraz dwie kamionkowe służyły do absorbcji. W tych warunkach okazało się, że wieża granitowa, objętość której równa się około 160 m^3 (rycina 51) absorbuje 46% wprowadzanych tlenków, kamionkowe zaś systemu Pana Prezydenta, których łączna objętość wynosi jedynie 20 m^3 (po 10 m^3 każda) absorbują 56% wprowadzanych tlenków.

Chcąc ostatecznie porównać funkcjonowanie obu systemów wież absorbcyjnych, przeprowadzono następującą próbę: obie wieże granitowe, załączono jako utleniające; w ten sposób wieże kamionkowe otrzymywały stężone i całkowicie prawie utlenione gazy, pracowały zatem w podobnych warunkach, w jakich poprzednio była druga wieża granitowa.

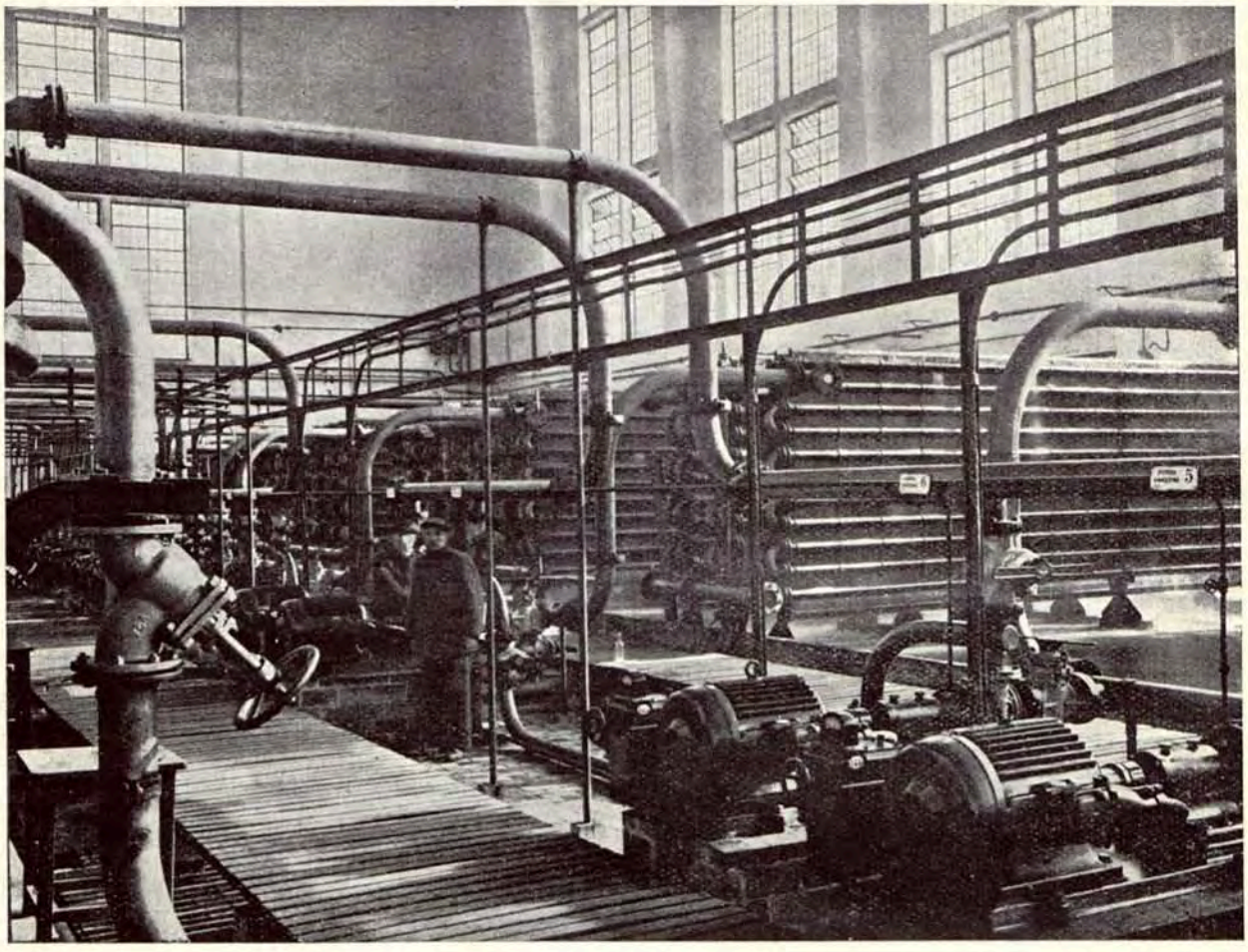
Uzyskane rezultaty dają wyraźny dowód wyższości systemu absorbcyjnego Pana Prezydenta, a mianowicie: wieże kamionkowe, pracując przy tem samem obciążeniu, produkują dziennie 13170 kg HNO_3, wieża granitowa zaś o objętości ośmiokrotnie większej produkuje dziennie jedynie 11250 kg. Wieże kamionkowe, otrzymując bardziej stężone gazy absorbowały 52% wprowadzanych tlenków, wieże granitowe w tych samych warunkach — 46%.

Rycina 50 przedstawia przekrój pionowy wieży kamionkowej systemu Pana Prezydenta[37]). Strzałki oznaczają kierunek ruchu gazów. Ważniejsze wymiary wynoszą około: $h = 11{,}2\ m;\ \emptyset = 2{,}4\ m.$

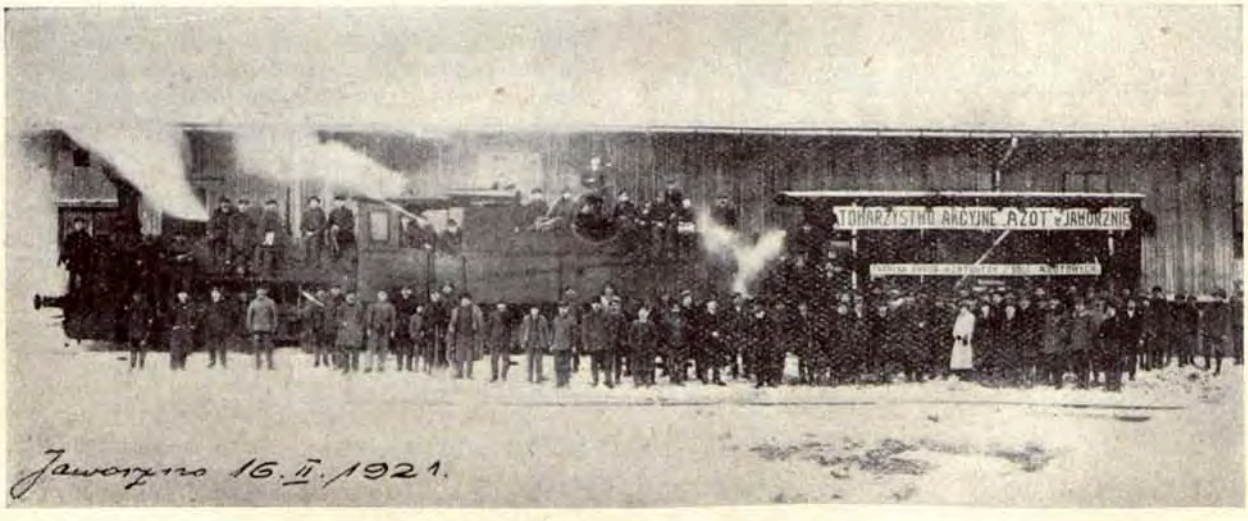
Rycina 51 daje pojęcie o całej instalacji wież absorbcyjnych używanych w P. F. Z. A. w Chorzowie.

[36]) Na podstawie informacyj udzielonych łaskawie przez p. inż. Wł. Bobrownickiego, szefa-chemika P. F. Z. A. w Chorzowie.

[37]) Vide [36])



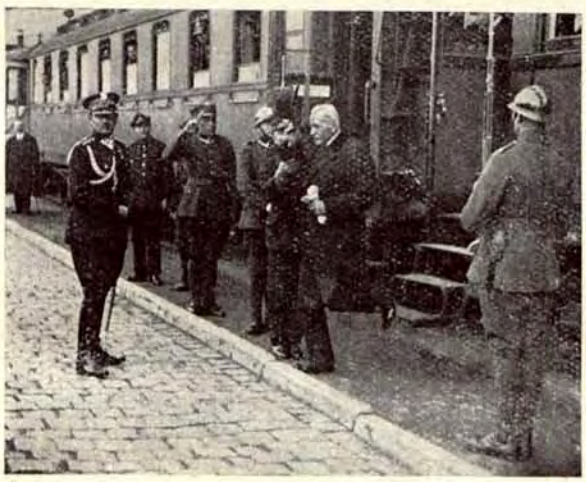
Rycina 44.
Chłodnice do kwasu azotowego w P. F. Z. A. w Mościcach.



Rycina 45.
Pan Prezydent Mościcki w otoczeniu pracowników fabryki „Azot" przed pierwszym wagonem wyprodukowanej saletry sodowej.

Dla wyjaśnienia należy jeszcze dodać, że jedynie z powodu trudności skonstruowania dużej aparatury kamionkowej, wieże systemu Pana Prezydenta wykonano w tym wypadku jako dwie mniejsze, pracujące równolegle.

Rycina 46.
Przyjazd Pana Prezydenta Mościckiego do Chorzowa.
(Fotografje ze zbiorów p. inż. M. Godlewicza).



Rycina 47.

Koncentracja HNO_3.

Pomimo stosowania na dużą skalę nowoczesnych i bardziej ekonomicznych metod, część stężonego kwasu azotowego otrzymuje się i obecnie według niektórych metod dawniejszych. Z pośród metod tych, pozwalających stężać syntetyczny kwas azotowy otrzymywany w przemyśle naogół jako 40—50%-owy, metoda opracowana przez Pana Prezydenta wyróżnia się swoją oryginalnością i pomysłowością.

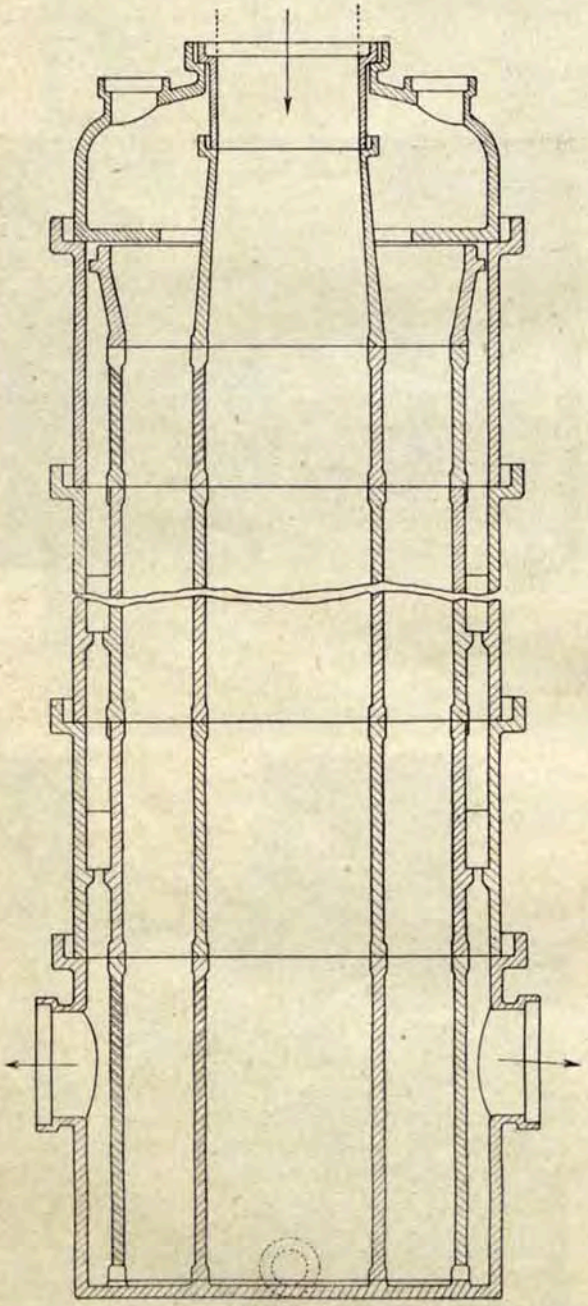
Używając do koncentracji HNO_3 stężonego H_2SO_4 napotyka się na duże trudności, o ile chodzi o rozwiązanie tego zagadnienia w odniesieniu do dużych jednostek aparaturowych. Konieczny przy tej metodzie dla deflegmacji spadek temperatur w kolumnie uzyskuje się przez ogrzewanie od zewnątrz. Wobec jednak braku materjału konstrukcyjnego, któryby zarazem był dobrym przewodnikiem ciepła i nie ulegał działaniu HNO_3,

Rycina 48.
Pan Prezydent Mościcki w laboratorjum fabryki w Chorzowie.
(Fotografje ze zbiorów p. inż. M. Godlewicza).

Rycina 49.

ogrzewanie kolumny, szczególnie przy dużych jej rozmiarach, jest praktycznie bardzo trudne do wykonania.

Metoda Pana Prezydenta polega na tem, że potrzebny spadek temperatur w kolumnie uzyskuje się przez ogrzewanie wewnętrzne.



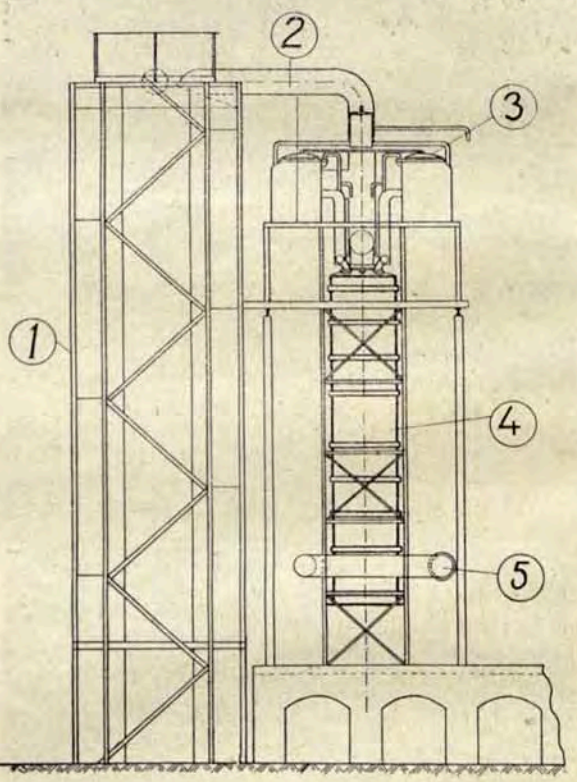
Rycina 50.

Przekrój pionowy wieży kamionkowej do absorbcji NO_2, zbudowanej według patentów Pana Prezydenta w Chorzowie.

W tym więc wypadku materjał konstrukcyjny powinien być tylko odporny na działanie HNO_3 w podwyższonej temperaturze. Jeśli chodzi o jego przewodnictwo cieplne — to raczej korzystniejszem będzie użycie materjału, któryby utrudniał odpływ ciepła z wnętrza kolumny, a zatem materjału o złem przewodnictwie cieplnem.

Stężanie kwasu azotowego metodą Pana Prezydenta odbywa się w kolumnie pionowej, zawierającej wewnątrz kwasotrwałe wypełnienie, potrzebne do powiększenia powierzchni deflegmacyjnej.

Z góry kolumny spływa stężony kwas siarkowy, kwas azotowy zaś wprowadza się na pewnej wysokości w postaci pary. Spotykające się w przeciwprądzie z H_2SO_4 pary HNO_3 oddają parę wodną, która rozcieńcza spływający H_2SO_4. Uzyskane w ten sposób pary



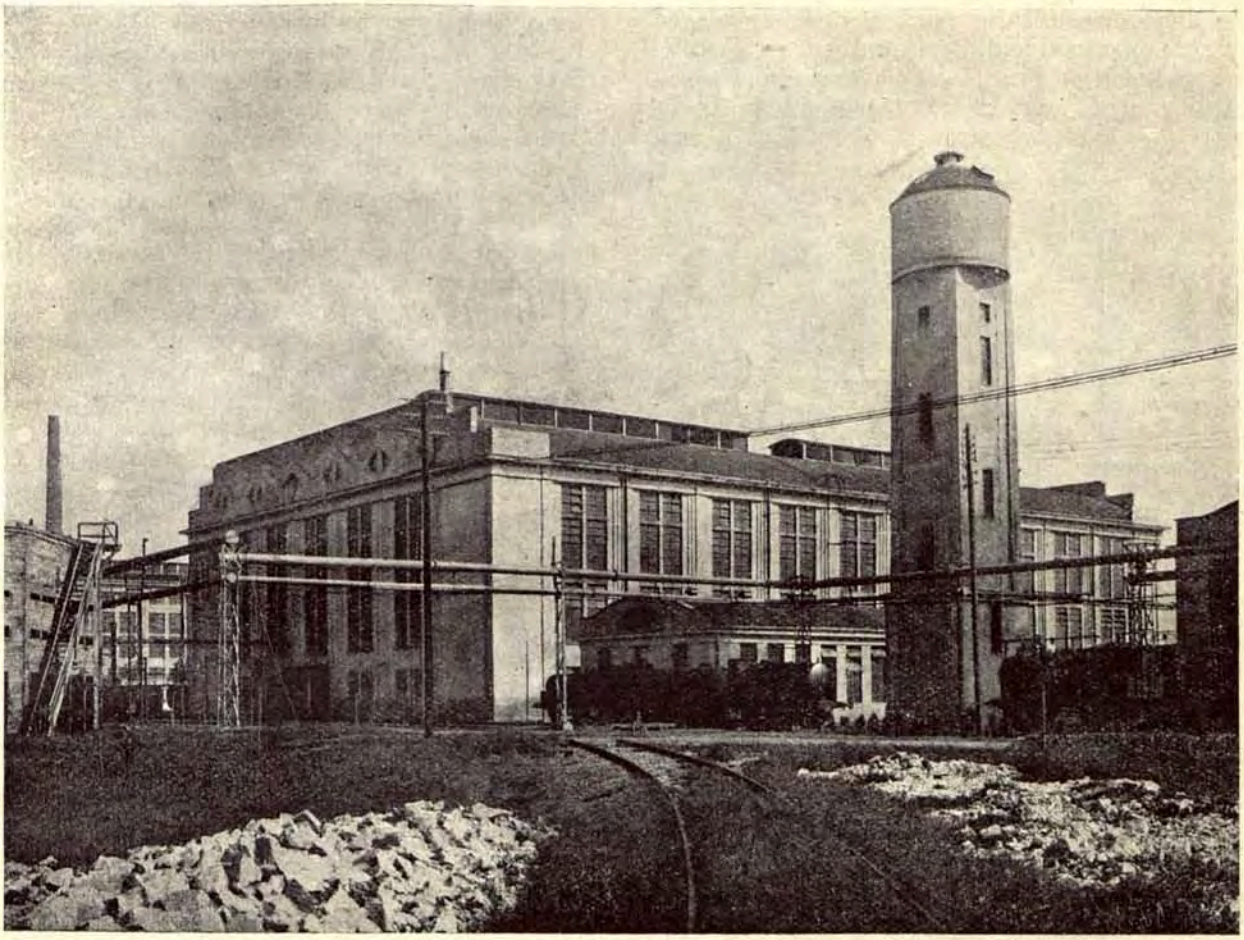
Rycina 51.

1 — granitowa wieża absorbcyjna (starego typu); *2* — przewód gazowy; *3* — urządzenie zraszające; *4* — wieża kamionkowa systemu Pana Prezydenta; *5* — przewód gazowy odprowadzający resztki niezaabsorbowanego NO_2.

stężonego kwasu azotowego opuszczają kolumnę u góry, skąd są kierowane do skroplenia. Spływający rozcieńczony H_2SO_4 zawiera niewielkie ilości kwasu azotowego. Aby uwolnić go od tego, wprowadza się od dołu kolumny pewne ilości przegrzanej pary wodnej, względnie powietrze.

Ciepło potrzebne dla prowadzenia tego całego procesu dostarczają wprowadzane ogrzane pary kwasu azotowego oraz termiczny efekt mieszania się wody (z rozcieńczonych par HNO_3) z stężonym kwasem siarkowym.

Aby utrzymać w kolumnie potrzebny dla deflegmacji spadek temperatur w kierunku do góry kolumny doprowadza się jednocześnie z kwasem siarkowym od góry kolumny pewne niewielkie ilości rozcieńczonego HNO_3.



Rycina 52.
Mościce. Widok ogólny oddziału kwasu azotowego.

Zmieniając ilość dodawanego do H_2SO_4 kwasu azotowego można dosyć dokładnie uregulować potrzebną różnicę temperatur. Pan Prezydent metodę powyższą ujmuje w polskim patencie Nr. 1458 w następujące zastrzeżenia:

Zastrzeżenia patentowe.

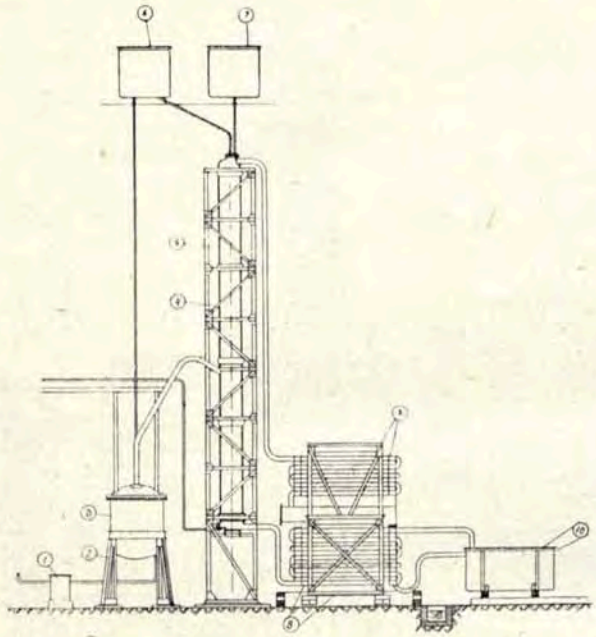
„1. Metoda stężania rozcieńczonego kwasu azotowego zapomocą stężonego kwasu siarkowego sposobem ciągłym, znamienna tem, że do izolowanej cieplnie kolumny deflegmacyjnej wprowadza się na pewnej jej wysokości pary rozcieńczonego kwasu azotowego w przeciwprądzie z spływającym od góry stężonym kwasem siarkowym, przyczem dla utrzymania pożądanego spadku temperatury ku górze doprowadza się od góry kolumny jednocześnie z kwasem siarkowym uregulowane niewielkie ilości rozcieńczonego lub stężonego kwasu azotowego, zaś u dołu kolumny, celem uwolnienia spływającego kwasu siarkowego od resztek kwasu azotowego, wprowadza się trochę pary wodnej, ewent. przegrzanej.

2. Metoda według zastrz. 1, znamienna tem, że od dołu kolumny doprowadza się nieco powietrza w zastępstwie całej ilości pary wodnej lub jej części, a to celem uzyskania bezbarwnego stężonego kwasu azotowego".

Na podstawie tego patentu Pana Prezydenta została w Chemicznym Instytucie Badawczym obliczona instalacja na skalę półtechniczną, a mianowicie do produkcji 500 *kg* stężonego HNO_3 na dobę. Instalacja ta została zbudowana i wypróbowana w Państwowej Fabryce Związków Azotowych w Chorzowie. Rycina 53 przedstawia schemat całego urządzenia. Kolumna deflegmacyjna *5* jest to kilkuczłonowy cylinder utworzony z kamionkowych pierścieni[38]). 50%-wy kwas azotowy z górnego zbiornika *6* spływa równocześnie do kotła dystylacyjnego *3* oraz na szczyt kolumny, gdzie miesza się ze stężonym H_2SO_4, spływającym z zbiornika *7*. Kocioł dystylacyjny *3* opiera się na konstrukcji żeliwnej *2*. Posiada on od góry cztery otwory, z których jeden służy do wprowadzania ciekłego HNO_3, jeden odprowadza pary HNO_3 do kolumny, dwa pozostałe zaś potrzebne

[38]) Vide [36]).

są do doprowadzania pary wodnej do wężownicy ogrzewającej, znajdującej się wewnątrz kotła *3*. Skroploną parę wodną odprowadza się do garnka kondensacyjnego *1*.



Rycina 53.

1 — kociołek kondensacyjny; *2* — konstrukcja żeliwna, podtrzymująca kocioł do HNO_3; *3* — kocioł do odparowywania 50% HNO_3; *4* — rusztowanie dla kolumny; *5* — kolumna; *6* — zbiornik 50% HNO_3; *7* — zbiornik stężonego H_2SO_4; *8* — chłodnica do HNO_3; *9* — chłodnica dla rozcieńczonego H_2SO_4; *10* — zbiornik aluminjowy do stężonego HNO_3.

Wypełnienie kolumny deflegmacyjnej spoczywa na ruszcie z żelazokrzemu, znajdującym się na dole kolumny. Pod ruszt wprowadza się od dołu parę wodną. Pary stężonego HNO_3 odprowadzane są od góry kolumny długą rurą pionową do chłodnicy kamionkowej *8*, a stąd do zbiornika aluminjowego *10*. Rozcieńczony kwas siarkowy spływający od dołu kolumny, przechodzi przez chłodnicę *9* i zbiera się w zbiorniku nieuwidocznionym na tym rysunku. Kolumna deflegmacyjna wspiera się na rusztowaniu żelaznem *4*. Rys. 54 przedstawia całość tej aparatury. Na fotografji nie widać tylko zbiorników dla kwasów oznaczonych na rycinie 53 numerami *6*, *7* i *10*.

Ważniejsze wymiary poszczególnych części instalacji są następujące: zewnętrzna średnica kolumny 300 *mm*, wysokość około 6000 *mm*, średnica kotła dystylacyjnego 800 *mm*, wysokość 1200 *mm;* zbiorniki górne na kwas siarkowy i azotowy mają wymiary: $\emptyset$ — 800 *mm*, wysokość — 800 *mm*. Chłodnica dla kwasu azotowego ma powierzchnię 1,3 m^2, chłodnica dla H_2SO_4 rozcieńczonego — 2 m^2. Zbiornik dla HNO_3 stężonego ma pojemność 0,7 m^3, dla H_2SO_4 — 0,9 m^3.

Uruchomienie instalacji rozpoczynało się od odparowywania kwasu azotowego z kotła *3* (rycina 53). Gdy odparowanie wynosiło około 1 *l/min*, co odpowiada 1440 *l/24 godz* temperatura kolumny dostatecznie się podnosiła i rozpoczynano wylewać mieszaninę H_2SO_4 i HNO_3 od góry wieży. Temperatura par HNO_3 wchodzących do wieży wynosiła około 119°. Po pewnym czasie ustalała się we wnętrzu kolumny, na około 100° — 110°. Aby powiększyć ilość produkowanego stężonego HNO_3 zwiększano ilość dodawanego od góry HNO_3. Jednocześnie zwiększano dopływ stężonego H_2SO_4 tak, by stosunek ilości odparowywanego i dodawanego w formie ciekłej kwasu azotowego do ilości zużywanego H_2SO_4 wynosił wagowo 1 : 2. Objętościowo odpowiada to 1 : 1,46. Równowaga ruchu osiągnięta zostaje przy odparowywaniu HNO_3 w ilości 1 *l/min* przy jednoczesnem nalewaniu od góry kolumny około 0,3 — 0,5 *l/min*. Temperatura stężonych par HNO_3 opuszczających kolumnę wynosi wtedy około 100° — 110°. Zmniejszając ilość dolewanego HNO_3, przy stałej ilości H_2SO_4 podnosi się temperaturę wnętrza kolumny do 140°, co jest już połączone z daleko posuniętym rozkładem HNO_3.

Stężony HNO_3 otrzymywano w ilości około 1,2 — 2 *l*/dobę w zależności od ilości HNO_3 i H_2SO_4 dodawanej od góry kolumny. Otrzymywany stężony kwas azotowy zawierał około 2% wody i do 4% N_2O_4.

Używany kwas siarkowy posiadał koncentrację 98%, odpuszczany zaś od dołu kolumny jako rozcieńczony miał c. wł. = 1,70 — 1,77, co odpowiada około 77 — 83%.

Rycina 54.

Instalacja do stężania HNO_3 zbudowana według patentu Pana Prezydenta.

W pewnym związku z pracami nad koncentracją kwasu azotowego pozostawały późniejsze pomysły i prace Pana Prezydenta nad odparowalnością rozcieńczonego HNO_3 z nad powierzchni metali ulegających chemicznemu działaniu tego kwasu.

W bardzo oryginalny sposób wykorzystuje w tym wypadku Pan Prezydent t. zw. zjawisko Leidenfrost'a do odparowania „w aparatach metalowych cieczy nagryzających metale". Pierwsze doświadczenie odnośnie do tego zagadnienia zostało przeprowadzone w sposób następujący[39]): wykonano urządzenie składające się z żelaznej blachy grubości 10 *mm* i dokładnie przyszlifowanej do niej rurki szklanej ∅ 30 *mm*, tworzącej boczne ściany naczynia. Blacha żelazna była ogrzewana dużym palnikiem gazowym. Po silnem rozgrzaniu metalu, nalewano około 25 cm^3 40%-owego HNO_3, który odparowywano. Okazało się, że w tych warunkach kwas nie ulegał rozkładowi, zaś metalowe dno urządzenia nie wykazywało żadnych śladów korozji. Pan Prezydent zachęcony temi rezultatami postanowił wykonać z kolei drugie, cokolwiek odmienne, doświadczenie mające głównie na celu orjentacyjne ustalenie temperatury potrzebnej, aby zjawisko Leidenfrost'a dla HNO_3 zachodziło na powierzchni rozgrzanej blachy żelaznej. W tym też celu następny aparat wykonano trochę odmiennie. Kociołek żelazny w formie walca o średnicy 100 *mm*, napełniony częściowo wodą i zaopatrzony w manometr, miał na swej górnej zewnętrznej, gładko wypolerowanej, powierzchni ustawioną rurkę szklaną o wymiarach jak poprzednio. W ten sposób otrzymano naczynie do odparowania HNO_3, jak i w pierwszem doświadczeniu. Para wodna wytwarzana przez ogrzewanie dolnego dna kociołka skraplała się na górnem dnie oddając swe ciepło wrzącemu HNO_3 poprzez rozgrzaną ściankę, manometr zaś, wskazując ciśnienie panujące wewnątrz, służył jako wskaźnik temperatury. Okazało się, że już przy ciśnieniu około 16 *atm* kwas wrze bez rozkładu, żelazo zaś stanowiące dno naczynia do odparowywania nie ulega nagryzaniu.

Dalsza praca nad tym problemem szła w kierunku ustalenia warunków i wykonania aparatury do ciągłego ruchu. Odpowiednie opisy w patentach polskich brzmią następująco[40]):

„Znane są trudności przy odparowywaniu cieczy, nagryzających metale, jak np. kwasów azotowego, solnego lub t. p., szczególnie wtedy, gdy chodzi o duże powierzchnie ogrzewające, jakie są potrzebne przy produkcji na większą skalę. Niniejszy wynalazek ma na celu umożliwienie technicznego prowadzenia procesu podgęszczania wzgl. odparowywania takich cieczy przy użyciu powierzchni metalowych, jak np. zwyczajnego żelaza, nie dopuszczając do niszczenia materjału przez gryzące działanie cieczy kwaśnych.

Doświadczenie wykazało, że wystarczy powierzchnię, bezpośrednio z cieczą odparowywaną lub z jej mokremi parami się stykającą, utrzymywać stale i we wszystkich jej punktach w temperaturze stosunkowo niewiele wyższej od temperatury wrzenia danej cieczy, by metal, np. żelazo, nie ulegał nagryzaniu przez ciecz, np. przez kwas azotowy. Ażeby to stałe utrzymywanie wszystkich punktów powierzchni metalicznej, będącej w zetknięciu z cieczą odparowywaną, w temperaturze wyższej było możliwe, musi pobieranie ciepła z ośrodka ogrzewającego przez powierzchnię ogrzewaną odbywać się tak szybko, by ta ilość ciepła, którą maksymalnie może pobierać ciecz odparowywana przy swem najenergiczniejszem wrzeniu, była dostatecznie uzupełniana przez ciepło doprowadzane przez ścianki metalowe aparatu. Przeważnie przy praktycznych przykładach, współczynnik szybkości pobierania ciepła przez metal jest znacznie mniejszy od współczynnika szybkości oddawania ciepła wrzącej cieczy, jak to ma miejsce np. przy ogrzewaniu gazami spalenia. Chcąc więc umożliwić dostatecznie szybkie pobieranie ciepła przez ściany metalu, byłoby się zmuszonym utrzymywać ośrodek ogrzewający na bardzo wysokiej temperaturze; taki jednak sposób ogrzewania byłby nadzwyczaj nieekonomiczny. Natomiast przez użycie wielokrotnie większej powierzchni metalu, pobierającej ciepło z ośrodka ogrzewającego, niż powierzchnia bezpośrednio oddająca ciepło cieczy odparowywanej i przy zastosowaniu dostatecznie grubych ścianek aparatu, jest możność ,także przy niższej temperaturze ośrodka ogrzewającego, doprowadzać przez ścianki aparatu tyle ciepła do powierzchni, oddającej ciepło cieczy odparowywanej, by temperatura tej powierzchni we wszystkich jej punktach była stale wyższa od temperatury wrzenia danej cieczy.

Następujący przykład wyjaśni istotę nowej metody: jeżeli do odparowywania cieczy użyje się poziomej lub nieco nachylonej rury żelaznej o wewnętrznej średnicy 100 *mm*, a grubości ścianek 15 *mm*, do której, na jednym jej końcu, doprowadza się ze stosowną szybkością rozcieńczony kwas, np. azotowy tak, aby ciecz płynęła wzdłuż rury wąskim strumieniem, zajmującym maksymalnie np. 30*mm* jej obwodu wewnętrznego, przyczem cała zewnętrzna powierzchnia rury będzie ogrzewana gazami spalenia, to wówczas, dzięki metalicznemu przewodnictwu ciepła całego obwo-

[39]) Roczniki Chem. **6**, 321, (1926).

[40]) Pat. polski 1647. „Metoda pozwalająca na odparowywanie w aparatach metalowych cieczy nagryzających metale". 1921.

du rury, można doprowadzić do cieczy w jednostce czasu dziesięć więcej razy ciepła, niż wtedy, gdyby tym samym ośrodkiem, o takiej samej temperaturze, ogrzewano tylko tę część ścianek rury, która bezpośrednio styka się z cieczą. Wymieniona grubość ścianek 15 *mm* okazała się wystarczająca dla podanego przykładu. Przy użyciu innych metali, o lepszem przewodnictwie cieplnem od żelaza, grubość ścianek może być odpowiednio mniejsza.

Przy odparowywaniu kwasów takich, jak azotowy, solny, których temperatury wrzenia nie leżą wysoko, korzystnem jest używać, jako ośrodka ogrzewającego, pary wodnej pod ciśnieniem. Wobec tego, że spółczynnik oddawania ciepła ściankom aparatu zapomocą skraplającej się pary jest wysoki, stosunek powierzchni pobierającej ciepło do powierzchni bezpośrednio oddającej ciepło cieczy odparowywanej, może być mniejszy, niż w przypadku zastosowania gazów spalenia. O ile więc opisaną wyżej rurę żelazną otoczy się całkowicie płaszczem do ogrzewania parą pod ciśnieniem, to przy tych samych jej wymiarach tak co do średnicy, jak i długości, sprawność aparatu będzie większa, aniżeli w przypadku poprzednim, przy ogrzewaniu gazami spalenia.

Spółczynnik przechodzenia ciepła od ścianki metalicznej do cieczy wrzącej jest bardzo wysoki. W literaturze technicznej bywa podawana liczba 6000 *kal* na godzinę, na 1 m^2 powierzchni zetknięcia i 1° różnicy temperatur, a przy bardzo energicznem wrzeniu liczba ta zapewne jest jeszcze wyższa. W opisywanej metodzie, przy której różnica temperatur powierzchni metalicznej i cieczy odparowywanej wynosić może we wszystkich jej punktach 10°C, a nawet więcej, a to celem uniknięcia szkodliwego nagryzania ścianek aparatu, 1 m^2 powierzchni stykającej się z cieczą może oddawać tej cieczy w godzinie około 60 000 *kal*. Takie ilości ciepła wywołują wrzenie wysoce energiczne. Gdy zależy na trochę spokojniejszem wrzeniu, wystarczy, jak to wykazało doświadczenie, pokryć powierzchnię, oddającą ciepło cieczy odparowywanej, cienką warstwą osadu nierozpuszczalnego lub mało w danej cieczy rozpuszczalnego. Wtedy, pomimo dużej porowatości tego osadu i niejednolitego jego rozmieszczenia, spółczynnik przechodzenia ciepła może być znacznie zmniejszony, a tem samem i samo wrzenie może odbywać się spokojniej. Skutkiem tego jest możność czy to zmniejszenia stosunku wielkości powierzchni nagrzewanej do powierzchni oddającej ciepło, czy to obniżenia temperatury ośrodka ogrzewającego. Osad, nadający się do tego celu, powinien mieć w pewnej, chociażby małej mierze, zdolność adhezji do metalicznej powierzchni aparatu, gdyż w przeciwnym razie proces wrzenia będzie go ustawicznie odrywać od ścian metalu. Dla odparowywania rozcieńczonego kwasu azotowego, taką cienką warstwę osadu mogą tworzyć np. tlenki żelaza, dla kwasu solnego, np. związki krzemowe, dla kwasu siarkowego — siarczany ziem alkalicznych lub t. p.

Opisana metoda nietylko umożliwia odparowywanie cieczy, nagryzających metale, w aparatach metalowych, lecz ma prócz tego jeszcze inne zalety. Pozwala ona na ciągłość procesu parowania, co jest konieczne przy koncentrowaniu takich cieczy zapomocą kolumn deflegmacyjnych, zasilanych parami danych cieczy. Metoda wymaga aparatów o stosunkowo niewielkich wymiarach. Wkońcu sposób ten pozwala otrzymywać parę suchą, pomimo gwałtownego wrzenia cieczy, zwłaszcza przy użyciu aparatu w formie długiej rury, której wewnętrzne ścianki, nieprzykryte cieczą, osuszają parę z porwanych cząstek płynu. Ta forma aparatu umożliwia też bardzo proste jego oczyszczanie z nielotnych zanieczyszczeń.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Metoda, pozwalająca na odparowywanie w aparatach metalowych cieczy, nagryzających metale, znamienna tem, że powierzchnia, do której doprowadza się ciepło, jest wielokrotnie większa, aniżeli powierzchnia bezpośrednio oddająca ciepło cieczy odparowywanej i to w takim stosunku, by ta ilość ciepła, którą maksymalnie może pobierać ciecz odparowywana, była dostatecznie uzupełniana przez ciepło, doprowadzane przez ścianki metalowe aparatu, a to wszystko w tym celu, aby powierzchnia stykająca się bezpośrednio z cieczą lub z jej mokrą parą, miała we wszystkich swych punktach stale temperaturę wyższą od temperatury wrzenia danej cieczy.

2. Metoda według zastrzeżenia 1, znamienna tem, że powierzchnię oddającą ciepło cieczy odparowywanej pokrywa się częściowo cienką warstwą osadu nierozpuszczalnego lub mało rozpuszczalnego w danej cieczy, a to celem zmniejszenia szybkości oddawania ciepła cieczy parującej i związanego z tem obniżenia gwałtowności wrzenia, a tem samem czy to zmniejszenie stosunku wielkości powierzchni nagrzewanej do powierzchni oddającej ciepło, czy to obniżenia temperatury ośrodka ogrzewającego".

Następny patent rozszerza metodę powyżej rozwiniętą[41]).

„Odparowywanie lub podgęszczanie w urządzeniach metalowych cieczy nagryzających te metale jest możliwe wówczas, gdy powierzchnia metaliczna, stykająca się z cieczą, będzie miała we wszystkich swych punktach

[41]) Pat. polski 1918. (1924).

stale temperaturę wyższą od temperatury wrzenia danej cieczy. Na tej podstawie opiera się np. metoda I. Mościckiego według patentu Nr. 1647. W metodzie owej przez zastosowanie wielokrotnie większej powierzchni pobierającej ciepło, niż powierzchnia bezpośrednio oddająca ciepło do odparowywanej cieczy, i przez użycie dostatecznie grubych ścian aparatu uzyskano warunki umożliwiające odparowywanie np. kwasów mineralnych w naczyniach żelaznych ogrzewanych gazami spalenia. Wówczas bowiem ciepło pobierane przez grube ścianki na dużych powierzchniach, przechodzi do cieczy na powierzchniach znacznie mniejszych tak, że powierzchnie, oddające ciepło, można utrzymać stosunkowo łatwo w każdem miejscu w temperaturze wyższej od temperatury wrzenia cieczy. Okazało się jednak, że przy użyciu, jako środka ogrzewającego, pary wodnej pod ciśnieniem, stosowanie tego sposobu natrafia na trudności, gdyż przy temperaturach odpowiadających technicznie łatwo dostępnemu ciśnieniu pary wodnej, t. j. ciśnieniu 15 — 18 *atm*, trudno uniknąć nagryzania metalu przez ciecz żrącą, np. przez kwas azotowy. Przy doprowadzaniu bowiem świeżych ilości zimnego kwasu na metaliczne powierzchnie ogrzewane parą wodną, ta zimna ciecz ochładza owe powierzchnie zbyt szybko, tak że nie można nadążyć z doprowadzaniem ciepła, celem utrzymania w każdem miejscu powierzchni oddającej ciepło w temperaturze wyższej od punktu wrzenia odparowywanej cieczy. Aby uniknąć wówczas nagryzania metalu, można wprowadzać do aparatu kwas azotowy już podgrzany, sposób ten jednak nie jest praktyczny, gdyż i samo podgrzewanie dużych ilości kwasu atakującego metale jest równie trudne do przeprowadzenia w technice, jak i odparowywanie takiego kwasu.

Niniejszy wynalazek umożliwia w sposób nadający się do wykonania na skalę techniczną odparowywanie kwasów i tym podobnych cieczy nagryzających metale w aparatach metalowych ogrzewanych parą wodną, której ciśnienie nie przewyższa nawet 15 *atm*. Polega on na tem, że w tem miejscu, w którem doprowadza się do aparatu strumień cieczy odparowywanej utrzymuje się taką ilość cieczy w stanie wrzenia, by świeżo doprowadzona ciecz, zanim jeszcze zetknie się z ścianami ogrzewającemi, ogrzała się dostatecznie przez zmieszanie z cieczą wrzącą.

Jako przykład zastosowania tej metody może służyć poniższy opis. Odnośny aparat składa się np. z grubościennej rury żelaznej bardzo lekko nachylonej do poziomu, ogrzewanej zewnętrznie parą wodną i w tym celu otoczonej płaszczem, do którego doprowadza się stale parę wodną pod ciśnieniem. U wyżej położonego końca rury, w miejscu, w którem doprowadza się do aparatu strumień rozcieńczonego kwasu azotowego, znajduje się silniejsze wklęśnięcie cylindryczne, w formie małego zbiornika, którego część ścian jest wyłożona od strony wewnętrznej materjałem kwasotrwałym, źle ciepło przewodzącym tak, że głównie tylko części odkryte stykają się z cieczą i szybko oddają jej ciepło. Kwasotrwała wyściółka nie potrzebuje szczelnie przylegać do ścian zbiornika, gdyż szczeliny między wyściółką a ścianami są wypełnione parami kwasu azotowego, które nie dopuszczają tam płynnego kwasu; zatem przechodzenie ciepła od ścian aparatu do cieczy odbywa się głównie na powierzchni nieprzykrytej kwasotrwałą wyściółką. Strumień stale doprowadzanego kwasu azotowego dopływa do cieczy wrzącej w zbiorniku i zanim zetknie się z ścianami naczynia ogrzewa się do temperatury wrzenia, wskutek czego nie może zachodzić miejscowe zetknięcie się ścian metalowych z zimnym kwasem, tak, że w tych warunkach kwas nie powoduje korozji ścian naczynia. Pary kwasu wraz z porwanemi ewentualnie kroplami cieczy uchodzą rurą do dalszej przeróbki. Ponieważ również rura w każdem swem miejscu posiada temperaturę wyższą od punktu wrzenia kwasu, przeto i tam nie może nastąpić korozja żelaza. Ogrzewanie aparatu odbywa się zapomocą pary wodnej pod ciśnieniem. Aby uzyskać możliwie największą szybkość oddawania ciepła przez parę wodną ścianom aparatu, należy od strony bezpośredniego zetknięcia się ścian z parą wodną nadać powierzchni tych ścian taki kształt, aby skraplająca się na nich woda mogła jak najszybciej ociekać. Te szybko ociekające skropliny mogą bezpośrednio zasilać rezerwoar, w którym wytwarza się parę wodną pod ciśnieniem, służącą do ogrzewania aparatu.

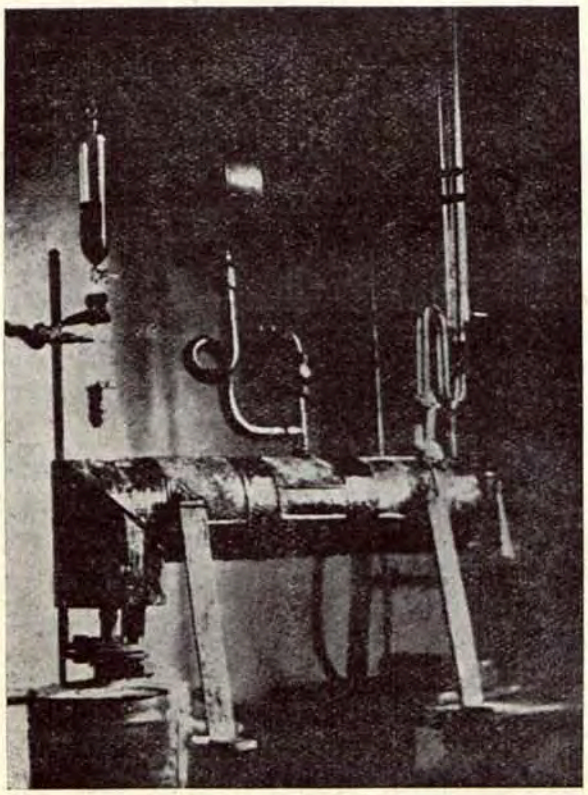
Zalety tej metody polegają na umożliwieniu stosowania, jako środka ogrzewającego, pary wodnej. Sposób ten pozwala zatem na doprowadzanie dużych ilości ciepła do powierzchni, stykających się z odparowywaną cieczą, i to w sposób zupełnie równomierny. Dzięki temu, metoda ta posiada wyższość nad sposobami, stosującemi ogrzewanie, np. zapomocą gazów spalenia.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Metoda odparowywania w urządzeniach metalowych cieczy nagryzających te metale zapomocą utrzymywania powierzchni, stykających się z cieczą odparowywaną w temperaturze przewyższającej temperaturę wrzenia danej cieczy, znamienna tem, że ogrzewanie odbywa się zapomocą pary wodnej pod ciśnieniem, przyczem w tem miejscu, w którem doprowadza się do aparatu strumień cieczy odparowywanej, utrzymuje się taką ilość cieczy w stanie wrzenia, by świeżo

doprowadzana ciecz, zanim zetknie się z ścianami ogrzewającemi, ogrzała się dostatecznie przez zmieszanie się z cieczą wrzącą.

2. Metoda według zastrzeżenia 1, znamienna tem, że w tem miejscu, gdzie utrzymuje się większą ilość cieczy w stanie wrzenia, powierzchnie oddające ciepło są częściowo wyłożone materjałem kwasotrwałym, źle ciepło przewodzącym".



Rycina 55.
Aparatura doświadczalna do odparowania kwasu azotowego z powierzchni metalowej.

Rycina 55 przedstawia doświadczalną aparaturę, użytą do wykonywania eksperymentów, mających wykazać możliwość praktycznego zastosowania pomysłów zawartych w wyżej przytoczonych patentach.

W zasadzie cała instalacja składała się z trzech części: kociołka do wytwarzania pary wodnej, grubościennej rury żelaznej i płaszcza parowego z manometrem.

Działanie całego tego urządzenia było następujące:

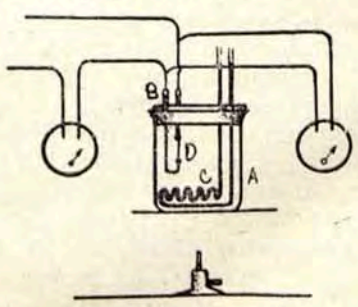
Para wodna wytwarzana w kociołku, widocznym na fotografji u dołu po lewej stronie, przechodziła krótkim przewodem do płaszcza parowego. Płaszcz parowy stanowił poziomy, izolowany od zewnątrz, walec z blachy żelaznej. Wewnątrz płaszcza parowego znajdowała się umocowana w położeniu lekko w jedną stronę nachylona grubościenna rura żelazna. Para wodna obmywała ze wszystkich stron rurę wewnętrzną, skraplając się na jej zewnętrznej powierzchni i oddając przez to ciepło jej ścianom. Skroplona w ten sposób para wodna spływała z powrotem do kociołka. Do mierzenia ciśnienia i stąd temperatury pary ogrzewającej, umocowany był w płaszczu parowym manometr. Odparowanie kwasu azotowego odbywało się w wewnętrznej grubościennej rurze żelaznej, której obydwa końce, wygięte ku górze, były szczelnie przyszwejsowane do otworów wykonanych w górnej części płaszcza parowego. Do wyżej położonego otworu z lewej strony był umocowany szklany rozdzielacz zawierający kwas azotowy. W drugim otworze umocowana była wygięta rurka szklana połączona z chłodnicą zwrotną. Dystylat po skropleniu w chłodnicy spływał rurką szklaną do naczynia z zamknięciem hydraulicznem. W ten sposób wewnątrz rury panowało ciśnienie nie wyższe od atmosferycznego.

Doświadczenia wykonane na tym aparacie wykazały możliwość dystylacji rozcieńczonego kwasu azotowego bez rozkładu z naczyń żelaznych przy użyciu pary wodnej pod ciśnieniem jako medjum ogrzewającego

Z dalszych badań nad zjawiskiem Leidenfrost'a, mających już na celu nie zastosowanie praktyczne, ale jedynie naukowe wyjaśnienie przyczyn tego ciekawego fenomenu, należy w tem miejscu wymienić szereg eksperymentów wykonanych parę lat później, na zupełnie odmiennej i oryginalnie pomyślanej aparaturze.

Sposób podejścia do tego tematu, zaprojektowana aparatura, oraz postawiona w rezultacie hipoteza są bardzo interesujące i nawskroś oryginalne.

Rycina 56 przedstawia aparaturę, jaką zastosowano w tych pomiarach. A stanowi zlewkę szklaną pojemności około 1 — 2 *l*, zam-



Rycina 56.
A — zlewka; B — rurki doprowadzające prąd; C — chłodnica; D — drucik.

kniętą od góry korkiem, w którym umocowane są dwie rurki B oraz chłodnica wodna C. Pomiędzy zatopionemi końcami rurek B znajduje się drucik D, który poprzez rtęć wypełniającą obie rurki może mieć połączenie elektryczne w zewnętrzną aparaturą. Tempera-

turę cieczy reguluje się palnikiem ogrzewającym zlewkę od spodu i szybkością przepływu zimnej wody w chłodnicy, znajdującej się wewnątrz zlewki. Początkowo, aby otrzymać jednostajną temperaturę cieczy w całej jej masie, stosowano mieszadło mechaniczne, później jednak wobec tego, że, jak to zostało stwierdzone doświadczalnie, graniczna temperatura zwilżania jest niezależna od temperatury cieczy, dalsze oznaczenia przeprowadzono w cieczach wrzących. W ten bowiem sposób bez użycia mieszadła można mieć gwarancję jednostajnej temperatury w całym układzie. Badania nad zjawiskiem Leidenfrost'a zostały przeprowadzone dla różnych cieczy i różnych metali. Tak więc zmieniano zarówno ciecz w zlewce A, jak i drucik D. W badaniach tych chodziło w pierwszym rzędzie o ustalenie najniższej temperatury, przy której dla danej cieczy i drucika z danego metalu zjawisko Leidenfrost'a już zachodzi. W tym celu, po napełnieniu zlewki odpowiednią cieczą i ustaleniu jej temperatury, przepuszczano prąd elektryczny przez drucik zanurzony w cieczy. Jednocześnie określano temperaturę drucika, oznaczając wielkość jego oporu ohmowego. W miarę przepuszczania większej ilości prądu rosła i jego temperatura. Ciepło Joul'a było stale prawie równomiernie przenoszone z drucika do cieczy. Taki stan mógł trwać tak długo, dopóki ciecz zwilżała drucik. Z chwilą jednak, gdy zaczynało występować zjawisko Leidenfrost'a, ciepło nie mogło przechodzić już tak prędko do cieczy, jak poprzednio, temperatura drucika gwałtownie się podnosiła i najczęściej drucik się przepalał. Prowadząc takie doświadczenie z dostateczną powolnością, t. zn. zwiększając powoli natężenie prądu, można było dość łatwo określić graniczne natężenie prądu(a zatem i graniczną temperaturę drucika), powyżej którego następował gwałtowny wzrost jego oporu ohmowego przy jednoczesnem rozżarzeniu drucika albo też i jego przepaleniu. W ten sposób zostały określone „graniczne temperatury zwilżania" dla następujących metali w wodzie: *Pt*, *Fe*, *Ag*, *Ni*, *Cu* i *Pb* (tablica II) oraz dla następujących cieczy w stosunku do platyny: alkohol metylowy, alkohol etylowy, alkohol izo-amylowy, eter etylowy, benzen, toluen, ksylen, aceton, octan etylowy, czterochlorek węgla i dwusiarczek węgla (tablica III).

TABLICA II.

Graniczne temperatury zwilżania różnych metali w wodzie.

Metal	Temperatura w stopn. C
Platyna czerniona	129,5
Platyna	130
Żelazo	132
Srebro	139
Nikiel	145
Miedź	147,5
Ołów	157

TABLICA III.

Graniczne temperatury zwilżania i wyliczone ciśnienia adsorbcyjne niektórych cieczy na powierzchni platyny.

Ciecz	T wrzenia	Graniczna temperatura zwilżania w stopn. C	Ciśnienie adsorbcyjne wyliczone w *mm Hg*
Woda	99	130	1304
Alkohol metylowy	64,7	94	1350
Alkohol etylowy	78	103	1131
Alkohol izoamylowy	131	159	1062
Eter etylowy	34,5	68	1445
Benzen	81	128	1976
Toluen	111	160	1900
Ksylen	139	188	1718
Aceton	56	83	1041
Octan etylowy	77	106	1042
Czterochlorek węgla	77	124,5	1968
Dwusiarczek węgla	47	90	1929

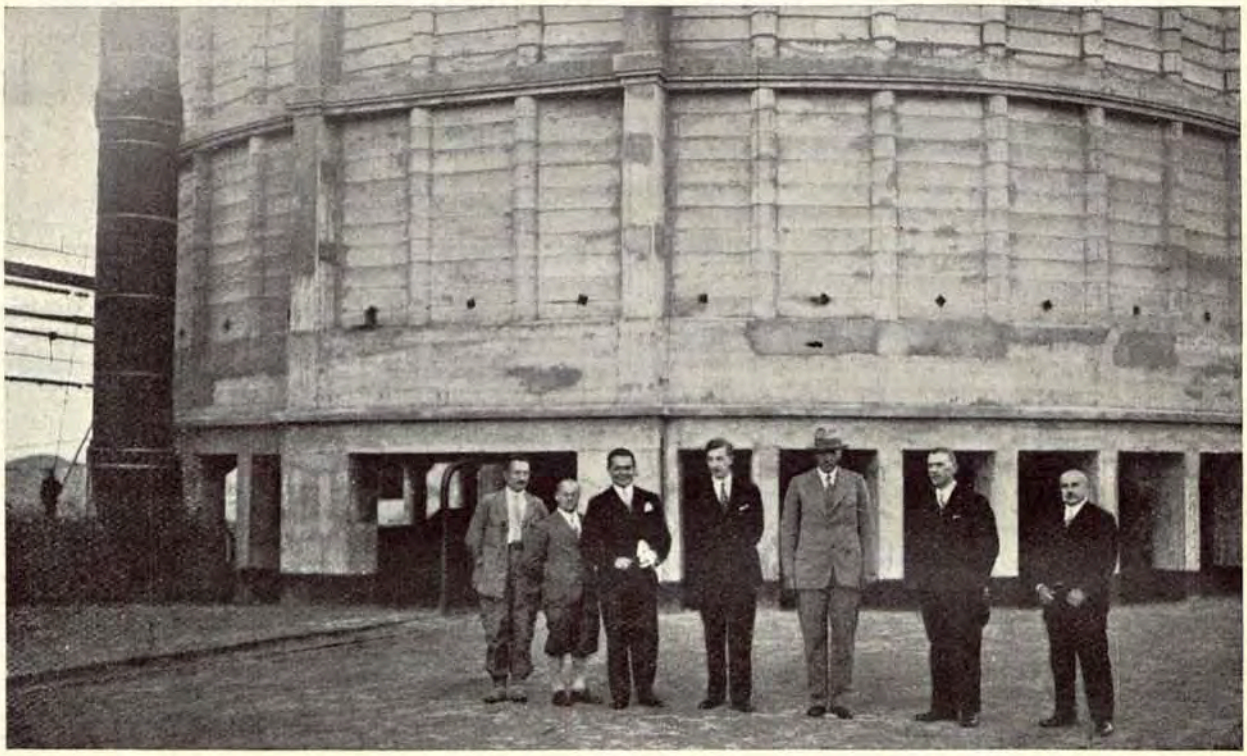
Na podstawie tych doświadczeń zostało wprowadzone pojęcie „ciśnienia adsorbcyjnego, przez które rozumie się ciśnienie wywołane przez powierzchnię metalu na cząsteczki cieczy bezpośrednio do metalu przylegające. W warstewce przylegającej do metalu ciecz znajduje się pod owem ciśnieniem adsorbcyjnem, powiększonem o ciśnienie atmosferyczne działające na całą masę cieczy. Wskutek tych ciśnień temperatura wrzenia cieczy w warstewce zaadsorbowanej jest wyższa od temperatury całej masy płynu. Graniczna temperatura zwilżania jest właśnie identyczna z temperaturą wrzenia w warstewce przylegającej do metalu; gdy powierzchnia metalu osiągnie ową graniczną temperaturę, powstaje na niej warstewka pary danej cieczy i ona izoluje metal od zwilżania przez ciecz"[42]).

Jednoczesne wytwarzanie HNO_3 i H_2SO_4.

Doskonałe orjentowanie się i opanowanie spraw związanych z otrzymywaniem i koncentracją kwasu azotowego pozwoliły Panu Prezydentowi zwrócić uwagę na jeszcze jedno źródło związanego azotu, które dotychczas zupełnie nie było brane w rachubę.

Pan Prezydent stwierdził mianowicie, że temperatura płomienia w normalnem palenisku pyłowem, używanem np. do kotłów pa-

[42]) I. Mościcki, J. Broder. Roczniki Chem. 6, 321, (1926).



Rycina 57.
Pan Prezydent Mościcki w Mościcach.

rowych, nie przekracza naogół 1300°. Jednakże znacznie wyższą temperaturę możnaby uzyskać w płomieniu zwykłego palnika pyłowego przez użycie ogrzanego powietrza. Im wyższą będziemy mieli temperaturę powietrza do spalania, tem wyższą będzie temperatura płomienia pyłowego.

Biorąc ten czynnik pod uwagę, opracował Pan Prezydent aparaturę, która przekształca zwykłe pyłowe palenisko kotła parowego w urządzenie do jednoczesnego wytwarzania z azotu atmosferycznego tlenków azotu, odpowiednich do produkcji kwasu azotowego, oraz z siarki obecnej w węglu — bezwodnika siarkowego, nadającego się do przeróbki na kwas siarkowy. Podkreślić przytem należy, że funkcjonowanie kotła parowego, jako urządzenia do wytwarzania pary wodnej, nie ulega przytem żadnemu odchyleniu.

Metoda Pana Prezydenta opiera się w zasadzie na równoczesnem zastosowaniu trzech czynników, a mianowicie: użyciu jako materjału opałowego węgla lub koksu o pewnej zawartości siarki, zastosowaniu ogrzanego do wysokiej temperatury powietrza potrzebnego do spalania, oraz na gwałtownem oziębieniu końca płomienia, uzyskanego na palniku pyłowym.

Przez użycie materjału opałowego (np. sproszkowanego węgla, koksu lub półkoksu), zawierającego obok węgla pewne ilości siarki, uzyskuje się w gazach spalenia SO_2, który w nadmiarze powietrza w obecności tlenków azotu przechodzi w SO_3.

Temperatura, jaką uzyskuje się w tych warunkach przez zastosowanie podgrzanego powietrza, jest dostatecznie wysoka, by w niej mogła zachodzić z dobrą wydajnością reakcja utleniania azotu do NO.

Koncentracja, otrzymanego z azotu i tlenu w tej temperaturze, tlenku azotu jest już dostatecznie duża, by można było mówić o ekonomicznem jego wykorzystaniu. Aby uniknąć rozkładu NO, utworzonego w wysokiej temperaturze płomienia, należy możliwie szybko gazy spalinowe oziębić do temperatury, w której szybkość rozkładu jest możliwie mała. Praktycznie rzecz biorąc, oziębienie do 800^0 — 1000^0 jest zupełnie dostateczne, by rozkład NO można było przyjąć za równy zeru.

Aby zwiększyć stężenie SO_2 w gazach spalinowych, można do pyłu węglowego dodać w postaci sproszkowanej pewne ilości siarki lub jej związków np. gipsu.

Pan Prezydent w następujący sposób rozwija swoją myśl jednoczesnego otrzymywania HNO_3 i H_2SO_4 na zwykłem palenisku pyłowem, dając następujący opis patentu polskiego[43]):

„Niniejszy wynalazek ma na celu jednoczesne otrzymywanie kwasów azotowego i

[43]) Pat. polski 3542 (1922). Metoda i urządzenie do jednoczesnej produkcji kwasów azotowego i siarkowego.

siarkowego z materjałów, zawierających węgiel i siarkę. Polega on na użyciu pyłu koksowego, półkoksowego albo wogóle sproszkowanego materjału, zawierającego głównie węgiel obok pewnych ilości siarki. Pył ten, spalając się w nadmiarze powietrza, ogrzanego uprzednio do wysokiej temperatury od 500° do 1000° i wyżej, daje płomień o temperaturze wyższej nad 2000°, w której, jak to wykazały doświadczenia, przechodzi reakcja utlenienia azotu z dostateczną szybkością, a koncentracja tlenków azotu w gazach spalania jest tak wysoka, że umożliwia ekonomiczną produkcję kwasu azotowego. Aby uniknąć rozkładu utworzonych w płomieniu tlenków, jest rzeczą konieczną gazy spalania natychmiast gwałtownie ochłodzić do temperatury, w której szybkość rozkładu tlenków azotu jest dostatecznie mała. Ochłodzone gazy reakcji, w których skład wchodzą obok bezwodnika kwasu węglowego, bezwodnik siarkawy i tlenki azotu, odprowadza się do urządzeń absorbcyjnych, gdzie otrzymuje się wodny roztwór kwasów azotowego i siarkowego.

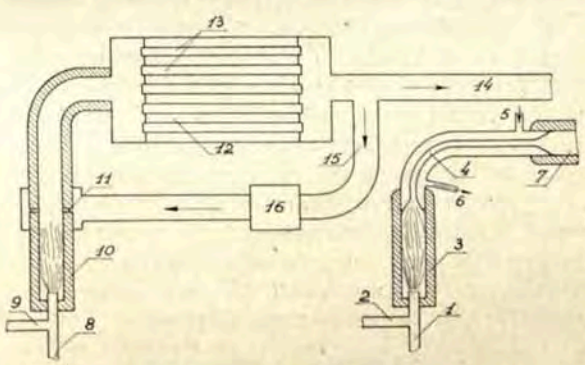
Gwałtowne ochłodzenie gazów spalenia można wykonać albo przez wprowadzenie końca płomienia do metalowej kapilary chłodzonej np. wodą albo innemi sposobami. Bardzo odpowiednim sposobem okazało się doprowadzenie pewnej części gazów spalania z powrotem w pobliże końca płomienia, po stosownem zużytkowaniu zawartej w nich początkowo energji cieplnej na ogrzewanie np. kotłów parowych i t. p. urządzeń. W ten sposób ochładza się gwałtownie koniec płomienia do temperatury, w której reakcja rozkładu tlenków azotu przebiega praktycznie bardzo powoli, unikając tem samem rozcieńczenia gazów reakcji. Dopiero nadmiar wciąż przybywających gazów spalania odprowadza się do dalszych urządzeń, w których następuje ich dalsze ochłodzenie, utlenienie na dwutlenek oraz uwolnienie od pyłu, poczem poddaje się je chemicznej przeróbce np. w wieżach reakcyjnych.

Celem ewentualnego zwiększenia równoczesnej produkcji kwasu siarkowego, można umyślnie domieszać do pyłu materjału węglowego stosowną ilość siarki, względnie materjałów siarkę zawierających, albo jej połączeń. Tym sposobem można też zużytkować równocześnie siarkowodór, otrzymywany np. przez przemianę gipsu, w którego atmosferze zawieszony pył węglowy doprowadza się do palnika.

Niekiedy może okazać się korzystnem doprowadzanie połączeń siarki, potrzebnych do zwiększenia ilości kwasu siarkowego, nie do pyłu węglowego ale do powietrza, służącego do spalenia, i to albo przed jego podgrzaniem do wysokiej, wymaganej przez reakcję temperatury, albo też po podgrzaniu. Dzięki temu, że metoda niniejsza pozwala otrzymywać równocześnie tlenki azotu, potrzebne następnie jako przenośnik tlenu przy utlenianiu bezwodnika siarkawego na kwas siarkowy, jest w wielu razach wskazane doprowadzać do palnika węglowego odpowiednio ogrzane gazy, zawierające bezwodnik siarkawy, aby przez to otrzymać ich mieszaninę z tlenkami azotu, a zatem po ich absorbcji kwas siarkowy.

Niniejsza metoda oparta głównie na kombinacji trzech czynników t. j. na zastosowaniu pyłu materjału, zawierającego węgiel i siarkę, użyciu powietrza podgrzanego do wysokiej temperatury i na zastosowaniu gwałtownego oziębienia końca płomienia, stanowi zatem bardzo ekonomiczne zużycie energji naturalnego węgla kamiennego, względnie produktów jego przeróbki, jak koksu lub półkoksu, gdyż pozwala na uzyskanie cennych przetworów chemicznych, jak kwasów azotowego i siarkowego, przy równoczesnem całkowitem wyzyskaniu energji cieplnej, powstającej podczas spalania materjału węglowego, np. do opalania kotłów parowych, a w następstwie dającej się przemienić na energję mechaniczną, elektryczną i t. d. Użycie innych materjałów palnych, np. węglowodorów, nie jest przy tej metodzie wskazane, gdyż występujące wówczas w gazach spalania znaczne ilości pary wodnej, powodują po oziębieniu wydzielanie się bardzo rozcieńczonego kwasu azotowego, co czyni taki sposób postępowania mniej ekonomicznym.

Jako przykłady urządzeń, nadających się do wykonywania niniejszej metody, mogą służyć urządzenia przedstawione schematycznie na załączonych rysunkach. Fig. 1 (rycina 58) przedstawia przykład urządzenia do spalania pyłu materjału węglowego dla produkcji kwasów azotowego i siarkowego, przy chłodzeniu płomienia zapomocą metalowej kapilary.



Rycina 58.

1, 8 — przewód doprowadzający pył węglowy; *2, 9* — przewód doprowadzający ogrzane powietrze; *3* i *10* — rura płomienna; *4* — kapilara chłodząca; *5* i *6* — przewody doprowadzające i odprowadzające wodę chłodzącą; *7* i *14* — dalsze nieuwidocznione na rysunku urządzenia kotła parowego; *11* — dysze; *12* — część kotła parowego; *13* — rurki płomienne; *15* — kanał; *16* — dmuchawa.

Składa się ono z palnika dowolnie np. pionowo lub poziomo ustawionego. Do palnika tego rurą *1* doprowadza się rozpylony materjał palny, zawierający obok węgla ewentualną domieszkę siarki lub jej połączeń, zaś przez rurę *2* wprowadza się powietrze podgrzane do wysokiej temperatury z ewentualną domieszką gazów, zawierających np. bezwodnik siarkawy. Powstający płomień zajmuje część rury płomiennej *3*, a jego koniec wchodzi w otwór metalowej kapilary *4* chłodzonej wodą, dopływającą do płaszcza kapilary rurą *5*, a odpływającą przez rurę *6*. Ochłodzone częściowo gazy reakcji uchodzą kapilarą do dalszych urządzeń przez rurę *7*, oddając pośrednio swe ciepło ścianom lub t. p. urządzeniom, a następnie przechodzą przez komory dla usunięcia pyłu i dostają się do urządzeń absorbcyjnych w celu chemicznej przeróbki.

Na Fig. 2 (rycina 58) również schematycznie przedstawiono urządzenie do spalania pyłu materjału węglowego, celem produkcji kwasów azotowego i siarkowego przy chłodzeniu płomienia zapomocą stosownie ochłodzonych gazów reakcyjnych. Materjał palny w postaci proszku wchodzi do palnika rurą *8*, a podgrzane powietrze rurą *9*. Wytworzony płomień zajmuje część rury *10*. Kierunek tego płomienia może być dowolny, np. pionowy lub poziomy. W pobliżu końca płomienia przez dyszę *11* umieszczoną stycznie na obwodzie rury płomiennej, doprowadza się część ochłodzonych gazów spalenia, powodując tem samem przez szybkie wymieszanie gazów płomienia z gazami oziębionemi gwałtowne obniżenie temperatury końca płomienia. Gazy spalania ochłodzone poniżej temperatury rozkładu tlenków azotu, można prowadzić teraz do urządzeń, mających na celu wyzyskanie ciepła w nich zawartego. W niniejszym przykładzie prowadzi się je przez rurki płomienne *13* kotła parowego *12*, zużywając ciepło gazów reakcji do produkcji pary wodnej. Silnie w ten sposób ochłodzone gazy spalania przechodzą rurą *14* do dalszych, nieuwidocznionych na rysunku urządzeń, w których uwalnia się je od porwanego pyłu popiołu, oraz utlenia się tlenek azotu na dwutlenek. Z kolei prowadzi się gazy do znanych urządzeń absorbcyjnych celem chemicznej przeróbki na kwasy azotowy i siarkowy. Część ochłodzonych gazów spalania powraca odnogą *15* przez dmuchawę *16* z powrotem do płomienia przez dyszę *11*, jak to już powyżej opisano.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Metoda jednoczesnej produkcji kwasów azotowego i siarkowego, znamienna tem, że pył koksowy, półkoksowy lub wogóle pył, zawierający węgiel oraz siarkę, spala się w nadmiarze powietrza ogrzanego do wysokiej temperatury, z jednoczesnem gwałtownem oziębieniem gazów spalania do temperatury, przy której szybkość rozkładu tlenków azotu jest dostatecznie mała, poczem gazy reakcji, po wyzyskaniu ciepła w nich zawartego, odprowadza się do urządzeń absorbcyjnych celem dalszej chemicznej przeróbki.

2. Metoda według zastrz. 1, znamienna tem, że celem gwałtownego oziębienia gazów spalania doprowadza się w pobliże końca płomienia węglowego część gazów reakcji, po stosownem zużytkowaniu ich energji cieplnej a nadmiar wytworzonych gazów odprowadza się do dalszego ochłodzenia i chemicznej przeróbki.

3. Metoda według zastrz. 1 i 2, znamienna tem, że celem zwiększenia produkcji kwasu siarkowego spala się pył materjału węglowego ze stosowną domieszką siarki, względnie materjałów siarkę zawierających lub jej połączeń.

4. Metoda według zastrz. 1, 2 i 3, znamienna tem, że do powietrza służącego do spalenia materjału węglowego doprowadza się stosowną ilość połączeń siarki.

5. Urządzenie do wykonywania metody według zastrz. 1, 3 i 4, znamienne tem, że do spalenia pyłu materjału zawierającego węgiel służy palnik umieszczony w rurze płomiennej, na końcu której znajduje się metalowa chłodzona kapilara, celem gwałtownego oziębienia gazów spalania".

Tak tedy mamy rozwiązane zagadnienie szybkiego chłodzenia gazów spalinowych przez użycie kapilary chłodzonej wodą, przyczem gazy opuszczające kapilarę chłodzącą powinny być kierowane do urządzeń kotła parowego, gdzie oddają swe ciepło, a stąd po przejściu przez komory odpylające zostają przesyłane do urządzeń absorbcyjnych, które będą wytwarzać z nich mieszaninę H_2SO_4 i HNO_3.

* * *

Jedną z najpiękniejszych kart działalności Pana Prezydenta nietylko w znaczeniu techniczno-przemysłowem, lecz i w znaczeniu ogólno-narodowem, jest utrzymanie w ruchu Fabryki Związków Azotowych w Chorzowie.

Niemcy przy ustępowaniu z Górnego Śląska zabrali z sobą cały szereg urządzeń fabrycznych, chcąc w ten sposób utrudnić uruchomienie poszczególnych zakładów przemysłowych. Jedynie z fabryką chorzowską, największą tego rodzaju, nie spieszyli się zbytnio, będąc przekonani, że polacy z takim kolosem przemysłowym i tak rady sobie nie dadzą, nie znają bowiem rozlicznych urządzeń specjalnych oraz metod fabrykacji, trzymanych przeważnie w tajemnicy, a zatem będą zmuszeni oddać im Chorzów dla dalszego prowadzenia. Jakże się jednak zawiedli, skoro natychmiast po formalnem oddaniu fabryki i wyjeździe

wszystkich głównych pracowników, zjawił się w Chorzowie z ramienia Rządu Polskiego Pan Prezydent i z przygotowanym zawczasu sztabem inżynierów i specjalistów, fabrykę odrazu uruchomił i umiejętnie poprowadził. Mało tego, Pan Prezydent Swoim bystrym umysłem nietylko szybko ogarnął całość przecież bardzo skomplikowanej produkcji, lecz w krótkim czasie zdołał dostrzec słabe strony niektórych urządzeń fabrycznych. Za Jego tedy inicjatywą i pod Jego kierunkiem wprowadza się szereg zmian i ulepszeń w technicznej stronie fabrykacji. Do jednej z ważniejszych zmian, należą ulepszenia konstrukcji pieców karbidowych, dzięki którym można było znacznie podnieść ich sprawność, jak i polepszyć jakość uzyskiwanego produktu.

Wadą do owego czasu stosowanych pieców karbidowych był płaski kształt dna. Skutkiem znacznie mniejszego przekroju elektrod górnych w porównaniu z dnem, stanowiącem wspólną przeciwelektrodę, linje wyładowania prądu elektrycznego rozpraszają się, powodując nierównomierny rozkład temperatur, co ostatecznie prowadzi do szybkiego zużycia kosztownych elektrod węglowych. Niezależnie od tego reakcja chemiczna tworzenia się węglika wapniowego przebiega w sposób nierównomierny, zwiększają się zatem również i straty energetyczne.

Ulepszenie, wprowadzone do pieców karbidowych przez Pana Prezydenta polega na odpowiedniem wykształceniu przewodzącego dna pieca, oraz na urządzeniu osobnych otworów dla spuszczania żelazo-krzemu tworzącego się zawsze w piecu w pewnych ilościach.

Tak więc dolna przeciwelektroda posiada trzy występy ku górze w kierunku elektrod górnych. Otwory wyciekowe dla stopionego węglika wapniowego znajdują się na wysokości górnej powierzchni występów dolnej przeciwelektrody, niżej zaś trochę, tuż przy dnie pieca, w rowkach między występami, znajdują się spusty dla żelazokrzemu.

Pan Prezydent w następujący sposób opisuje i ujmuje w formie patentu Swój pomysł[44]):

„Przy obecnie rozpowszechnionych systemach elektrycznych pieców do wytwarzania węglika wapniowego stosuje się dno płaskie z przewodzącego materjału (węgiel retertowy, grafit), które stanowi wspólną dolną przeciwelektrodę. Przy przechodzeniu prądu z elektrod górnych do elektrody dolnej linje wyładowania tworzą, przy płaskiem dnie, kształt ściętego stożka względnie ostrosłupa, w zależności od tego, czy elektroda jest okrągła czy też prostokątna. Tak więc gęstość prądu w pobliżu elektrod górnych jest znacznie większa, niż w pobliżu dna; a ponieważ wysokość temperatury w danem miejscu jest zależna od gęstości prądu, więc i temperatury na przestrzeni między elektrodami górnemi a dnem są różne. Fakt ten jest niekorzystny przedewszystkiem z dwu względów:

1) różnice temperatur powodują, że reakcja chemiczna przebiega na przestrzeni między elektrodami górnemi a dnem różnorodnie, co szczególnie dla reakcyj, wymagających wąskich granic temperatury, jak przy produkcji węglika wapniowego, jest niekorzystne i powoduje bezużyteczne rozpraszanie prądu, pociągając za sobą straty energji elektrycznej;

2) dla otrzymania danej temperatury, jako przeciętnej, na przestrzeni między elektrodami górnemi a dnem, trzeba osiągnąć w samej elektrodzie odpowiednio wyższą temperaturę, a więc elektrodę odpowiednio wyżej obciążyć, co powoduje większe straty przy przewodzeniu (doprowadzeniu) energji elektrycznej i większe zużycie elektrod.

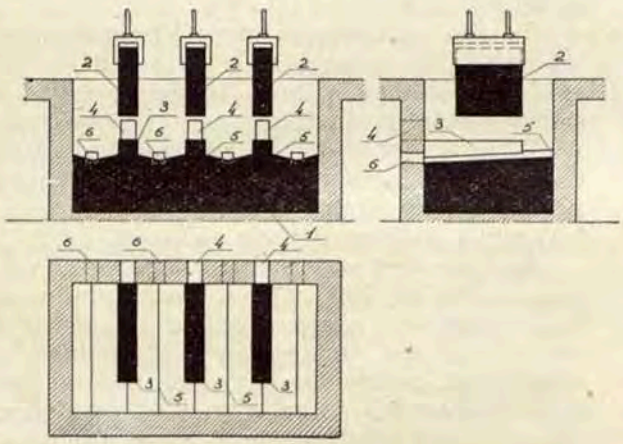
Różnice temperatur, spowodowane rozpraszaniem się linji wyładowania prądu, są tem większe, im większy jest odstęp elektrod górnych od dna. Odstęp ten zależy jednak od różnicy potencjałów między elektrodami górnemi a elektrodą dolną, a więc od wysokości napięcia doprowadzonego do pieca. Im większe więc napięcie się stosuje, tem większe rozproszenie, większe różnice temperatur i straty termiczne. Stąd znany związek między napięciem pieca a gęstością prądu na górnych elektrodach; przy zwiększaniu napięcia trzeba zwiększyć gęstość prądu na górnych elektrodach, aby temperaturę utrzymać na wymaganej wysokości. Ponieważ jednak gęstość prądu na górnych elektrodach ma granice oznaczone wytrzymałością materjału, z którego elektrody są zrobione, więc i wysokość napięcia jest ograniczona, tak, iż np. przy piecach do wytwarzania węglika wapniowego z elektrodami węglowemi nie spotyka się dotychczas wyższego napięcia fazowego, jak 110 woltów. Ze względu jednak na mniejsze straty w przewodzeniu byłoby korzystniej stosować napięcie wyższe.

Te ujemne strony płaskiego dna jako dolnej przeciwelektrody usuwa urządzenie, będące przedmiotem niniejszego wynalazku. Urządzenie to polega na odpowiedniem wykształceniu przewodzącego dna pieca. W tym celu elektroda dolna, która stanowi wspólną przeciwelektrodę dla elektrod górnych, posiada występy w kierunku górnych elektrod. Na poziomie górnej powierzchni wszystkich występów dolnej elektrody znajdują się w ścianie bocznej pieca otwory wyciekowe dla wypuszczania stopionego węglika wapniowego. Celem zaś oddzielnego odprowadzania żelazokrzemu znajdują się w ścianie pieca osobne otwory wyciekowe pomiędzy występami

[44]) Pat. polski 1555 (1923).

dolnej elektrody na niższych poziomach dna pieca.

Załączony szkic (rycina 59) stanowi jeden z przykładów urządzenia według niniejszego wynalazku. Jest to trójfazowy piec elektryczny do fabrykacji węglika wapniowego, posiadający elektrodę dolną z występami. Fig. 1 przedstawia przekrój podłużny, fig. 2 — poprzeczny, a fig. 3 — rzut poziomy pieca. Dno pieca *1* posiada naprzeciwko elektrod *2* występy *3*. Występy te mogą mieć kształt różny, w zależności od kształtu elektrod i innych



Rycina 59.

1 — wspólna przeciwelektroda; *2* — elektrody górne; *3* — występy elektrody dolnej; *4* — otwory spustowe dla węglika wapnia; *5* — pochyłe dno; *6* — otwory spustowe dla żelazokrzemu.

warunków. Mogą być wydłużone aż do ścian pieca, z jednej lub z obu stron, w zależności od tego, czy piec z jednej czy obu stron ma otwory wyciekowe. Wysokość występów *3* może być różna w zależności od napięcia pieca, przewodnictwa elektrycznego przerabianych surowców i innych czynników. W osiach elektrod, na wysokości występów *3* umieszczone są z jednej lub obu stron pieca, otwory wyciekowe *4*, służące do wypuszczania węglika wapniowego. Pomiędzy występami *3*, jak też między występami, a bocznemi ścianami pieca, jest dno pieca wykształcone w korytka *5*, lekko pochylone w stronę jednej lub obu podłużnych ścian pieca. U wylotów tych korytek znajdują się z jednej lub obu stron, w ścianach podłużnych otwory wyciekowe *6* do wypuszczania żelazokrzemu.

Powyżej opisane urządzenia mają cel następujący:

Na występach *3* skupiają się linje wyładowania prądu: w ten sposób gęstość prądu, a więc i temperatury, zmieniają się już bardzo nieznacznie na przestrzeni między elektrodą górną, a w ten sposób wykształconem dnem jako elektrodą dolną. Tak więc można usunąć wszystkie ujemne objawy, jakie występują przy płaskiem dnie. A więc: z powodu jednolitości temperatury reakcja przebiega jednolicie, wytworzony węglik wapniowy nie krzepnie na dnie z powodu zbyt niskiej temperatury, nie potrzeba nadmiernie obciążać elektrod dla osiągnięcia żądanej przeciętnej temperatury, wreszcie można zwiększyć odpowiednio odstęp elektrod górnych od dna czyli zwiększyć napięcie pieca, bez obawy nadmiernego rozproszenia prądu i spowodowanych tem strat energetycznych.

Z żelaza i krzemionki, zawartych w surowcach, tworzy się przy produkcji węglika wapniowego żelazokrzem, który w piecach dotychczas używanych albo wycieka razem z węglikiem wapniowym, psując w ten sposób produkt, albo jako bardzo ciekły w tych warunkach i wolno krzepnący wydobywa się dnem lub ścianami, niszcząc w ten sposób piec.

Otóż korytka *5* służą do zbierania żelazokrzemu, który otworami *6* może być wypuszczony. Tym sposobem nietylko usuwa się jednę z poważnych przeszkód w ruchu, jaką stanowi zbierający się w piecu żelazokrzem, lecz otrzymuje się w względnie czystej formie cenny produkt uboczny. To zabezpieczenie się przed ujemnem działaniem zbierającego się w piecu żelazokrzemu, pozwala na wytwarzanie go w większej ilości przez dodawanie do surowców żelaza, co działa korzystnie na czystość produktu przez strącenie pozostałej w nadmiarze krzemionki i może działać korzystnie na zużycie energji elektrycznej w piecu.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Piec elektryczny do wytwarzania węglika wapniowego sposobem ciągłym, tem znamienny, że elektroda dolna, która stanowi wspólną przeciwelektrodę dla elektrod górnych, posiada występy w kierunku górnych elektrod, a to celem uniknięcia bezużytecznego rozpraszania prądu.

2. Piec elektryczny według zastrz. 1, tem znamienny, że na poziomie górnej powierzchni każdego występu dolnej elektrody znajduje się w ścianie bocznej pieca otwór wyciekowy dla odpuszczania stopionego węglika wapniowego.

3. Piec elektryczny według zastrzeżenia 1 i 2, tem znamienny, że pomiędzy występami dolnej elektrody na niższych poziomach dna pieca znajdują się w ścianie pieca otwory wyciekowe dla wypuszczania stopionego żelazokrzemu".

W tak wykształconym piecu linje wyładowania prądu są skupione między elektrodami na małej przestrzeni, dając bardziej jednolitą temperaturę, a zatem pozwalają pracować z mniejszemi gęstościami prądowemi, co z kolei znacznie obniża zarówno straty energetyczne,

jak i zużycie samych elektrod węglowych. Tworzący się z żelaza i krzemionki, zawartych w surowcach, żelazokrzem spuszcza się osobno, uzyskując w ten sposób cenny produkt uboczny. To ostatnie urządzenie pozwala zatem jednocześnie otrzymać znacznie czystszy produkt główny t. j. węglik wapniowy.

Rycina 60.

Pan Prezydent w Chorzowie.
(Fotografja ze zbiorów p. inż. M. Godlewicza).

* * *

Z pośród całego szeregu mniejszych prac twórczych i pomysłów Pana Prezydenta w zakresie omawianego działu techniki, należy jeszcze przytoczyć aparaturę do odpędzania składników parowych z półpłynnych mas, oraz metodę i urządzenie do wykraplania amonjaku z par zawierających parę wodną.

Obydwa te problemy były ważne w swoim czasie dla powstającej wówczas fabryki „Azot" w Jaworznie. Jeden ze względu na proces zmydlania cyjanków, drugi na konieczność otrzymywania płynnego amonjaku.

Aparat do odpędzania i deflegmacji parowych składników z półpłynnych mas reakcyjnych sposobem ciągłym należy zaliczyć do tych ciekawych i szczęśliwych pomysłów Pana Prezydenta, których realizacja znalazła rozliczne zastosowania.

Aparat może być zbudowany bądź z jednego elementu, bądź też może stanowić urządzenie, utworzone z połączenia dwu — trzech lub więcej pojedyńczych elementów w taką lub inną całość. Urządzenie pomyślane jest przedewszystkiem tak, ażeby gwarantowało usunięcie trudności, jakie powstają, gdy mamy za zadanie odpędzenie gazowych lub parowych składników z półpłynnych, zawiesistych lub szlam zawierających mas reakcyjnych. Szczególnie dogodne są one wtedy, gdy któryś ze składników masy reakcyjnej występuje w silnem rozcieńczeniu.

Poszczególny element takiego aparatu w kształcie poziomej rury o specjalnym przekroju podzielony jest na szereg komór, utworzonych przez liczne tarcze osadzone na wspólnym obracającym się wale, przebiegającym wzdłuż całej długości rury. Fazę gazową prowadzi się w przeciwprądzie z płynną masą reakcyjną, zawierającą składnik w stanie stałym. Otwór odpływowy umieszczony jest w ten sposób, ażeby aparat był stale napełniony tylko do połowy. Ponadto nadaje się rurze taki przekrój, ażeby umożliwić wędrówkę gazów lub par w przeciwprądzie do masy reakcyjnej, bez konieczności przebijania się przez tę masę. Aby zwiększyć powierzchnię zetknięcia się obu faz reagujących, obracające się tarcze zaopatrzone są w żebra. W ten sposób w czasie obrotowego ruchu wału następuje bardzo silne zmieszanie całej zawartości aparatu i wystawianie coraz to świeżych warstw półpłynnej masy na działanie par i gazów. Średnica obracających się tarcz jest trochę mniejsza od wewnętrznej średnicy rury, a oś wału biegnie nieco ekscentrycznie w stosunku do osi rury. W tych warunkach masa reakcyjna może przeciskać się dołem, przepuszczana zaś w przeciwnym kierunku faza gazowa może swobodnie przechodzić w górnej części aparatu, nie wywołując w czasie pracy podwyższenia poziomu masy reakcyjnej w poszczególnych komorach. Czas potrzebny do odpędzania lotnych składników daje się regulować szybkością obrotową wału.

Różne możliwości konstrukcyjne i cechy zasadnicze podaje polski patent Nr. 50:

Aparat do odpędzania i deflegmacji parowych składników z półpłynnych mas reakcyjnych sposobem ciągłym.

„Odpędzanie parowych lub gazowych składników z półpłynnych, zawiesistych, albo szlam zawierających mas reakcyjnych, nastręcza trudności w technicznem opracowaniu, zwłaszcza wówczas, gdy reakcja potrzebuje dłuższego czasu, albo gdy jeden ze składników masy reakcyjnej występuje w silnem rozcieńczeniu i wymaga energicznej deflegmacji.

Trudności te usiłowano przezwyciężyć w sposób tani i prosty, przeprowadzając odpędzanie — nie w pionowych aparatach kolumnowych, lecz zapomocą ogrzewania masy na zasadzie przeciwprądu w długich, poziomych, częściowo napełnianych rurach, do których

masę reakcyjną wprowadzano lub wtłaczano z jednej strony, a odprowadzano natomiast po drugiej zapomocą wentyla, utrzymując stały poziom napełnienia i bacząc przytem na dokładne mieszanie masy w kierunku pionowym. W znanych urządzeniach osiąga się to przez podział rury na liczne komory, przyczem pary wypędzone dzięki ogrzewaniu na zasadzie przeciwprądu, przechodzą w postaci baniek jakby przez szereg płóczek przez całą masę reakcyjną, co umożliwia stykanie się sfer płynnej i parowej na dużej powierzchni.

Części stałe lub szlamowe przesuwa się w pożądanym kierunku zapomocą mechanicznych urządzeń czerpakowych.

Istota niniejszego wynalazku polega na tem, że komór nie tworzą nieruchome ściany jak w systemie płóczkowym, ale całą masę reakcyjną dzieli się tu na liczne oddziały zapomocą ruchomych obracających się tarcz, umieszczonych na wale, przechodzącym przez rurę służącą do prowadzenia reakcji i do dopędzania par.

Podczas gdy w znanych aparatach musiały odpędzone pary przeciskać się w postaci baniek z jednej komory do drugiej i miały możność oddawać cząsteczki par głównie tylko na powierzchni zetknięcia się baniek z płynem, to w opisanem urządzeniu stykanie się sfery par ze sferą płynu jest o wiele lepsze, gdyż dzięki tarczom obrotowym coraz świeże części masy reakcyjnej podnoszą się z dolnej sfery płynu do górnej sfery par, przyczem czynna powierzchnia jest o wiele większa, a czas potrzebny do odpędzania lotnych cząsteczek da się celowo regulować zapomocą zmiany chyżości obrotu wału. Powierzchnie tarcz można powiększyć przez opatrzenie ich żebrami. Żebra te powodują silne mieszanie nietylko sfery reakcyjnej, lecz zarazem sfery parowej.

By z górnej połowy sfery parowej umożliwić swobodny odpływ większej ilości par odpędzonych z masy reakcyjnej wzgl. pary wodnej użytej do ogrzewania i odpędzania — nie wywołując przytem podwyższenia poziomu masy reakcyjnej od komory do komory — korzystnem jest utrzymywać odstęp między tarczami a ścianami aparatu w przestrzeni płynu mniejszy, niż odstęp między tarczami a ścianami rury w przestrzeni pary. Można to osiągnąć w prosty sposób albo przez wbudowanie, najlepiej półkolistej wkładki w dolnej połowie aparatu przeznaczonej na płyn, albo przez zaprojektowanie przy budowie aparatu w górnej połowie rury reakcyjnej stosownego wybrzuszenia wzdłuż niej biegnącego.

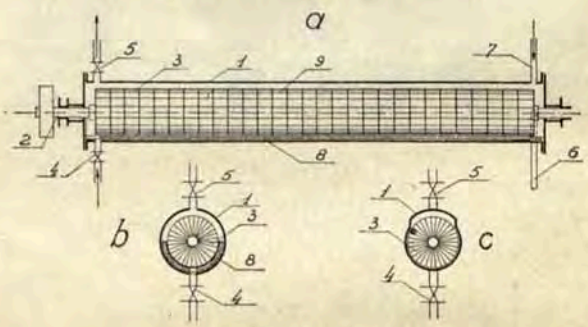
Ponieważ masa reakcyjna może się przesuwać tylko przez wąskie szpary między ruchomemi, komory tworzącemi, tarczami a dnem aparatu przeto w ten sposób przeciwdziała się krążeniu reakcyjnych cząsteczek w kierunku niepożądanym, a zatem masa reakcyjna, praktycznie biorąc, musi się posuwać w kierunku żądanym t. j. przeciwnym do dopływu ciepła względnie pary.

Przez dobranie odpowiedniej długości aparatu, który można wykonywać w kształcie już to zakrzywionym i celowo zgiętym w kształcie litery U, tworząc tak obok siebie lub ponad sobą leżące baterje, umożliwia się osiągnięcie czasu potrzebnego do przeprowadzenia reakcji, przyczem każda część masy reakcyjnej jest zmuszona czas wymagany pozostać we wnętrzu aparatu.

Ten pojedyńczy rodzaj budowy ma wartość zwłaszcza przy pracy pod ciśnieniem.

Na szkicu przedstawiono przykładowo jedną z form wykonania aparatu.

Fig. 1-a (rycina 61) przedstawia pojedyńczy element aparatu. Do rury odpędowej *1* doprowadza się zapomocą pompy masę reakcyjną przez rurę dopływową *4*, a po całkowitem odpędzeniu składników parowych wyrzuca się ją po drugiej stronie przy pomocy



Rycina 61.

1 — kanał przelotowy dla gazów; *2* — wał; *3* — tarcze z żeberkami; *4* — wentyl dla wprowadzania fazy ciekłej; *5* — wentyl dla wyprowadzania fazy gazowej; *6* — rura odprowadzająca przereagowaną masę; *7* — wlot fazy gazowej; *8* — wkładka półkolista; *9* — żeberka.

samoczynnego wentyla odpływowego przez załączony syfon *6*.

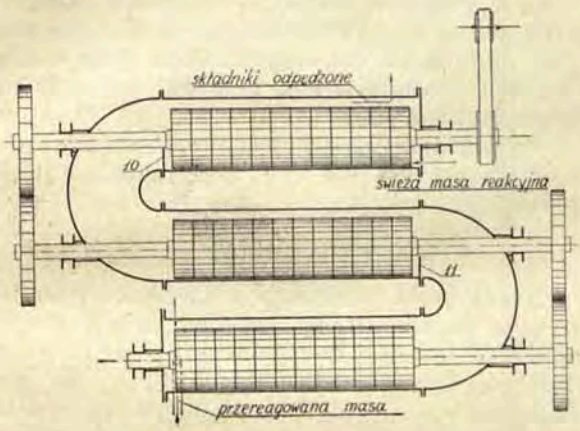
Wzdłuż rury biegnie w dwóch, najlepiej przy pomocy dławików uszczelnionych, łożyskach wał *2*, na którym umieszczone są liczne tarcze, a między niemi przewidziano skrzydła *9*, opatrzone żebrami.

Jeżeli ogrzewanie odbywa się przy pomocy pary, to wprowadza się ją do aparatu na zasadzie przeciwprądu przez rurę *7*.

Wkładka *8* służy do odpowiedniego zdławienia szpar w przestrzeni przeznaczonej dla płynu, jak to jest widoczne na przekroju w fig. 1b (rycina 61). Figura 1c (rycina 61) przedstawia przekrój aparatu w tym wypadku, gdy zdławienie ma się przeprowadzić bez zastosowania wkładki.

Figura 2 (rycina 62) przedstawia schemat aparatu, gdy w miejsce jednej długiej rury mają

znaleźć zastosowanie pojedyńcze krótkie elementy rur, połączone w leżące ponad sobą baterje. By masa reakcyjna mogła napełniać rurę do żądanej wysokości, t. j. do połowy, są przewidziane dwie półkoliste ścianki przelewowe *10*, *11*. Popęd wałów odbywa się wzajemnie zapomocą transmisji łańcuchowej. Dalsze szczegóły są te same, co w aparacie przedstawionym na figurze 1. Dla uniknięcia strat ciepła otacza się rury odpędowe celowo materjałem izolacyjnym.



Rycina 62.
10 i *11* — półkoliste ścianki przelewowe.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Aparat do odpędzania i deflegmacji parowych składników z półpłynnych mas reakcyjnych sposobem ciągłym, składający się z rury poziomej, ogrzewanej na zasadzie przeciwprądu, tem znamienny, że zapomocą szeregu tarcz na wale umieszczonych i razem z nim obracających się, rura ta jest podzielona na pojedyńcze komory.

2. Aparat według zastrzeżenia 1, tem znamienny, że powierzchnie tarcz zwiększa się przez umieszczenie na nich żeber.

3. Aparat według zastrzeżenia 1 i 2, tem znamienny, że szpara między obracającemi się tarczami a ścianą rury w przestrzeni parowej jest większa od szpary między tarczami a ścianą rury w przestrzeni przeznaczonej dla płynu".

Metoda otrzymywania siarczanu amonowego z gipsu, opatentowana przez Chemiczny Instytut Badawczy[45]) stosuje do przeprowadzenia tego procesu aparat, o którym mowa. Reakcja między zawiesiną gipsu a węglanem amonowym trudna jest do zrealizowania w zwykłych warunkach. Potrzebna bowiem niska temperatura dla utrzymywania w roztworze możliwie dużej koncentracji $(NH_4)_2CO_3$ zmniejsza zarazem bardzo szybkość reakcji między $CaSO_4$ i $(NH_4)_2CO_3$. Przy użyciu aparatu, wykonanego według pomysłu Pana Prezydenta, wprowadza się z jednego końca zawiesinę gipsu w roztworze amonjakalnym, z drugiego zaś w przeciwprądzie parę wodną i dwutlenek węgla. Wyprowadzana masa zawiera zawiesinę węglanu wapnia i stężony roztwór siarczanu amonowego. Wydajności przy tak prowadzonym procesie sięgają niemal 100%. Szybkość przebiegu reakcji jest bardzo wielka i ograniczona jedynie szybkością doprowadzania ciepła do masy.

Aparat opisany był początkowo przeznaczony do zmydlania cyjanków celem otrzymania z nich amonjaku i mrówczanu. W tym ostatnim wypadku uzyskiwało się z aparatu mieszaninę pary wodnej i amonjaku. Ażeby jednak metoda miała szanse rentowności nie można było poprzestać na otrzymywaniu z par roztworu wodnego amonjaku, lecz należało dążyć do bezpośredniego otrzymywania płynnego czystego amonjaku, oddzielonego od skroplonej pary wodnej.

Prace Pana Prezydenta, zakończone opatentowaniem pomysłu ostatecznego, pozwoliły w dosyć prosty sposób rozwiązać to zagadnienie. Według koncepcji Pana Prezydenta proces ten przeprowadza się pod ciśnieniem wyższem niż atmosferyczne.

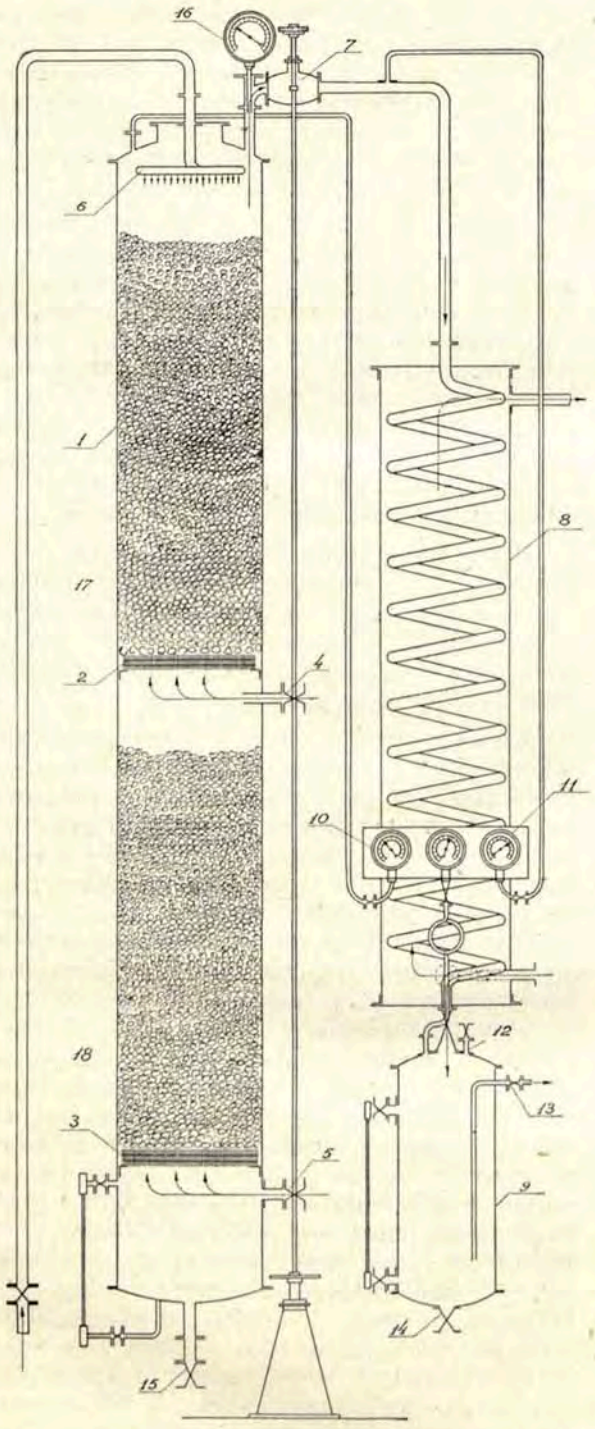
Zasada pracy polega na wprowadzaniu mieszaniny pary wodnej z amonjakiem o odpowiedniej temperaturze do środka pionowej kolumny, wypełnionej drobnoziarnistym materjałem. Dla uzyskania potrzebnego dla deflegmacji spadku temperatury, wprowadza się od góry kolumny zimną wodę. Pod sam spód zaś dolnej części kolumny wprowadza się parę wodną. Z górnej części kolumny odprowadza się pary bogate w amonjak, który ulega skropleniu w oddzielnej chłodnicy i stąd w stanie ciekłym zostaje usuwany. Spływająca od góry kolumny zimna woda wskutek stykania się z amonjakiem pochłania go w pewnej ilości. Aby uwolnić tę wodę od rozpuszczonego gazu prowadzi się ją, jak widać z schematycznej ryciny 63[46]) przez ruszt *2* do położonej pod nim kolumny, do której od spodu przez wentyl *5* wprowadza się pod ciśnieniem czystą parę wodną. I ta kolumna zawiera drobnoziarniste wypełnienie, spoczywające w tym wypadku na ruszcie *3*. Kondensat wodny, wolny od amonjaku, odpuszcza się przez wentyl *15*. Manometry *10* i *11* służą do mierzenia ciśnienia w podwójnej pionowej kolumnie i chłodnicy. Do odpuszczania ze zbiornika *9* nieskroplonych gazów (np. powietrza) służy wentyl *12*. Wentyl natomiast *14* przeznaczony jest do okresowego usuwania wody, gromadzącej się na dnie zbiornika *9*. Temperaturę wnętrza ko-

[45]) Pat. polski 11028.

[46]) Rysunek do patentu polsk. 69.

lumny można mierzyć przy pomocy termometru *16*.

Po odpowiedniem wyregulowaniu wszystkich wentyli proces rozdzielenia amonjaku i pary wodnej może przebiegać na takiej aparaturze zupełnie samoczynnie.



Rycina 63.

1 — drobnoziarniste wypełnienie; *2* i *3* — ruszty; *4* — wentyl dla mieszaniny NH_3 i H_2O; *5* — wentyl dla czystej pary wodnej; *6* — dopływ zimnej wody; *7* — wentyl odprowadzający pary bogate w NH_3; *8* — chłodnica; *9* — zbiornik dla skroplonego NH_3; *10* i *11* — manometry; *12* — wentyl dla gazów nieskroplonych; *13* — wentyl dla skroplonego NH_3; *14* — wentyl dla H_2O; *15* — wentyl dla spuszczania wody pozbawionej NH_3; *16* — termometr.

* * *

W pewnym okresie swych prac przemysłowo-technicznych natknął się Pan Prezydent na zagadnienie zużycia nadmiaru powstającego ubocznie chlorowodoru.

Metody otrzymywania chloru z chlorowodoru i powietrza znane są oddawna i zdawałoby się, że tu już nic nowego dodać nie można. Jednak twórczy umysł Pana Prezydenta potrafił i do tego działu techniki dorzucić coś oryginalnego.

Wadą dotychczas głównie stosowanej metody Deacona jest względnie mała szybkość przebiegu reakcji:

$$4\,HCl + O_2 \rightleftarrows 2\,Cl_2 + 2\,H_2O.$$

Reakcja ta przebiega w kierunku pożądanym w temperaturach niskich, a zatem powoli. W wyższej temperaturze np. powyżej 450° równowaga ustala się szybciej, ale wydajność w kierunku tworzenia się chloru zmniejsza się, pozatem w podwyższonej temperaturze zaczyna się również ulatniać stosunkowo drogi katalizator.

Metoda Pana Prezydenta polega na rozkładzie HCl w obecności powietrza w wysokiej temperaturze (około 1500°), uzyskiwanej przez równoczesne spalanie gazowych węglowodorów. Reakcje przebiegają w ten sposób:

$$2\,HCl \rightleftarrows H_2 + Cl_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

$$2\,H_2 + O_2 \rightarrow 2\,H_2O \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Odpowiednią aparaturą do przeprowadzenia tego procesu jest pionowa kolumna wyłożona od wewnątrz i wypełniona materjałem ogniotrwałym np. porcelaną. Gazy wprowadzać należy najlepiej w stanie podgrzanym. W kolumnie powinny być przewidziane dla gazów dwa otwory wejściowe z jednego końca i jeden z przeciwległego jako wyjściowy. Przez podgrzanie gazów uzyskuje się wyższą temperaturę reakcji spalania węglowodorów, a zatem i szybsze ustalenie równowagi reakcji (1). Przez jeden z otworów wejściowych wprowadza się węglowodory, przez drugi zaś mieszaninę chlorowodoru i powietrza. Węglowodory spalają się bez wybuchu na rozżarzonych powierzchniach materjału wypełniającego kolumnę. Gazy opuszczające kolumnę składają się z: chloru, pary wodnej, azotu, tlenu, dwutlenku węgla i nierozłożonego chlorowodoru. Ten ostatni po oddzieleniu od pozostałych produktów spalania może być dalej wprowadzany w obieg, a mianowicie — dodawany do chlorowodoru świeżo z zewnątrz doprowadzanego.

Odnośny patent polski Nr. 62 ujmuje istotę procesu wsposób następujący:

Metoda otrzymywania chloru z chlorowodoru.

„Tam gdzie się ma do dyspozycji takie węglowodory jak gaz ziemny, można w korzystny sposób otrzymywać chlor z chlorowodoru przy pomocy powietrza.

Rozkład chlorowodoru przy pomocy powietrza atmosferycznego jest dawno znany i stosowany jeszcze dzisiaj w formie procesu Deacona. Reakcja odbywa się w tym wypadku między chlorowodorem i tlenem w temperaturze około 400° przy użyciu odpowiednich katalizatorów, jak soli miedziowych, przyczem jednak skutkiem powolnego parowania zachodzą poważne ich straty. Natomiast w temperaturze wyższej ponad 500°, przy której nie można stosować katalizatorów z powodu zbyt wielkich strat przez parowanie, reakcja między tlenem a chlorowodorem już wogóle nie zachodzi.

Inaczej ma się rzecz, gdy reakcję prowadzi się w temperaturze około 1500° a zwłaszcza, gdy spala się węglowodory w tej wysokiej temperaturze w obecności chlorowodoru.

Węglowodory i powietrze, przyczem jeden z tych gazów, najlepiej powietrze, zmieszany z chlorowodorem wprowadza się oddzielnie do kolumny, najodpowiedniej pionowej, wyłożonej ogniotrwałym materjałem i częściowo napełnionej drobnoziarnistem wypełnieniem, jak np. porcelaną, ogniotrwałą cegłą, kwarcem lub t. p. Jedno z dwóch ujść doprowadzających gazy znajduje się najkorzystniej tuż nad górną powierzchnią materjału wypełniającego lub w nim, podczas gdy drugie ujście w przestrzeni ponad warstwą wypełniającą. Wchodzące do kolumny węglowodory mieszają się zwolna z powietrzem we wnętrzu warstwy wypełniającej i spalają się bez eksplozji na rozżarzonych powierzchniach materjału wypełniającego; przytem chlorowodór, który — jak wyżej wspomniano — wchodzi do kolumny, rozkłada się częściowo, a jako główne składniki spalenia tworzą się obok nierozłożonego jeszcze chlorowodoru, chlor i para wodna zmieszane z azotem, nieco tlenu i kwasu węglowego, które to produkty odchodzą u dołu kolumny.

Gazy wprowadzać można do kolumny też od dołu, produkty zaś reakcji mogą uchodzić u góry. Chlorowodór po oddzieleniu od innych produktów można ponownie poddać procesowi rozkładu wraz z chlorowodorem świeżo z zewnątrz doprowadzonym.

Aby w stosunku do ilości węglowodorów móc jaknajwiększą ilość chlorowodoru wprowadzić do kolumny celem rozkładu, a tem samem uzyskać możliwie wysoką koncentrację chloru w gazach wychodzących z kolumny, jest korzystne wprowadzać do kolumny mieszaninę powietrza i chlorowodoru, albo też wszystkie gazy w stanie podgrzanym.

W ten sposób otrzymuje się chlor z chlorowodoru bez konieczności użycia drogich katalizatorów, jak soli miedziowych lub t. p., które zużywają się przez ulatnianie się.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Metoda otrzymywania chloru z chlorowodoru, tem znamienna, że do kolumny, wypełnionej drobnoziarnistem wypełnieniem w sposób częściowy i wyłożonej ogniotrwałym materjałem, wprowadza się węglowodory z powietrzem i chlorowodorem, przyczem węglowodory spalają się w warstwie materjału wypełniającego, przez co uzyskuje się w warstwie wypełniającej temperaturę, potrzebną do rozkładu chlorowodoru.

2. Metoda według zastrzeżenia 1, tem znamienna, że węglowodory i powietrze wprowadza się do kolumny oddzielnie tak, że zmieszanie obu gazów odbywa się dopiero we wnętrzu warstwy wypełniającej, przyczem chlorowodór miesza się albo z powietrzem albo z węglowodorami.

3. Metoda według zastrzeżenia 1, tem znamienna, że wszystkie gazy, albo ich część, wprowadza się do kolumny w stanie ogrzanym".

* * *

W przemyśle chemicznym istnieje cały szereg produktów, otrzymywanych w postaci roztworów wodnych. Aby pożądany produkt wyodrębnić, należy zazwyczaj wodę odparować. Niezawsze jednak daje się ten prosty naogół proces przeprowadzić zwykłą drogą. W wypadku bowiem, gdy pod wpływem podwyższonej temperatury, potrzebnej do odparowania wody, otrzymywany produkt ulega rozkładowi, lub też gdy w toku dokoncentrowywania roztwór staje się szklisty względnie ciągliwy i tylko z trudem wodę oddaje, wówczas nie można otrzymać praktycznie suchego produktu przez zwykłe odparowywanie roztworu. W tych wypadkach można wydzielić substancję w stanie suchym w dwu etapach. Naprzód stęża się roztwór do dopuszczalnych granic, zależnych od temperatury, jaką można zastosować w związku z rozkładem ciała, będącego w roztworze, następnie osusza się tak otrzymany stężony roztwór przez rozpylenie w strumieniu ogrzanego gazu obojętnego.

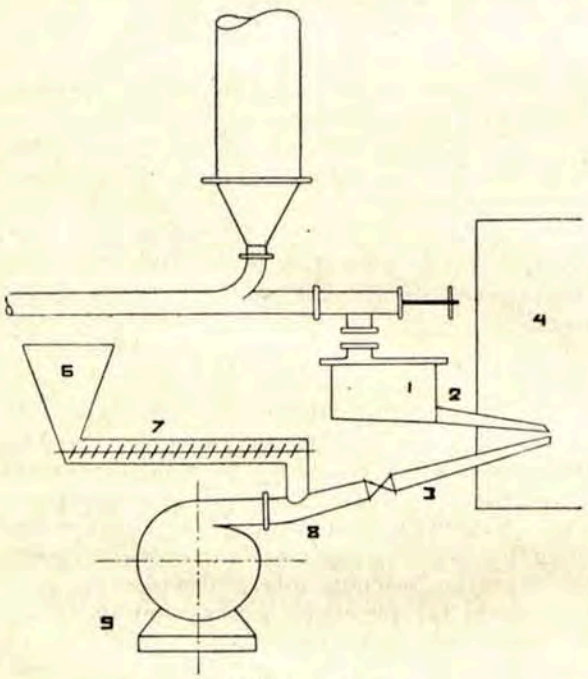
Mając przed sobą zagadnienie odwadniania ałunu amonowo-aluminjowego, opracowuje Pan Prezydent metodę osuszającego rozpylania roztworów ciał stałych[47]), wprowadzając i do tej dziedziny technologji coś, co w znacznym stopniu ułatwia wykonanie tego procesu.

[47]) Pat. polski 3906.

Wynalazek Pana Prezydenta polega na tem, że roztwór rozpyla się zapomocą strumienia gazu, zawierającego zarazem odpowiednio rozdrobnioną stałą substancję.

Rozpylona ciecz osadza się na drobnych cząsteczkach wprowadzanego ciała stałego. Dzięki dużej powierzchni jaką w tych warunkach osuszana masa uzyskuje, usuwanie wilgoci postępuje w znacznie przyśpieszonem tempie. O ile wprowadzane ciało stałe będzie to samo, którego roztwór chcemy odparować, to oczywiście w rezultacie otrzymamy substancję jednorodną. Jeśliby korzystnem było dla nas otrzymanie mieszaniny ciała osuszonego i jakiejś innej substancji, wystarczy wprowadzić tę ostatnią w postaci rozdrobnionej w strumieniu gazu osuszającego.

Rycina 64 przedstawia schematycznie rea-



Rycina 64.

lizację tego pomysłu. Ze zbiornika *1* spływa rynną *2* do komory *4* stężony roztwór do osuszenia. Powietrze tłoczone przez wentylator *9* porywa w rurze *8* sproszkowane ciało stałe i po przejściu przez dyszę *3* wychodzi z dużą szybkością do komory *4*, trafiając na spływający od góry stężony roztwór. Jeśli np. w *1* będziemy mieli roztwór azotanu amonowego, natomiast z zbiornika *6* ślimak *7* będzie dostarczał rozdrobniony chlorek potasu — to w rezultacie w komorze *4* będzie się osadzała mieszanina obu tych substancyj, dając odrazu gotowy sztuczny nawóz potasowo-azotowy.

* * *

Opierając się na swojej głębokiej wiedzy w zakresie zachowania się dielektryków w polu elektrycznem, Pan Prezydent potrafił rzucić wiele światła na niektóre praktyczne zagadnienia z dziedziny zjawisk, zachodzących w ośrodkach koloidalnych zawiesin, pod wpływem działania na nie prądu elektrycznego.

Rezultatem pracy w tym zakresie są dwa patenty[48]), ujmujące zupełnie oryginalne i twórcze koncepcje.

Wiadomą jest rzeczą, że w zawiesinach koloidalnych na granicy zetknięcia się dwu faz powstaje podwójna warstwa elektryczna, przyczem obie fazy t. j. ciecz i zawiesina uzyskują ładunki znaku przeciwnego. Jeśli taki układ znajdzie się w sferze działania jednokierunkowego prądu elektrycznego, następuje rozdzielenie obu faz w ten sposób, że zawiesina stopniowo zbiera się przy jednej z elektrod. Naogół jednak zjawiska te zachodzą pomyślnie jedynie w środowisku wodnem i to już dość dobrze przy stosunkowo nawet niskiem napięciu (kilkaset wolt). W innych ośrodkach, które źle prąd elektryczny przewodzą, albo też które należą już raczej do kategorji izolatorów, nie daje się przy napięciu tego samego rzędu zaobserwować rozdzielania się faz.

Aby pokonać tę trudność np. w takim ośrodku źle prąd elektryczny przewodzącym, jakim jest ropa naftowa lub też olej parafinowy, należy zastosować wysokie napięcie, wynoszące conajmniej 1000 wolt lub więcej. Przy tak wysokiem napięciu uzyskuje się już w zawiesinach niewodnych elektroosmotyczne działanie prądu elektrycznego. Jeszcze wyraźniej zjawisko występuje, jeśli do takiego środowiska dodawano niewielkie ilości niewodnych substancyj, wytwarzających jony w tych cieczach. Takiemi substancjami są: niektóre kwasy organiczne np. kwas octowy, względnie alkoholowe lub eterowe roztwory ciał takich jak: wodorotlenek potasu, czy też chlorek cynku, albo też innych ulegających dysocjacji elektrolitycznej w roztworach bezwodnych.

Te dwie drogi, prowadzące do rozwiązania elektroosmozy w środowiskach źle przewodzących prąd, ujmuje Pan Prezydent w następujący sposób w Swych dwu opisach patentowych:

Metoda wydzielania ciał stałych, jak parafiny, asfaltów i tym podobnych, z cieczy bardzo źle przewodzących lub wcale nieprzewodzących elektryczności.

(Patent polski Nr. 5486).

„Znane jest wydzielanie zawiesin ciał stałych, jak np. kaolinu z płynów wodnych zapomocą działania prądu elektrycznego; są to tak zwane procesy elektroosmotyczne. Do tego celu bywają stosowane prądy stałe o nis-

[48]) Pat. polski 5486 i 5487.

kiem napięciu. Analogiczne doświadczenia przeprowadzane w ośrodkach znacznie trudniej przewodzących, będących już właściwie izolatorami, nie dają dodatnich wyników przy stosowaniu tej metody. I tak, np. zawiesiny drobno-krystalicznej parafiny w oleju z ropy naftowej lub asfalt zawarty w postaci koloidalnego roztworu w dystylatach z ropy naftowej, nie ulegają wydzieleniu przy elektro osmozie zapomocą prądu o niskich napięciach.

Niniejszy wynalazek ma na celu wydzielanie takich zawiesin ciał stałych, jak parafiny w oleju parafinowym lub asfaltu zawartego w ropie naftowej, jej dystylatach lub redukatach i tym podobnych w postaci koloidalnej, a więc zawiesin w cieczach bardzo źle przewodzących lub wcale nieprzewodzących elektryczności. Doświadczenia wykazały, że analogiczne działanie elektroosmotyczne można uzyskać w takich razach przy zastosowaniu bardzo wysokich napięć, wynoszących co najmniej 1000 wolt, a praktycznie dochodzących do tysięcy i dziesiątek tysięcy wolt, a nawet więcej. Prąd elektryczny tu stosowany musi być jednokierunkowy, ale niekoniecznie prąd stały, gdyż wystarcza, jeśli użyje się pulsującego prądu sprostowanego w jednym kierunku.

W niektórych wypadkach, gdy przewodnictwo ośrodka jest wybitnie małe, jest wskazanem dodać do przerabianej cieczy minimalnych ilości ciał lub roztworów wodnych albo bezwodnych, tworzących w tym ośrodku odpowiednie jony".

Zastrzeżenia patentowe.

1. Metoda wydzielania ciał stałych, jak parafiny, asfaltów i tym podobnych, znajdujących się w postaci zawiesin lub koloidalnych roztworów w cieczach bardzo źle przewodzących lub wcale nieprzewodzących elektryczności, np. w ropie naftowej, jej dystylatach, dreukatach i tym podobnych, znamienna tem, że ciecze te poddaje się elektroosmozie przy użyciu prądu jednokierunkowego o napięciu przewyższającem tysiąc wolt.

2. Metoda według zastrz. 1, znamienna tem, że elektroosmozę prowadzi się w obecności bardzo małych dodatków ciał, lub roztworów, tworzących w tem ośrodku odpowiednie jony.

Metoda wydzielania zapomocą elektroosmozy ciał stałych, zawartych w postaci zawiesin lub w roztworze koloidalnym w cieczach niemieszających się z roztworami wodnemi.

(Patent polski Nr. 5487).

„Znane są działania elektroosmotyczne na mieszaniny zawierające zawiesiny ciał stałych w ośrodku wodnym. Tą drogą można zapomocą prądu elektrycznego przeprowadzić osadzanie delikatnych zawiesin glinki w wodzie, albo oddzielenie wody z torfu i tym podobnych mieszanin. Jeżeli jednak chodzi o osadzanie ciał stałych, zawartych w postaci zawiesin lub roztworu koloidalnego w cieczach niemieszających się z wodą, których przewodnictwo praktycznie równa się zeru, wówczas elektroosmoza nie daje się bezpośrednio zastosować.

Opisany wynalazek służy do wydzielania takich ciał stałych z cieczy nieprzewodzących prądu elektrycznego, a nie mieszających się z roztworami wodnemi, a więc, np. do wydzielenia drobno-krystalicznej parafiny z dystylatów ropy naftowej, lub koloidalnych zawiesin asfaltu z ropy naftowej, jej dystylatów albo pozostałości dystylacyjnych i tym podobnych. Doświadczenia wykazały mianowicie, że jeśli takie ciecze zostaną zadane małemi ilościami odpowiednich niewodnych substancyj, wytwarzających jony w tych cieczach, a więc, np. pewnemi kwasami organicznemi, jak octowym, lub roztworami alkoholowemi, eterowemi i t. d. pewnych związków, a to np. wodorotlenku potasowego, chlorku cynkowego i innemi substancjami jonizującemi się w roztworach bezwodnych, to wówczas działanie elektroosmotyczne, przy użyciu nawet niezbyt wysokich napięć prądu stałego, nie przewyższających 1000 wolt, daje dobre rezultaty. Dzięki temu wynalazkowi można wydzielać z trudno filtrującego się oleju parafinowego kryształy parafiny w postaci zbitej masy. Podobnie można osiągnąć wydzielenie asfaltu z ropy naftowej.

Zastrzeżenie patentowe.

Metoda wydzielania ciał stałych, zawartych w postaci zawiesin lub w roztworze koloidalnym w cieczach niemieszających się z roztworami wodnemi, zapomocą elektroosmozy, znamienna tem, że do cieczy dodaje się odpowiednich niewodnych związków, wytwarzających jony w cieczy poddanej elektroosmozie".

* * *

Nawet i podczas piastowania najwyższego stanowiska w Państwie nie ustaje Pan Prezydent w pracy myślowej nad rozwiązywaniem zagadnień naukowo-technicznych. W tym okresie zostaje zrealizowana idea Pana Prezydenta stworzenia wielkiej nowoczesnej fabryki związków azotowych — powstają „Mościce".

W tym też okresie zostają zakończone, prowadzone przez Pana Prezydenta od szeregu lat badania i eksperymenty nad stworzeniem w zamkniętych lokalach (np. w miastach) tych warunków klimatycznych, jakie się spotyka w górach[49]).

[49]) Lekarz Wojskowy **23**, 337, (1934).

Zagadnienie to posiada znaczenie nietylko dla sanatorjów i szpitali, ale też dla szkół, biur i innych zakładów pracy, gdzie brak odpowiedniego powietrza obniża znacznie jej wydajność, działając przytem w sposób ujemny, a systematyczny na organizm ludzki.

Analizując szczególne warunki atmosferyczne, które spotyka się na wyżynach górskich, przychodzi Pan Prezydent do wniosku, że w porównaniu ze stanem powietrza w przeciętnem mieście nizinnem należy uwzględnić następujące czynniki:

1) szczególną czystość powietrza,
2) znaczną jonizację,
3) niewielkie ilości ozonu,
4) zmniejszone ciśnienie.

Zastanawiając się nad odtworzeniem warunków, charakteryzujących górskie powietrze, już na samym wstępie decyduje się Pan Prezydent w dalszej Swej pracy nie realizować czynnika zmniejszonego ciśnienia. Pomijając trudności techniczne, jakieby się przy urzeczywistnianiu tego warunku nasunęły, to pozatem inne względy wskazywały, iż czynnik ten w pewnych tylko wypadkach odgrywa zasadniczą rolę. Na uzasadnienie tego ostatniego można np. podać, że i klimat morski, a więc powietrze o ciśnieniu wyższem od przeciętnego ma również korzystny wpływ na organizm ludzki. Przystępując do stworzenia odpowiedniej aparatury Pan Prezydent uwzględniał zatem jedynie trzy z podanych wyżej czynników. Dalsze jednak prace oraz poczynione dawniej jeszcze obserwacje nad działaniem ozonu na organizm ludzki skłoniły Pana Prezydenta do pomijania w Swych następnych projektach odpowiedniego urządzenia do ozonowania powietrza. Ozon stosowany bowiem w ilości, po której można byłoby się spodziewać jego dezynfekującego działania, wpływa na całość organizmu ludzkiego w sposób zdecydowanie szkodliwy. Stosowany zaś w ilościach spotykanych w naturze nie wywiera praktycznie żadnego wpływu.

Tak więc aparatura obmyślana i wykonana pod osobistym kierunkiem Pana Prezydenta składa się z dwu zasadniczych części, a mianowicie: z instalacji do oczyszczania powietrza oraz jego naświetlania.

Przy realizacji całości problemu Pan Prezydent z całą swobodą wykorzystywał i opierał się na Swych gruntownych studjach przemysłowo-technicznych z dziedziny absorbcji gazów, oraz na Swem przebogatem doświadczeniu technicznem i naukowem z dziedziny elektrofizyki. W tych warunkach stosunkowo w krótkim czasie stwarza Pan Prezydent i oddaje do użytku lecznictwa i higjeny metodę i aparaturę do oczyszczania[50]) i naświetlania[51]) powietrza.

[50]) Pat. polski 18202.
[51]) Pat. polski 20170.

Powietrze oczyszczone metodą Pana Prezydenta nietylko jest prawie wolne od zawiesin nawet bakterjologicznych, ale także od ewentualnych zanieczyszczeń gazowych, jak np. siarkowodoru, amonjaku, bezwodnika kwasu siarkowego i t. p., z których obecnością należy się liczyć w ośrodkach przemysłowych i miastach. Należy jeszcze podkreślić, iż w metodzie oczyszczania powietrza stwarza Pan Prezydent coś zupełnie oryginalnego, a mianowicie dla kompletnego uwolnienia powietrza od pyłu stosuje sztuczną mgłę. Obserwacje poczynione bowiem przez Pana Prezydenta każą Mu przypuszczać, że głównie dzięki często występującym w górach mgłom powietrze jest tam tak dokładnie odpylone i czyste.

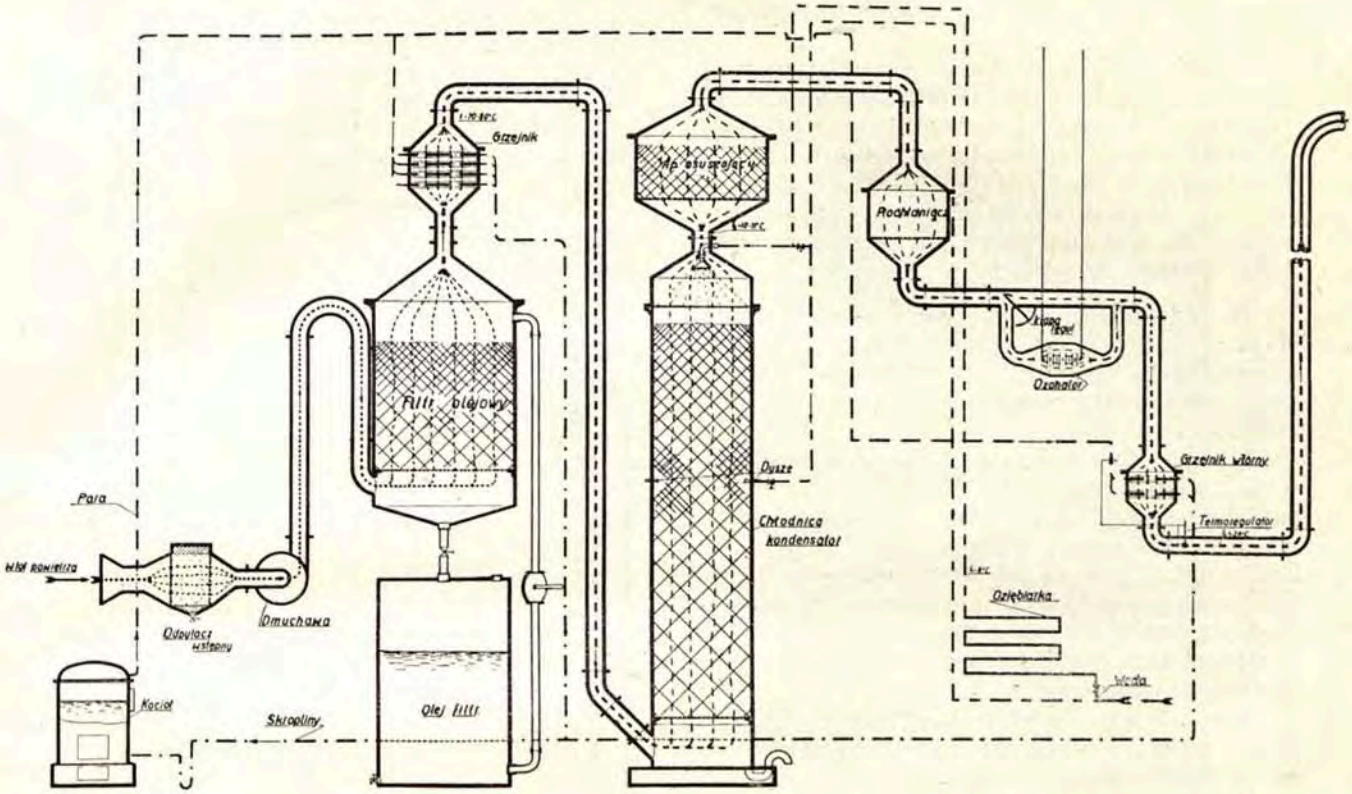
Szczegółowy opis instalacji do oczyszczania powietrza, znajdującej się na Zamku Królewskim, ujmuje Pan Prezydent w następujący sposób (rycina 65):

„Powietrze zewnętrzne, odpylone z grubszych pyłków na filtrze wstępnym, zostaje tłoczone dmuchawą na filtr olejowy. Filtr ten składa się z cylindra, w którym na ruszcie spoczywa dość gruba warstwa drobnoziarnistego wypełnienia. Wypełnienie to jest od czasu do czasu (w odstępach nawet miesięcznych) zwilżane olejem, tłoczonym ręczną pompką na górę przy zamknięciu kranu nad dolnym zbiornikiem, przez co zatapia się cała zawartość tego cylindra. Po wypuszczeniu oleju do zbiornika dolnego aparat jest odświeżony do działania.

Po przejściu przez filtr olejowy powietrze podgrzewa się w zależności od innych warunków (o czem będzie mowa poniżej) do temperatury w każdym razie wyższej od temperatury powietrza ssanego z zewnątrz. W pewnych np. przyjętych warunkach na 70° — 80°, jak to zaznaczono na rycinie 65. Podgrzane w ten sposób do kilkudziesięciu stopni powietrze przechodzi do następnego zbiornika t. zw. chłodnicy-kondensatora. Wysoka ta kolumna jest również wypełniona drobnym materjałem, dającym duże rozwinięcie powierzchni.

W przeciwprądzie do powietrza przechodzi tutaj zimna woda, która stopniowo podgrzewając się o ciepłe powietrze, ochładza je. To uprzednie ogrzewanie, stanowiące oryginalne rozwiązanie, ma na celu, by powietrze nasycić dużą ilością wilgoci. Przy następnem podnoszeniu się tego, odpowiednio nawilgoconego powietrza ku górze w przeciwprądzie z zimną wodą, następuje obniżenie temperatury i wykroplenie nadmiernej ilości pary wodnej. Wówczas każdy pyłek, każda bakterja staje się zarodkiem dla wykraplającej się mgły, która zatrzymuje się na wielkich powierzchniach tego wypełnienia.

W ten sposób dopiero w tej kolumnie ma



Rycina 65.
Schemat próbnej aparatury do oczyszczania powietrza.

miejsce radykalne oczyszczenie powietrza. Na sucho pracujące filtry nigdy nie są w stanie dać tak wysokiego stopnia oczyszczenia, jak opisane urządzenie.

Ważną jest rzeczą, żeby wychodzące z tej kolumny powietrze, nasycone wilgocią w zupełności, posiadało temperaturę stosunkowo niską, by później odpowiednio podgrzane na temperaturę taką, jaką się chce mieć, nie było zbyt wilgotne. Z tej racji, zależnie od danych określonych warunków, powietrze wychodzące z tej kolumny powinno mieć niższą lub wyższą temperaturę. Temperatura ta, jak widać np. na rycinie 65 wynosi 10^0 — 11^0.

Dla zatrzymania resztek mgły przewidziany jest nad kolumną zbiornik również z wypełnieniem.

Uzyskujemy w ten sposób powietrze zupełnie oczyszczone oraz nasycone parą wodną przy danej pożądanej temperaturze schłodzenia.

Następną część aparatury stanowi zbiornik (pochłaniacz), przewidziany dla węgla aktywowanego, jako czynnika doskonale absorbującego gazy trujące. Wszelkie inne trucizny rozpylone, jak również pewne trucizny gazowe, zostałyby niewątpliwie zatrzymane już w kolumnie chłodnicy—kondensatora; a zatem węgiel aktywowany miałby spełniać rolę dopełniacza w razie ewentualnych ataków gazowych.

W okresie prowadzenia przemnie doświadczeń nad wpływem na organizm ozonu, mniejszą lub większą część powietrza (do czego służy odpowiednia klapa regulacyjna) przepuszczano przez ozonizator. Na skutek wykazania ujemnego działania ozonu, przy późniejszym ruchu aparatury, powietrze, przez odpowiednie nastawienie regulatora, omijało urządzenie ozonizujące.

W dalszej swojej drodze powietrze zostaje ostatecznie podgrzane do pożądanej temperatury przy pomocy podgrzewacza z automatycznym termoregulatorem.

Dla uzyskania w sali powietrza o wymaganej temperaturze i odpowiednim procencie wilgoci, musi być ono, jak zaznaczono wyżej, przy wyjściu z wieży kondensacyjnej odpowiednio schłodzone.

W okresie zimowym woda wodociągowa warszawska posiada temperaturę dosyć niską, natomiast w lecie temperatura jej nie pozwala na uzyskanie w sali powietrza dostatecznie suchego. W tym celu w okresie tym doprowadza się do chłodnicy—kondensatora nie bezpośrednio z rurociągów wodę wodociągową, lecz sztucznie schłodzoną w oziębiarce. Możliwie niska temperatura wody jest korzystniejsza, gdyż zezwala na silniejsze podgrzanie powietrza, wchodzącego do kolumny, a w następstwie na dokładniejsze jego oczysz-

czenie na skutek większej ilości wykroplonej wody.

Jak widzimy więc, to, co powiedziano wyżej o istnieniu możliwości dawania powietrza o dowolnej pożądanej temperaturze i procencie wilgotności, jest zupełnie realnem i łatwem do osiągnięcia. Ma to szczególnie doniosłe znaczenie w okresie letnim, gdy chcemy doprowadzić do sali powietrze chłodniejsze, a jednak niezbyt wilgotne".

W ten sposób oczyszczone powietrze zostaje z kolei poddane naświetlaniu lampą kwarcową ze specjalnym reflektorem i ekranem. Rycina 66 przedstawia instalację do naświetlania powietrza.

Lampa kwarcowa osłonięta jest metalowym zwierciadlanym reflektorem, który kieruje jej promieniowanie na szorstką chromowaną powierzchnię ekranu rozpraszającego. Jak wykazały doświadczenia, chrom najbardziej nadaje się do tego celu ze względu na swą dużą zdolność odbijania promieni, a zwłaszcza krótkich, znaczną twardość oraz bierność pod względem chemicznym.

Szkodliwe nadmierne ilości tworzącego się przy paleniu lampy ozonu są usuwane przez odpowiedni przewód rurowy.

Przebywanie w tak oczyszczonem i naświetlonem powietrzu działa na organizm ludzki w sposób zbliżony do tak zwanego i wielce polecanego „werandowania" w klimacie górskim.

Problem ten był przedmiotem referatu Pana Prezydenta podczas konferencji odbytej na Zamku Królewskim w dniu 26 stycznia 1934 r. i poddany obszernej i gruntownej dyskusji w gronie kilkudziesięciu wybitnych specjalistów oraz przedstawicieli świata lekarskiego i fizyków polskich.

* * *

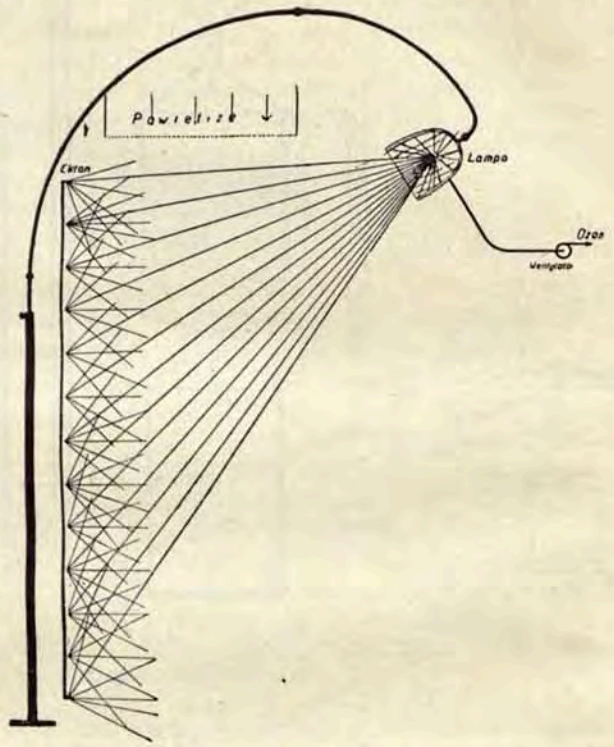
Omówione obecnie prace Pana Prezydenta, odtworzone i przeanalizowane na podstawie publikacyj naukowych, druków patentowych względnie relacyj fabrycznych, nie wyczerpują jeszcze nawet w tej dziedzinie całokształtu wyników Jego działalności.

Nie sposób uwzględnić tutaj całej masy, niezwykle cennych i, powodujących nieraz bardzo długi łańcuch dalszych odkryć i następstw — idei, koncepcyj i pomysłów, któremi Pan Prezydent tak szczodrze rozsiewał czy to na posiedzeniach naukowych, czy to na konferencjach przemysłowo-technicznych, lub fabrycznych, czy też na pogadankach w gronie Swych współpracowników i uczniów.

To też z chwilą, gdy Pan Prezydent musiał z konieczności ograniczyć Swe prace na odcinku wiedzy technicznej, utworzyła się wielka luka i powstała znaczna strata dla ludzkości w jej walce o opanowanie techniczne przyrody.

Tę wielką stratę mogą zrównoważyć jedynie korzyści, jakie odnosi państwo i naród dzięki pracy i genjuszowi Pana Prezydenta na obecnym terenie Jego zainteresowań.

Luki natomiast w równoważnej skali żadnem zastępstwem wypełnić się w tej chwili



Rycina 66.
Schemat instalacji do naświetlania lampą kwarcową.

nie da. Pozostaje tylko nadzieja, że wiele długich lat, jakie ma przed sobą Pan Prezydent i, jakich Mu wszyscy życzymy, zechce jeszcze w części poświęcić Swej ukochanej pracy na polu nauki i techniki.

S t r e s z c z e n i e.

Autor zestawił prace badawcze, patentowe i inne Pana Prezydenta R. P. Profesora Dr. h. c. Ignacego Mościckiego, odnoszące się do działu technologji nieorganicznej, elektrochemji technicznej i pokrewnych. W zestawieniu tem dadzą się wyodrębnić następujące cztery grupy: 1°, prace nad utlenianiem azotu i syntezą cjanowodoru w łuku elektrycznym, 2°, prace nad urządzeniami do absorbcji rozcieńczonych gazów, 3°, prace nad odparowywaniem i stężaniem kwasu azotowego, 4°, inne prace, jak np.: nowy typ pieca karbidowego, oddzielanie amonjaku od pary wodnej, otrzymywanie H_2SO_4 i HNO_3, rozdzielanie koloidalnych zawiesin w cieczach źle przewodzących prąd elektryczny, urządzenia do stworzenia w lokalach zamkniętych warunków atmosferycznych podobnych do istniejących na wyżynach górskich i t. p.

ADRES OFIAROWANY PRZEZ ZWIĄZEK PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO R. P. PANU PREZYDENTOWI RZECZYPOSPOLITEJ W DNIU JUBILEUSZU JEGO 30-LECIA PRACY NAUKOWEJ.

Wykonał na pergaminie T. Gronowski.