

PRZEMYSŁ CHEMICZNY

MIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM POLSKIEGO PRZEMYSŁU
CHEMICZNEGO, WYDAWANY STARANIEM CHEMICZNEGO
INSTYTUTU BADAWCZEGO I POLSKIEGO TOWARZYSTWA
CHEMICZNEGO Z ZASIŁKIEM WYDZIAŁU NAUKI MINISTERSTWA
WYZNAŃ RELIGIJNYCH I OŚWIECENIA PUBLICZNEGO

POD REDAKCJĄ

PROF. DRA KAZIMIERZA KLINGA

BIBLIOTEKA WYDZIAŁU CHEMICZNEGO
Politechniki Warszawskiej

ROCZNIK XII

ZA ROK 1928

LWÓW 1928

NAKŁADEM „CHEMICZNEGO INSTYTUTU BADAWCZEGO“
W WARSZAWIE



M. Berthelot

PRZEMYSŁ CHEMICZNY

MIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM POLSKIEGO PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO, WYDAWANY STARANIEM CHEMICZNEGO INSTYTUTU BADAWCZEGO I POLSKIEGO TOWARZYSTWA CHEMICZNEGO Z ZASIĘKIEM WYDZIAŁU NAUKI MINISTERSTWA WYZNAŃ RELIGIJNYCH I OŚWIECENIA PUBLICZNEGO

ZESZYT 1.

LWÓW, STYCZEŃ 1928.

ROCZNIK XII.

REDAKTOR: PROF. DR KAZIMIERZ KLING

J. ZAWIDZKI.

MARCELIN BERTHELOT (1827—1907) W SETNĄ ROCZNICĘ URODZIN¹⁾.

Pierre Eugène Marcelin Berthelot urodził się w Paryżu 25 października 1827 roku. Ojcem jego był Jacques Martin, lekarz wolnopracujący, a matką rodowita paryżanka Claudine Picard. Po matce odziedziczył on postać zewnętrzną, rysy twarzy oraz żywość temperamentu, wielką ciekawość i ruchliwość umysłową, a po ojcu wytrwałość, siłę charakteru, obowiązkowość oraz liberalność poglądów społecznych.

Kurs nauk szkoły średniej odbył młody Berthelot w liceum Henryka IV-go, oddając się z zapałem filologii, do której okazywał wielkie zamiłowanie. Już podczas pobytu w liceum, zarysowały się wyraźnie zasadnicze cechy jego niezwyklej umysłowości, bowiem już wówczas podziwiano jego pracowitość, logiczność dowodzeń, zdolności eksperymentalne, łatwość przeczucia się od jednych zagadnień do innych, a przedewszystkiem wprost fenomenalną pamięć.

W liceum zawarł Berthelot stosunek serdecznej przyjaźni ze starszym od siebie Ernestem Renanem, który to stosunek przetrwał prawie pół wieku i wywarł pobudzający wpływ na rozwój jego umysłowości.

Po skończeniu liceum, wstąpił Berthelot w r. 1848 początkowo na Wydział medyczny Uniwersytetu paryskiego, jednocześnie wszakże uczęszczał

¹⁾ Odczyt wypowiedziany w dniu 15-ym grudnia 1927 r., na uroczystym posiedzeniu Polskiego Towarzystwa Chemicznego, poświęconem uczczeniu stulecia urodzin Marcelina Berthelot'a.

na wykłady przyrodnicze w Faculté des Sciences. W r. 1849 wstąpił on do prywatnego laboratorium chemicznego prof. Pelouza, w którym kształcili się przeważnie synowie zamożnych przemysłowców, ale również i młodzi uczeni tej miary co Laurent, Gerhardt, Cahours, Sobrero i inni. Te pierwsze jego kroki w kierunku praktycznego zapoznania się z chemią były pomyślne, bowiem niebawem został on asystentem, a w r. 1850 ogłosił drukiem w „Comptes Rendus de l'Academie“ pierwsze swe prace samodzielne, jedną „o prostym sposobie okazania zjawisk skraplania gazów“, drugą „o zjawiskach przymuszonej dylatacji cieczy“, obie chlubnie świadczące o wielkiej pomysłowości autora, oraz o wybitnych jego zdolnościach eksperymentalnych.

Na skutek tych prac został Berthelot mianowany już w r. 1851 asystentem prof. Balarda w Collège de France, z płacą 800 fr. rocznie. Na stanowisku tem pozostawał on do końca roku 1860, poświęcając się przez lat 9 wyłącznie pracom badawczym nad związkami organicznymi. W przeciągu tego czasu wykonał on 90 prac eksperymentalnych, ogłoszonych drukiem w 147 publikacjach. Większość z nich były to badania wprost pionierskie, dotyczące najżywoźniejszych zagadnień chemii organicznej.

Pierwsza z nich, drobna rozprawka o produktach pyrogenicznego rozkładu alkoholu etylowego oraz kwasu octowego, aczkolwiek sama w sobie nie doniosła, była jednakże znamionną z tego względu, że w niej użył Berthelot poraz pierwszy terminu *synteza* na oznaczenie procesu powstawania związków organicznych z ich pierwiastków składowych, a zarazem wskazał na możliwość urzeczywistnienia syntezy benzenu, naftalenu oraz innych węglowodorów aromatycznych.

Po tej pierwszej próbie bezpośredniego zetknięcia się ze związkami organicznymi, następuje szereg wyczerpujących badań eksperymentalnych nad *olejkiem terpentynowym*, które doprowadziły go między innymi do odkrycia *kamfenu* oraz jego przemiany na kamforę. W roku 1853 rozpoczął Berthelot klasyczne badania nad *gliceryną* i jej połączeniami, które to badania doprowadziły go do *syntezy tłuszczu naturalnych*. Poza syntezą trójglicerydów, dokonał on również syntezy dwu- i jednoglicerydów, stwarzając temsamem podstawy doświadczalne teorii alkoholi wielowartościowych, rozwiniętej w kilka lat później przez Wurtza.

Prawie jednocześnie z pracami nad pochodnymi gliceryny, które stanowiły treść jego rozprawy doktorskiej, ogłosił on szereg badań nad *cukrami*, w których stwierdził, że przedstawiają one alkohole wielowartościowe o charakterze aldehydowym. Nadto odkrył on dwa nowe cukry trehalozę i melitozę oraz wykazał, że mannit jest alkoholem sześciowartościowym.

W związku z pracami nad cukrami, studjował Berthelot *procesy fermentacji*, przyczem stwierdził, że inwersji cukru trzcinowego dokonywa ferment rozpuszczalny, zwany inwertazą, a zarazem wypowiedział pogląd, że fermentacja alkoholowa jest najprawdopodobniej powodowana jakimś fermentem

nierozpuszczalnym, zawartym w komórkach drożdżowych. Słuszność tego poglądu stwierdził w 37 lat później E. Büchner, wydzielając z komórek drożdżowych „zymasę“, enzym wywołujący fermentację alkoholową.

Najważniejsze wszakże prace doświadczalne Berthelota dotyczyły *syntezy zupełnej* najprostszycy związków organicznych z ich pierwiastków składowych. Już w roku 1855 dokonał on *syntezy alkoholu etylowego* z etylenu, a następnie syntezy innych alkoholi alifatycznych z odpowiednich węglowodorów olefinowych. W roku zaś 1856 dokonał *syntezy kwasu mrówkowego* z tlenku węgla i wody, działając tlenkiem węgla na słabo zwilżony wodorotlenek potasowy. Na podstawie tej reakcji wypracował Merz w r. 1894 metodę technicznego otrzymywania kwasu mrówkowego.

Kwas mrówkowy stał się następnie punktem wyjścia syntez węglowodorów nasyconych oraz węglowodorów szeregu etylenowego. Poddając mianowicie sole kwasu mrówkowego rozkładowi pirogenicznemu, otrzymał Berthelot metan, etylen oraz propylen. Następnie zaś z etylenu i propylenu — etan i propan. Wreszcie poddając metan naprzód chlorowaniu, a otrzymany zeń chlorek metylu rozkładowi hydrolitycznemu, dokonał *syntezy alkoholu metylowego*, tego najprostszego przedstawiciela alkoholi alifatycznych.

Wyniki swych badań poszczególnych nad syntezą najprostszycy — zasadniczych związków organicznych, zestawił Berthelot w r. 1858 w obszernej rozprawie, zatytułowanej *Sur la synthèse des carbures d'hydrogène*. W roku zaś następnym napisał on pierwsze swoje wielkie dzieło dwutomowe: *Chimie organique fondée sur la synthèse*, obejmujące przeszło 1500 stron druku.

Pionierskie to dzieło otwierało chemii organicznej nowe drogi badań oraz nowe horyzonty. Wprawdzie już przed rokiem 1853, w którym Berthelot rozpoczął swe badania nad syntezą związków organicznych, dokonano syntezy niektórych połączeń organicznych. Wiadomo każdemu chemikowi, że Wöhler dokonał już w r. 1828 syntezy mocznika, Pelouze w r. 1831 — syntezy kwasu mrówkowego, a Kolbe w r. 1845 — syntezy kwasu trójchlorooctowego i t. d. Jednakże były to badania sporadyczne — przypadkowe. Organicy ówczesni posiłkowali się w swych badaniach przeważnie metodami stopniowej odbudowy, metodami analizy. Na ogół powątpiewali oni w możliwość dokonania syntezy związków organicznych bez współdziałania siły życiowej. Gerhardt, wielki systematyk związków organicznych, pisał jeszcze w r. 1844, że „działalność chemika jest wprost przeciwną działaniu natury, bowiem chemik spala, niszczy i rozkłada, a tylko jedna siła życiowa działa syntetyzująco, odtwarzając i budując z powrotem to, co zostało zniszczone działaniem sił chemicznych“, — a Berzelius, ten wielki prawodawca chemii, akcentował jeszcze w r. 1847, we wstępie do swego *Lehrbuch der Chemie*, że „w przyrodzie żywej pierwiastki zdają się podlegać innym prawom niż w przyrodzie martwej“.

Berthelot nie był twórcą syntezy związków organicznych, ale niewątpliwie był pierwszym chemikiem, który w sposób systematyczny i celowy począł stosować postępowanie syntetyczne jako zasadniczą metodę otrzymywania oraz badania związków organicznych. Był on również pierwszym, który w swem dziele *Chimie organique fondée sur la synthèse*, oparł na podstawie swych własnych badań syntetycznych, nową — racjonalną klasyfikację połączeń organicznych, odwracając dawny porządek ich opisu. Gdy bowiem Berzelius oraz wszyscy jego poprzednicy, postępowali w wykładzie chemii organicznej od związków najbardziej złożonych, dostarczanych przez żywą przyrodę, do coraz to prostszych produktów ich odbudowy, poczynali od opisu kwasów organicznych, a kończyli na opisie węglowodorów; gdy Gerhardt jeszcze w roku 1854 w swem znakomitem *Traité de chimie organique*, opisuje szeregi połączeń wyprowadzających się od najprostszych kwasów organicznych, a następnie od kwasów coraz to bardziej złożonych; to Berthelot odwraca ten utarty porządek rzeczy i w swej *Chimie organique fondée sur la synthèse*, daje naprzód systematyczny opis syntezy węglowodorów, następnie sposobów otrzymywania alkoholi z odpowiednich węglowodorów, a wreszcie metody otrzymywania różnych pochodnych alkoholi, jak aldehydów, kwasów i t. p.

Syntezę uważa on za zasadniczą, za charakterystyczną metodę badania chemicznego. W zakończeniu swego dzieła mówi: „Chemia tworzy sama przedmiot swych badań. Ta jej potęga twórcza, podobna do zdolności twórczych sztuk pięknych, wyróżnia ją od innych nauk przyrodniczych, zarówno jak od nauk historycznych. — Jedna tylko chemia posiada zdolność twórczą w stopniu nieporównanie wyższym od innych nauk przyrodniczych, to też przenika ona głębiej, sięgając aż do naturalnych elementów swych tworów. Nie tylko bowiem stwarza ona zjawiska, ale nadto odtwarza to, co zniszczyła, a nawet posiada władzę tworzenia nowych jestestw sztucznych, podobnych do tworów przyrodniczych... Może ona stwarzać wszystkie materje, które kiedykolwiek powstały od początku rzeczy, może je stwarzać w tych samych warunkach, na mocy tychże praw, działaniem tych samych sił, któremi posiłkowała się przyroda podczas aktu ich tworzenia“.

Z początkiem roku 1860 został Berthelot powołany na świeżo utworzoną katedrę chemii organicznej w École supérieure de pharmacie. Dzięki temu, zdobył on stanowisko, odpowiadające jego zasługom naukowym, a zarazem podstawę skromnego bytu materialnego. Mógł przeto pomyśleć o stworzeniu własnego ogniska rodzinnego, to też już w maju roku 1861 poślubił pannę Zofję Niaudet, osobę zamożną, bardzo piękną i miłą, a zarazem wysoce inteligentną i rozumną. Edmond Goncourt wyraził się o niej, że była „pięknością proszą, niezwykłą; pięknnością inteligentną, głęboką, magne-

tyczną, pięknnością duszy i myśli, przypominającą kreacje poetyckie Edgara Poe. Małżeństwo to było niezwykle szczęśliwe i harmonijne; małżonkowie „uwielbiali się nawzajem; rozumieli się od pierwszego dnia; byli stworzeni, by się wzajemnie uzupełniać“. Pani Berthelot „usuwała się stale na drugi plan, dążąc jedynie do uszczęśliwienia swego małżonka, bowiem zdaniem jej był to jedyny sposób współpracy w wielkim jego dziele“.

W stosunkach paryskich było to małżeństwo wprost wyjątkowe, gdyż obdarzone aż sześciorgiem dzieci, z których czterej synowie doszli do wybitnych stanowisk na polu nauki, filozofji, polityki oraz dyplomacji, zaś córki poślubiły wybitnych profesorów uniwersyteckich.

W roku 1865 utworzył rząd francuski, na wniosek prof. Balarda, odrębną katedrę chemji organicznej w Collège de France, przeznaczając ją specjalnie dla Berthelota. Katedra ta zaspokajała najgłębsze jego życzenia, bowiem obowiązywała tylko do dwóch godzin wykładów w tygodniu ze specjalnych działów chemji, nad którymi pracował profesor. Stosownie do tego, przedmiot tych wykładów ulegał ciągłym zmianom i dotyczył historii alkoholi, roli ciepła w powstawaniu związków organicznych, to znów ogólnych metod syntezy związków organicznych, podstaw termochemji, teorii materiałów wybuchowych, metod analizy gazowej, filozofji chemji i t. p. — Do katedry należała pracownia chemiczna, dość obszerna, lecz wilgotna i zimna, którą Berthelot dostosował do potrzeb swych badań specjalnych i w której spędził przeszło 40 lat, aż do ostatnich chwil swego żywota.

Od czasu powołania Berthelota na katedrę w École de pharmacie w r. 1860, datuje się drugi okres jego pracy twórczej w dziedzinie chemji organicznej, okres trwający aż do końca roku 1869. W ciągu tego drugiego dziesięciolecia ogłosił on przeszło 200 prac badawczych w 370 publikacjach, a nadto cztery dzieła oryginalne objętości 2500 stron druku.

W tej olbrzymiej produkcji naukowej pierwsze miejsce zajmują dalsze jego badania nad bezpośrednią syntezą związków organicznych, zwłaszcza nad *syntezą acetylenu*, węglowodoru odkrytego przez Edmunda Davy'ego już w r. 1836, lecz do owego czasu niedostatecznie zbadanego. Berthelot otrzymał acetylen naprzód w r. 1860 drogą pirogenicznego rozkładu par alkoholu etylowego oraz par eteru etylowego. W roku jednakże 1862 dokonał on bezpośredniej syntezy tego zasadniczego węglowodoru przy pomocy płomienia elektrycznego, wytwarzanego pomiędzy elektrodami węglowymi, umieszczonemi w atmosferze czystego wodoru. Później wypracował on szereg innych metod otrzymywania acetylenu na drodze syntetycznej.

Acetylen stał się dla niego punktem wyjścia syntezy innych związków organicznych, w szczególności etylenu i etanu, kwasu octowego i szczawioowego, dwuchlorku i czterochlorku acetylenu, wreszcie cyjanowodoru. Poddając acetylen działaniu nie nazbyt wysokich temperatur, otrzymał zeń Berthelot w r. 1866 — *benzen*, i w ten sposób wykazał poraz pierwszy możliwość

bezpośredniego przejścia od związków alifatycznych do związków aromatycznych. W analogiczny sposób dokonał on syntezy dwufenilu, antracenu, styrolu, naftalenu, acenaftenu oraz innych węglowodorów wielocyklowych.

Te jego badania eksperymentalne nad pirogenetycznym sposobem otrzymywania węglowodorów cyklowych, rzuciły nowe światło na istotę procesu suchej destylacji węgla kamiennego, zaś synteza bezpośrednia samego acetyleny stała się punktem wyjścia całego systemu syntez zasadniczych związków organicznych.

Pod koniec życia zestawił Berthelot wyniki swych pięćdziesięcioletnich badań eksperymentalnych nad węglowodorami, zwłaszcza nad ich syntezą oraz ich przemianami, w wielkim trzutomowym dziele p. t. *Les carbures d'hydrogène, 1851—1901, Paris 1902*, w którym podał usystematyzowany przedruk swych prac oryginalnych, ogłaszanych w różnych czasopismach fachowych. Całość tych prac robi wprost imponujące wrażenie, zwłaszcza że pomimo upływu 50-ciu do 70-ciu lat, nie straciły one nic ze swej aktualności oraz doniosłości praktycznej.

Po dokonaniu najważniejszych syntez węglowodorów zasadniczych, ogłosił Berthelot w r. 1864 drugie klasyczne swe dzieło: *Leçons sur les méthodes générales de Synthèse en chimie organique*, w którym podał systematyczny opis postępowań eksperymentalnych, prowadzących do bezpośredniego otrzymywania podstawowych związków organicznych z ich pierwiastków składowych, zarówno jak z wody oraz dwutlenku węgla, stanowiących materiał wyjściowy syntezy połączeń organicznych, dokonywanej przez organizmy roślinne.

Drugą serję eksperymentalnych badań Berthelota z dziedziny chemii organicznej, badań przeprowadzonych również na szeroką skalę, stanowią jego prace nad t. zw. *uniwersalną metodą uwodorodniania*, polegającą na stosowaniu jodowodoru jako środka redukcyjnego. Metodę tę uogólnił on w ten sposób, że z jej pomocą mógł redukować dowolny związek alifatyczny do jego macierzystego węglowodoru nasyconego. W zastosowaniu do związków cyklowych, metoda ta nie dała równie prostych wyników, jednakże przy pomocy tego postępowania, udało się Berthelotowi poraz pierwszy stwierdzić, że węglowodory aromatyczne, zarówno jak i węglowodory wielocyklowe mogą bezpośrednio przyłączać wodór, zamieniając się na odpowiednie pochodne uwodorodnione.

Dalsze prace doświadczalne Berthelota, zwłaszcza dokonane w latach od 1861 do 1863 r. wraz z Peanem de Saint-Gilles, rozległe badania nad powstawaniem oraz nad rozkładem estrów, wychodzą już poza granice właściwej chemii organicznej i wkraczają w dziedzinę t. zw. mechaniki chemicznej. Studja te miały za zadanie wyświetlenie wpływu różnych czynników fizycznych na wewnętrzny mechanizm procesów chemicznych, odgrywających zasadniczą rolę w postępowaniach syntetycznych. We wstę-

pie do tych badań, uzasadniał Berthelot ich potrzebę w następujący sposób:

„W chemii organicznej zajmowano się przede wszystkim otrzymywaniem nowych związków, ustanawianiem ich wzorów oraz badaniami odpowiednich reakcyj...

„Prowadząc wszakże studia nad poszczególnymi związkami, nad wzajemnymi stosunkami ich wzorów oraz równoważników, pomijano czynniki ogólne mechaniki chemicznej, warunkujące powstawanie i rozkład tych związków, zadawając się w tym względzie wynikami, otrzymanymi w chemii mineralnej.

„Tymczasem studjum związków organicznych odsłania nam całkiem nieoczekiwane fakty — niemające analogji w chemii związków mineralnych — fakty posiadające największą doniosłość dla teorii powinowactwa chemicznego. Chodzi tu przede wszystkim o wpływ *czasu* oraz o rolę pewnych czynników równowagi, nie stosujących się do praw Bertholleta...

„W przypadku (estrów) mamy do czynienia z całkiem nową mechaniką chemiczną, nieporównanie subtelniejszą, a zarazem bardziej zawiłą od mechaniki zjawisk zachodzących w chemii mineralnej. Obejmuje ona bowiem powinowactwa indywidualne, których występowanie w chemii mineralnej zasłaniały pewne czynniki fizyczne“...

Badania doświadczalne Berthelota i Pean de Saint-Gilles'a nad powstawaniem estrów, badania żmudne i uciążliwe, bowiem trwające trzy lata i obejmujące przeszło 500 seryj pomiarów ilościowych, wykazały ostatecznie, że procesy łączenia się kwasów z alkoholami na estry są:

1. procesami przebiegającymi w tempie dość powolnem, dającym się śledzić zapomocą pomiarów acymetrycznych;

2. są procesami ograniczonymi — niezupełnemi — prowadzającymi do stanów równowagi, osiągniętych z chwilą przemiany $\frac{2}{3}$ ilości użytego kwasu i alkoholu na odpowiedni ester;

3. są procesami odwracalnemi, bowiem podobnie jak kwasy, działając na alkohole, zamieniają się częściowo na estry i wodę, tak samo estry, poddane działaniu wody, rozkładają się częściowo na wolne kwasy i alkohole.

W badaniach tych próbował Berthelot poraz pierwszy sformułować matematycznie szybkość procesu powstawania estrów, wychodząc ze słusznego założenia, że w każdym momencie czasu szybkość tego procesu winna być proporcjonalną do iloczynu mas substancyj reagujących oraz odwrotnie proporcjonalną do objętości zajmowanej przez owe substancje. Aczkolwiek Wilhelmy podał już w r. 1850 matematyczną definicję pojęcia szybkości reakcyj chemicznych jednodrobinowych, to jednakże te jego badania zostały wydobyte na światło dzienne przez Ostwalda dopiero w r. 1884. Wobec tego należy uważać Berthelota za pioniera kinetyki chemicznej, tembardziej że wspomniane jego badania nad estrami, pobudziły Harcourta

i Essona do sformułowania w r. 1866 zasadniczych praw rządzących szybkością przebiegu procesów chemicznych, jak również pobudziły Guldberga i Waage'go do sformułowania w r. 1867 praw rządzących równowagą procesów chemicznych.

Nietylko samymi pracami nad powstawaniem estrów wkroczył Berthelot w dziedzinę nieistniejącej podówczas chemii fizycznej. Prawie jednocześnie poczyną się on interesować zagadnieniami termochemicznymi. „Było to w r. 1864 — mówi on — gdy przez naturalny związek rzeczy, jako konieczne uzupełnienie uprzednich moich badań (nad syntezą związków organicznych), zapragnąłem wyłożyć zasady mechaniki (chemicznej), wchodzące w grę przy powstawaniu związków chemicznych... Punktem wyjścia była praca wykonywana przez drobiny podczas reakcyj chemicznych, praca mierzona metodami termochemicznymi. Było to zagadnienie podówczas niedostatecznie zbadane, aczkolwiek niezmiernie ciekawe. W gruncie rzeczy chodziło o stworzenie podstaw nowej nauki, mającej całkowicie przekształcić chemję, sprowadzając ją do zasad racjonalnych, opierających się na prawach mechaniki“...

Te swoje poglądy na rolę termochemii rozwinął Berthelot w wykładach „o roli ciepła w powstawaniu związków organicznych“ oraz w obszernej rozprawie spekulacyjnej, zatytułowanej *Recherches de thermochimie*, opublikowanej w r. 1865.

Tak płodna i wielostronna działalność badawcza Berthelota, poczęła zjednywać mu uznanie w sferach naukowych zarówno paryskich jak i zagranicznych. W r. 1863 zostaje on powołany na członka Paryskiej Akademii Nauk Medycznych, a w r. 1869 na członka zagranicznego Bawarskiej Akademii Nauk. W uzasadnieniu tego ostatniego powołania powiedział słynny Justus von Liebig te słowa: „Berthelota należy zaliczyć do rzędu tych chemików współczesnych, którzy wywarli największy, a zarazem najdonioślejszy wpływ na rozwój chemii organicznej... Jego badania nad termochemją, nad zależnością objętości gatunkowej od składu chemicznego związków organicznych, jego badania nad ciepłem spalania, nad ciepłem właściwym, nad temperaturami wrzenia oraz nad spójnikami załamania światła — są wprost epokowe. Równie doniosłymi są jego prace nad fermentacją oraz nad działaniem soku trzustkowego na tłuszcze... Niemniej znakomitemi są jego badania nad syntezą węglowodorów, w szczególności nad syntezą acetylenu oraz nad przemianą metanu na alkohol metylowy“.

Trzeci okres twórczej działalności naukowej Berthelota, rozciągający się od końca r. 1869 do roku 1885, należałoby nazwać okresem termochemicznym, albowiem w przeciągu tych lat 16-tu pracuje on przeważnie nad eksperymentalną rozbudową termochemii. Jednocześnie wszakże stwarza on naukę o materiałach wybuchowych, wykrywa prawo rozdziału substancyj

rozpuszczonych pomiędzy niemięszające się ze sobą rozpuszczalniki oraz bierze bardzo czynny udział w życiu społecznem i politycznem swego narodu.

Wychowany w zasadach wolnomyślnych oraz krańcowo republikańskich, nie mógł się on pogodzić ze stanem rzeczy — panującym za rządów cesarstwa, to też zamknął się w samym sobie oraz oddał się wyłącznie pracy badawczo-naukowej. Upadek cesarstwa w r. 1870, skłonił go dopiero do wyjścia z zacisza laboratoryjnego na szerszą widownię publiczną, jak o tem mówi następującemi słowy: „Podczas pierwszego okresu mej kariery naukowej, przebywałem samotnie w mojem laboratorium, otoczony kilkoma uczniami, moimi przyjaciółmi, ożywionymi tym samym co i ja zapałem do badań naukowych i oddających się temu dziełu syntezy, które dokonało przekształcenia chemji oraz przemysłu. Całkowicie oddany temu przedmiotowi, nie przestawałem jednakże interesować się zagadnieniami historycznemi, filozoficznemi oraz społecznemi, poruszaniem przez naukę, która jedna stanowiła zadanie oraz cel mego życia. Jednakże od r. 1870, moje zadania uległy rozszerzeniu wobec konieczności podjęcia nowych obowiązków dla ojczyzny pokonanej i upokorzonej. Z początkiem przeto ostatniej ćwierci stulecia wypadło mi opuścić laboratorium; zdecydowałem się bowiem przejść od teorii osobistej do działalności publicznej na różnych terenach: przedewszystkiem obrony narodowej, z racji zagadnień wchodzących w zakres mej kompetencji specjalnej; następnie nauczania publicznego, z którym byłem związany przez całe moje życie; wreszcie polityki ogólnej, obowiązującej w Rzeczypospolitej wszystkich jej obywateli“.

Podczas oblężenia Paryża przez wojska niemieckie, został Berthelot wybrany w maju 1870 r. prezesem Komitetu naukowego obrony Paryża i zajmował się osobiście badaniem i stosowaniem różnych materiałów wybuchowych, odlewaniem armat oraz mnóstwem innych spraw aktualnych. Na skutek tej jego działalności pożytecznej, mianowano go w r. 1878 prezesem Komisji substancyj wybuchowych, na którym to stanowisku oddał on sprawie obrony militarnej państwa wprost niespożyte usługi.

Prawie jednocześnie został Berthelot mianowany generalnym inspektorem szkolnictwa wyższego i pozostawał na tem wpływowem stanowisku przez przeciąg lat 12-tu, aż do końca roku 1888. Nadto, w uznaniu wybitnych zasług, położonych dla państwa, wybrano go w r. 1881 dożywotnim członkiem Senatu. W Senacie przyjmował on żywy udział szczególnie w pracach dotyczących wychowania publicznego i wielkim swoim autorytetem przyczynił się w znacznej mierze do wyswobodzenia szkolnictwa publicznego z pod wpływów klerykalnych.

Na skutek tej tak wielostronnej działalności zarówno naukowej jak i społecznej, stał się Berthelot w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia jedną z najbardziej wpływowych osobistości, zwłaszcza w sprawach dotyczących nauki oraz nauczania publicznego. W sprawach chemji i jej

nauczania, wpływ jego był równie wielki, jak wpływ wywierany przez Dumas, za czasów cesarstwa.

Praca na niwie społecznej i politycznej nie zahamowała dalszego rozwoju twórczości naukowej Berthelota. W rozważanym bowiem 16-letnim okresie czasu wykonał około 400 badań doświadczalnych, ogłoszonych drukiem w 740 publikacjach, a nadto wydał 6 dzieł oryginalnych, objętości przeszło 3800 stron.

W tym licznym szeregu jego prac eksperymentalnych, pierwsze miejsce przypada niewątpliwie badaniom termochemicznym, zapoczątkowanym wr. 1869 rozprawą ogłoszoną wraz z Lugininem nad efektami cieplnymi, towarzyszącymi działaniu wody na chlorki, bromki i jodki kwasowe. Za nią ukazały się w szybkim tempie dziesiątki innych badań termochemicznych, tak że do końca roku 1885 opublikował Berthelot w samych tylko *Annales de Chimie et de physique* prawie 150 rozpraw objętości przeszło 2000 stron druku.

Temi badaniami eksperymentalnymi oraz spekulacyjnymi, Berthelot wprawdzie nie stworzył termochemii, bowiem zaczątki jej istniały już przed nim, jednakże ugruntował jej podstawy, wzbogacił ją nowymi metodami eksperymentalnymi oraz znakomicie rozszerzył jej faktyczny materiał doświadczalny. Już w r. 1869 wypowiedział on, że cała termochemia opiera się na trzech zasadach, z których I-a orzeka, że efekt cieplny procesów chemicznych stanowi miarę wchodzących w grę powinowactw; II-ga mówi, że ilość ciepła wytwarzana przez proces chemiczny, zależy wyłącznie tylko od stanu początkowego i końcowego danego układu, bez względu na drogę, wzdłuż której osiągnięto ów stan końcowy; wreszcie III-a podkreśla, że każda przemiana chemiczna zmierza do wytworzenia takiego układu końcowego, którego powstaniu towarzyszy wydzielanie maksymalnej ilości ciepła.

Z tych zasad tylko ostatnia, znana powszechnie pod nazwą „zasady pracy maksymalnej“, stanowi wyłączną zasługę Berthelota. Przypisywał on jej wielką doniosłość teoretyczną, to też poświęcił jej ugruntowaniu i uzasadnieniu duży nakład pracy eksperymentalnej i myślowej. Tem niemniej późniejsze badania i rozważania termodynamiczne Horstmann'a, Gibbs'a, Van't Hoffa i innych wykazały dowodnie, że ta „zasada pracy maksymalnej“ jest ścisłą i dokładną tylko w pobliżu temperatury zera bezwzględnego; natomiast już w temperaturze panującej na powierzchni naszego globu, sprawdza się ona w większości przypadków, jednakże bynajmniej nie we wszystkich. Nernst wyraził się o niej w sposób następujący: „Reguła ta, którą należy odrzucić jako prawo niezłomne, sprawdza się w rzeczywistości zbyt często, by ją można było całkowicie zignorować; bezwzględne jej uznawanie jest równie niesłusznem, jak i bezwzględne odrzucanie... Niewątpliwie zawarte jest w niej jądro prawdy, które należy wydobyć z otaczających je osłon..., a wówczas zasada Berthelota odzyska niewątpliwie swe znaczenie (ogólne)“.

Poza jasnym sformułowaniem podstaw teoretycznych termochemii, wzbogacił Berthelot tę dziedzinę chemii fizycznej wypracowaniem dokładnych metod pomiarów kalorymetrycznych, w szczególności zaś konstrukcją t. zw. „bomby kalorymetrycznej“ z pomocą której oznaczanie ciepła spalania związków organicznych zostało doprowadzone do niebywałej precyzji. Nadto badaniom eksperymentalnym samego Berthelota zawdzięcza chemja przeważną ilość dokładnych danych, dotyczących wartości ciepła właściwego, ciepła rozpuszczania, ciepła procesów zobojętniania, podstawiania, izomeryzacji, a przede wszystkim ciepła spalania olbrzymiej ilości związków organicznych.

Wyniki tych swoich badań termochemicznych zestawiał i zobrazował Berthelot w r. 1879 w dwutomowym, niezwykle oryginalnem dziele, zatytułowanem: *Essai de mécanique chimique*, którego pierwszy tom omawia kalorymetrję, metodykę pomiarów termochemicznych oraz systematyczne zestawienie wyników liczbowych wykonanych przezeń pomiarów termochemicznych, natomiast tom drugi traktuje o termochemii reakcyj powstawania i rozkładu związków chemicznych oraz o t. zw. statyce chemicznej. Dzieło to było pierwszym wyczerpującem przedstawieniem całokształtu termochemii, które na zawsze pozostanie klasycznym.

Zagadnienia termochemiczne bynajmniej nie wyczerpały zainteresowań naukowych Berthelota. Zetknąwszy się podczas oblężenia Paryża w r. 1870 nieco bliżej z materiałami wybuchowemi, ogłosił on z początkiem roku 1871 drobną broszurkę p. t.: *Sur la force de la poudre et des matières explosives*, w której poraz pierwszy postawił sprawę tych materiałów na gruncie ściśle naukowym. Już wówczas wyraził się on, że „dla oznaczania siły substancyj wybuchowych niezbędną jest znajomość czterech czynników: po 1-sze składu chemicznego tych substancyj, — po 2-gie składu chemicznego ich produktów rozkładu, — po 3-cie objętości gazów wytworzonych przez wybuch — wreszcie po 4-te ilości ciepła wytwarzanego przez rozkład wybuchowy“.

„Ta ostatnia wielkość — mówi on — jest miarą pracy maksymalnej, wykonywanej przez substancje wybuchowe, podczas gdy ciśnienie początkowe jest warunkowane objętością wytwarzanych gazów oraz ich temperaturą“.

W ten sposób zagadnienie siły materiałów wybuchowych zostało w istocie swej sprowadzone do zagadnienia termochemicznego i wciągnięte w zakres badań kalorymetrycznych. Już w r. 1874 oznacza Berthelot ciepło powstawania kwasu azotowego oraz jego soli, następnie ciepło powstawania chloranów i nadchloranów, wreszcie ciepło powstawania nitrogliceryny, piroksyliny oraz innych materiałów wybuchowych. Z chwilą zaś powołania go w r. 1878 na przewodniczącego Komisji substancyj wybuchowych, dokonywa on sam, jak również z Vieill'em, Sarrau oraz Le Chatelierem przeszło 60 badań eksperymentalnych nad przebiegiem procesów wybuchowych, które między innymi doprowadziły go w r. 1883 do wykrycia t. zw. *fali*

wybuchowej, odgrywającej zasadniczą rolę w detonacyjnym rozkładzie substancji wybuchowych.

Wyniki tych licznych badań, przeprowadzanych niejednokrotnie z narażeniem życia, zestawił Berthelot w dwutomowym dziele p. t. *Sur la force des matières explosives d'après la thermochimie*, ogłoszonym drukiem w r. 1883. Klasyczna ta monografia nie straciła dotychczas swej wartości i stanowi dziś jeszcze podstawę nauki o materiałach wybuchowych.

Z innych badań fizyko-chemicznych Berthelota zasługuje na uwagę jego praca z E. Jungfleischem, ogłoszona w r. 1872 p. t. *Sur les lois qui président au partage entre deux dissolvants*, w której wykazał on, że podział substancji rozpuszczonej pomiędzy dwoma niemięszającymi się ze sobą rozpuszczalnikami zachodzi w stałym stosunku stężeń, nazwanym przezeń „spółczynnikiem rozdziału“. Ważna ta prawidłowość, odgrywająca doniosłą rolę w preparatyce chemicznej, została dokładniej zbadaną przez Nernsta w r. 1894.

Wreszcie z pośród mnóstwa innych prac eksperymentalnych Berthelota nie można pominąć milczeniem rozległych jego badań nad wpływem cichych wyładowań elektrycznych na przebieg różnych procesów chemicznych. W trakcie tych badań, stwierdził on między innymi, że pod wpływem cichych wyładowań elektrycznych wolny azot wchodzi w połączenia z całym szeregiem związków organicznych. Również działaniem cichych wyładowań elektrycznych na mieszaniny dwutlenku siarki z tlenem, otrzymał on krystaliczny siedmiotlenek siarki, najwyższy stopień utlenienia tego pierwiastka. Elektrolizą zaś dość stężonego kwasu siarkowego, otrzymał on kwas nadsiarkowy ($H_2S_2O_8$), stosowany dziś w technice chemicznej jako cenny środek utleniający.

Poza uprzednio wymienionymi dziełami monograficznymi, wzbogacił Berthelot literaturę chemiczną przystępnym dziełkiem p. t. *La synthèse chimique*, ogłoszonym w r. 1876, które doczekało się dziesięciu wydań oraz zostało przetłumaczone na kilka języków zachodnio-europejskich. Nadto wydał on w r. 1872 uniwersytecki podręcznik chemii organicznej p. t. *Traité élémentaire de chimie organique*, który w następstwie ukazał się w trzech wydaniach znacznie rozszerzonych i przerobionych przez E. Jungfleischa. Niewielkie to dzieło, owoc dwunastoletniego nauczania chemii organicznej w „École de Pharmacie“, zajmuje почетne stanowisko w literaturze podręcznikowej chemii związków organicznych, bowiem przeprowadził w niem Berthelot w sposób konsekwentny i systematyczny nową klasyfikację tych związków, której podstawy wyłożył w r. 1860 w swem *Traité de chimie organique fondé sur la synthèse*.

O ile pod względem klasyfikacji oraz metodyki wykładu, rzecz ta była niewątpliwie pionierską — o tyle pod innymi względami była ona reakcyjną. Berthelot był bowiem nieprzejednanym przeciwnikiem teorii atomowej oraz

teorii drobinowej, a temsamem opartych na tych teoriach wzorów racjonalnych oraz wzorów strukturalnych. „W nauce społecznej — pisał on — istnieją jedne tylko podstawy pewne: są niemi fakta i prawa należycie stwierdzone... Zmiennemi są teorje, systemy, słownictwa, symbolika, interpretacja... One to rozszerzają się i zmieniają przez nieustanną ewolucję, idącą równolegle z bezustannym wzrostem naszej znajomości nowych faktów...“. Z tego względu, podobnie jak Wilhelm Ostwald, nie uznawał on zasadniczo hipotez, w szczególności zaś hipotezy atomowej i w dziełach swoich stosował stale dawno zarzucone wzory równoważnikowe związków chemicznych. Jednakże należy podnieść z uznaniem, że ten konserwatyzm naukowy Berthelota był raczej protestem, aniżeli uporem bezmyślnym, bowiem widząc że uporem swym nie zmieni biegu rzeczy, zaniechał już w późnym wieku swej opozycji względem teorii atomowej i w dziełach swych począł stosować znakovanie atomowe oraz racjonalne wzory drobinowe, powstrzymując się jedynie tylko od uznania wzorów strukturalnych.

W czwartym — ostatnim — okresie swej twórczości naukowej, okresie rozciągającym się od r. 1885 do r. 1907, zmienił Berthelot ponownie przedmiot głównych swych zainteresowań intelektualnych i nie zrywając całkowicie z termochemją, zajął się głównie badaniami eksperymentalnymi z dziedziny chemji roślinnej i chemji rolnej oraz studjami filologiczno-historycznymi nad historją początków chemji, dzięki czemu zachował on do późnej starości świeżość swego umysłu oraz energję do dalszej pracy.

W tym ostatnim okresie wytężonej pracy badawczej, sława oraz autorytet naukowy Berthelota osiąga swe maksimum. Powołany już w r. 1873 na członka Paryskiej Akademji Nauk, zostaje on w r. 1889 wybrany jej dożywotnim sekretarzem generalnym, a w r. 1901 wstępuje do grona „czterdziestu nieśmiertelnych“ Akademji Francuskiej. Ponadto w r. 1886 obejmuje tekę oświaty w gabinecie Goblet'a, a w r. 1895 obejmuje w gabinecie Bourgeois tekę spraw zagranicznych.

Te tak różnorodne zajęcia administracyjne, nie odrywają go jednak od głównego celu życia — od pracy badawczej. W ciągu bowiem tych ostatnich 22 lat życia swego, dokonywa on 880 badań eksperymentalnych, bądź teoretycznych i historycznych, ogłoszonych drukiem w 1245 publikacjach, a nadto ogłasza 17 dzieł objętości przeszło 12.500 stron druku.

Początkowo nie zrywa Berthelot całkowicie z badaniami termochemicznymi, czego dowodem, że w samych Annales de Chimie et de Physique ogłasza przeszło 80 rozpraw treści termochemicznej, obejmujących około 1300 stron druku, nadto ogłasza w r. 1893 krótki podręcznik kalorymetriji p. t. *Traité pratique de calorimetrie chimique*, zaś w r. 1897 wydaje monumentalne dwutomowe dzieło p. t. *Thermochimie. Données et lois numériques*.

W tem ostatniem dziele poddaje on ponownemu krytycznemu i meto-
dycznemu przerechowaniu wszystkie znane podówczas pomiary kaloryme-
tryczne, a to celem otrzymania porównywalnych ze sobą danych termoche-
micznych. Tej pracy tytanicznej, w której na same obliczenia spotrzebował
około 30.000 arkuszy papieru, dokonał Berthelot w 70-ym roku swego
życia. To też jego „Thermochimie“ jest zaprawdę dziełem monumentalnem,
jakiem nie może się poszczycić żaden inny odłam chemji fizycznej.

Na zakończenie swej działalności termochemicznej, ogłosił Berthelot
w r. 1899 niewielkie dwutomowe dziełko p. t. *Charleur animale*, w którym
zestawił wyniki swych niezmiernie ciekawych i doniosłych dla fizjologii ba-
dań termochemicznych nad ciepłem wytwarzaniem w różnych organach ciała
zwierzęcego.

Stworzywszy i rozwinięszy w licznym szeregu swych początkowych
prac z dziedziny chemji organicznej metodykę syntezy związków organicz-
nych, wyświetlił następnie Berthelot swemi badaniami termochemicznymi
energetyczną stronę tych procesów syntetycznych, dokonywanych w labora-
torjach chemicznych. Nie wyświetloną pozostała jednakże sprawa syntezy
złożonych połączeń organicznych, dokonywanych na wielką skalę przez orga-
nizmy roślinne w zwykłych warunkach temperatury, w dodatku z materiałów
tak prostych i tak nieczynnych pod względem chemicznym, jakimi są woda
oraz dwutlenek węgla.

Tajemnica mechanizmu chemicznego tych nieomal cudownych procesów
interesowała Berthelota od dawna. Już bowiem w pierwszym klasycznym
swem dziele *Chimie organique fondée sur la synthèse* z roku 1860 poświęcił
on wiele miejsca klasyfikacji działań katalitycznych, kontaktowych oraz fer-
mentacyjnych, odgrywających zasadniczą rolę w procesach biochemicznych
oraz próbował poraz pierwszy sprowadzić owe zagadkowe działania do wza-
jemnej gry zwykłych sił powinowactwa chemicznego, występujących w pro-
cesach międzycząsteczkowych. Podjęciu jednakże własnych badań ekspery-
mentalnych nad przebiegiem procesów biochemicznych, stał na przeszkodzie
brak odpowiedniego warsztatu doświadczalnego. Wreszcie w wyniku długo-
letnich starań i zabiegów, doprowadził Berthelot do tego, że w r. 1883
została utworzoną w Meudon pod Paryżem stacja chemiczno-rolnicza, przy-
dzielona do jego katedry w Collège de France.

Poczynając od r. 1884, spędza Berthelot stopniowo coraz więcej
czasu w Meudon, oddając się prawie że z młodzieńczym zapałem bada-
niom eksperymentalnym w dziedzinie chemji roślinnej oraz w dziedzinie chemji
gleby. Wyniki tych rozległych badań, publikowanych przeważnie w „Annales
de chimie et le physique“, zestawił i przedrukował on następnie w r. 1899
w czterotomowym dziele, zatytułowanem *Chimie végétale*.

Nie mogąc wdawać się w rozbiór tych nazbyt licznych i obszernych
badań eksperymentalnych, należy jednakże zaznaczyć, że również w dziedzinie

chemji rolnej dokonał Berthelot pierwszorzędných odkryć. Najważniejszym z nich było niewątpliwie stwierdzenie w r. 1885, że gleby gliniasto-próchniczne przyswajają czyli wiążą wolny azot atmosferyczny, dokonując tego doniosłego procesu przy pomocy drobnoustroji, żyjących kosztem związków organicznych, zawartych w próchnicy. Niemniej ważnem było również stwierdzenie dodatniego wpływu cichych wyładowań elektrycznych, zachodzących w atmosferze, na wzrost i rozwój vegetacji roślinnej.

Ostatniem dziełem doświadczalno-chemicznym Bethelota był jego podręcznik *Traité pratique de l'analyse des gaz*, ogłoszony drukiem w r. 1906, na krótko przed śmiercią. W dziele tem, nawskróś indywidualnem i oryginalnem, zestawił on wyniki swych wieloletnich doświadczeń praktycznych nad postępowaniem z substancjami gazowemi oraz nad sposobami ich analizy jakościowej i objętościowej.

Poza temi niesłychanie licznymi, różnorodnymi oraz niewątpliwie bardzo doniosłymi pracami eksperymentalnymi, teoretycznymi oraz konstrukcyjnymi we wszystkich niemal działach chemji mineralnej, organicznej, fizycznej oraz biologicznej, położył Berthelot wielkie zasługi również w dziedzinie historii chemji, zwłaszcza w sprawie wyświeślenia początków alchemji oraz rozpowszechnienia poglądów alchemicznych w wiekach średnich. „Podróż na Wschód odbyta w r. 1869 z okazji inauguracji Kanału Suezkiego, obejrzenie ruin miast i świątyń starożytnego Egiptu od Aleksandrji do Theb i Philoe — mówi on — nakoniec widok szczątków tej cywilizacji, która trwała tak długo i tak daleko posunęła rozwój przemysłu, skierowały mój umysł ku poznaniu tych wiadomości praktycznych z chemji, których należało się domyślać“.

Posiadając dobrą znajomość języków starożytnych, zwłaszcza łaciny i greki, zajął się Berthelot źródłowemi badaniami początków alchemji, studjując w tym celu starożytne kodeksy rękopiśmienne, przechowywane w bibliotekach Paryża, Londynu i Leydy, kodeksy „których czytaniem wzgardzono, uważając je za ciemne wymysły oraz mgliste fantazje“. Wyniki tych studjów filologiczno-historycznych ogłosił on w dwóch dziełach, mianowicie w *Les origines de l'Alchimie* z r. 1885 oraz w trzypiętomowej *Collection des anciens Alchimistes grecs* z r. 1888. stanowiących razem pewną całość. W obu tych dziełach, z których drugie podaje przedruk greckich rękopisów alchemicznych wraz z ich tłumaczeniem na język francuski, Berthelot wykazuje, że teorie alchemiczne, dotyczące transmutacji metali, opierały się nie tylko na wyobrażeniach urojonych, lecz przeważnie na realnych praktykach złotników i metalurgów grecko-egipskich, zmierzających do naśladowania złota oraz srebra. Owi złotnicy wprowadzali swego czasu w błąd publiczność, ale również i sami ulegali złudzeniu, że zdobyli sztukę transmutacji metali, czyli ich przemiany na metale szlachetne.

Jako dalszy ciąg tych studjów historycznych, ogłosił Berthelot drukiem dalsze dwa dzieła, mianowicie jedno w r. 1889 p. t. *Introduction à l'étude de la Chimie des anciens et du moyen-âge*, oraz w r. 1890 jego trzytomowe uzupełnienie p. t. *Histoire des Sciences. La Chimie au Moyen-âge*, w których starał się wyświecić drogi, któremi praktyki oraz teorie alchemiczne starożytnych greko-egipcjan przedostały się w wiekach średnich do Europy zachodniej. W przeciwieństwie do utartych poglądów, że owo przejście nastąpiło wyłącznie za pośrednictwem pisarzy arabskich, Berthelot wykazał, że dokonało się ono w rzeczywistości dwiema drogami. Mianowicie z jednej strony praktyki i wyobrażenia alchemiczne złotników i metalurgów greko-egipskich, przedostały się naprzód z Aleksandrii do Bizancjum, a następnie z Bizancjum do Rzymu, w którym przetrwały one upadek państwa rzymskiego. Z drugiej strony też same praktyki i poglądy alchemiczne przedostały się z Aleksandrii do Syrii; zaś z tłumaczeniami syryjskimi rękopisów alchemicznych zapoznali się Arabowie, od których następnie w wieku XIII owa wiedza alchemiczna przedostała się przez Hiszpanję na południe Francji oraz do Europy zachodniej.

Pewnego rodzaju uzupełnienie powyższych czterech dzieł stanowi książka Berthelota, zatytułowana: *Archéologie et histoire des sciences*, wydana w r. 1906, w której podał on przedruk swych badań chemiczno-analitycznych nad metalurgją starożytnych, a zarazem przedruk t. zw. *Liber de septuaginta*, jedyne autentyczne dzieło Gebera.

W tych dziewięciu obszernych tomach zebrał i zanalizował Berthelot bardzo obfity materiał do historii alchemii, materiał rzucający nowe światło na genezę oraz na rozpowszechnienie się praktyk i teoryj alchemicznych. Pomimo pewnych braków i usterek, te badania historyczno-filologiczne Berthelota stawiają go obok Hoefera i Koppa w szeregu najwybitniejszych historjografów chemji.

Z okazji obchodu stulecia wielkiej rewolucji francuskiej napisał Berthelot w r. 1890 piękną monografię p. t. *La Revolution chimique, Lavoisier*, w której przedstawił on genezę oraz doniosłość wiekopomnych odkryć, dokonanych przez Lavoisiera w dziedzinie chemji. Nadto w przeciągu czasu od r. 1886 do 1905 ogłosił on cztery tomy swych pięknych szkiców treści filozoficznej, przyrodniczej, historjograficznej, społecznej, pedagogicznej oraz moralnej, zatytułowanych: *Science et philosophie*, *Science et morale*, *Science et Education*, oraz *Science et Libre pensée*.

W roku 1901 doznał Berthelot rzadkiej w dziejach nauki owacji. W dniu 24-go listopada elita narodu francuskiego uczciła w sposób podniosły i uroczysty pięćdziesięciolecie jego pracy badawczej. W wielkiej sali Sorbonny, w obecności przeszło 3800 osób ze sfer naukowych, politycznych

i społecznych, w obecności Prezydenta Republiki, przedstawicieli Rządu, Senatu, Parlamentu oraz delegatów Akademji i Towarzystw naukowych całej niemal Europy, wygłoszono szereg przemówień, sławiących działalność naukową i społeczną Berthelota, odczytano dziesiątki adresów od najważniejszych korporacyj naukowych, a prezydent Republiki wręczył Jubilatowi piękną plaketę, dzieło znanego artysty Ch a p l a i n a.

Pod koniec uroczystości przemówił wzruszony Jubilat, dziękując serdecznie słowy za okazaną mu owację i zakończył swe przemówienie temi słowy: „Nie dla egoistycznego zadowolenia próżności osobistej oddaje świat dzisiejszy hołdy swym uczonym. Bynajmniej! Czyni on to w przeświadczeniu, że uczony, godny tego miana, poświęca swe życie wielkiemu dziełu naszych czasów — dziełu polepszenia, niestety zbyt powolnemu, doli wszystkich — od bogatych i szczęśliwych — do pokornych, biednych i cierpiących“.

Ostatnie lata swego długiego żywota spędził Berthelot w pełni sił fizycznych i umysłowych, oddając się bezustannie wytężonej pracy naukowej, osładzanej harmonją pożycia rodzinnego. Jednakże od r. 1905 poczęła pani Berthelot stale zapadać na cierpienie sercowe, a w początkach roku 1907 stan jej zdrowia stał się tak groźnym, że małżonek czuwał całemi nocami u jej łoża. Wreszcie w dniu 18 marca wydała pani Berthelot ostatnie swe tchnienie, co widząc Berthelot, padł z krzykiem na ziemię, tknięty udarem serca.

W dniu 26 marca 1907 r. oddała Francja Berthelotowi hołd największy, jakiego nie doznał żaden uczony. W dniu tym odbyła się w obecności Prezydenta Republiki, przedstawicieli rządu, izb ustawodawczych oraz licznych delegacyj świata politycznego, naukowego i literackiego, uroczystość złożenia zwłok pana i pani Berthelot w Panteonie. Jedyną mowę wypowiedział minister oświaty Briand, sławiąc Berthelota jako uczonego, filozofa, pedagoga, obywatela oraz człowieka.

Berthelot był niewątpliwie najwybitniejszym, najwszechstronniejszym oraz najpłodniejszym chemikiem dziewiętnastego stulecia. Odnajdujemy w nim wszystkie cechy genialności umysłowej; mianowicie wielką uczoneść, oryginalność pomysłów, niezwykle zdolności eksperymentalne, niezależność sądów oraz wielki talent literacki. Jego prace badawcze dotyczą wszystkich działów chemji i wyróżniają się swą oryginalnością oraz gruntownością. We wszystkich tych pracach jest on stale pionierem, torującym nowe drogi następnym generacjom badaczy.

W podziw wprawia nas różnorodność oraz wielorakość jego prac badawczych, genetycznie wiążących się z pierwszymi jego badaniami w dziedzinie syntezy związków organicznych. W zdumienie wprawia nas ogrom

jego badań eksperymentalnych, zarówno jak i obfitość napisanych przezeń dzieł oryginalnych.

Z bibliografii jego publikacyj wynika, że w ciągu lat 56 ogłosił on drukiem:

1.570 rozpraw w 2.700 publikacyj, objętości 19.700 stron, oraz 38 dzieł w 50 tomach, obejmujących 21.000 stron druku. Czyni to razem 40.700 stron, a po odliczeniu powtórzeń i przedruków daje około 35.000 stron druku, własnoręcznie napisanych, odpowiadających około 150 kilometrom wierszy pisma ręcznego!

Takim ogromem produkcji naukowo-piśmienniczej nie może się pochwycić żaden inny uczony całego świata. Celem lepszego uprzytomnienia sobie niezwykłego ogromu samej tylko produkcji naukowej Berthelota, wystarczy przytoczyć, że wszyscy polscy chemicy ogłosili drukiem w przeciągu 19-go stulecia zaledwie 2.250 przyczynków oryginalnych wraz z ich powtórzeniami w czasopismach obcych — czyli mniej więcej tyleż, co jeden tylko Berthelot opublikował w ciągu pół wieku.

Tego tytanicznego dzieła pracy badawczo-naukowej dokonał człowiek słabowity, niewielkiego wzrostu, człowiek przejęty stale „uczuciem smutku i niepewności“. Ożywiał go jednak olbrzymi zapal do poznania „prawdy“ — prawdy naukowej — a działalnością jego kierowała dewiza Faradaya: „pracować, kończyć, publikować“.

Cześć apostołowi prawdy, cześć wielkiemu bohaterowi twórczej pracy naukowej!

W. ŚWIĘTOSŁAWSKI i B. ROGA.

NOWY PRZYRZĄD DO OZNACZANIA PUNKTU ZAPŁONIENIA KOKSU I WĘGLI TECHNICZNYCH.

*Dział węglowy Chemicznego Instytutu Badawczego.
(Komunikat 1.)*

Badania dotychczasowe.

W toku prac nad metodą oznaczania palności ciał takich, jak koks, półkoks, brykiety i t. p. wyłoniła się potrzeba dokładnego oznaczania temperatury zapłonięcia poszczególnych gatunków paliwa oraz węgla używanych do różnych celów technicznych.

Jak wynika z podanego niżej przeglądu dotychczasowych prac nad tym tematem, nie dały one ani ujednostajnionej metody, ani doprowadziły do skonstruowania specjalnie do tego celu przeznaczonego przyrządu.

*) Osobna paginacja dla sprawozdań z prac Ch. I. B.

K. Bunte i A. Kölmel¹⁾ oznaczali temperatury zapłonicnia różnych stałych produktóv koksowania (Entgasungsprodukte), wychodząc z założenia, że zdolność do reakcji (Reaktionsfähigkeit) tych produktóv jest tem większa, im niższa jest ich temperatura zapłonicnia (Entzündungstemperatur).

Doświadczenia swe wykonywali wzmiankowani autorowie w rurowym piecu elektrycznym w następujący sposób.

„W pionowo stojącym piecu elektrycznym ogrzewano wolno koks w jednostajnym strumieniu powietrza, podgrzanego uprzednio do tej samej temperatury. W tym celu wypełniano dolną część rury kawałkami szmaty, umieszczano na niej siatkę, a na siatce koks o znanej wielkości ziarna. Przez rurę przeciągnięto w ochronnej rurce kwarcowej termoogniwo, którego miejsce spojenia znajdowało się o 2 do 3 mm ponad dolnym poziomem warstwy koksu. Termoogniwo wskazuje wzrost temperatury w piecu, a w momencie gdy następuje zapalenie koksu, czyli, gdy do jednostajnego ogrzewania zewnętrznego dołączy się ciepło spalania, następuje bardzo wyraźny skok temperatury²⁾“.

Zachowując zawsze tę samą wielkość ziarna badanej substancji (3—5 mm), tę samą szybkość przepływu powietrza 15 l/godz. i używając rury kwarcowej o średnicy 18 mm. Bunte i Kölmel otrzymali następujące temperatury zapłonicnia:

Węgiel drzewny	252° C.
Półkoks	395° C.
Koks z gazowni	505° C.
Koks z koksowni	640° C.

Przy tej metodzie pracy temperatura zapłonicnia okazała się zależną ogromnie od wielu czynników, np. szybkości przepływu powietrza i wielkości ziarna badanej substancji. Tablice 1 i 2, zaczerpnięte z pracy Bunte'go i Kölmel'a, wykazują to w sposób dostatecznie jasny.

TABLICA 1.

Wpływ szybkości przepływu powietrza na temperaturę zapłonicnia.

(Badano koks z gazowni, w rozdrobnieniu 3—5 mm).

Szybkość przepływu powietrza w litrach/godz.	10	15	20	40	50
Temperatura zapł. w ° C.	515	505	483	457	442

¹⁾ K. Bunte i A. Kölmel. Gas u. Wasserfach 65, 592. (1922).

²⁾ l. c.

TABLICA 2.

Wpływ wielkości ziarna na temperaturę zapłonicnia.

Nazwa substancji	Wielkość ziarna		
	0,5—1 mm.	1—3 mm.	3—5 mm.
Węgiel drzewny	215	—	252
Półkoks	327	350	395
Koks z koksowni	590	612	640

Metodę Buntego i Kölmela oceniono krytycznie z dwu punktów widzenia; z jednej strony wielu, między innymi Bähr¹⁾, wskazywali na to, że trudno jest sądzić o zdolności do reakcji paliwa (palności) na podstawie temperatury jego zapłonicnia, zanim się nie potwierdzi doświadczalnie związku między palnością, a wspomnianą temperaturą. Sprawą tą obecnie zajmować się nie będziemy. Z drugiej strony o samej metodzie oznaczania temperatury zapłonicnia spotkaliśmy bardzo rozbieżne sądy. G. Adge i F. Recke²⁾ uważają metodę Buntego i Kölmela za dokładną. Natomiast Rösli³⁾, który sprawdzał doświadczenia Buntego i Kölmela nie mógł uzyskać ich metodą ostrego skoku temperatury. Rösli, pracując bardzo starannie, otrzymał dla pięciu kolejnych oznaczeń punktu zapłonicnia węgla drzewnego bukowego różnicę 40°. Jeszcze większe różnice wypadły przy oznaczeniach punktu zapłonicnia koksów, przyczem często nie otrzymano wogóle punktów załamania, lecz tylko jednostajny wzrost temperatury⁴⁾.

R. V. Wheeler⁵⁾, chcąc poznać od jakich czynników zależy zapalenie się węgla, oznaczał temperatury zapłonicnia wielu węgla kamiennych. Doświadczenia swe wykonywał w sposób następujący. W pionowo stojącym, cylindrycznym naczyniu szklanem, umieszczał drobno sproszkowany węgiel. Na-

¹⁾ Bähr. Brennstoff-Chem. 4. 312. (1923).

²⁾ G. Adge i F. Recke. Brennstoff-Chem. 4. 341. (1923).

³⁾ Rösli. Studien über die Entgasung u. die Reaktionsfähigkeit verkokter Brennstoffe. Dissert. Zurich 1924; — Schweiz. Ver. Gas u. Wasserfachmänner. Monatsbull, 1924, 201 i nast.; ref. Stahl u. Eisen 1925, 892.

⁴⁾ R. Mezger u. F. Pistor. Die Reaktionsfähigkeit des Koksens. 1927. W. Knapp (Halle).

⁵⁾ R. V. Wheeler. Fuel 3. 366. (1924) ref. Brennstoff-Chem. 5. 389. (1924).

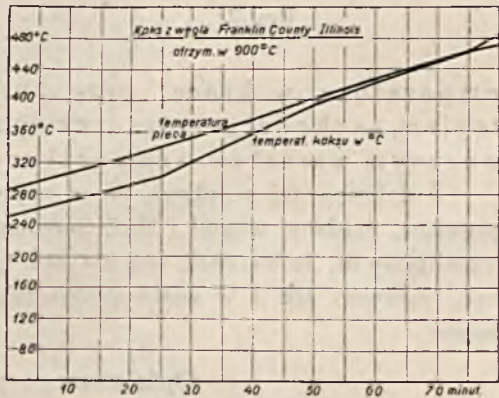
czyńko to, znajdowało się w łaźni piaskowej, ogrzewanej elektrycznie. Przez węgiel przepuszczał strumień powietrza i w określonych odstępach czasu odczytywał temperaturę węgla i łaźni piaskowej. Z początku temperatura węgla była niższa niż temperatura piasku. Później następował szybki jej wzrost.

Po wykreśleniu krzywych wzrostu temperatury obydwu termometrów w czasie, otrzymywał ich punkt przecięcia, który uważał za poszukiwaną temperaturę zapłoniczenia.

K. Nakamura i A. Shimomura¹⁾ podjęli prace Wheelera. Doświadczenie zmienili o tyle, że zamiast elektrycznie ogrzewanej łaźni piaskowej stosują łaźnię parafinową, w której umieszczają rurkę, zawierającą próbkę węgla i termometr. Za względną temperaturę zapłoniczenia uważają oni również punkt przecięcia dwu krzywych, z których jedna przedstawia przebieg wzrostu temperatury węgla, druga zaś odpowiednie temperatury łaźni parafinowej. W doświadczeniach tych powietrze przepuszczano ponad węglem.

S. W. Parr i W. D. Staley²⁾, wykonywali swe doświadczenie w aparaturze, którą dawniej stosował Parr i Coons³⁾ do oznaczania „krytycznej temperatury utleniania węgla“, (the critical oxidation temperature of coal). Zmodyfikowali ją w ten sposób, że do rurowego pieca elektrycznego pionowego włożyli szeregowo dwie rurki, z których każda zawierała termogniwo i badany koks. Przez jedną z nich przepuszczali tlen.

Za temperaturę zapłoniczenia uważają autorzy punkt przecięcia krzywych wzrostu temperatury, wskazywanej przez obydwie termogniwa.



Rys 1.

Ponieważ krzywa wzrostu temperatury węgla lub koksu, znajdującego się w rurce, przez którą przechodzi tlen względnie powietrze, jest w trzech ostatnich metodach oznaczania punktu zapłoniczenia zawsze niższą od temperatury łaźni, narzuca się uwaga, że przyczyną tego musi być niedostateczne podgrzanie gazu.

Dalej punkt przecięcia nie może być dokładnie oznaczony ze względu

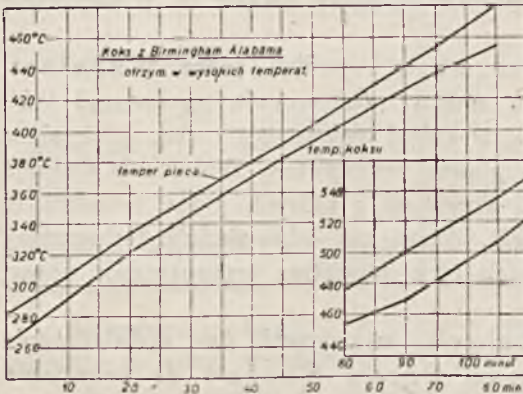
¹⁾ Nakamura i Shimomura. Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ. 10. zes. 2 (1926) ref. Brennstoff. Chem. 8. 93. (1927).

²⁾ S. W. Parr i W. D. Staley. Ind. Eng. Chem 19. 821: (1927).

³⁾ S. W. Parr i C. C. Coons. Ind. Eng. Chem. 17. 118. (1925).

na to, że powstaje z przecięcia krzywych o bardzo małym nachyleniu. Rys. 1. zaczerpnięty z pracy Parr'a i Staley'a wskazuje na to wyraźnie. Nadto doświadczenie udało się dla półkoksów, dla koksu jednak przecięcia krzywych nie uzyskano, jak to widać z rys. 2, wziętego z tejże pracy.

Autorowie nie podają przytem szybkości przepływu tlenu względnie powietrza, wielkości ziarna, wymiarów rurek i t. d.



Rys. 2.

Chcąc rozwiązać zagadnienie oznaczania punktu zapłoniczenia różnych gatunków kokсів, półkokсів węgla drzewnych, węgla aktywnych i t. p. usiłowaliśmy usunąć istniejące w dotychczasowych próbach oznaczania tego punktu braki, które prowadziły do oznaczeń, zdaniem naszym, nie dość dokładnych.

Aby jednak określić jasno cel, do którego zmierzamy, założyliśmy, że punktem zapłoniczenia kokсів, półkokсів, węgla drzewnych i t. p. zwać będziemy.

temperaturę, w której przy zetknięciu się tlenu z danym węglem, zachodzi samorzutne spalanie węgla z jednoczesnym znacznym wzrostem temperatury układu.

Z definicji tej wypływa, że w temperaturze zapłoniczenia obydwa ciała reagujące, badany węgiel i tlen, powinny posiadać jednakową temperaturę. Zauważymy tu, że warunek ten nie był spełniany w większości przytoczonych prac, zarówno jak i w wielu przypadkach oznaczania punktu zapłoniczenia cieczy.

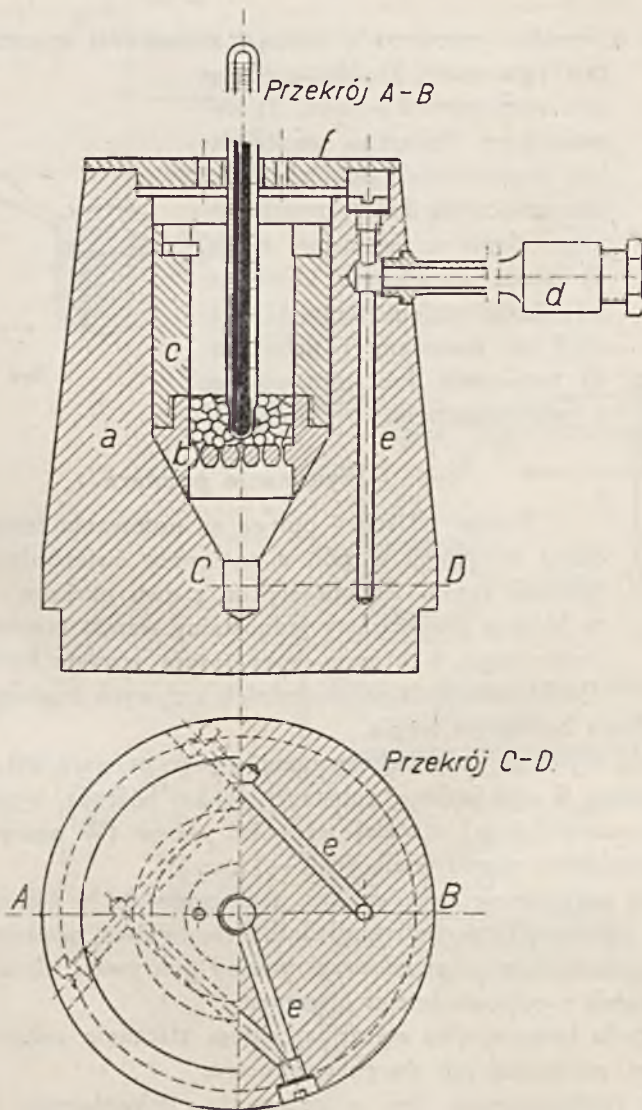
Opis naszego przyrządu.

Przyrząd nasz składa się z trzech części: 1) masywu *a*, 2) wkładanej doń tulejki *c* z rusztem *b*, 3) oraz pokrywy *f*. W doświadczeniach naszych używaliśmy przyrządu sporządzonego z glinu, żelaza lub miedzi.

Rysunek 3. przedstawia przekrój pionowy i poziomy przyrządu.

Masyw aluminiowy *a*, dzięki swej dużej pojemności cieplnej, zapewnia jednostajny wzrost temperatury badanej substancji. Dla prowadzenia i należytego podgrzania tlenu są wywiercone w ściankach i dolnej części masywu kanaliki *e—e*. Tlen wchodzi do przyrządu przez rurkę szklaną, dławik i rurkę metalową *d*; po przejściu przez pionowy i poziome kanaliki *e—e*, gdzie ogrzewa się do temperatury przyrządu, wchodzi pod ruszt *b*. Ruszt posiada formę stożkową i szczelnie przylega do odpowiedniej powierzchni masywu

Tulejkę z rusztem wyjmuje się zapomocą odpowiedniego uchwytu. Możliwość wyjmowania tej części przyrządu ułatwia czyszczenie masywu i rusztu, oraz



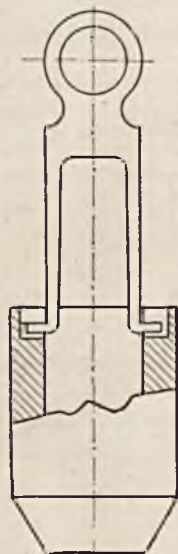
Rys. 3.

szybkie wykonywanie kolejnych pomiarów, w przeciwnym bowiem razie należałoby długo czekać na ochłodzenie się całego przyrządu.

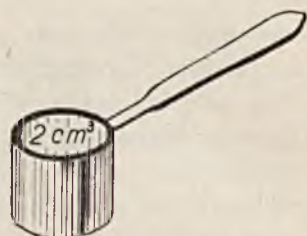
Przyrząd zakrywa się u góry dwudzielną metalową pokrywą *f* z otworem na termometr względnie termoogniwo i wylotami dla uchodzących gazów.

Na rysunkach 4 i 5 widzimy uchwyt do wyjmowania z masywu tulejki z rusztem, oraz miareczkę do pobierania określonej ilości badanej substancji (2 cm^3).

Rysunek 6 wreszcie przedstawia schemat zestawienia aparatury; mamy tu: 1) gazometr, 2) płóczkę z kwasem siarkowym i *y*-rurką, 3) wycechowany flaometr, umożliwiający regulowanie strumienia tlenu, oraz oznaczenie ilości przepuszczonego tlenu w jednostce czasu, 4) wieżę, napełnioną chlorkiem wapnia dla suszenia tlenu, 5) przyrząd ze statywem i palnikiem, 6) termometr lub termoogniwo z galwanometrem.



Rys. 4.



Rys. 5.

Wykonanie pomiaru.

Pomiar właściwy polega na notowaniu temperatury badanej substancji w pół, a następnie ćwierćminutowych odstępach czasu. Składa się on z dwu okresów: wstępnego, w którym stwierdzamy jednostajny wzrost temperatury, oraz końcowego, w którym temperatura wzrasta bardzo szybko. Punkt przecięcia odpowiednich krzywych uważamy za temperaturę zapłoniczenia badanego węgla.

Kolejność czynności przy wykonywaniu samego pomiaru jest następująca.

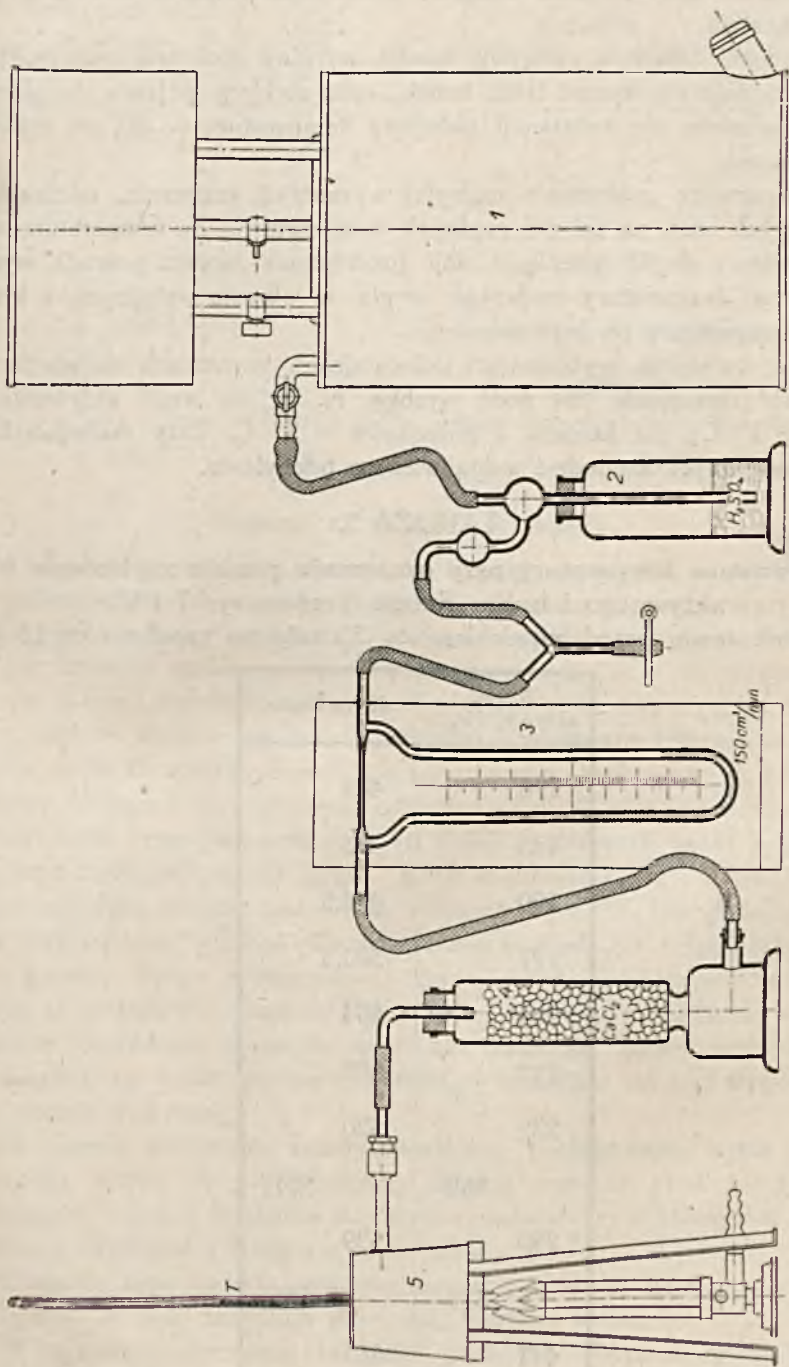
Odmierzamy 2 cm^3 badanej substancji (koks, półkok, węgiel drzewny, węgiel aktywowany i t. p.) o stałej wielkości ziarna. (W naszych doświadczeniach stosowaliśmy ziarna wielkości 2—3 mm.).

Na ruszt nasypujemy część próbki, a na powstałej w ten sposób cienkiej warstwie opieramy termometr względnie termoogniwo, poczem wsypujemy resztę próbki. Następnie przyrząd przykrywamy pokrywą i kładziemy na nią azbestowy krążek z odpowiednimi otworami.

Przy użyciu termoogniwa należy azbestem starannie osłonić końcówki przewodników, prowadzących do galwanometru.

Z kolei przepuszczamy tlen z gazometru, jednostajnym strumieniem, w ilości $150\text{ cm}^3/\text{min}$.

Tlen przechodzi przez płóczkę z kwasem siarkowym, flaometr, wieżę z chlorkiem wapnia i rurkę szklaną, następnie przez przewód metalowy wchodzi do masywu. Przyrząd podgrzewamy z dołu płomieniem gazowym tak, aby na $50\text{--}100^\circ\text{C}$ przed spodziewanym punktem zapłoniczenia, wzrost temperatury wynosił około $10^\circ\text{ C}/\text{min}$. Dla węgla drzewnych wskazane jest szybsze ogrzewanie, dochodzące nawet do $20^\circ\text{ C}/\text{min}$.



Rys. 6.

Wreszcie przy badaniu koksów, może zająć potrzeba osłonięcia przyrządu azbestem.

W chwili zapalenia następuje bardzo wyraźny skok temperatury, przytem często daje się słyszeć lekki trzask, oraz niekiedy pojawia się płomień. Przed zapaleniem się substancji notujemy temperaturę co 30, po zapaleniu co 15 sekund.

Temperaturę zapłonięcia najlepiej wyznaczyć graficznie, odcinając na osi odciętych czas, na osi zaś rzędnych temperaturę. Za temperaturę zapalenia uważamy punkt przecięcia linii (praktycznie biorąc, prostej), wyrażającej wzrost temperatury badanego węgla w okresie wstępnym, z krzywą wzrostu temperatury po jego zapaleniu.

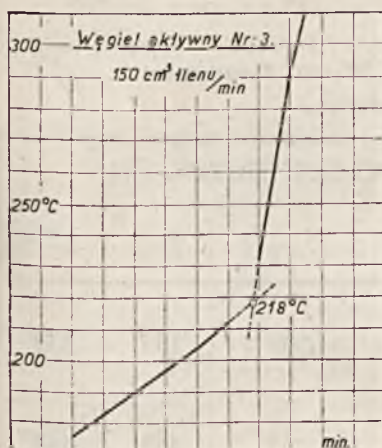
Przy starannem wykonaniu i jednostajnych warunkach doświadczenia, dokładność oznaczenia jest dość wysoka. N. p. dla węgla aktywowanych wynosi $\pm 1^{\circ} C$; dla koksów i półkoksów $\pm 3^{\circ} C$. Przy materiałach nie dość jednorodnych zachodzić mogą większe odchylenia.

TABLICA 3.

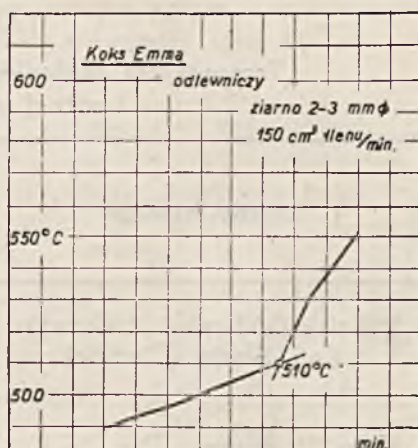
Zaobserwowane temperatury przy oznaczeniu punktu zapłonięcia węgla aktywnego i koksu Emma (porówn. rys. 7 i 8).

(Notowanie temp. przed zapaleniem co 30 sek., po zapaleniu co 15 sek.).

Węgiel aktywny Nr. 3	Koks Emma
176	489
183	493
190	496,5
197	500,5
204	504
212	508
232	520
262	531
290	539
313	545
441	552



Rys. 7.



Rys. 8.

Badanie sprawności przyrządu.

Chcąc się przekonać o sprawności naszego przyrządu, a zarazem znaleźć najkorzystniejsze warunki dokładnego oznaczania temperatury zapłoniczenia, postanowiliśmy zbadać czy i w naszej metodzie postępowania również będą się zmieniać zaobserwowane temperatury zapłoniczenia w zależności od wielkości ziarna i szybkości przepływu tlenu. Zwrócimy tu uwagę, na ogromny wpływ, jaki te właśnie czynniki wywierały na notowane temperatury zapłoniczenia w doświadczeniach Buntego i Kölmela. Autorowie ci, jak wspominaliśmy, badając koks z gazowni, rozdrobniony na ziarna wielkości 3—5 mm, przy szybkości przepływu powietrza 10 l/godz., otrzymali punkt zapłoniczenia 515°, przy szybkości zaś 50 l/godz. punkt zapłoniczenia 442°. Zatem dla tego samego materiału punkty zapłoniczenia, różniące się o 73°. Dla półkoku natomiast, przy zmiennej wielkości ziarna, różnica wyniosła 68°. (Patrz tabl. 1 i 2).

Ogromny wpływ wymienionych czynników na temperaturę zapłoniczenia sprawia, że na podstawie metody Buntego i Kölmela dokładnego pojęcia o punkcie zapłoniczenia materiału mieć nie podobna. Nawet możnaby było przypuszczać, że punkt zapłoniczenia danego materiału nie jest wogóle jego cechą charakterystyczną.

W naszym przyrządzie zmodyfikowaliśmy postępowanie w ten sposób, że stosując czysty tlen, otrzymujemy bardzo wyraźny skok temperatury, umożliwiając zupełnie dokładne oznaczenie temperatury, w której tlen zaczyna energicznie reagować z badanym materiałem.

Chcąc z tego punktu widzenia ocenić sprawność naszego przyrządu, zmienialiśmy, w dość szerokich granicach, warunki pomiarów.

W przytoczonych niżej tablicach podajemy temperatury zapłoniczenia przy zmiennej wielkości ziarna i zmiennej szybkości przepływu tlenu.

TABLICA 4.

Temperatura zapłonicnia przy 150 cm³ tlenu/min.
i różnej wielkości ziarna.

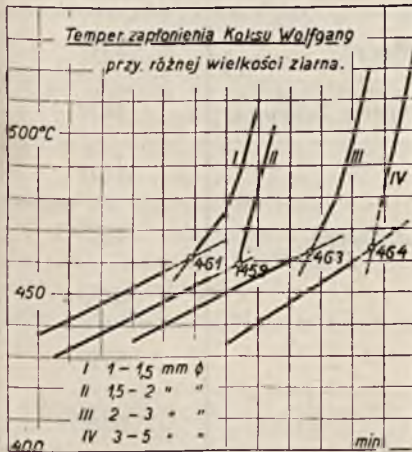
Badany materiał	Wielkość ziarna w mm.			
	1—1½	1½—2	2—3	3—5
Półkoks (500° piec obrotowy) Kop. Śląska (Chebzie)	330°	339°	336°	333°
Koks Wolfgang	461°	459°	463°	464°
Koks Emma	—	508°	510°	511°

TABLICA 5.

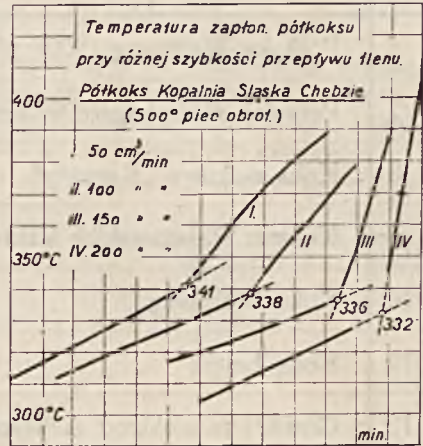
Temperatura zapłonicnia, przy wielkości ziarna 2—3 mm,
i zmiennej szybkości przepływu tlenu.

Badany materiał	Ilość przepływającego tlenu w cm ³ /min.			
	50	100	150	200
Półkoks (500° piec obrotowy) Kop. Śląska (Chebzie)	341°	338°	336°	332°
Półkoks (500° piec obrotowy) Kop. Wolfgang	—	356°	347°	352°
Koks naftowy	414°	408°	411°	413°
Koks Wolfgang	465°	467°	463°	458°
Koks Emma	517°	516°	510°	505°

Zmiana warunków doświadczenia nie jest bez wpływu i w naszej metodzie. Jednakże te punkty zapłoniczenia różnią się między sobą niewiele.



Rys. 9.



Rys. 10.

Na podstawie otrzymanych wyników, za najkorzystniejsze warunki doświadczenia uznaliśmy: wielkość ziarna 2—3 mm, ilość substancji 2 cm³, szybkość przepływu tlenu 150 cm³/min. Chcąc wreszcie dać charakterystykę różnych gatunków paliwa i węgla technicznych na podstawie ich punktu zapłoniczenia, wykonaliśmy szereg oznaczeń, zachowując podane wyżej warunki doświadczenia.

TABLICA 6.

Temperatury zapłoniczenia różnych ciał stałych palnych.
(Rozdrobnienie 2—3 mm; ilość tlenu 150 cm³/min.).

	Nazwa badanego materiału	Temperatura zapłoniczenia
1	Węgiel drzewny z Hajnówki (Brzoza)	144°
2	Węgiel drzewny z Hajnówki (Grab)	185°
3	Węgiel drzewny z Hajnówki (Dąb)	208°
4	Półkoks Hillebrand (500° piec obrotowy)	334°
5	Półkoks Kop. Śląska (Chebzie) (500° piec obrot.)	336°

	Nazwy badanego materiału	Temperatura zapłonicnia
6	Półkoks Wolfgang (500° piec obrotowy)	342°
7	Półkoks Wolfgang (800° piec elektryczny Trillinga)	385°
8	Koks naftowy „Karpaty“	411°
9	Koks z Warszawskich Zakładów Gazowych	437°
10	Koks Wolfgang	463°
11	Koks Emma	510°
12	Grafit ¹⁾ (z elektrod Achesona)	658°

Z przytoczonych danych widać, że przy ujednostajnieniu metody postępowania, temperatura zapłonicnia może być uważaną za stałą charakterystyczną dla danego materiału palnego. Przypuszczamy również, że w pewnych przypadkach szczególnych punkt zapłonicnia może charakteryzować najrozmaitsze odmiany węgla, używanych w technice. Np. punkt zapłonicnia może być przydatny przy ocenie różnych gatunków węgla drzewnego, używanego do wyrobu prochu, do odbarwiania, do adsorbcji gazów; to samo, może jeszcze w większym stopniu, powiedzieć można o różnych węglach aktywnych, stosowanych w technice. Dotyczy to również koksów, półkoksów i t. p., których palność znajduje się niewątpliwie z zależności od ich temperatury zapłonicnia. W tym kierunku prowadzimy obecnie doświadczenia. Przyrząd zgłoszony do ochrony patentowej, wykonywany jest w warsztatach Chemicznego Instytutu Badawczego w Warszawie.

Zestawienie wyników.

1. Podano opis dotychczasowych metod oznaczania punktu zapłonicnia paliwa stałego, oraz różnych gatunków węgla, używanych w technice.
2. Zaproponowano definicję punktu zapłonicnia.
3. Opisano przyrząd, skonstruowany specjalnie do oznaczania punktu zapłonicnia koksów, półkoksów, węgla drzewnych, węgla aktywowanych i t. p. w tlenie.
4. Stwierdzono, że przy zachowaniu jednostajnych warunków pracy punkt zapłonicnia jest stałą charakterystyczną paliwa i różnych węgla tech-

¹⁾ W aparacie wykonanym z miedzi.

nicznych, i że stanowić może ważną cechę przy ocenie ich przydatności dla danego celu.

Warszawa, grudzień 1927.

Résumé.

1. On a décrit les différentes méthodes de détermination du point d'ignition des combustibles solides et les différentes espèces du charbon employé dans l'industrie.
2. On a proposé la définition du point d'ignition. C'est une température à laquelle l'oxygène pur commence à réagir énergiquement avec le combustible solide examiné.
3. On a construit un appareil spécialement approprié à la détermination du point d'ignition des combustibles solides, du charbon actif etc.
4. On a constaté qu'en employant cet appareil il est possible, les conditions d'expérience étant constantes, de déterminer exactement le point d'ignition des combustibles solides.
5. Le point d'ignition du charbon employé dans l'industrie et celui des combustibles solides peut être considéré comme une caractéristique en vue de leur application.

W. ŚWIĘTOSŁAWSKI i M. CHORAŻY.

Z BADAŃ NAD PUNKTEM ZAPŁONIENIA WĘGLI DRZEWNYCH.

*Dział węglowy Chemicznego Instytutu Badawczego.
(Komunikat 2.)*

W literaturze spotykamy naogół niewiele danych dotyczących punktu zapłnienia węgla drzewnych. W książce Le Chatelier'a¹⁾ znajdujemy np. wzmiankę, że punkt zapłnienia węgla drzewnego leży między 350—450° C bez podania pochodzenia węgla oraz warunków jego otrzymywania. Znajdujemy tam również zastrzeżenie co do dokładności metod tego pomiaru wogóle. W nowszej pracy Buntego²⁾ spotykamy graficzne zestawienie punktu zapłnienia dla całego szeregu produktów koksowania węgla kamiennego, uzupełnione odnośną datą dla węgla drzewnego 252° C. Autor ten wskazuje dalej w tymże artykule na zależność temp. zapłnienia od wielkości ziarna materiału palnego. Temperatura ta mianowicie jest tem wyższa im ziarno węgla jest większe.

Takie określenie p. zapłnienia nie wyczerpuje tematu. Nie mówi nam o wielu innych czynnikach, od których wyniki pomiaru w dużej mierze zależą, takich np. jak szybkość ogrzewania, zależność od temp. zwęglania i od szybkości przepływu tlenu. Przypominając, że zgodnie z komunikatem 1³⁾ za punkt zapłnienia koksów, półkoksów i węgla drzewnych i t. d. uważać będziemy temp., w której przy zetknięciu się tlenu z danym węglem za-

¹⁾ H. Le Chatelier. Vom Kohlenstoff (1913) 63. Knapp. Halle.

²⁾ Bunte. Z. angew. Chem. 39. 133 (1926).

³⁾ W. Świątosławski, B. Roga. Przemysł Chem. 12. 18. (1928).

chodzi samorzutne spalanie węgla z jednoczesnym znacznym wzrostem temperatury układu, w związku z nowo skonstruowanym przyrządem do dokładnego oznaczania p. zapłnienia¹⁾ przerobiliśmy szereg oznaczeń dla kilku gatunków węgla drzewnego, stwierdzając, że każdemu z nich odpowiada charakterystyczna określona temp. zapłnienia. Węgłe do badania otrzymaliśmy w piecu elektrycznym w temp. 400°C ($\pm 5^{\circ}$) z drewna brzozy, grabu i dębu. Podczas pomiarów utrzymywaliśmy stały strumień tlenu, $150\text{ cm}^3/\text{min}$. Prędkość ogrzewania bloku glinowego wynosiła $14^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Wszelkie inne szczegóły pomiaru podane są dokładnie w cytowanym komunikacie.

Wyniki pomiarów zestawiono w tablicę I.

TABLICA I.

Węgłe drzewne otrzymane w temp. 400°C	Temp. zapłnienia w $^{\circ}\text{C}$	
	z brzozy	138
z grabu	145	147
z dębu	168	164

Przytoczone dane wskazują, że dokładność pomiarów, wykonanych w jednakowych warunkach może wahać się w granicach $\pm 4^{\circ}\text{C}$.

Pozatem zbadaliśmy, w jaki sposób wpływać może prędkość przepływu tlenu na punkt zapłnienia w przyrządzie opisanym w cytowanym już artykule. Załączona tablica II podaje p. zapłnienia węgla z dębu, otrzymanego z Hajnówki w zależności od prędkości przepływu tlenu, wahającej się od 50 cm^3 — 200 cm^3 na minutę. Prędkość ogrzewania bloku w okresie początkowym była jednostajna i wynosiła $20^{\circ}/\text{min}$.

TABLICA II.

Szybkość przepływu tlenu $V\text{ cm}^3/\text{min}$.	Punkt zapłnienia węgla drzewnego „Dąb“ Hajnówka
50	200°
100	198°
150	199°
200	197°

¹⁾ W. Świątosławski, B. Roga. l. c.

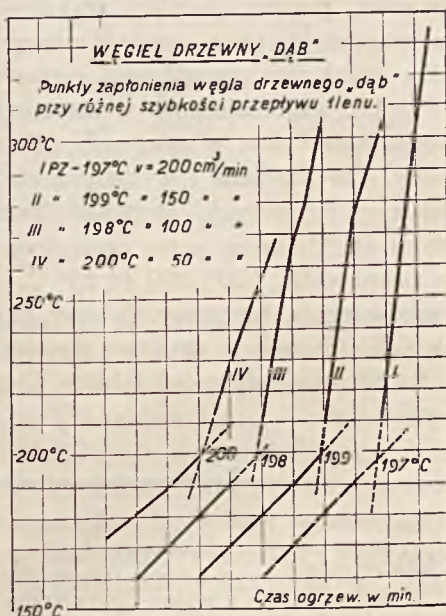
Przytaczamy również dla przykładu krzywe wzrostu temperatury w czasie, aby wykazać, w jaki sposób graficznie oznaczamy punkt zapłoniczenia (wykres I).

Inaczej rzecz się przedstawia, gdy w okresie początkowym zmniejszymy prędkość ogrzewania np. w naszym wypadku z $20^{\circ}\text{C}/\text{min.}$ do $10^{\circ}\text{C}/\text{min.}$ Otrzymujemy wówczas punkty zapłoniczenia

przy przepływie $150\text{ cm}^3/\text{min.}$ tlenu — 224°C
 „ „ „ 200 „ „ „ — 213°C

zamiast $197\text{—}200^{\circ}\text{C}$, jak wskazuje tablica II.

Prawdopodobnie, gdy doświadczenie trwa dłużej, podczas wstępnego ogrzewania wskutek zetknięcia się węgla z tlenem w pobliżu punktu zapłoniczenia występują na powierzchni zmiany, powodujące podwyższenie tegoż punktu. Przypuszczalnie na powierzchni węgla znajdują się miejsca bardziej wrażliwe na działanie tlenu. Przy powolnym zbliżaniu się do właściwej temp. następuje stopniowe spalanie się tych części bez widocznego jednak efektu cieplnego. Przeciwnie w wypadku szybkiego początkowego wzrostu temperatury podatne części powierzchni spalają się prawie równocześnie, wywiązując tak znaczną ilość ciepła, że powoduje ono wcześniejsze zapalenie się węgla. W tych warunkach punkt zapłoniczenia okazuje się wrażliwym na zmianę prędkości przepływu tlenu. Fakt ten



Wykres I.

przypomina nieco zjawisko, występujące często podczas oznaczania p. topnienia substancji organicznych nietrwałych. Punkt topnienia takich substancji zależy od prędkości ogrzewania przyrządu szczególnie w okresie końcowym.

Dla przekonania się, jak dalece długotrwałe ogrzewanie węgla w strumieniu tlenu wpływa na zmianę punktu zapłoniczenia, ogrzewano w wyżej wymienionym przyrządzie węgiel drzewny „dąb” w przepływie tlenu $150\text{ cm}^3/\text{min.}$ przez godzinę w temp. 180° , a więc o 20°C niższej od temp. zapłoniczenia. Uzyskany następnie p. zapłoniczenia wynosił 236°C , był więc znacznie wyższy od punktu zapłoniczenia tego samego węgla, otrzymanego w zwyczajnych warunkach pomiaru, bez poprzedniego dłuższego ogrzewania w tlenie.

Chcąc się zapoznać bliżej z opisaniem zjawiskiem, wykonano następujące doświadczenie.

Ogrzewano próby węgla przez godzinę w 180° C w atmosferze azotu i następnie badano punkty zapłnienia, otrzymując:

przy prędkości ogrzewania bloku 10⁰/min. — 210° C

„ „ „ „ 20⁰/min. — 202° C

a więc daty znacznie niższe (25° C) od tych, jakie otrzymano dla prób ogrzewanych w tlenie przez godzinę.

Różnicę 8° C, występującą między dwoma ostatnimi pomiarami, możnaby wytłumaczyć częściowo błędem pomiaru częściowo zaś obecnością małych ilości tlenu w azocie. Jak widzimy więc, aby otrzymać wyniki porównywalne ze sobą, musimy pomiary wykonywać ściśle w tych samych warunkach; w przeciwnym razie popełnić możemy błąd dochodzący do 15% przy różnicy szybkości początkowej ogrzewania zaledwie kilku stopni na minutę.

Jak wspomnieliśmy w literaturze ¹⁾ notowany był fakt zmiany punktu zapłnienia koksu w zależności od temperatury, w której węgiel był koksowany. Dla zbadania i wykazania ewentualnie takiej zależności w odniesieniu do węgla drzewnych, otrzymano materiał wprost z drewna przez zwęglanie go w elektrycznym piecu oporowym Trillinga w atmosferze N₂ kolejno w temp. 400°, 600°, 800 (± 5)° C. Przygotowano w ten sposób pięć gatunków węgla, brzozowy, dębowy, grabowy, olchowy i wierzbowy. Otrzymany węgiel zachowywał strukturę drzewa z mocnym połyskiem.

W niżej załączonej tablicy III podane są punkty zapłnienia otrzymanych węgla.

TABLICA III.

Temperatury pieca elektrycznego w °C	Temperatury zapłnienia w °C				
	węgiel drzew. z brzozy	węgiel drzew. z grabu	węgiel drzew. z dębu	węgiel drzew. z olchy	węgiel drzew. z wierzby
400	138	145	168	177	197
600	262	211	243	258	267
800	376	309	350	351	361

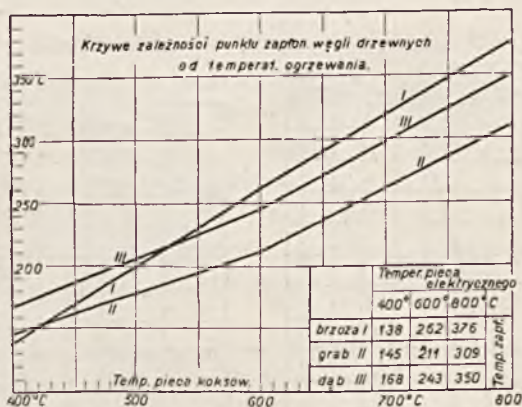
Pozatem podajemy wykres II, przedstawiający zmianę punktu zapłnienia od temperatury, w której węgiel był otrzymany.

Stwierdzamy przedewszystkiem, że punkty zapłnienia różnych gatunków węgla drzewnego są różne, następnie, że punkt zapłnienia węgla, otrzymanego w różnych temperaturach z tego samego drzewa, wzrasta w dość znaczny sposób z podniesieniem temp. zwęglania. Zależność ta w niektórych

¹⁾ S. W. Parr i W. D. Staley. Ind. Eng. Chem. 19. 821. (1927).

przypadkach (węgiel z brzozy) jest prawie prostoliniowa. Można by przeto graficznie na podstawie punktu zapłoniczenia oznaczyć przybliżoną temp. fabrykacji węgla.

Musimy podkreślić jeden charakterystyczny szczegół. Badania nasze wyka-



Wykres II.

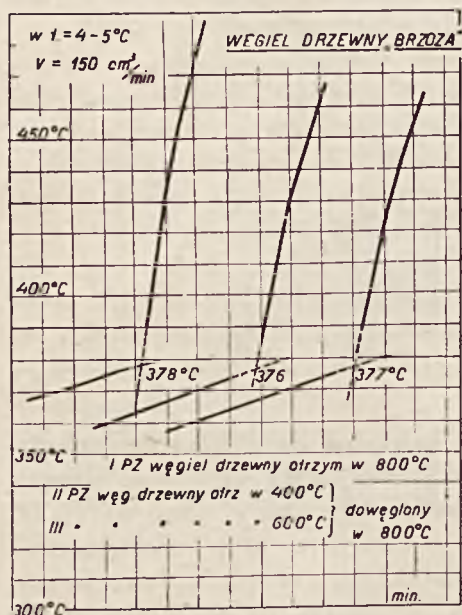
zują, że punkt zapł. węgla drzewnych nie zależy od drogi, jaką się dochodzi do określonej temp. zwęglania. I tak z jednej strony ogrzewano drewno wprost do temp. 800° C, z drugiej zaś próby, otrzymane w temp. 400 i 600°, zwęglano dalej w 800° C przez godzinę w atmosferze azotu. Postępowanie to nazywać będziemy dla odróżnienia od właściwego zwęglania, dowęglaniem. Dla tych w jednakowych temperaturach, a różnemi drogami otrzymanych materiałów, oznaczano punkty zapłoniczenia, zachowując podane wyżej warunki jednakowej wielkości ziarna, początkowej szybkości ogrzewania bloku glinowego i przepływu tlenu. W załączonej tablicy IV podane są dla porównania punkty zapłoniczenia węgla, otrzymanych wprost z drewna w 800° oraz otrzymanych w 400° i 600°, a następnie w 800° dowęglanych.

TABLICA IV.

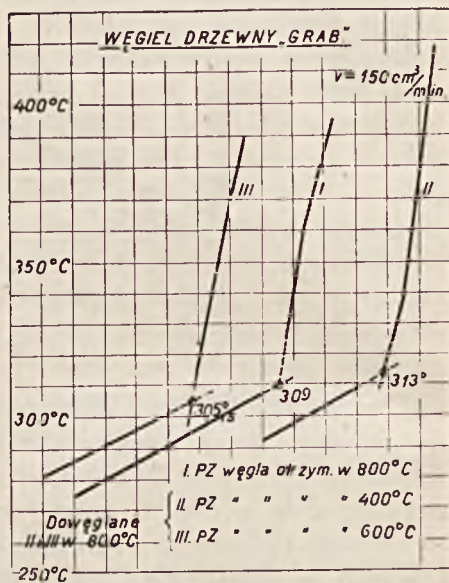
Węgiel drzewny	Punkty zapłoniczenia węgla drzewnych		
	otrzymanych wprost z drewna w 800° C	otrzymanych w 400° dowęglanych w 800°	otrzymanych w 600° dowęglanych w 800°
z brzozy	377	376	378
z grabu	309	305,5	313
z dębu	350	361	344

Podane wykresy przedstawiają graficznie wyniki pomiarów. Punkty zapłonienia węgla drzewnego z brzozy (wykres III) i grabu (wykres IV), nie zależą od drogi, przebytej przed ostatecznym zwęglaniem drewna.

Przeprowadzono wreszcie kontrolę wielkości strat przy takim dowieglaniu matryjału.



Wykres III.



Wykres IV.

Straty te jak, przedstawia tablica V, są znaczne nawet dla węgla, otrzymanych w temp. 600° C.

TABLICA V.

Węgiel drzewny	Straty lotnych części w %		
	Brzoza	Grab	Dąb
Otrzymany w 400° dowieglany w 800°	36,0	44,4	43,4
Otrzymany w 600° dowieglany w 800°	15,8	31,7	32,0
	16,0	30,0	30,9

Zestawienie wyników.

Reasumując wyniki pracy, możemy ująć je ogólnie następująco:

1. Punkt zapłonicnia węgla drzewnego może służyć za jego charakterystyczną stałą.

2. Przyrząd skonstruowany w Chem. Instytucie Bad., opisany w komunikacie 1-szym nadaje się do badania punktu zapłonicnia węgla drzewnych.

3. Zbadano p. zapł. węgla drzewnych, otrzymanych przez zwęglanie brzozy, dębu i grabu, wykazując, że punkt zapłonicnia zależy od rodzaju drzewa oraz od temp. zwęglania drewna.

4. Wykazano, że węgle otrzymane w temperaturze niższej, po ponownem ogrzaniu ich do temp. wyższych, uzyskują punkt zapłonicnia równy temu, jakiby miały, gdyby je otrzymano wprost z drewna w tej wyższej temp.

5. Znając krzywe, zbliżone zresztą do prostych, zmiany punktów zapłonicnia w zależności od temp. zwęglania, można na podstawie oznaczenia punktu zapłonicnia określić temp. w jakiej te węgle były otrzymane.

Warszawa, grudzień 1927.

Résumé.

1. La température d'ignition du charbon de bois peut être considérée comme une constante caractéristique.

2. L'appareil construit dans l'Institut Chimique des Recherches et décrit dans le mémoire précédant est bien approprié pour déterminer le point d'ignition du charbon de bois.

3. On a déterminé les points d'ignition des charbons obtenus par carbonisation de bouleau, de chêne et de charme et on a constaté que le point d'ignition change en fonction de la température de la carbonisation et de la nature de la substance première.

Pour certaines espèces de charbons le point d'ignition s'élève proportionnellement (charbon de bouleau) ou presque proportionnellement à la température de la carbonisation du bois.

4. Le charbon de bois étant de nouveau chauffé dans un four jusqu'à une température plus haute T que celle à laquelle la carbonisation fut effectuée, change son point d'ignition.

On a constaté que le nouveau point d'ignition est pratiquement égal à celui qui caractérise le charbon obtenu de la même espèce de bois en le carbonisant immédiatement à la même température T.

5. Si le charbon de bois reste quelque temps en contact avec l'oxygène à une température non éloignée de la température d'ignition, il change alors son point d'ignition. L'élévation du point d'ignition est d'autant plus grande, que la température est plus haute et le temps de préchauffage plus long.

Le point d'ignition reste invariable si on remplace l'oxygène par l'azote.

W. ŚWIĘTOSŁAWSKI i B. ROGA.

O PUNKTACH ZAPŁONIEŃIA WĘGLI AKTYWOWANYCH.

*Dział węglowy Chemicznego Instytutu Badawczego.
(Komunikat 3).*

W pracy nad przyrządem do oznaczania punktu zapłonicnia¹⁾ koksów i węgla aktywnych, używanych do różnych celów technicznych, wspominaliśmy o tem, że punkt zapłonicnia może służyć do charakterystyki badanego materiału. Wyniki badań nad punktem zapłonicnia węgla drzewnych²⁾, zachęciły nas do przeprowadzenia prób oznaczenia punktu zapłonicnia węgla aktywnych.

Poznanie temperatury zapłonicnia węgla aktywnych, wydawało się nam ciekawe z dwóch punktów widzenia; po pierwsze, powstawało pytanie, czy t. zw. aktywność węgla, czyli jego zdolność adsorbcyjna, stoi w jakimkolwiek stosunku do temperatury zapłonicnia, po drugie, czy pozostają tu bez zmiany zależności pomiędzy temperaturą otrzymywania węgla aktywnego, a punktem zapłonicnia.

Doświadczenia nasze wykazały przedewszystkiem, że każdy z węgla aktywnych posiada punkt zapłonicnia wyraźnie zdefiniowany ($\pm 1^{\circ}\text{C}$), skok bowiem w chwili osiągnięcia odpowiedniej temperatury jest bardzo wyraźny. Pozatem okazało się, że bezpośredniego związku pomiędzy aktywnością węgla, a punktem zapłonicnia zauważyć niepodobna. Natomiast występuje bardzo wyraźnie związek między temperaturą zapłonicnia, a temperaturą pieca, z którego węgiel aktywowany wyszedł. Wprawdzie odgrywa tu rolę również materiał, z którego węgiel aktywny był przyrządzony; tak więc węgle, otrzymane z różnych gatunków drzewa, w jednakowej temperaturze pieca aktywującego, posiadać będą różne temperatury zapłonicnia, dla orjentacyjnych jednak oznaczeń niema to zasadniczego wpływu.

Niżej przytaczamy tabelkę punktów zapłonicnia trzech rodzajów węgla aktywnych, których temperatury zwęglania i aktywowania są nam znane. Wszystkie te węgle posiadają aktywność mniej więcej jednakową i mogłyby

TABLICA I.

Temperatura aktywacji	Punkt zapłonicnia
450°	169°
850° – 900°	392°
1000°	457°

¹⁾ W. Świątosławski i B. Roga. *Przemysł Chem.* 12, 18 (1928).

²⁾ W. Świątosławski i M. Chorąży. *Przemysł Chem.* 12, 24 (1928).

znaleźć zastosowanie jako materiał chłonny, np. do odgazolinowania gazów ziemnych.

W pierwszym przybliżeniu istnieje tu zależność linjowa pomiędzy punktem zapłonicnia, a temperaturą pieca aktywującego.

Jak szeroką jest skala punktów zapłonicnia węgla różnego pochodzenia, świadczy tabelka szeregu węgla aktywowanych, które mogliśmy zbadać.

TABLICA II.

Węgiel aktywny	Punkt zapłonicnia
Temp. aktyw. 450°	169°
Norit.	218°
Temp. aktyw. nieznaną	334°
Lignit. t. aktyw. 600°	338°
Temp. aktyw. 850—900°	392°
Temp. aktyw. nieznaną	397°
Temp. aktyw. 1000°	457°

Zestawienie wyników.

1. Punkt zapłonicnia może być uważany za charakterystyczną stałą węgla aktywnego.

2. Pomiędzy temperaturą zapłonicnia, a zdolnością adsorbacyjną węgla, żadnej widocznej zależności niema.

3. Istnieje zależność pomiędzy punktem zapłonicnia, a temperaturą aktywacji węgla. W niektórych przypadkach, gdy węgiel otrzymywany był z podobnego surowca, lecz w różnych temperaturach, istnieje prostolinjowa lub prawie prostolinjowa zależność punktu zapłonicnia i temperatury aktywacji.

Warszawa, grudzień 1927.

Résumé.

1. Le point d'ignition des différents charbons actifs peut être considéré comme leur constante caractéristique.

2. Il n'y a aucune liaison entre leur température d'ignition et leur pouvoir adsorbant.

3. Une liaison étroite existe entre le point d'ignition du charbon actif et sa température d'activation. Ainsi p. ex. le point d'ignition du charbon actif, préparé d'une espèce de bois, s'élève proportionnellement à l'augmentation de sa température d'activation.

L. WASILEWSKI.

ZE STUDJÓW NAD ROZKŁADEM GLIN.

*Dział Przemysłu Nieorganicznego Chemicznego Instytutu Badawczego.
(Komunikat 4).*

Glin, pomimo że należy do metali niedawno stosunkowo wykrytych, zaczyna coraz więcej zdobywać uznania jako materiał konstrukcyjny w całym szeregu dziedzin codziennego życia przemysłowego. W wielu bardzo wypadkach znakomicie zastępuje żelazo, miedź, cynę, a w innych znów jest wogóle jedynym metalem, jaki może być stosowany dzięki małemu ciężarowi gatunkowemu. Metody wytwarzania glinu są jednak jeszcze bardzo trudne i nie pozwalają rozwinąć takiej produkcji, jakaby odpowiadała istotnemu zapotrzebowaniu tego metalu.

Głównym czynnikiem utrudniającym rozwój wytwórczości glinu jest stosunkowo nieliczne występowanie kruszców glinu w odpowiedniej postaci, i jakkolwiek jest to metal najbardziej rozpowszechniony w skorupie ziemskiej, stanowi bowiem 7·3% jej masy, to w związkach, z których dotychczas najłatwiej można go otrzymywać, to jest boksyt, występuje w ograniczonych ilościach, a co ważniejsze w niewielu miejscach. Surowcem dla otrzymywania glinu w zasadzie mogłyby być nie tylko boksyty, lecz także i gliny dostatecznie czyste (kaolin zawiera do 40% Al_2O_3) oraz skalenie, jednakże dotychczas nie opracowano metody przeróbki tych właśnie materiałów, któraby przyjęła się na wielką skalę. Pomimo dotychczasowych usiłowań niezbyt szczęśliwych, prace w tym kierunku nie tylko zupełnie nie ustają, lecz przeciwnie są prowadzone z coraz większym zacięciem. Jeden z niemieckich metalurgów powiedział, iż glin jest metalem przyszłości i słusznie, jeśli chodzi o zastosowanie go. Bo rzeczywiście nie tylko w przedmiotach mniejszej wagi, ale i na budowę takich konstrukcyj, jak wagony kolejowe, znakomicie może być glin użyty. A więc, jeśliby zabezpieczyć możliwość otrzymania go w wielkich ilościach i po odpowiedniej cenie, to zbyt tego metalu nie miałby najmniejszych trudności.

Z równą zdaje się słusnością możnaby twierdzić, że gliny, a w ogólności glinokrzemiany są surowcem przyszłości dla produkcji glinu.

Niestety, dotychczas jeden tylko surowiec, mianowicie wspomniany już boksyt, pozwala na względnie wygodną produkcję glinu, lecz zato dość drogą. Inne natomiast surowce, jak gliny są dopiero w stadium opracowywania.

Zasadnicza trudność przy przeróbce tego surowca polega na tem, że musi być otrzymany tlenek glinowy zupełnie wolny od krzemionki i żelaza. Istnieje już cały szereg pomysłów, ażeby glinokrzemian, który stanowi glinę,

w odpowiedni sposób rozłożyć na glinę, krzemionkę i zanieczyszczenia, zaś czystą glinę zupełnie wyodrębnić. W czasie wojny problem ten był szczególnie ważny dla Niemiec, które nie posiadały swego boksytu, a jednak otrzymywanie glinu, musiały uznać za jeden z tych czynników, które niemal decydowały o wynikach walki. Dla nas jest i obecnie zagadnienie to aktualne, nie tylko ze względu na samowystarczalność kraju, ale również i ze względu na możliwość stworzenia nowej gałęzi produkcji opartej o własne surowce, które nie są dotychczas wyzyskane w odpowiedniej mierze. Mamy znaczne pokłady gliny białej pod Szczakową, Suchedniowem, Korcem i wielu innych miejscowościach, zawierającej ponad 30% Al_2O_3 , z minimalną ilością Fe_2O_3 .

Celem rozłożenia gliny opracowano i opatentowano mnóstwo metod, które zdaje się jednak niezbyt przychylnie zostały dotychczas przez przemysł przyjęte. Jednym z pomysłów od dawna już podnoszonym, lecz dotychczas należycie nie opracowanym, o którym w literaturze niema dokładniejszych danych naukowo-teoretycznych, jest pomysł rozkładu gliny przez ogrzewanie jej z siarczanem amonowym. Przy tym procesie ulatnia się amonjak, a pozostaje mieszanina siarczanu glinowego, oraz ewentualnie nierozłożonego siarczanu amonowego i krzemionki. Stąd siarczan glinowy może być wylugowany. Wspomniany rozkład stanowiłby jedną z faz przejścia z glin lub kaolinów do tlenku glinowego i glinu. Pomysł ten opracowywany przez wielu ludzi, w założeniu swym, zdaje się być rzeczywiście jednym z najbardziej racjonalnych jeśli chodzi o rozkład gliny, przy której na żadne uboczne produkty liczyć nie można.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki systematycznych doświadczeń i rozważań nad rozkładem glin i kaolinów przy pomocy ogrzewania z siarczanem amonowym, oraz kwasem siarkowym.

Przy tym sposobie rozkładu glin występują dwa podstawowe warunki, decydujące o realności problemu pod względem technicznym. Przedewszystkiem, musi się unikać choćby najmniejszych strat amonjaku, który w zasadzie pozostaje w obiegu kołowym podczas całej przeróbki. Następnie należy mieć możliwość i pewność dokładnego usuwania żelaza i krzemionki z materiałów, powstających na skutek rozkładu.

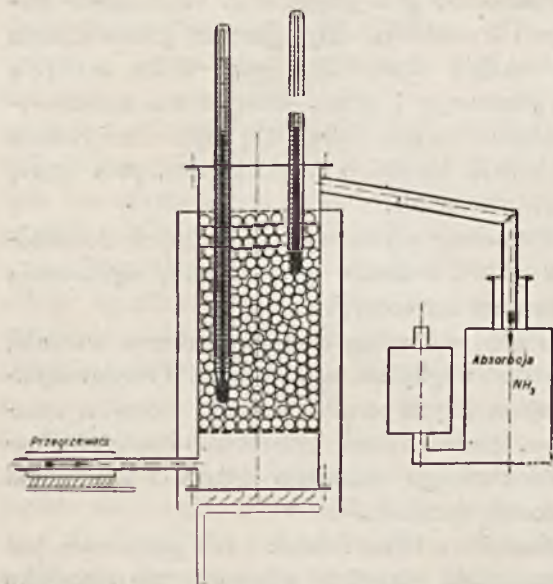
Straty amonjaku mogą pochodzić z kilku źródeł. I tak pierwszym jest uchodzenie amonjaku przez nieszczelność, drugim utlenianie się amonjaku do N_2 względnie NO . Straty powodowane nieszczelnością aparatury mogą być sprowadzone do minimum przez odpowiednią konstrukcję i zmontowanie całego urządzenia. Utlenianie zależy od temperatury, do której się ogrzewa materiał, oraz od katalitycznego działania masy ogrzanych tlenków metalicznych na amonjak. Z poczynionych doświadczeń okazało się, że rozkład gliny nie przebiega w każdym wypadku jednakowo, lecz przeciwnie

zależny jest nie tylko od warunków fizycznych w jakich się przeprowadza reakcję, lecz w dużym stopniu od składu gliny.

Zasadniczo, jak wynika z przeprowadzonych doświadczeń, proces rozkładu gliny na siarczan glinowy i krzemionkę pod działaniem siarczanu amonowego, przebiega w dwu stadjach.

W pierwszym stadjum odbywa się rozkład gliny pod wpływem powstającego kwasu siarkowego i tworzenie się siarczanu glinu, który z obecnym jeszcze i stopionym siarczanem amonowym łączy się na ałun amonowo-glinowy. Ten proces przebiega do 360°C . mniej więcej. Drugie stadjum stanowi odpędzenie pozostałego amoniaku celem uzyskania samego siarczanu glinowego.

Ponieważ prowadzenie reakcji w możliwie niskich temperaturach przedstawia większe korzyści, przeto przeprowadzono badanie dla wyjaśnienia, czy rozkład gliny i tworzenie się siarczanu glinowego, przebiega w różnych temperaturach z różną szybkością i czy wobec tego dochodzi się po dłuższym lub krótszym czasie, zależnie od temperatur, do tych samych ostatecznych produktów, czy też ma się tutaj do czynienia z pewnego rodzaju granicznymi temperaturami, między którymi istnieje układ o stałym składzie, powyżej zaś lub poniżej, skład ten ulega zmianie.



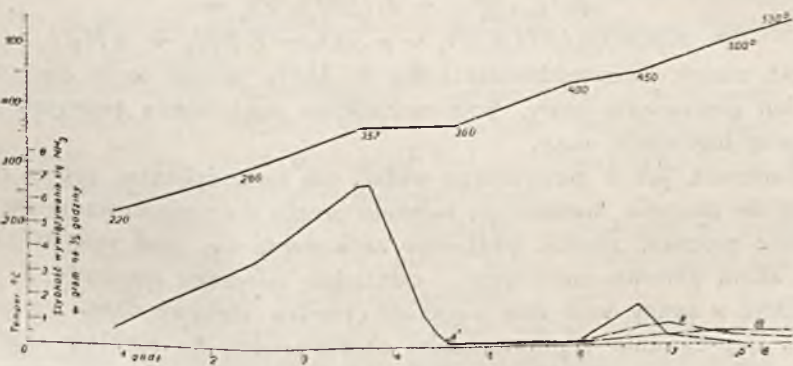
Rys. 1.

Gdyby bowiem przy niższych temperaturach miało się do czynienia tylko z mniejszą szybkością rozkładu, lecz reakcja mogłaby zasadniczo dobiegać do końca, to jest do powstania siarczanu glinowego, to oczywiście możnaby ewentualnie zaryzykować dłuższe ogrzewanie masy przy niższej temperaturze. W tym wypadku odnosiłoby się jednak tę korzyść, że unikałoby się utleniania amoniaku.

Ażebym uchwycić przebieg rozkładu, mierzono szybkość wywiązywania się amoniaku w jednostce czasu, z mieszaniny siarczanu amonowego, oraz gliny, dobranych w takim stosunku, ażeby w rezultacie powstał siarczan glinowy. Mieszaninę tę, mianowicie sprasowaną w małe brykietki, ogrzewano stopniowo w żelaznej rurze, (rys. 1.) a wywiązujący się amoniak chwymano do kwasu siarkowego i oznaczano

w równych odstępach czasu. Po paru godzinach osiągnęto temperaturę 360°C . Wykres na rysunku 2 sporządzono w ten sposób, że górna linia podaje temperatury do których masa zostawała nagrzewana, dolna zaś linia podaje szybkości wywiązywania się amonjaku, odpowiadające temperaturom wskazanym przez odpowiednie punkty na krzywej górnej. Jak wynika z załączonego wykresu (rys. 2), w miarę ogrzewania masy szybkość wywiązywania się amonjaku wzrasta, osiąga pewne maksimum, poczem gwałtownie spada i wkrótce staje się niemal równą zeru.

W tym czasie przez krótko utrzymywano temperaturę na jednym poziomie i wyjmowano jeden brykiecik („a“). Brykiecik taki wylugowano dokładnie i ekstrakt analizowano. Dało się wówczas stwierdzić, że w materiale wyprażonym pozostało jeszcze około $3.7\% \text{NH}_3$, a skład soli, znajdującej się w roztworze po wylugowaniu odpowiadał niemal dokładnie ałunowi



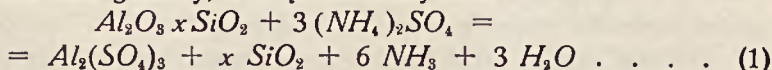
Rys. 2.

glinowo-amonowemu. Dalsze podnoszenie temperatury, jak to wykazały następne próby, nie zwiększa szybkości wywiązywania się amonjaku, aż do 430°C . Dopiero powyżej tej temperatury mamy znów nieco szybszy rozkład, połączony jednakże z wydzielaniem się obok amonjaku również i gazów takich jak SO_2 względnie SO_3 . Tutaj stwierdzono, że szybkość wywiązywania się amonjaku począwszy od tej drugiej temperatury, t. j. 430°C nie jest jednakową dla wszystkich glin, lecz przeciwnie zależy bardzo od ich składu w pierwszym rzędzie od zawartości Fe_2O_3 , i zupełnie nie odpowiada temperaturze rozkładu czystego ałunu glinowo-amonowego względnie mieszanin ałunu z tlenkiem glinowym.

Próby przedsięwzięte z glinami bardzo czystymi wykazały, że ten drugi proces idzie o wiele oporniej, w wyższych temperaturach i po dłuższym ogrzewaniu, aniżeli przy glinach zanieczyszczonych. Czyniono próby z gliną, zawierającą $1/2\% \text{Fe}_2\text{O}_3$, ogrzewano ją w strumieniu gorących gazów z 40%-ową zawartością pary wodnej i po 8–10 godzinach, pomimo ogrzewania do 450°C stwierdzono jeszcze pewną ilość amonjaku w brykietach mianowicie

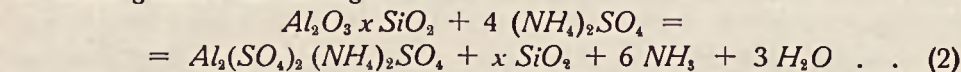
$1/2$ — $1\frac{1}{2}$ % (II). Tymczasem glina, zawierająca około 7% Fe_2O_3 , już po 4-ech godzinach ogrzewania do tej samej temperatury nie wykazywała obecności amonjaku („b“).

Całkowita ilość tlenku glinu, jaka przechodziła w formę, dającą się w wodzie rozpuścić, zależała w pierwszym rzędzie od stosunku siarczanu amonowego do gliny. Jeżeli, mianowicie, dobierało się taki stosunek, ażeby powstać mógł siarczan glinowy, a więc schematycznie



wówczas przechodziło do roztworu około 66—72% tlenku glinowego, zawartego w glinie, w formie ałunu glinowo-amonowego, lub siarczanu glinowego.

Jeżeli natomiast dobierano mieszaninę taką, ażeby zapewnić przejście do ałunu glinowo-amonowego:



wówczas nawet dziewięćdziesiąt kilka % Al_2O_3 przejść może do roztworu jako ałun glinowo-amonowy, pod warunkiem zachowania pewnych ostrożności przy ługowaniu masy.

Ponieważ, jak z powyższego widać, nie zachodzi tutaj prosta reakcja (1) lecz się znacznie komplikuje, należało przeto dla zorientowania się w mechanizmie procesu, zbadać oddzielnie zachowanie się, pod wpływem ogrzewania, ałunu glinowo-amonowego i oddzielnie siarczanu amonowego.

Otóż w pracy nad tem uzyskano bardzo ciekawe dane. Mianowicie, okazało się, zgodnie z poprzednimi obserwacjami, że rozkład ałunu czystego jest jeszcze trudniejszy, aniżeli rozkład siarczanu glinowo-amonowego powstałego w reakcji prażenia gliny z siarczanem amonowym.

TABLICA I.

Ałunu wzięto do rozkładu 5,8507 gr (wody = 2,7867 gr).

Temperatura	Odpędzono wody gr	Odpędzono $SO_3 + NH_3$ w gr
100°	0,3764	
125°	0,4190	
150°	1,1219	
175°	0,3751	
200°	0,4347	
225°	0,0436	
250°	0,0160	
300°		ślady
350°		0,0482
400°		0,0578
450°		0,0661
500°		0,0830
547°		0,1821
		0,4869

pozostałość zawierała jeszcze dużo amonjaku.

Ałun uwolniony, ogrzewany powoli, oddaje stopniowo przedewszystkiem wodę. Jednakże definitywne odwodnienie zaobserwowano dopiero powyżej 225°C. Do tej temperatury amonjak zupełnie się nie wywiązuje nawet w śladach. Przy dalszem ogrzewaniu zaczynają się wywiązywać widoczniejsze ślady amonjaku dopiero powyżej 300°C., a większe ilości amonjaku wywiązują się dopiero około 500—530°C. Ale przy tej temperaturze następuje również i głębiej sięgający rozkład, skutkiem którego uchodzą znaczne ilości SO_2 i SO_3 w rezultacie czego ma się do czynienia z sublimacją siarczanu amonowego.

Odpędzenie resztek amonjaku z ałunu idzie tak opornie, że w próbkach ogrzewanych do 565°C jeszcze stwierdzono obecność dużych ilości NH_3 . Przy tych doświadczeniach ałun umieszczano w kolbce szklanej (pireksowej) i ogrzewano w termostacie glinowym. Dla ułatwienia wydzielania się fazy gazowej umieszczano siarczan amonowy z drobnymi kulkami szklanymi.

Daty powyższe, odnoszące się do rozkładu ałunu, opracował ś. p. Franciszek Mościcki.

Pomiary szybkości, wydzielającego się amonjaku z mieszaniny gliny i siarczanu amonowego wykazują wyraźnie, że jeżeli temperatura ogrzewania nie przekracza 357°C, to amonjak może być odpędzony tylko w $\frac{1}{4}$ części, reszta zaś pozostaje, tworząc ałun w postaci stałej.

Gdy zaś pozostanie tylko 25% amonjaku w stosunku do zawartego pierwotnie, to wydzielanie przy 357°C niemal ustaje. Ażeby resztę amonjaku usunąć, należy ogrzewać do wyższej temperatury.

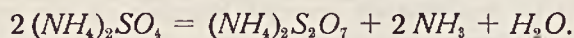
Na przebieg całego procesu ma wybitny wpływ zachowanie się czystego siarczanu amonowego pod wpływem stopniowego ogrzewania. Siarczan amonowy sam ogrzewany zaczyna wydzielać amonjak już powyżej 140°C jednakże w bardzo powolnym tempie i w minimalnych ilościach. W miarę podnoszenia temperatury szybkość ta znacznie wzrasta. Z drugiej strony w miarę ogrzewania siarczanu amonowego i w miarę wywiązywania się NH_3 punkt topliwości obniża się. Punkt topliwości siarczanu amonowego przy szybkim ogrzaniu właściwie wynosi 357°C (według Abegg'a i starszych wydań Chem. Kalender podano błędnie 140°C), jednakże już wówczas ma się do czynienia z dość gwałtownym rozkładem, powodującym stopniowo obniżenie temperatury, aż do około 220°.

Dalej dało się stwierdzić, że o ile unika się przegrzania ponad 357°C, to rozkład siarczanu pod zwykłym ciśnieniem przebiega bardzo spokojnie i wywiązuje się czysty amonjak. Przeprowadzając rozkład przy jednoczesnym przepędzaniu pary wodnej, otrzymuje się nieomal teoretyczną wydajność jeśli unika się przekraczania 357°C.



Przy destylacji bez przeprowadzania pary wodnej, lub przy przeprowa-

dzaniu powietrza suchego zaobserwować można było minimalne ilości SO_2 , a przebieg reakcji był nieco inny.



Cokolwiek inaczej zachowuje się siarczan amonowy podczas ogrzewania go w mieszaninie z bardzo drobno zmieloną gliną. Tutaj następuje rozkład nie tylko związany z wydzielaniem się NH_3 , lecz również z wywiązywaniem się SO_2 i SO_3 . Ilości SO_2 i SO_3 są początkowo bardzo małe, dopiero po $350^\circ C$ ilość tych gazów znacznie się zwiększa i rośnie szybko w miarę wzrostu temperatury.

Na zachowanie się siarczanu amonowego w wyższej temperaturze wpływa przede wszystkim bardzo daleko posunięte rozdrobnienie gliny, następnie to, czy przepędzamy samą parę wodną, czy też powietrze.

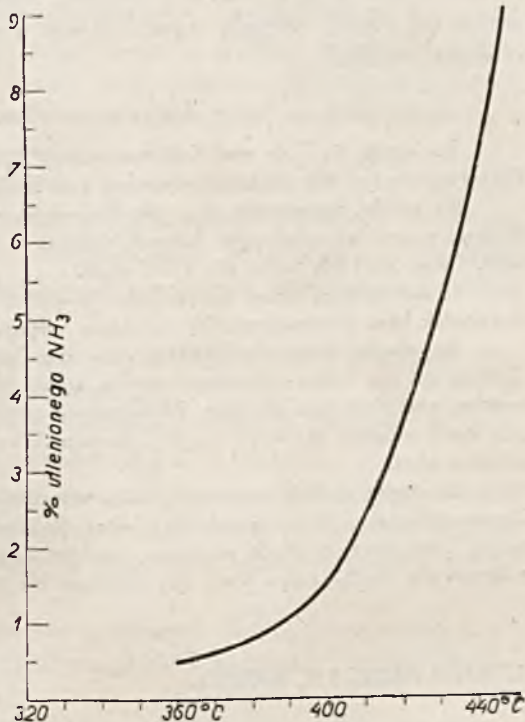
Według poczynionych doświadczeń, jeżeli przepędzamy tylko parę wodną, to wprawdzie niebezpieczeństwa uchodzenia SO_3 i SO_2 nie usuwamy w zupełności, lecz znacznie zmniejszamy ilości tych gazów.

To powstawanie gazów w postaci SO_3 i $SO_2 + O$ wpływa ujemnie w dwu kierunkach, przede wszystkim w tym, że usuwa siarczan amonowy przeznaczony do reagowania z gliną, powtórnie dlatego, że stwarza atmosferę, która w obecności takich katalizatorów, jakimi są tlenki żelaza, glinu i krzemu w stanie bardzo rozdrobnionym, działa silnie utleniająco na amonjak, zmieniając go na NO i N_2 . Celem określenia stopnia strat amonjaku jakie mogą mieć miejsce na skutek ogrzewania w warunkach takich jakie się stwarza podczas rozkładu glin siarczanem amonowym, przeprowadzono systematyczne oznaczenie ilości utlenionego amoniaku. Aparatu użyto takiego samego jak poprzednio przy pomiarze szybkości wywiązywania się amonjaku. Wykonano kilka doświadczeń rozkładu, podczas których celem ułatwienia usuwania wywiązującego się amonjaku przepuszczano parę wodną, lub mieszaninę pary wodnej z powietrzem. Uchodzące gazy chwytało do specjalnych płóćek i oznaczano kwas azotowy i amonjak. Przeprowadzone doświadczenia wykazały, że przy ogrzewaniu mieszaniny gliny z siarczanem amonowym do temperatury $357^\circ C$, przez czas tak długi, ażeby amonjak już przestał się widocznie wydzielać, to znaczy, jak z poprzednich rozważań wynika, tak długo dopóki pozostanie w masie ogrzewanej około 25% tej ilości amonjaku jaka się w mieszaninie początkowo znajdowała (około 5 godzin), otrzymywało się około 0,5% azotu w formie kwasu azotowego, w stosunku do całkowitego azotu, znajdującego się w mieszaninie. Jeżeli zaś prowadzono ogrzewanie do $450^\circ C$, która to temperatura jest konieczną dla zupełnego odpędzania amonjaku, to po dostatecznie długim czasie ogrzewania stwierdzono, w zaabsorbowanych gazach już około 9% azotu w formie kwasu azotowego w stosunku do całkowitej ilości azotu będącego w reakcji (rys. 3).

Tak wielkie różnice w stratach amonjaku są decydujące dla sposobu ewentualnego prowadzenia rozkładu glin.

Ponieważ, z jednej strony, wysoka temperatura potrzebna do przejścia z gliny do siarczanu glinowego, powoduje znaczniejsze straty przez utlenianie amonjaku, z drugiej zaś strony, niższe temperatury od 360°C nie pozwalają na przeprowadzenie reakcji rozkładu z dostateczną szybkością i dostatecznie wysoką wydajnością, przeto koniecznym staje się utrzymanie podczas rozkładu temperatury, wahającej się w nadzwyczaj wąskim interwale, mianowicie $360\text{--}370^{\circ}\text{C}$.

Co się tyczy drugiego warunku, odnoszącego się do możliwości i pewności dokładnego usuwania żelaza i krzemionki z materiałów, powstających na skutek rozkładu glin lub kaolinów, to wyniki z tych badań podamy w jednym z najbliższych artykułów.



Rys. 3.

Zestawienie wyników.

Przestudjowano systematycznie rozkład glin i kaolinów przy pomocy siarczanu amonowego, oraz zbadano poszczególne zjawiska, które mogłyby mieć wpływ na proces rozkładu do siarczanu glinowego.

Stwierdzono, że rozkład odbywa się w taki sposób, jak gdyby miało się do czynienia najpierw z powstawaniem kwaśnego siarczanu amonowego i tworzeniem się ałunu glinowo amonowego, przyczem ten okres przebiegałby do 357°C , a następnie dopiero z odpędzaniem amonjaku, względnie siarczanu amonowego z ałunu, ten zaś proces zaczynałby się między $420\text{--}430^{\circ}\text{C}$, a kończył powyżej 450°C .

Dalej stwierdzono, że na straty w amonjaku wybitnie wpływa temperatura rozkładu, przyczem do 360°C utlenia się około 0,5% amonjaku, zastosowanego do reakcji, z produktów zaś rozkładu daje się wylugować ałun glinowo amonowy, a przy 450°C ulega utlenianiu około 9% amonjaku, jednocześnie jednak można otrzymać siarczan glinowy.

Wreszcie stwierdzono, że gliny o różnym składzie chemicznym w rozmaitym czasie i w różny sposób ulegają rozkładowi, przyczem gliny zawierające więcej Fe_2O_3 łatwiej i prędzej uwalniają amonjak, gliny natomiast wolne od Fe_2O_3 ulegają ostatecznemu rozkładowi do siarczanu glinowego o wiele trudniej.

Zusammenfassung.

Es wurde die Ton- und Kaolinzerersetzung mittels Ammoniumsulfat sowie die einzelnen Faktoren, die auf den Zersetzungsprozess von Einfluss sein könnten, systematisch studiert.

Es wurde festgestellt, dass der Prozess in zwei Stufen verläuft. Im ersten Stadium entsteht saures schwefelsaures Ammon, welches in Aluminium-Ammonium-Alaun übergeführt wird. Diese Reaktion findet bis $357^{\circ}C$ statt.

In der zweiten Stufe, welche bei $420-430^{\circ}C$ beginnt und bei über $450^{\circ}C$ endet, wird Ammoniak bzw. Ammoniumsulfat aus Alaun verjagt.

Es wurde weiter festgestellt, dass die Zersetzungstemperatur einen sehr grossen Einfluss auf die Ammoniakverluste ausübt, wobei bis $360^{\circ}C$ ca 0.5% des Ammoniaks oxydiert werden, und dass man aus dem Zersetzungsprodukten Aluminium-Ammonium-Alaun auslaugen kann, während bei $450^{\circ}C$ ca 9% Ammoniak oxydiert werden und nur Aluminiumsulfat erhalten wird.

Es wurde endlich festgestellt, dass verschiedene Tone von verschiedener chemischer Zusammensetzung in verschiedenen Zeiten und auf verschiedene Weise zersetzt werden, wobei Tone die mehr Fe_2O_3 enthalten, leichter und schneller Ammoniak in Freiheit setzen, während die Fe_2O_3 -freien Tone viel schwerer bis zum Aluminiumsulfat zersetzt werden.

L. WASILEWSKI i S. MANTEL.

PRZYCZYNEK DO ELEKTROLITYCZNEGO ODŻELAZIANIA SOLI GLINOWYCH.

*Dział Przemysłu Nieorganicznego Chemicznego Instytutu Badawczego.
(Komunikat 5).*

Technicznie ważny problem oczyszczenia alunu glinowo-amonowego z żelaza za pomocą elektrolizy, nie został dotychczas rozwiązany. Przyczyną tego są trudności, związane z elektrolitycznym wydzielaniem żelaza wogóle, zwłaszcza zaś przy niskich koncentracjach. W danym wypadku żelazo z reguły występuje tylko jako zanieczyszczenie i trzeba je usunąć do 0.01% (według Lungego). Trudności te powoduje tzw. polaryzacja chemiczna (Spitzer, Förster — Z. Elektrochem. **11**, 345 (1905), lub według Benneta i Thompsona (Z. Elektrochem. **22**, 233 (1916) przepięcie, które wymaga większej różnicy potencjałów przy wydzielaniu żelaza, aniżeli by to wynikało z napięcia rozkładczego.

Ponieważ roztwory alunu są silnie shydrolizowane, przeto zawierają dużo wolnych jonów wodorowych, co zwiększa możność ich wyładowywania, po-

chłaniając dużo energii elektrycznej, zmniejszając znacznie wydajność prądu i czyniąc cały proces elektrolitycznego oczyszczania nieekonomicznym. Dotychczasowe metody elektrolitycznego oczyszczania, posługiwały się katodami żelaznymi lub miedzianymi. Zarówno jednak na żelazie, jak i na miedzi, wodór wywiązuje się stosunkowo łatwo, przeto przy obniżeniu koncentracji jonów Fe^{2+} w roztworze następuje dość szybko wydzielanie się wodoru równoległe z żelazem bądź też nawet samego wodoru.

Z tego względu wzięto pod rozważenie materiały takie, któryby podczas elektrolizy stanowił dla wodoru znacznie większe przepięcie aniżeli dla żelaza, skutkiem czego możnaby oczekiwać znacznie dalej posuniętego wydzielania żelaza, zanim dojdzie do wywiązywania się wodoru, przy zachowaniu lepszych wydajności prądu.

W niżej opisanych doświadczeniach, użyto zatem katody rtęciowej i tą drogą osiągnięto rezultaty bardziej zadowalające.

Czysta rtęć nie zwilża wprawdzie zupełnie żelaza, ale już nisko procentowy amalgamat alkaliczny czyni to z łatwością (Gurwicz).

Wobec dużej koncentracji jonów amonowych w roztworze, a prócz tego drobnych ilości jonów Na i K , należało się spodziewać utworzenia choćby małych ilości amalgamatu alkalicznego, a przez to i zwilżania, wydzielającego się na katodzie żelaza.

W podobny sposób posługując się roztworem $NiSO_4$ w obecności siarczanu amonowego uzyskał W ü n s c h e (F e n c h e l: Amalgame, Unters. Verarb. u. Herstellungsmet.) amalgamat niklu.

Przyjmując przyczyny przepięcia, podane przez B e n n e t a i T h o m p s o n a, jako opóźnienie reakcji, odbywającej się na elektrodzie, należało się spodziewać, że przez natychmiastowe usuwanie wydzielonego żelaza, powinno nastąpić znaczne obniżenie przepięcia dla żelaza. Z drugiej strony użycie katody rtęciowej, pozwala na uzyskanie możliwie najwyższego przepięcia dla wodoru.

Doświadczenia wykonane wskazują, że rzeczywiście tą drogą można wydzielić żelazo z wydatkiem prądu (zważywszy na bardzo niską koncentrację jonów Fe^{2+}) dość dobrym.

Elektrolizie poddawano 50 cm^3 roztworu, otrzymywanego w technice, zawierającego w 100 cm^3 roztworu 4.1559 g $FeSO_4(NH_4)_2SO_4$ 6aq (czyli 0.5918 g Fe) i 5.2400 g $Al_2(SO_4)_3(NH_4)_2SO_4$ 24 aq. Jako katody użyto czystej rtęci, jako anody drutu platynowego (w technice platynę naturalnie możnaby zastąpić anodą z PbO_2 lub lepiej MnO_2). Elektrolizy przeprowadzano w temperaturze 78—80°.

W roztworze po elektrolizie oznaczano pozostałe żelazo, w razie małej ilości, kolorymetrycznie metodą Lungego, w razie większej — przez miareczkowanie 1/100 n. roztworem $KMnO_4$.

Wyniki doświadczeń.

Gęstość prądu na katodzie $D_k = 150 \text{ Amp/m}^2$, napięcie 2.85—3.40 V. odległość elektrod 1 cm temperatura 78—80° bez mieszania:

Przepuszczono	Wydzielono Fe	Pozostało Fe	Wydatek prądu	Przeciętny wydatek prądu
0.25 <i>Ampgodz.</i>	0.0635 gr	0.2324 gr	31.2%	31.2%
0.50 "	0.1244 "	0.1715 "	23.9%	28.4%
0.75 "	0.2024 "	0.0935 "	19.5%	26.1%
1.00 "	0.26278 "	0.03312 "	11.3%	23.7%
1.50 "	0.2953 "	0.0004 "	5.9%	18.9%
1.75 "	0.2957 "	0.0002 "	0.1%	16.2%
2.00 "	0.2957 "	0.0002 "	0.0%	14.2%

Gęstość prądu na katodzie $D_k = 300 \text{ Amp/m}^2$. napięcie 3.15—3.55 V. Pozatem warunki takie same jak poprzednie.

0.25 <i>Ampgodz.</i>	0.1221 gr	0.1728 gr	45.97%	45.97%
0.50 "	0.1831 "	0.1128 "	29.60%	36.80%
0.75 "	0.2625 "	0.0334 "	22.40%	33.60%
1.00 "	0.2783 "	0.0176 "	15.80%	26.75%
1.25 "	0.28994 "	0.00596 "	4.34%	22.30%
1.50 "	0.2955 "	0.0004 "	1.11%	18.89%
1.75 "	0.2957 "	0.0002 "	0.10%	16.23%
2.00 "	0.2957 "	0.0002 "	0.00%	14.20%

Jako „wydatek prądu“ podano wydatek w końcowej 0.25 Amperogodzinie, jako „przeciętny wydatek prądu“, wydatek w całej podanej ilości Amperogodzin.

Przyjąwszy granicę oczyszczenia podaną przez L u n g e g o, stwierdzono wydatek prądu 18.9%.

Przeprowadzono szereg doświadczeń, stosując jako katodę rtęć zupełnie wolną od żelaza, lub zawierającą kolejno aż do 1% żelaza. Zawartość żelaza w rtęci nie wpływa zupełnie na wydatek prądu. Już jednak przy zawartości 0.5% Fe rtęć staje się ciężkopłynną, tak że cyrkulacja byłaby niemożliwą.

Żelazo wydzielane elektrolitycznie, nie tworzy z rtęcią związku ani też roztworu zwyczajnego. Przeprowadzone doświadczenia wskazują raczej, że tworzy się roztwór koloidalny. Elektromagnesem można żelazo odciągnąć. Przy dłuższym staniu wydziela się żelazo na powierzchni rtęci, przyczem natychmiast się utlenia, przez mieszanie wydziela się również żelazo. Kwas solny rozpuszcza tylko nieznacznie żelazo. Przesączać przez skórę irchową, można zatrzymać całe żelazo zawarte w rtęci w postaci masy plastycznej, na powietrzu nietrwałej. Po kilku bowiem dniach rozpada się ona, czerniejąc równocześnie, z powodu utleniania się żelaza. Dalsze doświadczenia wykonane wska-

zuja, że do wydzielania żelaza przy użyciu katody rtęciowej, nie jest zupełnie potrzebną obecność jonów metali alkalicznych, lub glinu w elektrolicie. Używając chemicznie czystych roztworów siarczanu żelazawego, można również wydzielać żelazo, które zachowuje się tak samo jak poprzednio przytoczono.

Aby się przekonać, czy i ile glinu wydziela się wraz z żelazem podczas elektrolizy oddestylowano rtęć, która służyła jako katoda, podczas gdy elektrolitem był roztwór ałunu glinowo-amonowego i siarczanu żelazawego o stężeniu podanem na początku niniejszego artykułu. Po oddestylowaniu pozostał szary placek żelaza, zawierający 1.27% *Al*.

Z przytoczonych dat wynika, że oczyszczenie roztworów ałunu glinowo-amonowego na drodze elektrolitycznej przy użyciu katody rtęciowej jest możliwem. Możliwoby jeszcze uzyskać zwiększenie wydatku prądu przez zastosowanie anody, utrudniającej utlenianie roztworu.

Podniesienie wydatku prądu przy elektrolizie żelaza przy użyciu rtęci jako katody, zdaje się potwierdzać, że tłumaczenie zjawiska polaryzacji chemicznej, podane przez Benneta i Thompsona (*Z. Elektrochem.* 22, 232, (1916), jako zjawiska, przebiegającego nie w elektrolicie, lecz na elektrodach, jest racjonalne.

Teoretycznie ważnem byłoby jeszcze stwierdzenie czy rzeczywiście żelazo tworzy roztwór koloidalny i jaką jest w takim razie wielkość cząsteczki żelaza. Pożądanem byłoby również przeprowadzenie doświadczeń z solami żelaza w obecności środków obniżających koncentrację jonów wodorowych, oraz identyczne doświadczenia z niklem i kobaltem.

Zestawienie wyników.

Elektrolityczne oczyszczanie ałunu glinowo-amonowego z żelaza na katodach żelaznych lub miedzianych niema warunków powodzenia.

Przy użyciu katody rtęciowej wysokie przepięcie dla wodoru i natychmiastowe rozpuszczenie się w rtęci wydzielanego żelaza umożliwia oczyszczanie roztworów aż do 0.003 g Fe_2O_3 w 100 g Al_2O_3 .

Wydatek prądu nie zależy od zawartości żelaza w rtęci (aż do 1%).

Żelazo wydzielane elektrolitycznie na katodzie rtęciowej rozpuszcza się w niej, nawet wtedy, gdy w roztworze są obecne tylko katjony żelaza.

Elektrolitycznie wydzielone żelazo, tworzy prawdopodobnie roztwór koloidalny w rtęci.

Zusammenfassung.

Versuche zur elektrolytischen Abscheidung von Eisen aus Aluminium-Ammonium-Alaun auf Eisen oder Kupferkathoden bleiben ohne Erfolg.

Die hohe Überpannung des Wasserstoffes bei Quecksilberkathoden sowie die sofortige Auflösung des sich abscheidenden Eisens im Quecksilber, erlaubt das Reinigen von Lösungen bis 0.003 g Fe_2O_3 in 100 g Al_2O_3 .

Die Stromausbeute ist vom Eisengehalte des Quecksilbers (bis 1% Fe) unabhängig.

Das Quecksilber löst das elektrolytisch abgeschiedene Eisen auch dann, wenn in der Lösung nur Eisenkationem anwesend sind.

Das elektrolytisch abgeschiedene Eisen bildet wahrscheinlich eine kolloidale Lösung in Quecksilber.

ADAM BARSZCZEWSKI.

ZAGADNIENIE TARYF KOLEJOWYCH W PRZEMYSŁE SUCHEJ DESTYLACJI WĘGLA

Przeważną ilość produktów suchej destylacji węgla stanowią podstawowe surowce, względnie półfabrykaty dla przemysłu chemicznego. Ze względu na bliskie sąsiedztwo nadzwyczaj rozwiniętego konkurencyjnego przemysłu niemieckiego, krajowy przemysł suchej destylacji węgla dążyć musi do utrzymania swych kosztów produkcji na możliwie niskim poziomie. Ponieważ w kalkulacji produkcji tej główną pozycję stanowią koszty surowców i materiałów pomocniczych, które z reguły przywożone są z dość znacznych odległości, kwestja wysokości taryf kolejowych posiada bardzo poważny wpływ na przyszły rozwój tej tak ważnej gałęzi wytwórczości. Znaczna część tych produktów zużywana jest bezpośrednio dla celów budownictwa bądź też służy do wyrobu materiałów budowlanych lub też wreszcie do należytej ich konserwacji.

Wobec ogólnie uznawanego dużego znaczenia ruchu budowlanego, od wzmożenia i utrzymania którego zależy w znacznej mierze pomyślny rozwój naszego życia gospodarczego, pożądane jest by materiały budowlane były możliwie jaknajtańsze; a zatem ich ostateczna cena nie powinna być obciążona zbyt wysokimi kosztami przewozowymi.

Wreszcie niektóre artykuły tej grupy mają szerokie zastosowanie w lotnictwie, do samochodów i łodzi motorowych oraz różnych silników dla celów przemysłowych. Zastosowanie więc produktów suchej destylacji węgla posiada nader ważne znaczenie w ogólnej gospodarce przemysłowej i żadną miarą nie należy dopuścić do podwyższenia stawek przewozowych, gdyż fakt ten wpłynąłby nader ujemnie na rozwój przemysłu suchej destylacji węgla.

Produkcja dotychczasowa w gazowniach i koksowniach przedstawiała się następująco (dane opracowane przez Związek Koksowni w Katowicach w tonnach):

	1924	1925	1926	Zdolność produkcji
Smoła surowa	55.638	60.485	70.637	100.000
„ preparowana	25.000	32.000	31.000	45.000
Pak, gudron i lepnik ¹⁾	18.768	19.442	25.150	50.000
OLEJE impregnacyjne, pędne, opałowe, smołowcowe, oleje tłuszczowe, mieszaniny tych olejów między sobą lub z kwasami karbolowymi, karbolineum i smary smołowcowe	16.769	14.598	18.808	22.000

¹⁾ Cyfry te dotyczą produkcji koksowni. Produkcja gazowni nie jest znana.

	1924	1925	1926	Zdolność produkcji
Surowe i nieoczyszczone: benzol, toluol i solwent-nafta	11.615	13.563	15.667	25.000
Oczyszczone: benzol, toluol, ksylol, kumul, solwent-nafta oraz mieszaniny handlowe tych produktów	7.6 0	9.538	10.755	20.000
Naftalin surowy i oczyszczony ¹⁾	2.386	2.256	2.071	4.000
Antracen surowy i oczyszczony	50	79	30	30
Żywica kumaronowa i lakiery z niej	614	642	799	1.200
Fenol	326	305	379	500
Zasady pirydynowe	117	109	97	150
Lakiery do żelaza	61	128	206	500

Wytwórczość artykułów smołowcowych skoncentrowana jest prawie wyłącznie na obszarze G. Śląska, gdyż ilość tych produktów otrzymywana w gazowniach jest obecnie jeszcze stosunkowo mała. Natomiast najważniejsze miejsca konsumpcji tych towarów rozmieszczone są w znacznych odległościach prawie na całym terenie Państwa. Wskutek tego produkty te przewożone są przeważnie na stosunkowo znaczne odległości i już drobne różnice taryfowania odbijają się poważnie na cenie tych produktów. O klasyfikacji poszczególnych towarów decyduje oczywiście przede wszystkim cena produktów.

Ostatnia rewizja taryf kolejowych przeprowadzona była w końcu roku 1926, przytem dla ustalenia wysokości stawek przewozowych w rachubę brano przeważnie ceny orientacyjne z pierwszej połowy 1926 r. W drugiej połowie r. 1926 na skutek wywołanego strajkiem angielskim ogólnego niedoboru produktów węglpochodnych w całej Europie, ceny omawianych produktów kształtowały się na wszystkich rynkach zwykle utrzymując się na tym poziomie aż do wiosny 1927. Od tego czasu ceny przeważnej ilości produktów smołowcowych wykazują tendencję niżkową, tak iż w pewnych dziedzinach osiągnęły z powrotem swój poziom, a czasem nawet niższy podczas gdy ceny hurtowne w kraju w tymże czasie kształtowały się stale zwykło.

Trudno jest oczywiście przewidzieć tendencję rozwojową cen tych produktów w przyszłości. Wprawdzie w związku z coraz większym zastosowaniem produktów suchej destylacji węgla do budowy nawierzchni nowoczesnych dróg samochodowych, oraz intensywniejszym zastosowaniem olejów kreozotowych do nasycania materiałów drzewnych i t. p., należy się liczyć, że zapotrzebowanie na podstawowe produkty: smołę preparowaną, pak i oleje smołowcowe — w przyszłości jeszcze stosunkowo wzrośnie. Z drugiej jednak strony produkcja tych artykułów na rynku międzynarodowym wzrasta stale. Prawie, że we wszystkich zagłębiach węglowych poszczególne przedsiębiorstwa przystępują do budowy olbrzymich koksowni. Gaz świetlny wypierany przez elektryczność używany jest w coraz znaczniejszych ilościach do celów opałowych, tak, iż jego zużycie wielokrotnie się zwiększa, szczególnie wobec realizowanych obecnie na zachodzie planów zużytkowania gazu na dalekie odległości. Jednocześnie w ostatnich latach powstają nowe gałęzie wytwórczości produktów węglpochodnych; również realizowane są na olbrzymią skalę plany t. zw. hydrogenizacji węgla (Kohlenverflüssigung). Ten rozwój przetwórczego

przemysłu węglowego pozwala przypuszczać, że wytwórczość produktów suchej destylacji węgla w przyszłości nie tylko dotrzyma kroku przewidywanemu wzrostowi zapotrzebowania, ale nawet znacznie to zapotrzebowanie przewyższy. Wobec tych widoków rozwojowych przychylić się raczej należy do zdania, że nawet niższe już ceny podstawowych produktów węglopochodnych ulegną w przyszłości jeszcze dalszej niżce.

Reasumując stwierdzić należy raz jeszcze, że podwyższenie taryf kolejowych w tej dziedzinie mogłoby wywołać poważne perturbacje w przemyśle suchej destylacji węgla.

Z poszczególnych zagadnień w dziedzinie taryfowej należy stwierdzić zbyt wysokie stawki przewozowe na smołę surową przy większych odległościach. Mianowicie, produkcja smoły surowej zależna jest ściśle od wytwórczości koksu i od konjunktury na ten artykuł. Ponieważ zdolność zbytu koksu jest w pewnej mierze ograniczona, przeto koksownie nie otrzymują dostatecznej ilości smoły do przeróbki, a co za tem idzie zmuszone są sprowadzać z zagranicy przeważnie via Gdańsk, albo też z Rosji. Koszty przewozu w tym wypadku od 14 do 15% ad valorem, co rzecz prosta uniemożliwia zupełnie sprowadzanie smoły surowej w większych ilościach z zagranicy.

Również stwierdzić należy, że koszty przewozu smoły preparowanej są nadmierne. Fabryki tektur smołowcowych sprowadzające ten artykuł skoncentrowane są przeważnie w okolicach Bydgoszczy, Poznania, Łodzi, Warszawy, Częstochowy i Oświęcimia. Z wyjątkiem zatem dwu ostatnich okręgów przeciętna odległość tych fabryk od głównego centrum wytwórczości smoły preparowanej wynosi 350—450 kilometrów, czyli obciąża kosztami przewozu ceny tego produktu przeciętnie 7% przy przewozie w cysternach i do 9% przy przewozie w beczkach. Koszty smoły preparowanej stanowią w kalkulacji tektur smołowcowych pozycję najważniejszą wynosząc bowiem ca. 50% ogólnej sumy kosztów produkcyjnych, a zatem cena smoły preparowanej jest czynnikiem decydującym w kształtowaniu się ceny tak ważnego materiału budowlanego jak tektura. Zachodzi wobec tego konieczność obniżenia kosztów przewozu na smołę preparowaną.

DZIAŁ SRRAWOZDAWCZY.

8. CERAMIKA, SZKŁO, CEMENT, MATERJAŁY BUDOWLANE.

Przemysł materiałów ogniotrwałych jako zagadnienie chemiczne. — H. HIRSCH. — *Tonind. Ztg.* 57. 644. (1927).

Autor zwraca uwagę na znaczenie przemysłu materiałów ogniotrwałych w dzisiejszym życiu gospodarczym (kotły parowe, metalurgia, chemia wysokich temperatur), podnosząc szybki rozwój tego przemysłu w ostatnich kilku dziesięcioleciach. Materiały ogniotrwałe dają się podzielić w następujący sposób:

1. wyroby o dużej zawartości krzemionki:
 - wyroby krzemionkowe (dynasowe),
2. wyroby z gliny ogniotrwałej:
 - a) wyroby z gliny ogniotrwałej,
 - b) wyroby szamotowe,

- c) wyroby krzemionkowo - szamotowe,
 d) wyroby o dużej zawartości Al_2O_3 (większej niż w glinie ogniotrwałej),
 3. wyroby z specjalnych tlenków: magnezu, wapnia, chromu i cyrkonu,
 4. wyroby z grafitu (węgla) i węglików (karborund).

Najważniejszym układem poszczególnych składników materiałów ogniotrwałych jest układ $SiO_2 - Al_2O_3$. Autor podaje wykres tego układu, zwracając uwagę na punkt eutektyczny o składzie 94.5% SiO_2 i 5.5% Al_2O_3 . Składnikami tego punktu są krzemionka (chrystopalit) i mulit (3 $Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2$). Muilt, syllimanit ($Al_2O_3 \cdot SiO_2$) i związek czy też mieszanina o składzie $Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2$ nie posiadają punktów charakterystycznych, jasno występujących na krzywych układu. Ogniotrwałość wyrobu wzrasta znacznie z wzrostem zawartości Al_2O_3 i dla glin ogniotrwałych wynosi od 1589° (stożek 26) do 1790 (stożek 36). Chcąc otrzymać wyroby bardziej ogniotrwałe trzeba sztucznie zwiększyć zawartość Al_2O_3 w glinie. To też wielkim postępem jest uszlachetnianie surowców, służących do wyrobu materiałów ogniotrwałych. Stosuje się następujące sposoby. Najprostszym jest szlamowanie dla oddzielenia większych ziaren piasku, skalenia, bardziej skomplikowanym i droższym elektroosmoza. Ostatni sposób okazał się jednak zbyt kosztowny w przypadku wyrobów ogniotrwałych. Dalsze zwiększenie ilości Al_2O_3 można osiągnąć przez dodawanie minerałów takich jak syllimanit naturalny, andaluzyt i cyanit o składzie $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ bądź też przez dodawanie sztucznie otrzymanego Al_2O_3 (elektrokorund), wychodząc z boksytu jako surowca. Dla przemysłu wyrobów ogniotrwałych wielkie znaczenie posiadałoby ulepszenie metod, polegających na usunięciu z gliny krzemionki przez ogrzewanie w piecu elektrycznym ze środkami redukującymi. Malinowski (J. Am. Ceram. Soc. 3. 40 (1920) proponuje otrzymywanie w ten sposób sztucznego syllimanitu.

Usiłowano również znaleźć metody uszlachetnienia surowców do wyrobu cegieł magnezytowych. Należy wyliczyć próby rozmieszczenia równomiernie żelaza w magnezytach przez działanie solami żelaza względnie kwasami (DRP 432105); wzbogacanie magnezytów w MgO przez usuwanie wapna (DRP 412397), otrzymywanie MgO z dolomitów i otrzymywanie stopionego MgO .

Chemija odgrywa poważną rolę nie tylko w przygotowaniu surowców do wyrobów ogniotrwałych. Proces formowania, leżący prawie całkowicie w dziedzinie mechaniki, ma również styczność z chemią. Wystarczy przytoczyć jako przykład odlewanie wyrobów ogniotrwałych, gdzie wykorzystano wpływ sody, szkła wodnego oraz całego szeregu innych substancyj na upłynnienie masy.

Wypalanie jest również procesem, w którym zjawiska chemiczne odgrywają przeważającą rolę. W ogniu tworzy się cały szereg nowych związków (z produktów rozpadu kaolinitu) względnie następują przemiany krystalograficzne (krzemionka). W procesie tym najbardziej uwidaczniają się wpływy zanieczyszczeń gliny różnemi minerałami, jak również wpływ atmosfery pieca.

W końcowej części swego artykułu autor zwraca uwagę na bardzo wielkie zmiany, jakie zaszły w dziedzinie badania materiałów ogniotrwałych. Analiza chemiczna i porównanie ogniotrwałości w stosunku do stożków Segera okazały się już dawno niewystarczające. To też badanie materiałów ogniotrwałych obejmuje dzisiaj poza wymienionemi oznaczeniami: oznaczenie temperatury odkształcania się pod ciśnieniem (ogniotrwałość pod ciśnieniem), oznaczenie współczynnika rozszerzalności, oznaczenie wytrzymałości na zmiany temperatury i oznaczenie odporności na działanie żużli (topników). Szczególnie ważne są: oznaczenie ogniotrwałości pod ciśnieniem i oznaczenie współczynnika rozszerzalności.

Pierwsze oznaczenie wykonuje się w piecu elektrycznym (kryptolowym) gdzie prostopadłościem wycięty z cegły czy też uformowany z gliny i znajdujący

się pod stałym ciśnieniem ($2-3 \text{ kg/cm}^2$) poddaje się działaniu temperatury i obserwuje się zmiany objętości próbki. Najważniejsze znaczenie posiada określenie temperatury, w której materiał zaczyna poddawać się ciśnieniu i temperatury, w której mięknie zupełnie. Zwykle dla danego badania wykreśla się odpowiednią krzywą. Do oznaczenia współczynników rozszerzalności służy również piec elektryczny, w którym ogrzewa się próbkę i mierzy zapomocą katetometru zmiany długości. Pomiary wykonuje się co 100° a rezultat podaje w formie krzywej. Oznaczenie współczynnika rozszerzalności ma szczególne znaczenie dla materiałów krzemionkowych, gdyż pozwala stwierdzić, jak daleko posunęła się przemiana kwarcu na trydymit czy też chrysobalit. Autor podaje szereg krzywych i wyjaśnia na tych przykładach korzyści jakie dają tego rodzaju badania w ocenie materiałów ogniotrwałych. J. K.

10. FARBBIARSTWO I DRUKARSTWO.

Odciski wełny i włosów w żywicy. — **ALOIZY HERZOG.** — *Textilber. Wiss. Ind. u. Handel.* 8. 341 (1927).

Badanie budowy komórek wełny i włosów pod mikroskopem daje dobre wyniki, jeżeli chodzi o włókna niezabarwione lub słabo zabarwione natomiast przy włóknach silnie zabarwionych obraz jest niejasny. Temu można zapobiec jeżeli zrobimy odpowiedni odcisk z włókna w odpowiednim środowisku. Najlepiej nadaje się do tego celu kit mikroskopowy Kröniga, dający odciski trwałe, jako twardego wosku pszczelnego, wosku Kar-nauba i parafiny. Takie odciski dają pod mikroskopem daleko czystsze i wyraźniejsze obrazy włókien, niż same włókna. Przy silnym powiększeniu zaleca się dać kroplę wodę na odcisk i przykryć szkiełkiem. T. S.



Ś. p. Inż. STANISŁAW ALBERTI

profesor i przełożony Wydziału chemicznego Państwowej Szkoły Przemysłowej w Krakowie zmarł 23 grudnia 1927 r.

Urodzony 23 X. 1826 w Wadowicach, po studiach 1879—1885 na polit. Wiedeńskiej był 1886—1890 asystentem od 1897 do 1907 pomocznym nauczycielem a od roku 1900 profesorem przedmiotów chemiczno-technicznych i towaroznawstwa w ówczesnej Wyższej Szkole handlowej w Krakowie. W r. 1890 został prowizoryczny a 1895 etatowym chemikiem miejskim w Krakowie. W r. 1910 został mianowanym przełożonym Wydziału chemicznego swej Szkoły, którym pozostał do końca życia.

Ogłosił drukiem prace: „O działaniu bezwodnika kwasu ftalowego na hydrazo-benzol“. „O sposobach przerabiania galicyjskich olejów niebieskich i zielonych na oleje smarowe, przydatne do użytku kolei“, szereg sprawozdań rocznych miejskiego laboratorium chemicznego, szereg referatów w pismach fachowych oraz podręcznik p. t. „Wiadomości z chemji dla szkół wydziałowych“ który doczekał się kilkakrotnych wydań.

Zawsze gotów spieszyć bliźnim z pomocą, gdy widział potrzebę, był wybitnym pedagogiem który jasnym i zwięzłym wykładem i osobistym przykładem w sumiennej pracy laboratoryjnej wychował liczny zastęp młodych adeptów swej wiedzy.

Wydawca: „Chemiczny Instytut Badawczy“, Warszawa.
Redaktor odpowiedzialny: Prof. Dr. Kazimierz Kling.



FOT. 1.

PRZEMYSŁ CHEMICZNY 1928/2