

asfaltowaną lub umaczną w roztopionym paku taśmę z juty.

Podaję te spostrzeżenia w przekonaniu, że i u nas przydałoby się zwrócić bacniejszą uwagę na szczelność połączeń. Straty gazu względnie wody są niedopuszczalnym marnotrawstwem.

Dr Inż. JÓZEF DUBOIS.

O oznaczaniu ciepła koksowania i rozkładu węgla kamiennych.

Bilans cieplny gazowni lub też koksowni opiera się zasadniczo na dwóch pozycjach. Jedna pozycja dotyczy skutku cieplnego generatora, druga — pieca gazowniczego, względnie koksowniczego. Dwie powyższe pozycje w sumie sprowadzają się do jednej wielkości, do tak zwanego podpału, czyli ilości kaloryj, zawartych w koksie, wprowadzonym do generatora i potrzebnych do odgazowania 1 kg węgla. Zrozumiałe jest, że wielkość podpału mówi o sumarycznej sprawności generatora i pieca gazowniczego. Obliczenie sprawności generatora nie nastręcza żadnych specjalnych trudności. Wiadoma jest, z jednej strony, ilość kaloryj, zawartych w doprowadzonym koksie, z drugiej strony — ilość kaloryj użytecznych, zawartych w otrzymanym gazie generatorowym plus ilość ciepła zużyta na wytworzenie pewnej ilości pary, o ile mamy do czynienia z generatorem centralnym, otoczonym płaszczem wodnym.

Obliczenie sprawności pieca gazowniczego względnie koksowniczego, jest bardziej skomplikowane. Nie wystarcza tutaj naogół znajomość ilości ciepła, doprowadzonej w gazie generatorowym i niezbędnej do ogrzania retorty i ilości ciepła, zawartej w produktach odgazowania plus ciepło zawarte w koksie. Ważną rolę w powyższym bilansie odgrywa ilość ciepła potrzebna, ażeby węgiel odgazować w danej temperaturze, czyli ta ilość, która zostaje zużyta na procesy chemiczne rozkładu węgla. Gdyby owa ilość ciepła była wielkością stałą dla różnych rodzajów węgla kamiennych, moglibyśmy ją pominąć w porównawczym bilansie cieplnym pieców gazownicznych. Rzecz się ma jednakże przeciwnie, ilość kaloryj potrzebnych do odgazowania i skoksowania 1 kg węgla kamiennego zależy nie tylko od rodzaju węgla, lecz również i od temperatury, w jakiej węgiel był odgazowany. Różnice przytem są znaczne i nie

mogą być pominięte w bilansie pieca. Zgóry również należy zaznaczyć, że ilości ciepła, niezbędne do skoksowania węgla kamiennego, częstokroć są wysokie.

Od lat już kilkunastu zauważa się dążenie w kierunku laboratoryjnego oznaczenia ciepła koksowania i rozkładu węgla kamiennych. Prace te, zapoczątkowane przez Strachego i jego współpracowników, zostały prowadzone dalej przez C. Otto, Davisa i Byrne. Metody oznaczania ciepła koksowania ulegały ciągłej ewolucji i ostatecznie dały pozytywne wyniki dzięki pracom E. Terresa i jego współpracowników. Skróć metod, stosowanych przez poprzedników, znajdujemy w artykule E. Terresa i H. Woltera ¹⁾.

Zadaniem mego referatu jest zaznajomienie czytelnika z pracami E. Terresa, również i dlatego, że pracując pod jego kierownictwem w Berlinie nad ciepłem koksowania i rozkładu węgla kamiennych, miałem możliwość zapoznania się z wszelkimi zaletami i wadami metody, stosowanej przez E. Terresa.

Prace E. Terresa sprowadzają się do oznaczenia dwóch wielkości: ciepła koksowania i ciepła rozkładu węgla kamiennych. Ażeby dokładnie odróżnić powyższe wielkości i zdać sobie sprawę, która z tych wielkości posiada praktyczne, względnie tylko teoretyczne znaczenie, rozpatrzmy ogólnie, z punktu widzenia termicznego, na jakich przemianach polega proces odgazowania i koksowania węgla kamiennego.

Z przestrzeni zewnętrznej, przez ściany retorty, zostaje doprowadzona pewna ilość ciepła; zostaje ona pobrana przez węgiel i ten ostatni ulega rozkładowi termicznemu. Zachodzi szereg, przeważnie mało zbadanych, reakcyj chemicznych, w wyniku których część węgla kamiennego ulega odgazowaniu, część zaś tworzy koks. Odgazowane produkty (węglowodory parafinowe, aromatyczne, tlenek węgla, wodór i inne, również węglowodory i związki węglowe, które zostają zebrane pod postacią smoły pogazowej) zawierają pewną ilość energii chemicznej, która może być wyzyskana przez spalanie powyższych produktów. Unoszą one z sobą z retorty również pewną ilość ciepła, która została zużyta na ich ogrzanie. Poza tem znaczna ilość ciepła znajduje się w koksie, ogrzanym do temperatury 1000 i wyżej stopni. Również niewielka ilość ciepła zostaje zużyta na pokonanie ciśnienia atmosferycznego podczas procesu odgazo-

¹⁾ G. W. F., 70, 1 i nast. (1927).

wania. W ogólnym zestawieniu wszystkie te wielkości należy uwzględnić i znaleźć dla nich odpowiedniki liczbowe.

Jeżeli obliczymy poszczególne pozycje, czyli obliczymy ilość ciepła (licząc na 1 kg odgazowanego węgla) zawartą w odgazowanym w danej temperaturze koksie (a), ilość ciepła, która została uniesiona wraz z tworzącym się gazem (ilość zużyta na ogrzanie gazu w retorcie — b), oraz pracę gazu (wyrażoną w kalorjach) zużytą na pokonanie ciśnienia atmosferycznego (c) i zsumujemy je razem, to otrzymamy ilość ciepła, uniesionego z retorty gazowniczej ($a + b + c$); gdy od tej wielkości odejmiemy ilość kaloryj doprowadzonych do odgazowania (A) otrzymamy pewną wielkość liczbową, która nosi nazwę ciepła rozkładu węgla kamiennego. Wielkość ta posiada dla różnych węgli wartości bądź dodatnie, bądź ujemne. Drugą wielkością jest owa ilość (A) kaloryj, potrzebnych do odgazowania i skoksowania 1 kg węgla kamiennego w danej temperaturze. Wielkość ta nie uwzględnia ilości ciepła zawartego w koksie, lub w gazie odlotowym i posiada zawsze wartość dodatnią; nosi nazwę ciepła koksowania węgla.

Przyjrzawszy się dokładniej tym dwom wielkościom stwierdzamy, że ciepło koksowania może posiadać dla gazowni i koksowni ważne praktyczne znaczenie, ciepło zaś rozkładu — raczej teoretyczne. Rzeczywiście, ilość ciepła, uniesiona przez gaz powstający z węgla (b), zostaje całkowicie zatracona wobec ochładzania gazu w chłodnicach powietrznych i wodnych, ilość ciepła (c) zużyta na pokonanie ciśnienia atmosferycznego przez tworzący się gaz również nie odgrywa żadnej roli w bilansie gazowniczym, zaś ilość ciepła zawarta w rozgrzanym koksie (a) może być rzeczywiście wyzyskana, przynajmniej częściowo, najczęściej jednak również zostaje zatracona podczas gaszenia koksu. Spostrzegamy więc, że wielkość ciepła rozkładu nie przedstawia specjalnej wartości praktycznej. Natomiast ważną jest wielkość ciepła koksowania węgla, gdyż mówi nam ona o ilości ciepła, niezbędnej do odgazowania i skoksowania węgla. Jeżeli użyłem tutaj słowa: „niezbędnej”, uczyniłem to celowo; rzeczywista ilość ciepła doprowadzonego musi być znacznie większa ze względu na straty ciepła na promieniowanie, na niecałkowite spalanie gazu generatorowego, oraz na ilość ciepła uniesioną do komina wraz z gazami spalinowymi. O skutku użytecznym pieca mówi nam właściwie całkowita ilość ciepła doprowadzona do pieca gazowniczego,

zmniejszona o ilość ciepła, która jest niezbędna do odgazowania węgla kamiennego.

Pomiary laboratoryjne, kalorymetryczne, na których opiera się metoda oznaczania ciepła koksowania i rozkładu węgla kamiennych, dają zupełnie pewne wyniki dla ciepła koksowania, dla ciepła rozkładu zaś otrzymujemy zazwyczaj dość znaczne rozbieżności. Wobec tego jednakże, że ciepło koksowania z punktu widzenia praktycznego posiada duże znaczenie, również ilość ciepła zawartego w rozgrzanym koksie łatwo i dokładnie daje się obliczyć, śmiało możemy pominąć rozbieżności w wynikach dla ciepła, uniesionego z gazem węglowym i pracy, wykonanej podczas odgazowania.

Badania już poczynione i wykonywane stale przez E. Terresa i jego współpracowników dały w wynikach wielkości absolutne dla ciepła koksowania węgla. Posiada to zasadnicze znaczenie, gdyż dawniejsze pomiary, wykonywane przez poprzedników, dawały raczej wartości względne, również średnie wartości wyprowadzane były z liczb o znacznych rozbieżnościach; np. Strache i Grau otrzymują dla pewnego węgla wyniki dla ciepła odgazowania pomiędzy — 57 i + 19 Kal, lub innego — 26 i + 12 Kal, i z tych wartości wyprowadzają wartość średnią; zrozumiałe jest, że podobnych wielkości nie można zaliczyć do absolutnych. Metoda, stosowana przez E. Terresa, polega na koksowaniu węgla w naczyniu kwarcowym, ogrzewaniem zapomocą prądu elektrycznego i umieszczeniem w specjalnie skonstruowanej bombie kalorymetrycznej. Opis dokładny budowy naczynia oraz bomby, również metody pomiarów, znajdujemy w pracy Terresa i Woltera²⁾. W pracy tej podany jest również szereg wyników dla ciepła koksowania węgla nienieckich. Dalsze prace znajdujemy w artykule Terresa i Meiera³⁾. Metoda ulega stopniowej ewolucji, uproszczeniom pomiarów kalorymetrycznych i ostateczny jej wyraz znajdujemy w pracach Terresa i Voituret⁴⁾.

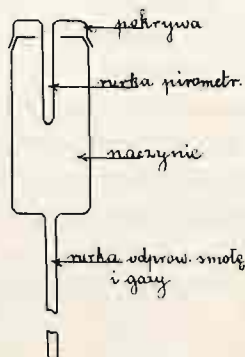
Zaznajomimy się obecnie w zarysach z powyższą metodą. Proces koksowania zachodzi w cylindrycznym naczyniu kwarcowym, zamkniętym szczelnie pokrywką kwarcową (rys. 1). Od pokrywki do wnętrza naczynia prowadzi zatopiona rurka kwarcowa, do której wstawia się stopiony koniec termopary. Dolny koniec naczynia wydłużony jest w kształ-

²⁾ G. W. F., 70, 1 i nast. (1927).

³⁾ G. W. F., 71, 457 i nast. (1928).

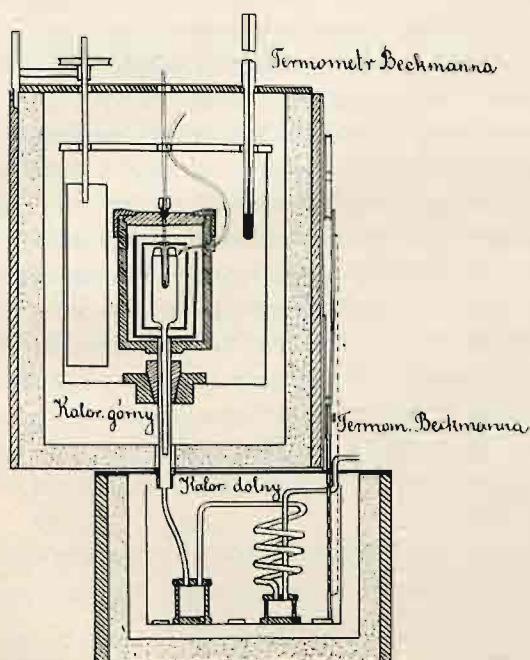
⁴⁾ G. W. F., 73, 3 i nast. (1930).

cie rurki i służy do odprowadzania smoły i produktów gazowych, wywiązujących się podczas procesu koksowania.



Rys. 1.

Na zewnętrznej powierzchni naczynka nawinięty jest cienki (0.25 mm^2) drut nichromowy; drut pokrywa się warstwą kaolinu, azbestu i ostаточно osłoną z miki. Naczynko wypełnia się badanym węglem w ilości około 15 g i wstawia do specjalnej bomby kalorymetrycznej. Bomba kalorymetryczna zostaje umieszczona w kalorymetrze wodnym, który z kolei jest otoczony kalorymetrem drugim — zewnętrznym. Pod temi kalorymetrami znajduje się mały kalorymetr, służący do oznaczania ciepła, zawartego w odlotowej smole i produktach gazowych (rys. 2).



Rys. 2.

Nim przystępujemy do właściwych oznaczeń ciepła koksowania, musimy wykonać szereg innych pomiarów wstępnych. Początkowo oznaczamy cie-

pło promieniowania kalorymetru wewnętrznego dla kilkunastu różnic temperaturowych pomiędzy kalorymetrem wewnętrznym i zewnętrznym; na zasadzie tych pomiarów wykreślamy krzywą promieniowania. Dalej oznaczamy wartość wodną kalorymetru. Czynimy to w ten sposób, że do kalorymetru zanurzamy naczynie o wewnętrznym elektrycznym ogrzewaniu; do naczynia grzejjego doprowadzamy ściśle oznaczoną ilość energii elektrycznej i mierzymy wzrost temperatury w kalorymetrze. Po wykonaniu powyższych wstępnych pomiarów oznaczamy pojemność cieplną naczynka kwarcowego, w którym będziemy wykonywali pomiary ciepła koksowania. Naczynka kwarcowe wypełniamy grafitem. Oznaczenia kalorymetryczne wykonywujemy dla około 10-ciu temperatur, poczynając od 500° i kończąc powyżej 1000° wewnątrz naczynka; zawsze przytem mierzymy dokładnie ilość doprowadzonej energii elektrycznej. Ażeby oznaczyć pojemność cieplną samego naczynka, od ogólnej ilości energii cieplnej, doprowadzonej pod postacią energii elektrycznej, odejmujemy ciepło zawarte w graficie w temperaturze pomiaru. Ciepło właściwe grafitu znajdujemy w pracy Terresa i Schallera⁵⁾. Na zasadzie wykonanych pomiarów wykreślamy krzywą pojemności cieplnej naczynka kwarcowego (włącznie z osłoną azbestową i mikową). Podobne pomiary dla ciepła promieniowania i wartości wodnej czynimy dla małego kalorymetru, umieszczonego pod kalorymetrem głównym.

Teraz dopiero przystępujemy do właściwej pracy. Naczynko kwarcowe wypełniamy badanym węglem, wstawiamy do bomby, dolną rurkę odlotową łączymy z kalorymetrem małym i ogrzewamy naczynko prądem elektrycznym do żądanej temperatury, ściśle mierząc ilość doprowadzonej energii. Gazy, wywiązujące się podczas procesu, ściągamy pod niewielkim podciśnieniem do butli szklanej poprzez zbiorniki oziębiające, umieszczone w kalorymetrze dolnym. Od oznaczonej ilości ciepła, którą zużyliśmy na skoksowanie węgla w pewnej temperaturze, odejmujemy pojemność cieplną naczynka kwarcowego w tejże temperaturze i otrzymujemy ilość ciepła, która została zużyta na skoksowanie węgla. Przeliczając tę ilość na 1 kg węgla, otrzymamy wielkość dla ciepła koksowania.

Dalej obliczamy ilość energii cieplnej, zawartej w produktach uzyskanych, czyli w koksie ogrza-

⁵⁾ G. W. F., 65, zes. 48/52 (1922).

nym do pewnej temperatury, w smole i gazach odlotowych (ze wzrostu temperatury w kalorymetrze małym, dolnym), oraz ilość energii, która została zużyta na pokonanie ciśnienia atmosferycznego przez wydzielające się gazy. Od sumy powyższych ilości ciepła odejmujemy oznaczoną poprzednio wartość dla ciepła koksowania i otrzymujemy w wyniku ciepło rozkładu węgla. Ażeby oznaczyć ciepło zawarte w rozgrzanym koksie, posiłkujemy się danymi dla średniego ciepła właściwego koksu z prac Terresa i Schallera⁶⁾ i Terresa i Biederbecka⁷⁾.

Taka jest w grubych zarysach metoda oznaczania ciepła koksowania i rozkładu węgla kamiennych. Jeżeli przyjąć jeszcze pod uwagę szereg technicznych szczegółów, możemy dojść do wniosku, że z zasady prosta, w rzeczywistym wykonaniu metoda staje się trudną i skomplikowaną. Naogół, ustawienie aparatury kalorymetrycznej, oznaczenie ciepła promieniowania kalorymetrów i oznaczenie ich wartości wodnej wymaga około 6 tygodni pracy. Zdawałoby się, że po wykonaniu tych wstępnych pomiarów oznaczenie ciepła koksowania może iść żwawo i bez specjalnych trudności. Bynajmniej, pomiary są również uciążliwe, a to ze względu na łamliwość i nietrwałość naczynka kwarcowego, również na łatwość przepalania się drutu oporowego, szczególnie w temperaturach około 1000°. Trwałość nowego naczynka kwarcowego obliczać można przeciętnie na 30 pomiarów, naturalnie dla temperatur różnych, włącznie niskich i wysokich. W temperaturach 900° do 1000° i wyżej trwałość naczynka jest znacznie mniejsza. Wobec tego, że na oznaczenie krzywej zawartości cieplnej naczynka w różnych temperaturach należy wykonać około 10 pomiarów, pozostaje więc około 20 pomiarów możliwych dla ciepła koksowania węgla czyli, że w naczynku można jeszcze oznaczyć krzywą koksowania dla 2—3 węgli. Jeżeli zaś przyjąć pod uwagę łamliwość naczynka, niebezpieczeństwo rozbicia podczas otwierania pokrywki, która często zasklepia się wydzielającą się z węgla smolą i szereg innych ewentualności, trwałość naczynka można obliczać na oznaczenie jednej, najwyżej dwóch krzywych ciepła koksowania. Wobec tego zaś, że »przygotowanie« naczynka, polegające na nawinięciu drutu oporowego i izolowaniu go, wymaga 1 dnia pracy,

zaś oznaczenie krzywej zawartości cieplnej — 2 dni, wstępne pomiary dla każdego węgla należy przeliczyć na 2—3 dni. Powyższy bilans czasu wskazuje na to, że metoda jest trudna i mozolna i w obecnej swej postaci, uważam, nie nadaje się do pracowni fabrycznych.

Obecnie zapoznany się z wynikami prac E. Terresa i jego współpracowników. Będziemy się na nie zapatrywali raczej pod kątem praktycznej zastosowalności. Więc koksowanie w niskich temperaturach nie przedstawia dla nas specjalnej wartości. Ważne zaś jest ciepło koksowania w temperaturach około 1000°, gdyż w takowych zostaje odgazowany węgiel w gazowniach i koksowniach. Ciepło rozkładu przedstawia również wartość raczej teoretyczną, gdyż ciepła tego wyzyskać nam się nie udaje i możemy jedynie robić poprawki tylko na ciepło zawarte w koksie. Zasadniczym dla nas pytaniem jest to, czy wielkości ciepła koksowania są znaczne, czy też nie; również, czy znacznie różnią się między sobą, zależnie od różnych rodzajów węgla. Pierwsze założenie przedstawia dla nas wartość zasadniczą. Dążeniem konstruktorów pieców gazowniczych i koksowniczych jest zmniejszenie do minimum podpału, przy jednoczesnym zachowaniu wydajności i dobroci gazu węglowego, względnie koksu. Zmniejszanie jednak stale owych kaloryj, niezbędnych do odgazowania węgla, posiadać musi pewne granice i granicą tą, teoretycznie, będzie oznaczone ciepło koksowania, względnie zmniejszone o ilość ciepła, zawartego w rozgrzanym koksie. Odpowiedź na drugie zagadnienie, dotyczące różnic w cieple koksowania węgla, posiada również wartość praktyczną; dzięki znajomości tych różnic możemy się wypowiedzieć, czy mogą być one pominięte w bilansie cieplnym pieca, czy też nie. Spotykałem się ze zdaniem fachowców, że różnice w cieple koksowania przedstawiają wartość raczej teoretyczną, gdyż w ogólnej ilości podpału, wynoszącej 700—800 i wyżej kaloryj (licząc na koks doprowadzony do generatora) stanowią one różnice niewielkie, mniej więcej około $\pm 5\%$.

Z prac E. Terresa zaczerpnijmy wartości dla ciepła koksowania 1 kg czystego węgla (bez popiołu i wilgoci) w temp. około 1000°:

węgiel	temp.	ciepło koksowania
Teutoburgia	1033°	467·5 Kal
Unser Fritz	960°	423·0 „
M. Stinnes	1003°	432·0 „
Graf Moltke	1040°	369·5 „

⁶⁾ G. W. F., 65, 162 (1922).

⁷⁾ G. W. F., 71, 265 (1928).

węgiel	temp.	ciepło koksowania
Präsident	1079°	377·5 „
Zollverein	1028°	502·5 „
König Ludwig	1090°	415·0 „
Preussen I/III	1078°	312·0 „
Recklinghausen	1050°	329·0 „
Graf Moltke III/IV	1041°	334·0 „
Neumühl	1023°	392·0 „
Kaiserstuhl	1055°	425·0 „

Różnice w cieple koksowania powyższych węgli nie są zbyt znaczne. Rozpatrzmy jednakże inną grupę węgli kamiennych:

węgiel	temp.	ciepło koksowania
Franz Schacht	1031	212 Kal
Reden Bildstock	1018	283 „
Revensworth Pelaw	1031	282 „
Preussen	1078	312 „
Heinitz Dechen	1045	248 „

i inne.

Jak zauważymy, ciepło koksowania dla węgli kolumny pierwszej wynosi średnio około 400 Kal, dla kolumny drugiej około 270 Kal. Różnice w cieple koksowania dla węgli w jednej z wyżej podanych kolumn są niewielkie. Różnice jednakże pomiędzy średnią wartością obydwu kolumn są bardzo znaczne i nie mogą być pominięte w bilansie cieplnym pieca, nawet o ile podpał wynosi 800 Kal/kg węgla. Same wielkości dla ciepła koksowania są również duże i stanowić mogą około połowy podpału. Kresem sprawności pieca gazowniczego lub koksowniczego będzie dla pewnych węgli liczba 400 Kal, dla innych 270 Kal/kg odgazowanego węgla, o ile nie wyzyskujemy ciepła, zawartego w rozgrzanym koksie. Ilość tego ciepła, jak już wspomniałem, łatwo jest obliczyć, dla przykładu jednakże podaję tę ilość dla kilku węgli z kolumny drugiej w wyżej wymienionych temperaturach:

Reden Bildstock	255 Kal
Revensworth Pelaw	270 „
Preussen	300 „
Heinitz Dechen	227 „

Jak widzimy, ilości ciepła zawarte w koksie dla powyższych rodzajów węgli są prawie równe ilościom ciepła, doprowadzonym do procesu zgazowania węgla. Wyzyskawszy więc ciepło rozgrzanego koks, możemy w granicach niewielkiego błędu uważać, że ilość teoretyczna ciepła doprowadzonego do odgazowania pewnych węgli równa jest zeru.

W pracowniach E. Terresa oznaczyłem krzywe koksowania i rozkładu dla dwóch węgli gazowniczych polskich. Przebieg krzywych jest dość skomplikowany, jednak w temperaturze 1040° dają obydwa węgle wyniki dla ciepła koksowania bardzo zbliżone, mianowicie: 220 i 195 Kal/kg odgazowanego węgla (surowego). Po potrąceniu ciepła zawartego w koksie, teoretyczna ilość ciepła potrzebnego do odgazowania sprowadza się do zera. Inne zupełnie wyniki dla ciepła koksowania dają węgle gazownicze japońskie; ciepło koksowania jest znacznie niższe i w temp. ok. 1000° wynosi ok. 100 Kal/kg odgazowanego surowego węgla. Widzimy więc, że wartość ciepła koksowania częstokroć jest bardzo różna i że nie powinno się jej pominąć w bilansie cieplnym gazowni lub koksowni.

BERLIN — HOCHSCHULE
1931 r.

Sprawozdania z ruchu i zarządu.

Zakład Gazowy w Gdyni nadesłał nam następujące orzeczenie w sprawie związanej z zamierzonym uruchomieniem gazowni w Gdyni:

Niżej podpisani, zaproszeni przez firmę »Zakład Gazowy w Gdyni« Sp. z ogr. odp., na konferencji odbytej w dniu 7 grudnia 1931 r. w obecności przedstawiciela Komisarjatu Rządu miasta Gdyni, p. inż. Mieczysława Michalskiego, po uprzednim zaznajomieniu się z wykonaniem urządzeń gazowni, orzekamy wedle swej najlepszej wiedzy i woli co następuje:

Gaz, który ma być produkowany w gazowni gdyńskiej, będzie mieszaniną, złożoną z tak zwanego dwugazu i z par gazolu w stosunku około 95 % obj. dwugazu i około 5 % obj. par gazolu, o wartości opałowej górnej 4.200 Kal/m³ przy 0° i 760 mm słupa rtęci.

Urządzenia do wytwarzania dwugazu systemem prof. Strache'go stosowane są z powodzeniem już od szeregu lat w miejscowościach takich, jak: Berno, Graz, Rzym, Fiume, Udine, Bologna, Leoben, Marburg, Szabatka, Lublana, Sarajewo, Kopreinitz, Esseg, Split, Chemnitz, Annaberg, Isingör, Zwickau, Aussig, Herzberg, Kochendorf, Landau, Semmering koło Wiednia, Konstantynopol, Belfort, Padwa, Neapol i innych, jak to widoczne z dołączonego prospektu firmy.

W Polsce od sześciu lat funkcjonuje gazownia dwugazu w Poznaniu, jako urządzenie uzupełniające.