

# PRZEGLĄD TECHNICZNY

CZASOPISMO POŚWIĘCONE SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU  
WYDAWNICTWA ROK SZESZCZDZIESIĄTY

Przedpłatę kwartalną . . . . . 15 zł. przyjmując Administracja i Poczłowa Kasa Oszczę- dności na konto Nr. 515.	Ceny ogłoszeń:  Jednorazowych:  Za jedną stronicę . . . . . zł. 300.— „ pół strony . . . . . „ 165.— „ ćwierć strony . . . . . „ 90.— „ jedną ósmą . . . . . „ 45.— „ jedną szesnastą . . . . . „ 25.—	Ceny ogłoszeń w zeszytach specjalnych ustalane są każdorazowo. Dopłaty: za 1 str. okładki 100 proc., za IV str. okł. 50 proc., za zamówione miejsce na innych stronach 20 proc. Ogłoszenia dla poszukujących pracy, nada- ne w Administracji, zł. 8 za 1/16 str.
Przedpłata zagranicą . . . . . 75 zł. rocznie 20 zł. kwart. Cena zeszytu . . . . . zł. 2.50 (Ceny zeszytów specjalnych są ustalane każdorazowo) Za zmianę adresu (znaczkami poczt.) . . . . . 1 zł.		

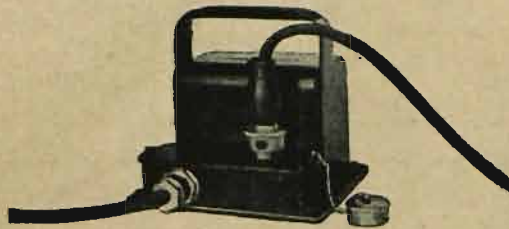
Biurow Redakcji i Administracji: Warszawa, ul. Czackiego Nr. 3 (Gmach Stowarzyszenia Techników). Telefon Nr. 657-04.  
Redakcja otwarta we wtorki, czwartki i piątki od godz. 8 do 8 i pół wieczorem. Administracja otwarta codziennie od godz. 9 rano do 7 wiecz.  
Wejście do Redakcji i do działu prenumerat Administracji: — przez sieć główną budynku.

ŻĄDAJCIE

TRANSFORMATORÓW

24-WOLTOWYCH

120/24 V lub 220/24 V



FABRYKA APARATÓW  
ELEKTRYCZNYCH

**K. SZPOTAŃSKI i S<sup>KA</sup>**

WARSZAWA

Kałużyńska Nr. 4.

Telefon 10-02-43.

2

## Patenty na wynalazki

rejestracje wzorów użytkowych i zdobniczych,  
znaków towarowych, sprawy sporne i odwołania załatwiają w kraju i zagranicą  
RZECZNIICY PATENTOWI:

- Inż. Maurycy Brokman — Warszawa, ul. Senatorska 36 tel. 618-62
- Dr. Inż. Marjan Kryzan — Poznań, ul. Krasieńskiego 9 tel. 62-21
- Inż. Stanisław Pawlikowski — Warszawa, ul. Marszałkowska 113 tel. 217-92
- Inż. Czesław Raczyński — Warszawa, ul. Piękna 64 tel. 8-35-29
- Inż. Wacław Tymowski — Warszawa, ul. Elektoralna 11, tel. 240-16
- Inż. Feliks Winnicki — Poznań, Al. Marcinkowskiego 21, tel. 72-22
- Inż. Janusz Wyganowski — Warszawa, ul. Ordynacka 6, m. 4 tel. 261-50
- Inż. Mieczysław Zmigryder — Warszawa, ul. Wilcza 47—49 tel. 8-85-39 20

**Organizacja rachunkowości i kalkulacji. Bilanse.  
Rewizje i ekspertyzy buchalteryjne. Konsultacje.**

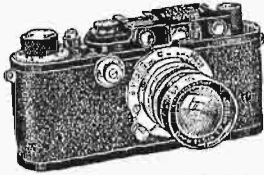
BIURO BUCHALTERYJNO-  
REWIZYJNE

**ST. WASIŁOWSKI i ST. WOJCIECHOWSKI**  
BUCHALTERZY-RZECZOZNAWCY

SPÓŁKA  
FIRMOWA

Warszawa, ul. Focha 3, m. 2, telefon 222-41

114



# Leica

miniaturowa kamera fotograficzna  
o niedoścignionej precyzji  
i najwyższej gotowości do zdjęć

**Leica**

dzięki wymiennym obiektywom o najwyższej korekcji, wielkiej jasności (1:2) i dużym kącie (65°) umożliwia najtrudniejsze zdjęcia warsztatów i maszyn w ruchu, prac na budowlach i t. p.

**Leica**

przy pomocy bardzo prostych przybiorów pomocniczych umożliwia niezwykle tanie, masowe reprodukcje rysunków, tablic, wykresów, planów i in.

**Leica**

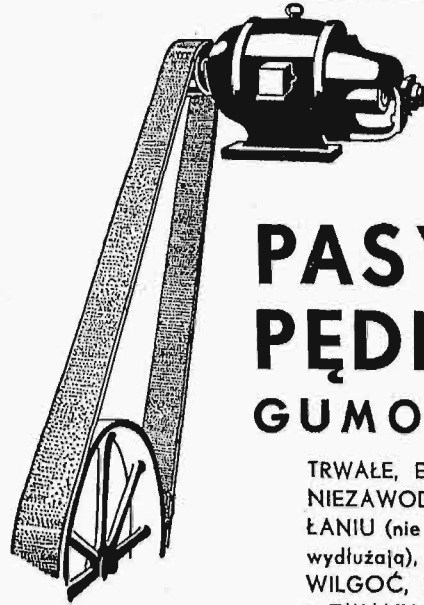
to niezawodny dzienniczek, idealne narzędzie zarówno dla naukowca, jak i technika lub reportera.

Do nabycia w składnicach fotograficznych!  
Obszerne katalogi T-34 na żądanie bezpłatnie!

**ERNST LEITZ** ZAKŁADY OPTYCZNE  
w WEIZLAR

JENERALNA REPREZENTACJA:  
WARSZAWA, UL. CHMIELNA 47a-5

89



## PASY PĘDNE GUMOWANE

TRWAŁE, EKONOMICZNE  
NIEZAWODNE W DZIAŁANIU (nie ślizgają się i nie wydłużają), ODPORNE NA WILGOĆ, PARĘ, KWASY I ZMIANY TEMPERATURY

WSZELKIE WYROBY GUMOWE TECHNICZNE  
oraz WSZELKIE WYROBY Z GUMY  
STOSOWANE W PRZEMYSŁE

ZAKŁADY KAUCZUKOWE

**PIASTÓW, Sp. Akc.**

WARSZAWA, ZŁOTA 35, TEL. 5.33-49

# STOWARZYSZENIE MECHANIKÓW POLSKICH Z AMERYKI

SP. AKC.

w WARSZAWIE, ul. MARSZAŁKOWSKA 130

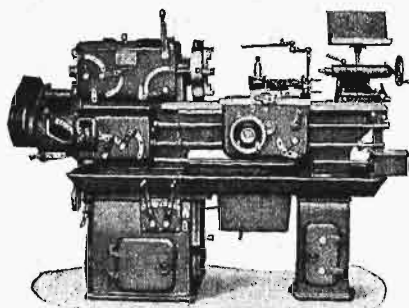
Telefony: 693-88, 693-31, 693-66, 693-41, 693-26.

Wytwórnia w PRUSZKOWIE i Zakłady Przemysłowe „POMĘBA”.

### Polecamy własnego wyrobu:

**Obrabiarki do metali:** tokarki, wiertarki, strugarki poprzeczne i podłużne, frezarki pionowe i poziome, dłutownice, szlifiarki, ryflarki, obrabiarki dla ciężkiego przemysłu kolejowego i hutniczego wagi, sięgającej powyżej 50 000 kg, obrabiarki do drzewa.]

**Przyrządy do:** frezowania, szlifowania, gwintowania na tokarkach. Przyrządy podziałowe i do pionowego frezowania na frezarkach. Imadła: maszynowe i warsztatowe.



Tokarka precyzyjna szybkobieżna  
typu „2. T. X E”.

**Narzędzia do obróbki metali:** wiertła, rozwiertaki, frezy, gwintowniki i t. p.

**Przyrządy fabrykacyjne:** wiertarki, uchwyty, przymiary i t. p.

**Odlewy żeliwne:** maszynowe, wlewnice, cylindry parowozowe, rury wodociągowe, kanalizacyjne i ściekowe oraz kształtki do nich, odlewy sanitarne i naczynia kuchenne — surowe i emaljowane, odlewy dla centralnego ogrzewania.

# STOWARZYSZENIE TECHNIKÓW POLSKICH W WARSZAWIE

KONTO P. K. O. 128.

## KOMUNIKAT KANCELARJI:

W piątek dnia 15 czerwca r. b. o godz. 20-ej w Sali Wielkiej Stow. Techników odbędzie się **wieczór dyskusyjny** na temat gospodarki miejskiej, poruszony na posiedzeniu technicznym w dniu 11 maja r. b. przez inż. Wiesława Gąssowskiego.

Wieczór dyskusyjny zagajony będzie referatem p. Marjana Borzęckiego, b. wiceprezydenta Warszawy:

**„Rola i znaczenie samorządu w życiu narodu“.**

## POSADY WAKUJĄCE.

- 32—Główny Urząd Miar poszukuje dyplomowanego Inżyniera mechanika w wieku do lat 35. Pożądana znajomość języków obcych (niemiecki, francuski, angielski) i doświadczenie w pracy laboratoryjnej. Podania wraz z dokumentami należy składać w Głównym Urzędzie Miar w Warszawie (ul. Elektoralna 2).
- 36—Młody inżynier, z kilkuletnią praktyką warsztatową potrzebny do fabryki w Warszawie. Oferty do administracji pisma pod Nr. 36.

34—Instytut Spraw Społecznych ogłasza konkurs na pracę o rusztowaniach budowlanych ze stanowiska bezpieczeństwa pracy. Warunki konkursu oraz nagrody są do przejrzania w Kancelarii Stow. Techników.

38—Inżynier mechanik energiczny, doświadczony warsztatowiec, dobrze znający pracę obrabiarek metali, pras do łoczenia oraz umiejący sporządzać przyrządy do pras. Oferty nadsyłać do administracji pisma pod Nr. 38.

40—Fabryka Maszyn, Kotłów i Wagonów poszukuje dwóch samodzielnych Konstruktorów, obeznanych z budową wagonów kolejowych — na okres przejściowy. Pierwszeństwo kawalerom. Zgłoszenia do administracji pisma pod Nr. 40.

## Prasę wrzecionową

o średnicy wrzeciona 150 mm używaną lecz w dobrym stanie **kupimy** przy natychmiastowej dostawie.

**BENN, Bielsko (Śląsk) ul. Rzeźnicza 41**

149

## NAKŁADEM KOMISJI WYDAWNICZEJ TOW. BRATNIEJ POMOCY STUDENTÓW POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

WARSZAWA, POLNA 3 Gmach Politechniki. TELEFON 8-82-60.

UKAZAŁY SIĘ OSTATNIO NASTĘPUJĄCE WYDAWNICTWA:

- 1. Dr. S. Böbr — „GEOMETRIA ANALITYCZNA“
- 2. Prof. L. Karasiński — „WYTRZYMAŁOŚĆ TWORZYW“
- 3. Prof. St. Kunicki — „PARCIE ZIEMI NA MURY PODPOROWE“
- 4. „ „ „ — „LINJE WPŁYWOWE“.
- 5. Prof. J. Michalski — „WYKŁAD EKONOMJI POLITYCZNEJ“.
- 6. Inż. K. Nowak — „UZWOJENIA TWORNIKÓW MASZYN ELEKTRYCZNYCH PRĄDU STAŁEGO“.
- 7. Inż. A. Piotrowski — „PRZEPŁYW WODY O ZWIERCIADLE SWOBODNEM“.
- 8. Prof. A. Pszenicki — „WZORY OBLICZEŃ MOSTÓW DREWNIANYCH“.
- 9. Prof. W. Pogorzelski — „GEOMETRIA ANALITYCZNA“.
- 10. „ „ „ — „ANALIZA MATEMATYCZNA“, tom I.
- 11. Prof. M. Pożaryski — „MASZYNY ELEKTRYCZNE I PROSTOWNIKI“.
- 12. „ „ „ — „TEORJA PRĄDÓW SZYBKOSMIENNYCH“.
- 13. „ „ „ — „NAUKOWE PODSTAWY ELEKTOTECHNIKI“.
- 14. „ „ „ — „POMIARY ELEKTRYCZNE W TECHNICIE“.
- 15. Prof. W. Puzkowski — „ŻELBETNICTWO“.
- 16. Prof. M. Rybczyński, prof. dr. K. Pomianowski, doc. dr. K. Wójcicki — „HYDROLOGJA“, cz. I. i cz. II.
- 17. Prof. L. Staniewicz — „PODSTAWY ELEKTOTECHNIKI“.
- 18. Inż. T. Monkiewicz — „MASZYNY KOMUTATOROWE PRĄDÓW ZMIENNYCH“.
- 19. Prof. R. Trechciński — „OBLICZENIA IŁOŚCI ORGANÓW POŁĄCZENIOWYCH“.
- 20. „ „ „ — „TRANSLACJE TELEFONICZNE“, cz. I i II.
- 21. Dr. W. Wierzbiński — „MECHANIKA BUDOWLI“.
- 22. „ „ „ — „ZADANIA ZE STATYKI BELEK PROSTYCH“.
- 23. Inż. J. Zieliński — „PROJEKTOWANIE KONSTRUKCYJ ŻELBETOWYCH“.
- 24. Prof. K. Pomianowski — „BUDOWNICTWO WODNE“, cz. I. (Zbiorniki i Zapory).

KOMISJA WYDAWNICZA posiada wszelkie obce wydawnictwa krajowe i zagraniczne ze wszystkich dziedzin techniki.

ANTYKWARJAT I KRAM KOMISJI WYDAWNICZEJ posiada cyrkle, suwaki rachunkowe, pióra wieczne, kiero-nice, ekierki i t. p. przybory kreślarskie, wyroby wszelkich firm oraz przyjmuje do oprawy książki po cenach bardzo przystępnych.

Wydawnictwa zamówione listownie wysyłamy za pobraniem pocztowem doliczając koszty przesyłki: do odbiorców stałych eks pedujemy bez pobrania, z warunkiem wpłaty należności zaraz po otrzymaniu przesyłki na konto nasze w P. K. O. Nr. 7670

Na żądanie wysyłamy bezpłatnie obszernie, opisowe katalogi.

Przedpłatę kwartalną . . . . . 15 zł.	Ceny ogłoszeń:	
przyjmuje Administracja i Pocztowa Kasa Oszczę-dności na konto Nr. 515.	Jednorazowych:	
Przedpłata zagranicą . . . . . 75 zł. rocznie	Za jedną stronicę . . . . . zł. 300.—	Ceny ogłoszeń w zeszytach specjalnych ustalane są każdorazowo.
„ „ „ . . . . . 20 zł. kwart.	„ pół strony . . . . . „ 165.—	Dopłaty: za 1 str. okładki 100 proc., za IV str. okł. 50 proc., za zamówione miejsce na innych stronach 20 proc.
Cena zeszytu . . . . . zł. 2.50	„ ćwierć strony . . . . . „ 90.—	Ogłoszenia dla poszukujących pracy, nada-ne w Administracji, zł. 8 za 1/16 str.
(Ceny zeszytów specjalnych są ustalone każdorazowo)	„ jedną ósmą . . . . . „ 45.—	
Za zmianę adresu (znaczkami poczt.) . . . . . 1 zł.	„ jedną szesnastą . . . . . „ 25.—	

Biurowisko Redakcji i Administracji: Warszawa, ul. Czackiego Nr. 3 (Gmach Stowarzyszenia Techników), Telefon Nr. 657-04.  
 Redakcja otwarta we wtorki, czwartki i piątki od godz. 8 do 8 i pół wieczorem. Administracja otwarta codziennie od godz. 9 rano do 7 wiecz.  
 Wejście do Redakcji i do działu prenumerat Administracji: — przez sieć główną budynku.



**CASTOR****MECHANICZNE HYDROLOGICZNE**

PRZEDSIĘBIORSTWO BUDOWLANE

**MAURYCJ KARSTENS**

Warszawa, Koszykowa 7. Tel. 8-27-95.

Kraków, Biuro „Kastor”. Rynek Kleparski Nr. 5. Tel. 102-18.

Wilno, Biuro Handl. M. Jankowski, Ś-to Jańska Nr. 9.  
Katowice, inż. Stanisław Nitsch, Matejki Nr. 5.  
Poznań, M. Czubek i S-ka, Gwarna Nr. 8. Tel. 32-12.  
Lwów, Fabryka Gipsu Józefa Franz i Synowie  
Listopada Nr. 97. 5**Potrzebni  
INŻYNIEROWIE lub TECHNICY**

jako konstruktorzy do ogólnofabrycznych i hutniczych urządzeń. Konieczna również i dobra znajomość obrabiarek. Również potrzebna znajomość conajmniej 2-ech języków obcych (angielski, niemiecki i francuski). Reflektujemy tylko na samodzielne siły z dłuższym doświadczeniem, mogące niezwłocznie lub w bardzo krótkim czasie objąć stanowisko.

Oferty z odpisami świadectw i referencjami kierować należy do **Biura Ogłoszeń Teofil Pietraszek**, Warszawa, Marszałkowska 115, pod „Konstruktor”.

152

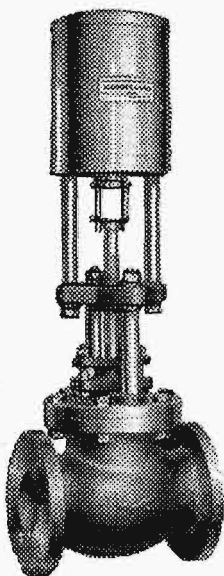
**POTRZEBNI**zdolni samodzielni **TAKSATORZY**

robocizny akordowej w działach kotłów i konstrukcji żelaznej oraz w kowalstwie kotlarskim i maszynowym. Zgłoszenia pisemne z curriculum vitae oraz podaniem wymaganego wynagrodzenia uprasza się kierować do Administracji „Przeglądu Technicznego” pod „Taksator”.

**INŻYNIER lub TECHNIK-KONSTRUKTOR**

narzędzi pneumatycznych zwłaszcza kopalnianych, niezwłocznie potrzebny. Tylko osoby posiadające duże doświadczenie w tej dziedzinie zechcą przesłać oferty z życiorysem, świadectwami wykształcenia i pracy oraz wymaganego wynagrodzenia pod: „Pneumatyk” do **Biura Ogłoszeń Teofil Pietraszek**, Warszawa, ulica Marszałkowska 115.

150

**Polecamy ze składu w Warszawie lub w krótkim czasie z fabryki**

- 1) **APARATY ELEKTRYCZNE**, zabezpieczające **KOTŁY** przed tworzeniem się **KAMIENIA KOTŁOWEGO**.
- 2) **AUTOMATY PŁYWAKOWE** i **CIŚNIENIOWE** dla gazów, powietrza i płynów.
- 3) **TERMOREGULATORY** i **TERMOSTATY** do wszelkich celów.
- 4) **ZAWORY** sterujące z odległości: regulujące i dławikowe z napędem motorkowym dla płynów, pary i gazów.
- 5) **AUTOMATY** zegarowe do samoczynnego zapalania i gaszenia lamp ulicznych, klatek schodowych i wystaw sklepowych.

**PRECYZYJNE WYKONANIE****NISKIE CENY**

Wytwórcy:  
FABRYKA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH  
**Fr. SAUTER, Tow. Akc. w Bazylei**  
Szwajcaria

Wyłączne przedstawicielstwo:  
TOWARZYSTWO TECHNICZNO-HANDLOWE  
„**P O L A M**”, Sp. z o. o.  
Warszawa, Hoża 36      Tel. 9-27-64

# PRZEGLĄD TECHNICZNY

## CZASOPISMO POŚWIĘCONE SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU

Nr. 12

WARSZAWA, 13 CZERWCA 1934 R.

Tom LXXIII

## TREŚĆ:

- Rozważania nad zagadnieniem wytrzymałościowym prętów podłużnie ściskanych, nap. Dr. Inż. M. T. Huber, Profesor Politechniki Warszawskiej.
- Rola żeliwa w budowie aparatury dla przemysłu chemicznego, nap. Inż. M. Lenartowski.
- Wytwarzanie amoniaku syntetycznego w Polsce, nap. inż. L. Kowalczyk.
- Wtórne powietrze w paleniskach kotłowych, nap. inż. H. Bock.
- Przegląd pism technicznych.
- Bibliografja.
- Sprawozdania i Prace Polskiego Komitetu Energetycznego.

## SOMMAIRE:

- Considérations sur le problème de la résistance des barres soumises à compression longitudinale (à suivre), par M. M. T. Huber, Dr. ès sc. techn., Professeur à l'École Polytechnique de Varsovie.
- Le rôle de la fonte dans la construction des appareils pour l'industrie chimique, par M. M. Lenartowski, Ingénieur dipl.
- La fabrication de l'ammoniaque synthétique en Pologne, par M. L. Kowalczyk, Ingénieur chimiste.
- L'air secondaire dans les foyers des chaudières à vapeur, par M. H. Bock, Ingénieur mécanicien.
- Revue documentaire.
- Bibliographie.
- Bulletin du Comité Polonais de l'Énergie.

M. T. HUBER

## Rozważania nad zagadnieniem wytrzymałościowym prętów podłużnie ściskanych

## Wstęp.

Dyskusja na temat „wyboczenia” (tem związany bowiem mianem oznacza się zwykle zagadnienie prętów podłużnie ściskanych), tocząca się od tak dawna (w naszym piśmiennictwie np. conajmniej od lat 60-ciu), nietylko nie ustaje, ale owszem przybiera nawet na sile, podsycana rozważaniami teoretycznymi, a bardziej jeszcze pracami doświadczalnymi i rozwojem techniki konstrukcyjnej. W dyskusji tej zabierałem głos publicznie już w r. 1904 w odczycie wygłoszonym w Polskim Tow. Politechnicznym we Lwowie, który ukazał się w druku tegoż roku w „Przeglądzie Techn.” p. t. „O wytrzymałości słupów”. Tak wówczas, jak i wielokrotnie później, wskazywałem na trudności zbudowania pomostu pomiędzy naukowem traktowaniem zagadnienia a potrzebami konstruktorów. Oświetlałem także wynikające stąd nieporozumienia i rozbieżności krytycznie wzory, jakie tu i ówdzie powstały.

Jakkolwiek niektóre myśli, rzucone w r. 1904, nie straciły, jak mniemam, aktualności po dziś dzień, to jednak mogą i powinny być uzupełnione rozważaniami, uwzględniającymi ważne prace, jakie się ukazały w ciągu minionego 30-lecia. Bezpośrednim bodźcem do tych rozważań były niektóre najnowsze prace polskie, bądź to rozpoczęte, bądź też dopiero częściowo ogłoszone, ale dobrze mi znane. Pragnąłbym przez ogłoszenie tych rozważań zapobiec nowym nieporozumieniom, które zdają się grozić zamęceniem atmosfery naukowej naszego zagadnienia, dość już oczyszczonej, jak sądzę, ażeby łatwo było rozróżnić wszelkie charakterystyczne rysy skomplikowanego zjawiska, jakie zachodzi przy ściskaniu podłużnych prętów, aż do ich zniszczenia.

## I.

Najbardziej typowe cechy w zachowaniu się prętów osiowo ściskanych dają się uwydatnić najlepiej w zestawieniu ich z prętami osiowo rozciąganiem. Tak jedne, jak i drugie, stanowią najprostsze i najczęstsze elementy konstrukcyjne o postaci zwykle przyrównanej (względnie walcowej), czyli o stałym przekroju poprzecznym. Do takiej postaci ograniczymy wszelkie dalsze rozważania. Przyjmijmy nadto narazie, że siły obciążające oba przekroje końcowe pręta sprowadzają się do dwu wypadkowych  $\hat{P}_1$ , —  $\hat{P}_2$ , leżących na osi pręta, jako prostej określonej w jego stanie nieobciążonym.

Gdyby te pręty były ciałami sztywnymi, dla których ogólne warunki równowagi mechaniki teoretycznej są warunkami koniecznymi i wystarczającymi, to oczywiście zachodziłaby równowaga pręta przy każdej, dowolnie wielkiej wartości sił  $\hat{P}_1$ , —  $\hat{P}_2$ , bez względu na to, czy te siły są siłami rozciągającymi, czy też ściskającymi. Ponieważ pręty rzeczywiste są odkształcalne, mniej lub więcej, a odkształcenia ich, po części sprężyste (odwracalne), po części plastyczne (trwałe, nieodwracalne) nie mogą być dowolnie wielkie, przeto trwała równowaga pręta jest uzależniona jeszcze od innych warunków. Doświadczenie poucza, że warunki te zależą nie tylko od materiału pręta, lecz także w znacznej mierze od tego, czy  $\hat{P}_1$  i —  $\hat{P}_2$  są siłami rozciągającymi, czy też ściskającymi. Wyobraźmy sobie rosnący ciąg wartości sił obciążających

$$P_0 (=0) < P_1 < P_2 < \dots$$

Z doświadczenia wiemy przedewszystkiem, że ciąg wartości obciążeń, przy których zachodzi

trwała równowaga pręta, jest ograniczony pewną wartością  $\bar{P}$ , zależną od pola przekroju pręta  $F$  i od jego materiału. Wartość tę nazwiemy obciążeniem krańcowym lub niszczącym. (W piśmiennictwie spotyka się także nazwę „obciążenie krytyczne”, którą jednakże stosować będziemy poniżej w znaczeniu odmiennym).

Bardzo doniosła różnica w zachowaniu się prętów rozciąganych i ściskanych tkwi w tym, że przy rozciąganiu wartość  $\bar{P}$  jest niezależna od długości pręta, podczas gdy przy ściskaniu jest tem mniejsza, im długość pręta jest większa przy danym przekroju poprzecznym. Nazwawszy smukłością stosunek długości pręta do stosownie dobranego wymiaru poprzecznego<sup>1)</sup>, stwierdzamy zatem na podstawie doświadczenia, że wielkość obciążenia krańcowego  $\bar{P}$  prętów rozciąganych jest niezależna od ich smukłości ( $s = \frac{l}{i}$ ); natomiast  $\bar{P}$  prętów ściskanych maleje szybko ze wzrostem smukłości.

Oddawna szukano przyczyny tego faktu doświadczalnego i usiłowano wydedukować zależność  $\bar{P}$  od smukłości  $s$  dla prętów osiowo ściskanych z własności fizycznych ich materiału. Zwrócono przytem uwagę na to, że pręt rozciągany osiowo pozostaje trwale prosty przy każdej wartości siły mniejszej od  $\bar{P}$ , natomiast pręt osiowo ściskany objawia skłonność do wygięcia się przy dostatecznie wielkiej wartości  $P$ , która bywa często mniejsza od wartości krańcowej  $\bar{P}$ . Wyjaśnienie wydawało się na pozór bardzo proste. Pręt osiowo obciążony, jaki mamy na myśli w najprostszycy rozważaniach teoretycznych, jest abstrakcyjnym modelem pręta rzeczywistego, który ani nie jest doskonale prosty, ani ściśle jednorodny, ani też matematycznie osiowo obciążony. Te nieuniknione drobne odchylenia od modelu teoretycznego muszą spowodować dodatkowe drobne momenty zginające. Otóż widocznym skutkiem tych momentów w przypadku sił rozciągających musi być dążność do pomniejszenia odchylenia od prostoliniowości osi pręta i t. d. Natomiast w przypadku

<sup>1)</sup> Jako ten wymiar, przyjmuje się — według znanych wskazówek teorii — ramię bezwładności przekroju poprzecznego pręta ( $i$ ), zwykle najmniejsze.

Zamiast nazwy „smukłość”, której używam (nie sam zresztą) przynajmniej od lat 30-tu na oznaczenie stosunku  $l:i$ , pojawiła się później „wysmukłość” (zupełnie synonimowa, ale mniej wygodna, jako dłuższa), w ostatnich zaś czasach: „wiotkość”. Niepodobna uznać tej nowej nazwy za szczęśliwą. Co gorzej — nazwa ta jest na oznaczenie  $l:i$  zupełnie nieodpowiednia. W mowie potocznej rozumiemy bowiem powszechnie przez „wiotkość” (np. przedmiotów takich, jak cienkie pręty, druty, blachy, tkaniny i t. p.) własność, która jest przeciwieństwem „sztywności”, a zatem własność zależną nie tylko od wymiarów geometrycznych, ale także od stałych wytrzymałościowych materiału. W tem znaczeniu jest oczywiście cienki pręt drewniany bardziej wiotki od stalowego przy równych wartościach stosunku  $l:i$ . Na nazwę „wiotkość” zasługiwałaby np. wartość wyrażenia  $\frac{l^3}{EJ}$  lub  $\frac{l}{\sqrt{EJ}}$ , gdyż im ta wartość jest większa, tem mniejsza jest siła potrzebna do wygięcia pręta przez wyboczenie. Tymczasem stosunek  $l:i$  określa tylko własność geometryczną, która nie ma nic wspólnego z materiałem. Tylko u prętów z tego samego materiału można wiotkość (we właściwym tego słowa znaczeniu) mierzyć wartością  $l:i$ .

sił ściskających momenty te w miarę wzrostu sił zwiększają niedostrzegalną w stanie nieobciążonym krzywiznę osi pręta, co powoduje dające się obserwować wygięcie, czyli wyboczenie pręta ściskanego.

Zaznaczyć wypada, że w piśmiennictwie technicznym nazywają często „wyboczeniem” każde wygięcie pręta pod wpływem sił podłużnych ściskających, bez względu na to, czy mimośród obciążenia, początkowa krzywizna osi i t. p. są uwzględniane tylko nieuniknioną niedokładnością wykonania, czy też mamy do czynienia z mimośrodem określonym warunkami podparcia końców pręta lub określoną małą początkową krzywizną osi i t. p.

Skoro umieścimy pomiędzy końcami pręta dodatkowe podpory (z boku), ograniczające swobodę jego wygięcia się, to w przypadku rozciągania podpory te nie mają dostrzegalnego wpływu na wartość  $\bar{P}$ . Natomiast wpływ takich podpór na  $\bar{P}$  w przypadku ściskania jest ogromny.

Zaznaczyć wypada, że w pracach dawniejszych nie wprowadzałem wartości krańcowej  $\bar{P}$ , powyżej określonej, lecz blisko z nią pokrewną, choć nie identyczną, wielkość  $P_w$ , nazwaną obciążeniem niebezpiecznym. Wielkość ta była określona jako wartość obciążenia, które wywołuje w materiale naprężenia niebezpieczne (a więc np. naprężenia towarzyszące wyraźnym odkształceniom plastycznym u metali, zgnieceniu włókien ściskanych u drzewa i t. p.). W wielu przypadkach wartości  $\bar{P}$  i  $P_w$  schodzą się wprawdzie, ale np. u prętów z miękkiej stali może niekiedy  $\bar{P}$  przewyższać dość znacznie  $P_w$ , dzięki zjawisku twardnienia materiału wskutek doznanych odkształceń plastycznych.

Na postawione powyżej pytanie, dlaczego  $\bar{P}$  prętów osiowo ściskanych zależy od ich smukłości, szukano najpierw odpowiedzi przy założeniu ograniczającym, że odkształcenia materiału pręta mieszczą się w granicach sprężystości i ważności prawa Hooke'a, wtedy bowiem można z wielką dokładnością przyjąć, że krzywizna  $\frac{1}{\rho}$  zgiętej osi pręta zależy od momentu zginającego  $M$  i sztywności zginania  $EJ$  według równania

$$\frac{1}{\rho} = \pm \frac{M}{EJ} \quad (1)$$

przyczem  $E$  oznacza moduł sprężystości materiału pręta, zaś  $J$  moment bezwładności jego przekroju poprzecznego względem osi przynależnej płaszczyźnie zginania. Odnośne badania teoretyczne wykonał, jak wiadomo, najpierw L. Euler (1757), dowodząc, że pręt prosty i osiowo ściskany, którego końce osi są prowadzone po prostej działaniu sił ściskających, może mieć wygiętą postać równowagi tylko wtedy, gdy  $P$  przekroczy wartość

$$P_E = \pi^2 \frac{EJ}{l^2} \quad (2)$$

Tutaj  $l$  oznacza długość pręta. Teoria Eulera stwierdza, że pręt sprężysty posiada przy osiowym ściskaniu siłami  $\bar{P}$ , —  $\bar{P}$  tylko jedną możliwą postać równowagi: prostą gdy  $P > P_E$ ; natomiast dwie takie postacie równowagi: prostą



i wygięta, gdy  $P > P_E$ . Nazywając, zgodnie z większością nowszych autorów, wartość obciążenia rozgraniczającą obadwa zakresy równowagi *wartością krytyczną*  $P_{kr}$ , możemy wystawić wynik teorii Eulera w sposób następujący:

W obszarze doskonale sprężystych i posłusznych prawu Hooke'a odkształceń materiału przyjmuje pręt Eulerowski (osiowo ściskany) prostą postać równowagi (o długości zmniejszonej nieznacznie wskutek odkształceń) przy każdej podkrytycznej wartości obciążenia, t. j. przy  $P < P_{kr}$ , natomiast przy każdej nadkrytycznej wartości obciążenia, t. j.  $P > P_{kr}$ , są możliwe dwie postacie równowagi pręta: prosta i wygięta (wyboczona). Wartość krytyczną obciążenia podaje przybliżeniem, właściwym wszelkim obliczeniom teorii prętów sprężystych, wzór Eulera, czyli  $P_{kr} = P_E$  (obciążenie krytyczne równa się obciążeniu Eulerowskiemu.)

Z tego nie wynika jednak, ażeby wolno było pojęcie obciążenia krytycznego (siły krytycznej) utożsamiać wogóle z pojęciem obciążenia Eulerowskiego. Skoro bowiem materiał pręta objawia przy odkształceniach sprężystych znaczne odchylenia od prawa Hooke'a (a takie materiały istnieją), to wzór Eulera traci ważność. Nie może zatem  $P_E$  określać wogóle zarazem wartości krytycznej.

Pozatem pojęcie wartości krytycznej obciążenia pręta ściskanego osiowo obejmuje także przypadki, w których odkształceniom sprężystym materiału towarzyszą odkształcenia plastyczne. Prawda, że w tych przypadkach szukanie wartości krytycznej na drodze teoretycznej staje się bardzo trudne (kto wie nawet, czy wogóle możebne<sup>2)</sup>). Mimo to wypada przyjąć, że wartość krytyczna wogóle istnieje i da się zasadniczo wyznaczyć doświadczalnie, oczywiście z błędem zależnym od techniki badania.

Przez wartość krytyczną rozumiemy będziemy zatem ogólnie tę wartość obciążenia pręta osiowo ściskanego, która rozgranicza wartości obciążenia, prowadzące do samej tylko prostej postaci równowagi pręta, od obciążeń, przy których także wygięta postać równowagi jest możebna.

Widać teraz jasno, że  $P_{kr}$  jest pojęciowo czemś zgoła innym od  $\bar{P}$ . Przeważająca liczba błędów i nieporozumień, jakie się pojawiły w piśmiennictwie technicznym, polegała na utożsamieniu obciążenia krytycznego z obciążeniem krańcowym (czyli z „wytrzymałością na wyboczenie“). Przyczynę takiego utożsamienia można znaleźć w wynikach doświadczeń (np. L. Tetmajera), które dla pewnego, dość ważnego praktycznie przedziału smukłości prętów wykazały, że wielkości  $\bar{P}$  były bardzo bliskie wartościom  $P_{kr}$  i zarazem bliskie wartościom  $P_E$ , czyli że wzór Eulera określał w tym przedziale zarazem obciążenie krańcowe (niższe) z dokładnością praktycznie wystarczającą. Nie zastanawiano się często nad powodami tej przypadkowej zgodności i ekstrapolowano wyniki doświadczenia w sposób niedozwolony.

Inne źródło trudności i nieporozumień tkwi w tem, że, ze stanowiska czystej statyki teoretycznej, przy  $P \geq P_{kr}$  są równouprawnione dwie po-

staci równowagi pręta: postać prosta i wygięta. Doświadczenie dawało zawsze postać wygiętą, co dowodziło, że przy  $P > P_{kr}$  tylko zgięta postać jest postacią równowagi stałej, zaś prosta odpowiada równowadze niestałej. Do tego samego wniosku dochodzimy i na drodze teoretycznej, wychodząc z określenia stałości równowagi układu pozostającego pod działaniem sił zachowawczych<sup>3)</sup>. Do nich należą oczywiście wewnętrzne siły sprężystości i siły obciążające. Czy do określenia rodzaju równowagi stosujemy kryterjum energetyczne Minding'a i Dirichleta, czy też metodę małych drgań, zawsze dochodzimy do wniosku, że prosta postać jest postacią równowagi stałej, gdy  $P < P_{kr}$ , natomiast dla  $P > P_{kr}$  prosta postać równowagi jest niestała, a stałą staje się postać wygięta.

Wypada jeszcze przypomnieć, że z teorii Eulera wynika nieskończenie wiele zakrzywionych postaci równowagi, możliwych statycznie przy wartościach obciążenia  $P_E, 4P_E, 9P_E \dots$ . Wartości te odpowiadają małemu wygięciu pręta podług 1, 2, 3... półfal sinusoidy. Jednakże tylko najmniejsza z nich, t. j.  $P_E$ , określa wygiętą postać, jako postać równowagi stałej. Dalsze są postaciami niestałymi lub odpowiadają wspomnianym już przypadkom bocznego podparcia pręta w przekrojach dzielących długość na 2, 3... części (a wtedy są stałe).

Nierzadko słyszy się następujący pogląd na istotę wyboczenia: „Gdyby pręt był doskonale prosty i jednorodny, to przy ściśle osiowym działaniu sił ściskających (rozpostartych równomiernie na przekrojach końcowych) nie byłoby powodu do wyboczenia nawet przy największych naprężeniach i odkształceniach, jakie materiał znieść może. Powód wyboczenia tkwi zatem jedynie w drobnych zboczeniach prętów rzeczywistych od powyższego wyidealizowanego modelu“.

Atoli pogląd taki jest jednostronny i dlatego nie można go uznać za słuszny ze stanowiska całej mechaniki. Wygłaszający ten pogląd operują jedynie pojęciami statyki, tak jakgdyby można było je oddzielić od pojęć dynamicznych nie tylko formalnie, ale i istotnie. W rozumowaniu powyższym zignorowano kwestję stałości (stateczności) równowagi, albo też potraktowano ją jako nie należącą do statyki. Tymczasem wystarczającym powodem wyboczenia nawet w powyżej wyidealizowanych warunkach (oczywiście przy obciążeniu siłą  $P > P_{kr}$ ) musi być także — każde, choćby bardzo drobne wstrząśnienie, potrącenie, lub nacisk boczny, gdyż wywołane którąkolwiek z tych przyczyn wygięcie prowadzić musi do trwałej utraty prostej postaci równowagi, jako postaci niestałej przy obciążeniu  $> P_{kr}$ .

Chociaż poznanie wartości  $P_{kr}$  nie wystarcza jeszcze do ustalenia drugiej ważnej wielkości  $\bar{P}$ , to jednak znaczenie naukowe (poznawcze) i praktyczne wartości krytycznej jest ogromne, i nie należy spychać jej na plan drugi dlatego, że z badań doświadczalnych łatwiej i pewniej wydobywa się wartość  $\bar{P}$ .

<sup>2)</sup> Próby rozwiązania teoretycznego znajdujemy w pracach Engessera, Jasińskiego, Kármána, Karasińskiego i Broszki.

<sup>3)</sup> Por. np. M. T. Huber „Kryterja stałości równowagi“ (Akad. Nauk Techn. 1926, zes. 3.).

Najbardziej charakterystyczną cechą wybożenia, pojmowanego jako wygięcie pręta pod wpływem obciążeń osiowo ściskających, jest istnienie wartości krytycznych obciążenia, które rozstrzygają o postaci stałej równowagi pręta pod obciążeniem o wielkości danej.

Z tego to powodu zalecałem już niejednokrotnie stosowanie nazwy „wyboczenie” raczej tylko w tem ściślejszym znaczeniu i nie nazywanie wyboczeniem zgięcia pręta, spowodowanego mimośrodkiem działaniem podłużnych sił ściskających. Gdyby jednakże ta propozycja nie dała się zrealizować praktycznie, to wypadłoby przynajmniej mówić w pierwszym przypadku o wyboczeniu czystym (lub właściwym) w znaczeniu ściślejszym, a w drugim o wyboczeniu złożonym (niewłaściwym, albo wyboczeniu w znaczeniu ogólniejszym). Rzecz jasna, że tylko w wyboczeniu czystym  $P_{kr}$  występuje obok  $\bar{P}$ ; w wyboczeniu złożonym mamy właściwie do czynienia z samym  $\bar{P}$ . Atoli w obliczeniach teoretycznych wartości  $\bar{P}$  występuje  $P_{kr}$  jako nader ważny parametr<sup>4)</sup>.

Możnaby powiedzieć, że wyboczenie czyste nie zachodzi nigdy w rzeczywistości, gdyż pręty rzeczywiste nie są ani matematycznie proste, ani doskonale jednorodne, ani ściśle osiowo obciążane, jak się to przyjmuje w modelu teoretycznym. Rozumując na tem tle dalej, można dojść do wniosku „że niestałość równowagi postaci nie występuje w zjawiskach wyboczenia” (oczywiście wyboczenia prętów realnych, a więc wyboczenia złożonego<sup>5)</sup>). Ale w ten sposób zrezygnowalibyśmy z głębszego zrozumienia zjawiska i z uchwycenia jego rysów zasadniczych. Takie rozumowanie byłoby poniekąd równoważne zaprzeczeniu wartości wszelkiej teorii fizycznej, która przecież operuje zawsze oderwanym od rzeczywistości modelem ciała lub zjawiska realnego. Na tej drodze łatwo wygłaszać liczne tezy ze stanowiska filozoficznego prawdziwe, jak np., że swobodny spadek ciała nie jest ruchem jednostajnie przyspieszonym, że gazy nie podlegają prawu Boyle'a - Mariotte'a, że ruch planet nie podlega właściwie prawom Keplera, że klasyczna teoria sprężystości, jako teoria odkształceń nieskończenie małych kontinuum materialnego, nie odzwierciedla małych, lecz skończonych odkształceń ciał rzeczywistych o budowie molekularnej i t. p.

<sup>4)</sup> W tem miejscu wypada zaznaczyć, że potrzebę ściślejszego rozróżniania typów zjawisk objętych wspólną nazwą „wyboczenia” w piśmiennictwie technicznym odczuwają inni autorowie. Prof. W. Wierzbicki np. w pracy „Modele zjawiska wyboczenia” (Czas. Techn. 1933) proponuje „stosowanie nazwy wyboczenia w sensie matematycznym do wyboczenia prętów sprężystych, obciążonych ściśle osiowo wówczas, gdy przyczyna wywołująca w pręcie moment zginający ma charakter chwilowy i stosowanie nazwy wyboczenia w sensie fizycznym do wszystkich innych przypadków wyboczenia, bardziej zbliżonych pod względem schematu statycznego do przypadków ściskania mimośrodowego”. Nie wdając się w rozbiór mało istotnej różnicy między tą propozycją a mojami własnymi, dodam jeszcze, że inż. Z. Wasiutyński w pracy „O wyboczeniu stalowych prętów prostych”, wydanej z końcem r. 1933 przez Warsz. Tow. Politechn., idzie jeszcze dalej w rozróżnianiu, że tak powiem, „zbioru modeli myślowych”, związanych z zagadnieniem wyboczenia.

<sup>5)</sup> Na takim stanowisku stoi inż. Z. Wasiutyński w wymienionej interesującej pracy.

Ale czy tezy tego rodzaju mogą przynieść pożytek nauce? Przecież wszystkie mieszczą się w zasadzie filozoficznej, której nikt z przyrodników-badaczy nie przeczy, że zupełne poznanie przyrody jest nieskończenie odległym, nieosiągalnym celem badania ludzkiego. Każde uchwycenie jednego z głównych rysów charakterystycznych zjawiska, z natury wielce złożonego, uważamy słusznie za zdobycz naukową, chociaż mamy świadomość, że wzór matematyczny, odzwierciedlający ten rys ilościowo, jest przybliżony i może wkrótce zastąpić go wzorem dokładniejszym.

Najwybitniejszym rysem zjawiska wyboczenia rzeczywistego jest właśnie zjawisko stałości równowagi prostej lub zgiętej osi pręta. Zjawisko to występuje, rzecz jasna, w formie tem czystszej, im bardziej zbliżamy się w doświadczeniu do modelu teoretycznego. Skoro np. ściskamy smukły pręt o końcach przegubowo osadzonych w maszynie wytrzymałościowej przy możliwie starannej realizacji warunków zbliżonych do założeń teoretycznych, to dzięki tarcu w przegubach (wzgl. ostrzach zastępujących przegub w uchwytach konstrukcji Panzerbieter'a), to wartością siły obciążającej  $P$  można przekroczyć nieco teoretyczne  $P_{kr}$  przy prostej osi pręta. Tarcie bowiem realizuje pewne (nie objęte teorią) małe momenty reakcyjne końców, które utrudniają wygięcie osi, a więc przewyższają pozornie wartość krytyczną. Wystarczy jednak nieznaczne wstrząśnienie, które — jak wiemy — zmniejsza chwilowo tarcie, często aż do zupełnego jego zniesienia, ażeby zaszło nagłe przyjęcie nowej, zgiętej postaci równowagi przez pręt<sup>6)</sup>.

O ile przytem granica sprężystości materiału nie została wyraźnie przekroczona, pręt wraca do prostej postaci przy zmniejszeniu obciążenia poniżej  $P_{kr}$ . Niestalałość równowagi prostej postaci pręta jest przeto esencjonalną częścią zjawiska wyboczenia, i to nie tylko wyboczenia „sprężystego”<sup>7)</sup> ale także „niesprężystego” u prętów metalowych. Metale bowiem posiadają zwykle własność twardnienia, którą można także nazwać hartownością mechaniczną. Własność ta przejawia się w ten sposób, że po pierwszym odkształceniu plastycznym, rosącym zrazu przy pewnej niezmienniej wartości obciążenia, — co świadczy o nierównowadze wewnętrznej materiału — zachodzi wkrótce ustalenie równowagi wewnętrznej, tak iż dalszy wzrost odkształceń całkowitych wymaga zwiększenia obciążenia.

Jeżeli ciśnienie, odpowiadające obciążeniu pręta metalowego siłą równą  $P_E$ , wypadła powyżej granicy plastyczności materiału (a nawet, biorąc ściśle, już wtedy, gdy jest wyższe od granicy proporcjonalności), to  $P_{kr}$  jest mniejsze od  $P_E$ , i to tem bardziej, im mniejsza jest smukłość pręta  $s$  (mierzona zwykle stosunkiem długości pręta do odpowiedniego promienia bezwładności przekroju).

<sup>6)</sup> Takie zjawisko obserwowane np. w badaniach wykonanych w niemieckim „Materialprüfungsanstalt Berlin — Dahlen” w latach 1920 do 1930. (W. Rein — „Versuche zur Ermittlung der Knickspannungen”. Berlin, 1930).

<sup>7)</sup> Tak zowią zwykle wyboczenie w przypadkach, gdy średnia wartość naprężenia  $P_{kr} : F = \sigma_{kr}$  jest mniejsza od naprężenia na granicy sprężystości.



Niestąłość równowagi prostej postaci pręta, spowodowana wystąpieniem odkształceń plastycznych, przejawia się różnie, zależnie od tego, czy materiał posiada wyraźną granicę plastyczności (yield point), jak np. liczne rodzaje miękkiej stali, czy też tylko umowną. W pierwszym przypadku, charakteryzującym się wykresem  $(\epsilon, \sigma)$  z ostrem przejściem stromej prostej odkształceń prawie doskonale sprężystych w dość długą część prostą prawie poziomą, szybkość odkształcenia plastycznego jest większa od szybkości twardnienia i dlatego dojsie z obciążeniem do granicy plastyczności jest równoznaczne ze zniszczeniem równowagi pręta w postaci prostej i przyjęciem postaci wygiętej.  $P_{kr}$  staje się wtedy prawie niezależne od smukłości  $s$  i w dość obszernych granicach wartości  $s$  zbliża się bardzo do  $\bar{P}$ . Widać to bardzo dobrze na wykresach niektórych doświadczeń w Dahlem i na wykresie pokazanym przez inż. Z. Wasiułyńskiego na posiedzeniu Warsz. Tow. Politechnicznego w dniu 3 lutego 1934 r., a otrzymanym z jego własnych badań, wykonanych w Labor. Wytrż. Materiałów Pol. Warsz. W przypadku drugim, gdy wykres  $(\epsilon, \sigma)$  przechodzi z prostej odkształceń prawie zupełnie sprężystych w łagodną krzywą odkształceń częściowo sprężystych, a częściowo plastycznych, proces twardnienia nie opóźnia się zbytnio w miarę wzrostu odkształceń plastycznych, lecz idąc prawie równolegle zapobiega naruszeniu równowagi prostej postaci pręta i przesuwając to naruszenie tem dalej, im smukłość pręta jest mniejsza. Wtedy  $P_{kr}$  rośnie, gdy zmniejszamy  $s$ , a  $\bar{P}$  przewyższa tembardziej  $P_{kr}$ , im smukłość jest mniejsza.

Przy bardzo małych smukłościach uchwycenie  $P_{kr}$  staje się nader trudne, praktycznie prawie niemożliwe. Tylko  $\bar{P}$  staje się wielkością dającą się stwierdzić doświadczalnie, i tem się tłumaczy, że w badaniach laboratoryjnych tylko tej wartości się zwykle szuka. Łatwo zrozumieć, że gdy  $s$  zdąży do 0, to u prętów metalowych  $\bar{P}$  rośnie nieograniczenie, a więc podobnie, jak (nierealnie w tych przypadkach) wartość  $P_E$ .

U niektórych materiałów można stwierdzić doświadczalnie dolną granicę smukłości, poniżej której  $P_{kr}$  nie istnieje. Oś pręta pozostaje prosta przy rosnącym obciążeniu  $P$  aż do chwili zniszczenia przez pokonanie wytrzymałości materiału pod obciążeniem  $\bar{P}$ . Taki wynik otrzymał niedawno prof. M. Broszko przy wstępnych badaniach prętów drewnianych na nowej maszynie specjalnej, zbudowanej przez firmę Mohr & Federhaff w Mannheim. W maszynie tej, zakupionej przez Dep. Aer. M. S. Wojsk. do badań systematycznych nad wytrzymałością prętów ściskanych ze względu na zastosowania w konstrukcjach lotniczych, uwzględniono liczne wskazówki konstrukcyjne prof. Broszki i wymogi nas obu, mające na oku prowadzenie badań bez tych usterek, jakie wytykano dotąd najpoważniejszym pracom na tem polu zagranicą. Badania rozpoczęte obecnie przez prof. Broszkę zdążają do ustalenia zależności  $P_{kr}$  od smukłości  $s$  przy wartościach  $s$  mniejszych od tej granicy smukłości  $s_{gr}$ , powyżej której zachodzi t. zw. wyboczenie sprężyste.

## II.

W opracowanym przezemnie artykule o wyboczeniu na str. 1166 Podręcznika Inżynierskiego, wydanej przez księgarnię B. Połonieckiego pod redakcją prof. D-ra St. Bryły, znajduje się ustęp (9 wierszy od dołu), który po części wskutek omyłki w oznaczeniu, a poczęści przez wzmiankę o wielkości określonej dopiero później, nie tłumaczy się całkiem jasno i może dać powód do nieporozumień. Z tego powodu podaję następujący poprawiony tekst tego ustępu:

*Doświadczenia pouczają nadto, że nieuniknione drobne zboczenia od prostolinowości pierwotnej osi prętów, jednorodności materiału i środkowości obciążenia powodują zawsze małe wygięcia przy każdej dowolnie małej wartości  $P$ , ale te wygięcia stają się widocznymi i niebezpiecznymi dopiero przy  $P$  zbliżającym się do  $P_{kr}$ .*

*Istotną przyczyną wyboczenia tkwi zatem przedewszystkiem w zmianie warunków stałości równowagi. Dla  $P < P_{kr}$  równowaga pręta jest stała przy jego postaci prostej, zaś dla  $P > P_{kr}$  jest równowaga w postaci prostej niestała, a postacią równowagi stalej może być tylko postać wygięta...*

Powyżej wymienioną usterkę dostrzegłem niedawno przy sposobności konfrontacji mego artykułu z wymienioną już pracą inż. Z. Wasiułyńskiego „O wyboczeniu stalowych prętów prostych”. Autor podaje treść pracy w sześciu punktach. Jeden z nich, mianowicie drugi, opiewa: „Wykazanie, że niestałość równowagi postaci nie występuje w zjawiskach wyboczenia”. Ta teza inż. Wasiułyńskiego stoi w wyraźnej sprzeczności z poglądem, przyjętym nietylko w moim przytoczonym artykule, ale także w przeważającej liczbie nowszych dzieł w różnych językach, poświęconych nauce o sprężystości i wytrzymałości. Dlatego w dyskusji nad tą sprawą na jednym z wieczorów Warsz. Tow. Politechnicznego zaznaczyłem, że jakkolwiek jestem z uznaniem dla śmiałości młodego autora, rzucającego rękawicę autorytetom w tej dziedzinie, to jednak muszę zaoponować sformułowaniu tezy, gdyż nie dając korzyści naukowych grozi ono nowem wywołaniem zamętu w kwestji należyście wyjaśnionej od kilku dziesiątków lat. Szczegółowa analiza zjawisk obserwowanych w pięknych doświadczeniach, opisanych przez inż. W., winna była doprowadzić raczej do tezy, że niestałość równowagi postaci nie da się zrealizować w zwykłych próbach wyboczenia nawet przy największej staranności. W tej postaci teza nie stoi już w sprzeczności z ustalonym poglądem na istotę wyboczenia, albowiem stwierdzenie niedostrzeżenia zjawiska teoretycznego w doświadczeniach nie dowodzi bynajmniej, aby go wogóle nie było. Zjawisko niestałości równowagi przy pewnej wartości obciążenia łatwo wykazać doświadczalnie, np. w sposób następujący. Pręt próbny o dość dużej smukłości, obrobiony możliwie starannie, obciążamy siłą  $P_1$  mniejszą od wartości Eulerowskiej  $P_E$  i stwierdzimy, że się nie wygiął dostrzegalnie, otaczamy go w środku wysokości pochewką ustaloną względem podstawy, na której opiera się jeden z końców pręta, ale nie wywierając na pręt wyczuwalnego nacisku. Pochewka jest złożona z dwu części, które po zluźnieniu odpowiedniego zamka odpadają, oswobadzając środkową część



pręta. Teraz przy nałożonej pochwecie zwiększamy obciążenia do wartości  $P_2$ , wyraźnie przewyższającej  $P_E$ . Pręt jest ściśnięty, ale oś jego pozostaje praktycznie prostą. Kiedy jednakże zluźnimy zamek i usuniemy w ten sposób pochwecę, pręt natychmiast się wygnie i pozostanie trwale w postaci wygiętej. To dowodzi, że prosta postać jest przy obciążeniu  $P_2$  niestała, a tylko dodanie pochweci realizowało sztuczną stabilizację. Po sprowadzeniu obciążenia napowrót do wartości poniżej  $P_E$  pręt odzyskuje prostą postać samoistnie (o ile oczywiście nie doznał przedtem odkształceń trwałych).

Wielka naukowa i praktyczna doniosłość pomiaru wybożenia jako zjawiska niestałości równowagi postaci tkwi jeszcze w tem, że prowadzi do ogólnej prostej metody oceny wytrzymałości na wybożenie w bardzo licznych przypadkach złożonych, których traktowanie teoretyczne z uwzględnieniem zbieżności od prostego schematu jest poprostu niewykonalne, a doświadczalne zbadanie opłacałoby się tylko w bardzo szczególnych przypadkach. Tutaj należą pręty o przekroju zmiennym, czy to w sposób ciągły, czy też nie; pręty kratowe; pręty usztywnione przez połącze-

nia węzłowe w kratownicy; pręty na podłożu sprężysto-podatnym; ściskane pasy dźwigarów kratowych w mostach otwartych i t. p.

(d. n.)

#### Considérations sur le problème de la résistance des barres soumises à compression longitudinale

R é s u m é

L'auteur constate d'abord que le problème traité par lui, quoique discuté depuis longtemps (dans la littérature polonaise au moins depuis 60 ans), ne perd rien de son actualité grâce aux nouveaux travaux théoriques et expérimentaux.

Ensuite il passe à la description des phénomènes qu'on observe pendant la compression longitudinale des barres droites d'une section constante et montre que le trait essentiel du phénomène de flambage est l'instabilité de l'équilibre de la forme droite ou courbée de la barre.

Passant aux déformations des barres analysées, l'auteur indique l'influence du phénomène de l'écroutissage qui a lieu pendant les déformations plastiques; ce phénomène agit sur l'état de l'équilibre quand sa vitesse est plus grande que la vitesse des déformations plastiques; la „charge critique“ peut être alors presque indépendante de la valeur  $s = l : i$ .

Si la valeur  $s$  devient très petite, on ne peut pas trouver la valeur de la „charge critique“. Les essais récents ont donné pour certains matériaux la limite de la valeur  $s$  au-dessous de laquelle la charge critique n'existe pas.

Inż. M. LENARTOWSKI, Poręba

## Rola żeliwa w budowie aparatury dla przemysłu chemicznego

Zywiolowy rozwój przemysłu chemicznego w latach wojennych i powojennych postawił w licznych przypadkach konstruktorów aparatury przed zupełnie nieznanymi dotąd zadaniami. Klasycznym przykładem zapładniającego wpływu ściśle chemicznego wynalazku na umysły konstruktorów jest synteza amoniaku. Problem ten w zasadzie swego rodzaju, jak wszystkie prawdziwie wielkie pomysły, napotkał na drodze do realizacji technicznej trudności tem cięższe do przewyższenia, że zupełnie nowe i nieprzewidziane. Wszystkie etapy tej systematycznej i ostatecznie zwycięskiej walki z przeszkodami, które początkowo zdawały się uniemożliwiać pracę pod ciśnieniem 200 atm, w wysokiej temperaturze, przedstawił w fascynujący sposób Bosch w swym wykładzie w Szwedzkiej Akademii Umiejętności, po przyznaniu mu nagrody Nobla (VDI, zesz. 12 z r. 1933).

Potrzeby technologii chemicznej, domagającej się coraz to odporniejszych i wytrzymalszych tworzyw, zadecydowały o powodzeniu stali i stopów odpornych na korozję. To też w przeciągu kilku lat nadano ogromną ilość patentów na tego rodzaju tworzywa. Przypisać rzeczywiście trzeba, że metalurgia osiągnęła w tym okresie wyniki imponujące, szczególnie w dziedzinie stali wysokoodpornych na wpływy chemiczne. Nowe materiały pozwoliły w wielu wypadkach na zastąpienie nie- wygodnej kamionki stałą, dając tem samem możliwość pracy pod wysokim ciśnieniem tam, gdzie dotąd nie pozwalał na to brak odpowiedniego tworzywa. Dwie jednak wady stali kwasoodpornych i lu- goudpornych utrudniają ich powszechne stosowa-

wanie. Pierwsza — to cena tych materiałów, tak jeszcze narazie wysoka, że mniejsze zakłady, szczególnie w okresie słabej koniunktury, nie mogą marzyć o tego rodzaju aparatach. Druga leży w samej istocie tworzywa. Stal dostarczana (przynajmniej u nas w kraju) przeważnie w postaci blach, stanowi o tyle niedogodny element konstrukcyjny, że trzeba ją na kotły, autoklawy, rury, zbiorniki i t. p. spawać, lub nitować. Te zabiegi powodują wprowadzenie drugiego metalu do aparatu, lub też zmianę składu czy struktury w miejscu spawania. W konsekwencji materiał, zupełnie nawet odporny na działania chemiczne, traci tę cenną własność przez powstanie ogniwa bimetalicznego, znacznie przyspieszającego, w myśl teorii elektrolitycznej, korozję. Używając nawet nitów z identycznego materiału co blachy (na co kujność nie zawsze pozwala), wytwarza się również lokalne ogniwa bimetaliczne, gdyż metal silniej kuty (nity) ma inną prężność rozciągającą, wzgl. potencjał własny, niż sama blacha.

Ztego też względu używa się obecnie z powodzeniem aparatów staliwnych, których cena jednakże, wskutek zużycia większej ilości drogiej stali stopowej, jeszcze bardziej ogranicza ich stosowalność.

Te ujemne strony stali nierdzewiejących dają pochop do zwrócenia się w stronę tworzywa podatniejszego woli konstruktora, mian. w stronę żeliwa. Żeliwo wysokokrzemowe oddawna już stosowano do budowy urządzeń dla przemysłu chemicznego. Wysoka kwasoodporność tych gatunków żeliwa (wywołana — wedle przypuszczeń — przez ochronną warstwę  $\text{SiO}_2$ ) czyni z nich materiał cenny w tych wypadkach, gdzie rozmiary aparatu-

ry, ciśnienie i konieczność nagłych zmian temperatury nie pozwalają na użycie kamionki. Korzystniejsze są też one ze względu na grubo lepszą od mas ceramicznych przewodność cieplną. W specjalnie dostosowanym żeliwiaku można jeszcze z trudnością wytopić żeliwo o 8—12% Si, przyczem analiza całkowita używanych stopów jest następująca: 1,80 — 2,50% C, 8,0 — 12,0% Si, 0,30 — 0,60% Mn, do 0,50% P, do 0,12% S. Żeliwo o 14 do 18% Si otrzymuje się w piecach płomiennych. Nie atakują go nawet wrzące kwasy stężone, poza  $H_2F_2$ . Wyżej nakrziemione stopy dają piece elektryczne.

Zasadniczą wadą tych wszystkich gatunków żeliwa jest twardość, uniemożliwiająca normalną obróbkę, kruchość, oraz trudności odlewnicze. Gęstopłynność tego materiału wymaga specjalnie skonstruowanych modeli i wysokiego przegrzewania żeliwa przed odlewem. Mimo przestrzegania tych warunków, odlewy nie zawsze się udają, a znaczny odsetek braków powoduje wysoką cenę, tembardziej, iż nadzwyczaj trudno z tego żeliwa otrzymać odlew cienkościenny. W ostatnich latach starano się polepszyć własności tego materiału przez dodatki Cr i Al, które podobno dodatkowo wpływają na obrabialność i wytrzymałość.

W poszukiwaniu tworzywa odlewalnego o szerszych możliwościach zastosowania, zwrócono początkowo uwagę na brzozy i inne stopy odporne na korozję, jak np. metal Monela oraz różne stopy niklu, nawet z rzadkim tantalem. Do niektórych celów nadawało się też znakomicie aluminium i jego stopy. Wśród tej kategorii wybór jest ogromny i nietrudno znaleźć dla każdego wymogu stop najbardziej odpowiedni. Jednak cena, przeważnie jeszcze wyższa niż stali niekorodujących, zamyka tym wyrobom dostęp na szerszy rynek.

Badania naukowe nad korozją i równoległe idący rozwój odlewnictwa przyniosły w ostatnim dziesiątku lat zasadniczy postęp na polu produkcji specjalnych gatunków żeliwa, tak że dziś bez przesady można twierdzić, iż nowoczesnie prowadzona odlewnia żeliwa może dostarczyć odpowiedniego materiału na aparaturę dla każdej prawie gałęzi przemysłu chemicznego. Odporność większości gatunków żeliwa stopowego na korozję nie osiągnęła wprawdzie jeszcze tego stopnia doskonałości, jaki spotykamy u stali specjalnych i brzozy, natomiast grubość ścian aparatów daje gwarancję ich długotrwałości, w tych szczególnie wypadkach, gdzie zanieczyszczenie produktów śladami żelaza nie gra roli, lub też, jak w kotłach dystrylacyjnych, gdzie gromadzony w odbieralniku produkt jest zupełnie wolny od żelaza, nawet kiedy w samym kotle nastąpi nieznaczne nadgryzienie ścian.

Żeliwo odporne na wpływy chemiczne można podzielić na kilka kategorii. Do pierwszej zaliczyć należy tworzywa bez specjalnych dodatków, zawierające więc tylko stałe składniki żeliwa: C, Si, Mn, P, S. Odporność ich przy dość niskiej zawartości węgla jest wcale dobra, o ile dostosować odpowiednio wsad do wymagań klienta. Tak np. żeliwo dość odporne na działanie rozcieńczonych zimnych kwasów nieutleniających ( $HCl$ ,  $H_2SO_4$ ,  $CH_3COOH$ ) ma skład chemiczny 3,20 — 2,80% C, 1,70 — 1,10% Si,

0,60 — 1,20% Mn, 0,9% P i max. 0,09% S. Pierwsza cyfra podaje zawartość składnika przy grubości ścian do 18 mm, druga przy grubości 18 — 30 mm. Jeżeli w grę wchodzi kwas o działaniu utleniającym (jak np.  $HNO_3$ ), analiza żeliwa odpowiednio się zmienia i zależnie od grubości ścian odlewu (granice j. w.) przedstawia się tak: 3,20 — 2,80% C, 1,60 — 1,00% Si, 0,4% Mn, P i S — jak wyżej. Podobne są również analizy żeliwa odpornego na ługi rozpuszczone i stopione, jedynie zawartość Si schodzi tu poniżej 1%.

Drugą kategorię stanowią gatunki żeliwa, zawierające niewielkie ilości domieszek, wpływających z jednej strony dodatnio na strukturę, a z drugiej hamujących korozję. Zresztą działania te są często równoczesne, gdyż poprawa struktury może wybitnie polepszyć odporność. Najczęstsze są tu dodatki Cr i Ni, przyczem chrom naogół zwiększa odporność na kwasy, zaś nikiel — na alkalia. Nieco wyższa cena tych gatunków żeliwa opłaca się sownie przez znaczne zwiększenie ich trwałości. Ilość Ni i Cr, lub też często obu razem, waha się od 0,1 do 4%, przyczem, szczególnie gdy dodaje się ponad 2% Cr, wskazany jest równoczesny dodatek Ni dla ułatwienia obrabialności. Analizy tych rodzajów żeliwa podobne są do podanych wyżej, przyczem dodając znacznie większe ilości Ni do żeliwa ługoodpornego, można jeszcze bardziej obniżyć zawartość Si.

Trzeci rodzaj — to żeliwo stopowe, z dużymi ilościami domieszek. Jego odporność, szczególnie odmian austenitycznych, jest niemal równa odporności stali stopowych. Najczęstszymi dodatkami są: Ni, Cr i Cu. Zawartość Si w niektórych gatunkach jest tak wielka, że stanowi przejście do omówionych już gatunków żeliwa wysokokrzemowego, przyczem jednak obrabialność jest zachowana. Typowym przedstawicielem tej kategorii jest ostatnio bardzo przez Niemców propagowane żeliwo „Niresist”, znane też pod nazwą „Nimol”, „Nicrosion”, „Nigrowth”. W Ameryce od kilku lat już używano go pod nazwą żeliwa Monela. Otrzymuje się to tworzywo w żeliwiaku przez wsadzenie odpowiedniej ilości metalu Monela (ok. 65% Ni, 30% Cu, 5% Fe + Mn) i surówki, złomu, żelazokrzemu, ferromanganu etc. Własności otrzymanego żeliwa są nadzwyczajne, szczególnie gdy jeszcze dodać Cr. Opis patentowy podaje skład 2 — 4% C, 5 — 35% Ni, do 8% Cr, przyczem Ni zawsze przeważa, 2 — 16% Cu, 3 — 10% Mn, do 3% Al. Wytrzymałość mechaniczna równa się wytrzymałości zwyczajnego żeliwa, z tem jednakże, że Niresist jest ciągliwe i daje do 2% wydłużenia. Odporność na kwasy, ługi i solanki — b. dobra. Ognioodporność również b. wysoka. Struktura austenityczna. Ogólnie powiedzieć można, że tak cenioną ze względu na odporność budowę austenityczną osiąga się u żeliwa dodatkami ponad 10 — 12% Ni, przyczem Cu ma wpływ podobny i pozwala obniżyć zawartość droższego Ni. Żeliwo to jest niemagnetyczne i dlatego stosowane często w elektrotechnice. Wysokokrzemowe żeliwo stopowe, jak np. „Nicrosilal” (2% C, 5% Si, 1% Mn, 2—5% Cr i 18% Ni) i wiele podobnych, ma odporność na kwasy jeszcze lepszą niż żeliwo Monela, przeważnie jednak obrabialność jego jest gorsza.



Podane tu z literatury dane o składzie chemicznym gatunków żeliwa odpornych na korozję pozwolą zorientować się w rodzajach stosowanych stopów. Nie wystarczy jednak dla otrzymania odpowiedniego tworzywa zbadać skład jakiegoś wysokowartościowego żeliwa i zestawzić wedle tego wsad. Wbrew oczekiwaniom, żeliwiak nie dostarczy identycznego produktu. Zasadniczym bowiem warunkiem, poza składem chemicznym, jest przy produkcji żeliwa wysokoodpornego umiejętność zachowania odpowiedniego stosunku między grafitem a węglem związanym, co dopiero daje pewną gwarancję, że struktura odlewu będzie odpowiadać wymaganiom. Postać i rozmieszczenie ziarn grafitu w żeliwie ma również wpływ decydujący. Czynniki te, zależne od temperatury żeliwa, od sposobu wykonywania samego odlewu, od rodzaju formy, jak również od celowej konstrukcji modelu, wymagają ogromnego doświadczenia odlewniczego i całego szeregu kosztownych prób na wielką skalę. Te właśnie warunki sprawiły, że rozwój żeliwa specjalnego opóźnił się w stosunku do stali stopowych.

Mimo użycia naprawdę pierwszorzędnych materiałów na odlewy dla przemysłu chemicznego, odlewnie spotykają się często ze skargami na niedostateczną odporność aparatów. W znacznej większości wypadków wina leży po stronie odbiorcy, nie dość ściśle przestrzegającego kilku zasadniczych postulatów, wynikających z samej natury żeliwa. Po pierwsze już konstruktor, projektujący aparat żeliwny, powinien pamiętać o tym, że odporność każdego odlewu spada znacznie, gdy powłoka jego na powierzchni narażonej na korozję jest uszkodzona. Każda więc obróbka wnętrza panwi, kotła, pokrywy i t. p. może być dla aparatu zgubna. Najgroźniejszy zaś będzie wypadek, gdy konstruktor przewidzi obróbkę częściową, gdyż doprowadzi to znowu (jak już wspomniano poprzednio, gdy była mowa o stalach) do szybkiej korozji przez wspólne działanie zawartości aparatu (elektrolitu) i dwóch metali o różnej prężności roztwórczej, t. zn. powierzchni surowej i obrabianej. Poza tym zamawiający powinien poinformować wykonawcę odlewu nie tylko o rodzaju i stężeniu ośrodka, w jakim przyrząd ma pracować, ale musi też podać, czy przewidywana jest produkcja ciągła, czy perzodyczna, oraz czy temperatura i stężenie w czasie pracy ulegają wielkim wahaniom. Ponieważ żeliwo często jest odporniejsze na działanie czynnika stężonego niż rozcieńczonego (np.  $H_2SO_4$  i  $HNO_3$ ), może mieć zasadnicze znaczenie pozornie mało ważny fakt, że urządzenie jest po każdym spuszczeniu przemywane wodą, gdyż właśnie wtedy nastąpić może najsilniejsza korozja, którejby uniknięto, stosując ruch ciągły, albo też używając do przemywania cieczy zubożonej resztki zawartości aparatu. Przestrzeganie tych wszystkich wymagań przez zamawiającego już przy ściąganiu ofert pozwoli odlewnikowi na szybką decyzję co do najodpowiedniejszego w danym wypadku żeliwa i oszczędzi wiele zbędnej korespondencji.

Jako materiał konstrukcyjny dla przemysłu chemicznego, żeliwo ma tę wielką zaletę, że aparat zeń sporządzony może mieć kształty bardzo nawet zawiłe, jak np. kotły Frederkinga z wlaną w ścia-

nę wężownicą grzejącą, a mimo to cała powierzchnia wystawiona na działanie korodujące jest z metalu jednolitego. Granice ciśnienia i temperatury pracy są nadzwyczaj szerokie. W wielu wypadkach bardzo ceniona jest możliwość szybkiego dostarczenia aparatów zapasowych, odlanych z modeli, pozostawionych w odlewni. Cena żeliwa, szczególnie przy uwzględnieniu trwałości, jest rzeczywiście bezkonkurencyjna. Tam jednak, gdzie w zupełności chce się uniknąć zanieczyszczenia żelazem, lub gdzie szkodliwe być może redukcyjne działanie wodoru, powstającego przy nadgryzaniu żeliwa, szczególnie zaś przy produkcji czystych preparatów, leków, środków spożywczych, najodporniejsze żeliwo już nie wystarczy. Jest to dziedzina prawie całkowicie dotąd opanowana przez stopy specjalne oraz materiały ceramiczne. Najwyższym wymogom czystości produktu sprostać może tylko kwarc, porcelana, szkło, a czasem kamionka.

Trwające od kilku lat przenikanie żeliwa do przemysłu chemicznego doprowadziło do wytworzenia aparatury nie ustępującej w odporności chemicznej masom ceramicznym, przy równoczesnym zachowaniu „solidności” odlewu żeliwnego. Mowa tu o aparatach żeliwnych emaljowanych. Do niedawna jeszcze konkurencja ta nie istniała zupełnie, gdyż emalje zwyczajne, stosowane na naczynia kuchenne, bezwzględnie nie odpowiadały wymaganiom przemysłu. Już 5% kwasy mineralne niszczą w niedługim czasie taką powłokę, a i kwasy organiczne działają niewiele słabiej. Istniały wprawdzie już od dość dawna t. zw. emalje kwasoodporne, ale wobec braku norm badania tej odporności każdy wytwórca próbował swego szkliwa innym kwasem, o różnych stężeniach, nie będąc naturalnie zbyt surowym sędzią własnego wyrobu. Emalje te, których odporność zwiększano przeważnie przez użycie wyższego niż normalnie dodatku  $SiO_2$  do ich składu, były naogół źle związane z podłożem, wrażliwe na zmiany temperatury i łatwo odpryskiwały. Czasy te już minęły. Większość emaljni żeliwa posiada dziś naprawdę wysokowartościowe produkty w tym zakresie. Głównym hamulcem rozwoju emalji kwasoodpornej były wymagania klientów, która koniecznie chciała mieć emalję śnieżno-białą, bo do widoku tego przywykła z wyglądu wyrobów kuchennych. Ponieważ tlenki macące (nadające emalji białość) zmniejszają odporność szkliwa, przeto dopiero przewyciężenie tego przesądu otworzyło rynek wytworom wprawdzie nie pięknym, ale odpowiadającym zadaniu. Ostatnie patenty I. G. Farbenindustrie chronią emalję kwasoodporną, zawierającą metaliczny krzem, karborund i krzemki metali ciężkich. Domieszki te zwiększać mają bardzo wydatnie wytrzymałość emalji na zmiany temperatury, kwasy i uszkodzenia mechaniczne. Ale do białości chyba tym wyrobom daleko. Specjalnie tam, gdzie ma się do czynienia z chlorkami lub kwasem solnym, a więc w dziedzinie nie bardzo dotąd bogatej w sukcesy ochrony przed korozją, zdaje się leżeć przyszłość aparatury emaljowanej.

Żeliwo jest naogół odporniejsze na czynniki stężone, niż na rozcieńczone, u emalji rzecz ma się odwrotnie. Odporność emalji na alkalia jest bar-

dzo słaba, ale tu znowu żeliwo nieemaljowane ma wystarczającą trwałość. Izolacyjne własności emalii pozwalają na użycie aparatury tego rodzaju do instalacyj elektrolitycznych. Cena żeliwa emalowanego jest częstokroć niższa od drogich gatunków żeliwa z wysokimi dodatkami ulepszającymi.

Reasumując, można powiedzieć, iż rozwój budowy aparatury dla przemysłu chemicznego idzie w kierunku coraz szerszego stosowania żeliwa, które w razie szczególnych wymagań klienta może być emalowane.

Inż. L. KOWALCZYK

## Wytwarzanie amonjaku syntetycznego w Polsce

W chwili obecnej mamy w Polsce w ruchu 3 fabryki amonjaku syntetycznego: dwie na Górnym Śląsku i jedną w Małopolsce. Śląskie wytwórnie amonjaku znajdują się w Knurowie przy koksowni i kopalni węgla (które są własnością Polskich Kopalń Skarbowych na Górnym Śląsku, t. zw. Skarbofermu) i w Chorzowie — przy Państwowej Fabryce Związków Azotowych. Trzecia fabryka amonjaku syntetycznego, największa i najnowsza (uruchomiona w styczniu 1930 r.) znajduje się w Mościcach pod Tarnowem, stanowiąc jeden z oddziałów Państwowej Fabryki Związków Azotowych. Z powodu kryzysu w rolnictwie, które, jako jedyny odbiorca nawozów azotowych, musi wpływać pośrednio na stan fabrykacji amonjaku syntetycznego, fabryki nasze nie pracują pełną zdolnością wytwórczą, a tylko w 50% (aczkolwiek 100%-owa produkcja spdziewana była na zimę).

Produkcja amonjaku w poszczególnych fabrykach w sierpniu 1933 r. wynosiła na dobę:

	Wytworzono NH <sub>3</sub> tonn	Produkcja możliwa
w Mościcach . . .	32	66 (ok. 11 t na jednostkę)
w Chorzowie . . .	18	30
w Knurowie . . .	13	25
Razem . . .	63	121

Odpowiada to rocznej produkcji ok. 23 000 tonn NH<sub>3</sub> zamiast ok. 44 200 tonn produkcji możliwej. A zatem krajowe wytwórnie syntetycznego amonjaku nie tylko zdolne są pokryć zapotrzebowanie wewnętrzne w postaci sztucznych nawozów i kwasu azotowego (otrzymywanego w Mościcach i w Chorzowie ze spalania amonjaku na kontakcie platynowym i używanego do wyrobu środków wybuchowych, do nitrowania i wogóle w przemyśle chemicznym) oraz w postaci wody amonjakałnej, lecz również produkują na eksport, głównie (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> w ilości, stanowiącej kontyngent, przyznany przez syndykat azotowy wytwórniom polskim.

Chociaż fabryki te były już niejednokrotnie opisywane<sup>1)</sup>, to jednak uważam za stosowne podać niektóre szczegóły technologiczne, gdyż prawie stale są wprowadzane pewne lokalne ulepszenia

<sup>1)</sup> Przegląd Techniczny [1926], [1930] i inne pisma.

## Le rôle de la fonte dans la construction des appareils pour l'industrie chimique.

### Résumé

L'auteur rapelle le grand progrès réalisé dans la production des fontes résistantes aux attaques des réagents chimiques et montre les hautes qualités de ces matériaux au point de vue du constructeur des appareils pour l'industrie chimique.

Après avoir classifié les fontes sus-dites en 3 catégories d'après leurs qualités et leur composition chimique, l'auteur indique l'influence des conditions du travail des appareils chimiques sur leur durabilité.

A la fin l'auteur s'occupe des possibilités d'augmenter la résistance chimique des appareils en fonte par l'application d'émaux spéciaux.

ładź w samej fabrykacji, ładź w budowie aparatów, które wytwarzają nieraz znacznie więcej od maximum zagwarantowanego przez firmę budującą.

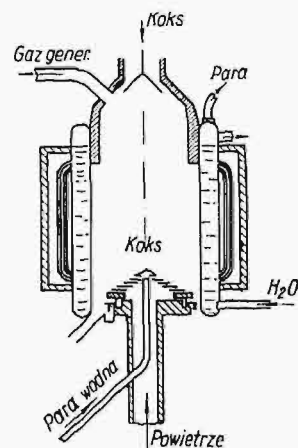
Każda fabryka stosuje inną metodę fabrykacji NH<sub>3</sub>. Mościce zastosowały do syntezy NH<sub>3</sub> metodę włoskiego wynalazcy G. Fausera, uznaną dziś za najlepszą, przyczem samo otrzyntywanie surowców do syntezy i ich przygotowanie należy już bezsprzecznie do dorobku techniki polskiej. Knurów posługuje się wysokociśnieniową metodą francuską G. Claude'a, a Chorzów — metodą Habera, zmodyfikowaną nieco przez Amerykańskie Towarzystwo: „Nitrogen Engineering Corporation, N. Y.”.

### 1. Wytwórnia w Mościcach.

Jak już wspominaliśmy wyżej, Mościce przyjęły w zasadzie jako podstawę fabrykacyjną — metodę Fausera. Surowce podstawowe do syntezy amonjaku, a więc azot i wodór, Mościce otrzymują: pierwszy z dystrylacji skroplonego powietrza metodą Linde'go, drugi — z gazu wodnego.

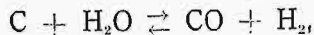
Wytwarzanie gazu wodnego odbywa się w sześciu generatorach systemu Kerpely'ego, zmodyfikowanego przez Marischkę. Gaz powietrzny, wytworzony w okresie dmuchania (1½ ÷ 2 min), zawiera do 12% CO<sub>2</sub>, bowiem w temperaturze, której odpowiada taka zawartość CO<sub>2</sub> w gazie, żużel nie ulega jeszcze stopieniu. Gaz ten idzie z generatora do komory spalania, wypełnionej kratą z cegły szamotowej; w komorze tej gaz spala się całkowicie i nagrzewa cegłę, a gazy odlotowe, płynąc przez płaszcz generatora, ogrzewają oplomki kotła parowego, poczem uchodzą do komina.

W okresie następnym, który trwa 5 ÷ 6 min, para wodna o ciśn. ok. 4 at, wytworzona w we-



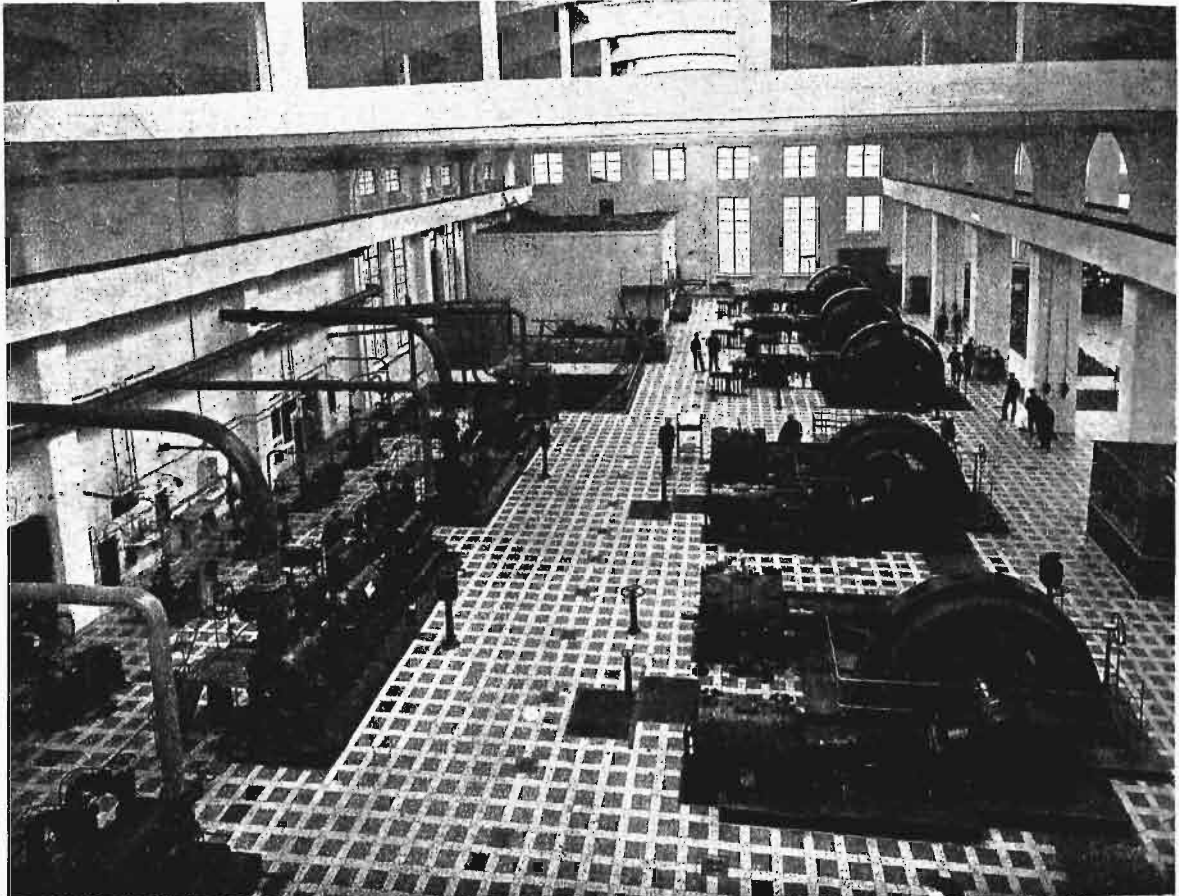
Rys. 1. Schemat generatora Kerpely'ego-Marischki.

wnętrznym płaszczu generatora (rys. 1), idzie do komory spalania, w której przegrzewa się, a stąd wchodzi od spodu do generatora. Gaz wodny, wytworzony według zasadniczej reakcji:



o składzie:  $\text{H}_2$  — 48%,  $\text{CO}$  — 40%,  $\text{CO}_2$  — 6÷8%,  $\text{N}_2$  — 5,5% i  $\text{CH}_4$  — 0,5%, wchodzi przez bełkotkę od dołu do płóczki wodnej, wypełnionej kok-

Aparat kontaktowy<sup>2)</sup> zawiera półki sitowe z kontaktem, składającym się z  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  z pewnymi dodatkami ciał aktywujących (aktywatory). Reakcja konwersji przebiega najlepiej w temperaturze około  $500^\circ\text{C}$ , przy czym ciepło reakcji zupełnie wystarcza do prowadzenia procesu bez dodatkowego podgrzewania. Po reakcji gazy idą przez rurkowe wymienniki ciepła, podgrzewając w przeciwnym kierunku gazy idące do konwersji, do

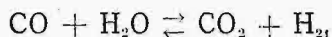


Rys. 2. Hala sprężarek do aparatów Linde'go w Mościcach.

sem, gdzie oczyszcza się od smoły i popiołu, a następnie do zbiornika gazu wodnego na 10 000 m<sup>3</sup>.

Ze zbiornika ekshaustory przesyłają gaz wodny do oczyszczalni gazu i do konwersji. Do oczyszczania gazu służą skrzynie z rudą ławkową, przez które gaz przepływa. Idzie tu głównie o usunięcie z gazu wodnego siarkowodoru, który truje kontakty podczas konwersji. Zużyta masa czyszcząca zostaje na miejscu regenerowana.

Sama konwersja polega na działaniu pary wodnej na tlenek węgla w egzotermicznej reakcji



przez co gaz wzbogaca się w wodór. Gaz wodny idzie z oczyszczalni przez płóczkę wodną, wypełnioną warstwami koksu i kamionki, w której nasycy się parą wodną, a następnie po przejściu przez separator, oddzielający krople wody, i przez wymienniki ciepła, ogrzewane przez uchodzące z konwersji gazy, gaz wchodzi do właściwej przestrzeni kontaktowej.

płóczki wodnej, umieszczonej nad płóczką gazu przed konwersją, gdzie zostają przemyte, podgrzewając przytem wodę, idącą do płóczki dolnej. Z płóczki gaz skonwertowany idzie do odpowiedniego zbiornika. Schemat konwersji przedstawia rys. 5. Skład gazu po konwersji jest następujący:  $\text{H}_2$  — 64,4%,  $\text{CO}$  — 3,3%,  $\text{N}_2$  — 1,8%,  $\text{CO}_2$  — 30,5%,  $\text{CH}_4$  — 0,3%, a przed konwersją, po oczyszczalni:  $\text{H}_2$  — 50,3%,  $\text{CO}$  — 42,5%,  $\text{CO}_2$  — 3,7%,  $\text{N}_2$  — 3%,  $\text{CH}_4$  — 0,3% i  $\text{O}_2$  — 0,17%.

Gaz skonwertowany zawiera, obok wodoru, azotu i reszty  $\text{CO}$ , — dużą ilość dwutlenku węgla, którą oczywiście należy usunąć podczas dalszej fabrykacji.

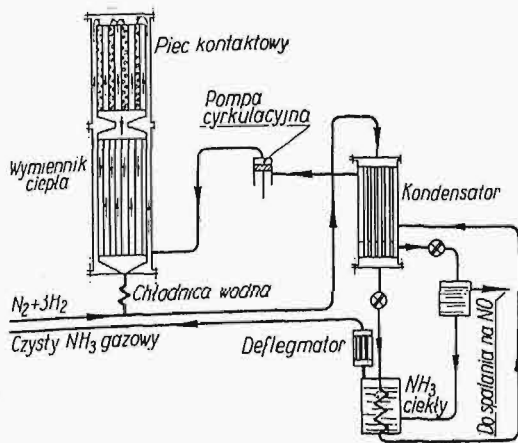
Oczyszczanie gazu skonwertowanego odbywa się w ten sposób, że spręża się go do 12 at i wprowadza od dołu do płóczek wod-

<sup>2)</sup> Porówn. opis konwersji gazu w nowym wydaniu Technologji Ullman'a.

Opis urządzenia do konwersji: Fokin, Synteza amoniaku [1930], metoda N. E. C.



nych, wysokości ok. 20 m, wypełnionych pierścieniami Raschig'a lub koksem, a następnie do płóczek ługowych. Absorbacja dwutlenku węgla odbywa się prawie całkowicie w wieży wodnej, wieże ługowe zaś pochłaniają resztki bezwodnika wę-



Rys. 3. Schemat działania aparatu kontaktowego Fauser'a.

glowego. Regenerację ługu przeprowadza się w specjalnej instalacji, zaś brakujące ilości uzupełnia dział elektrolizy soli kuchennej.

Niezbędny do syntezy amoniaku drugi składnik — azot otrzymuje się przez rektyfikację skroplonego powietrza w aparatach Linde'go. Powietrze zasysane jest przez dmuchawę i, po przefiltrowaniu przez wołok i usunięciu CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O przez wymrożenie, zostaje sprężone w sprężarkach 3-stopniowych, a następnie chłodzone stopniowo gazami odlotowymi z rektyfikacji N<sub>2</sub> i O<sub>2</sub>, w chłodnicy amonjakałnej i w wężownicy zewnętrznej właściwego aparatu rektyfikacyjnego<sup>3)</sup>.

Gaz skonwertowany, po usunięciu CO<sub>2</sub>, idzie do chłodnic, w których skrapla się para wodna oraz inne ewentualne zanieczyszczenia. Chłodzenie zachodzi stopniowo zapomocą gotowej, zimnej mieszanki N<sub>2</sub> + 3H<sub>2</sub>, w chłodnicach amonjakałnych i w samym aparacie, przygotowującym mieszanekę. Po oziębieniu gaz wchodzi do specjalnego aparatu syst. Linde'go celem usunięcia resztek CO. Dopływ gazu do aparatu odbywa się od dołu przez wężownicę, zanurzoną w ciekłym azocie, zanieczyszczonym przez CO; stąd gaz wchodzi do kolumny, gdzie spotyka się w przeciwnym kierunku z ciekłym azotem, uzyskanym met. Linde'go ze skroplonego powietrza. CO skrapla się i przechodzi do roztworu (rozpuszcza się w ciekłym azocie), a odpowiednia ilość azotu przechodzi do fazy gazowej tak, że gaz zostaje wzbogacony w azot do składu N<sub>2</sub> + 3H<sub>2</sub> i uchodzi z kolumny. Otrzymana mieszanina gazowa służy już do syntezy. Mościce posiadają 3 aparaty Linde'go do rektyfikacji skroplonego powietrza i 3 — do wymywania resztek tlenku węgla z gazu.

Ponieważ wymywanie CO ciekłym azotem nie jest całkowite i mieszanina zawiera jeszcze ok. 0,04% CO, przeto po sprężeniu jej w sprężarkach 4-stopniowych do 250 ÷ 300 at, mieszanina wchodzi do dodatkowego aparatu kontaktowego (do t.

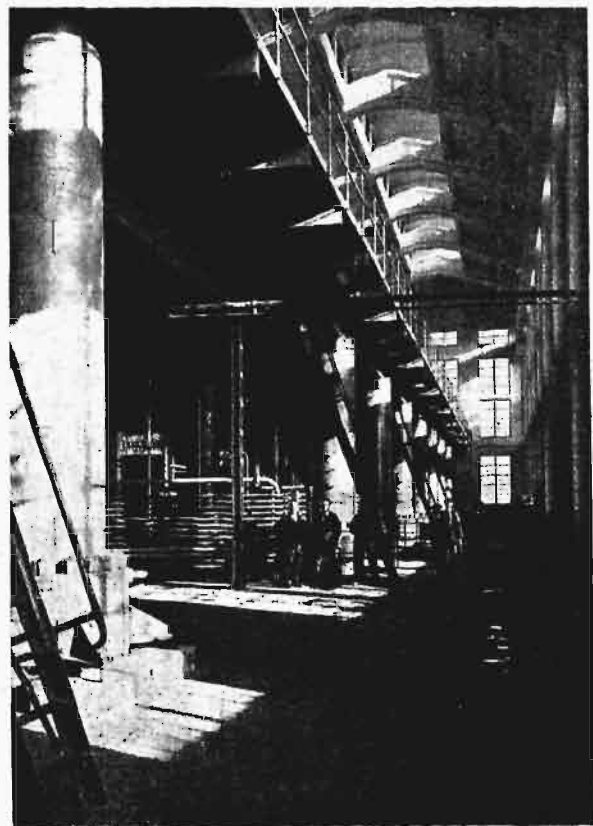
zw. prekatalizy), który odgrywa rolę aktywnego filtru chemicznego dla mieszanki. W aparacie tym zachodzi głównie reakcja:



Oczywiście, masa kontaktowa (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, zredukowany, stary kontakt z syntezy NH<sub>3</sub>) musi tu być często zmieniana. Obok metanu powstaje tu równocześnie ok. 1% NH<sub>3</sub>, co przeciwdziała zbyt gwałtownej syntezie we właściwym aparacie kontaktowym i chroni kontakt od przegrzewania. Potem powstawanie NH<sub>3</sub> w tym aparacie umożliwia przebieg reakcji katalizy CO na CH<sub>4</sub> bez dodatkowego ogrzewania, gdyż ilość CO jest zbyt mała, by mogła utrzymać właściwą temperaturę reakcji. Oczywiście, reakcję zapoczątkowujemy przez elektryczne podgrzewanie. Po wymrożeniu z mieszanki wody katalitycznej prowadzi się gazy do właściwych kolumn katalitycznych, których Mościce posiadają 8.

Piec kontaktowy jest to nieco ulepszony aparat syst. Fauser'a: składa się on z dwóch kolumn, przyczem dolna zawiera wymienniki ciepła, górna zaś stanowi właściwy aparat kontaktowy<sup>4)</sup>. Zbudowane są ze stali stopowej, odpornej na ciśnienie i temperaturę. Schemat aparatu i działanie przedstawia rys. 3.

Świeża mieszanina gazowa po prekatalizie miesza się z gazami (po przejściu przez nie chłodnicy wodnej i wykropleniu większej części zawartego NH<sub>3</sub>), wychodzącymi po reakcji z aparatu katali-



Rys. 4. Piece kontaktowe w Mościcach.

<sup>3)</sup> Przgl. Techn. [1926], str. 181 i 221.

<sup>4)</sup> Opis i działanie jednostki Fauser'a: Chem. Techn., F. Ullman [1928] oraz Synteza amoniaku, L. F. Fokin (ros.), [1930].

tycznego z zawartością ok. 8%  $\text{NH}_3$  i chłodzi w kondensatorze rozprężoną zimną mieszankę. Następnie, po wyjściu z kondensatora i po rozprężeniu się w zaworze redukcyjnym, wchodzi do węzownicy, zanurzonej w ciekłym  $\text{NH}_3$ , który — parując — powoduje skraplanie się  $\text{NH}_3$  w mieszaninie gazów. Mieszanina ta idzie między rurkami kondensatora, chłodząc świeżą mieszankę; równocześnie następuje oddzielenie ciekłego  $\text{NH}_3$  od  $\text{N}_2$  i  $\text{H}_2$ . Azot i wodór wraz z 1% nieskroplonego  $\text{NH}_3$  wracają przez pompę cyrkulacyjną do obiegu, a ciekły amonjak, po powtórnej rozprężeniu i częściowym odparowaniu (parą ta wraz z wodorem, rozpuszczonym uprzednio w  $\text{NH}_3$ , idzie do przerobu na kwas azotowy) przepływa do parownika, gdzie kosztem swego ciepła parowania chłodzi mieszankę.

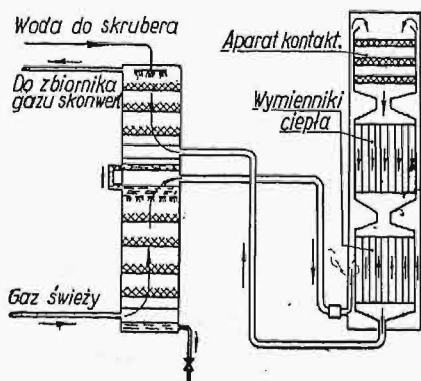
Fabryka wytwarza we własnym zakresie kontakt do konwersji i syntezy, lecz sam sposób wyrobu stanowi t. zw. tajemnicę fabrykacji.

## 2. Wytwórnia w Chorzowie.

Zbudowana i puszczona w ruch w 1928/29 r. fabryka amonjaku syntetycznego opiera się całkowicie na metodzie, opracowanej przez Nitrogen Engineering Corporation. Chociaż sama metoda jest technologicznie zbliżona do B. A. S. F. (Haber'a - Bosch'a), to jednak pewne szczegóły konstrukcyjne w budowie aparatów powodują jej odrębność.

Opiszę tylko zasady procesu, według posiadanych danych.

Gaz wodny z generatorów koksowych, po wymyciu pyłu i smoły (podobnie jak w Mościcach), zostaje odprowadzony do zbiornika, a stąd, po oczyszczeniu od siarkowodoru, cjanu (zapomocą rudy łakowej, masy Luxa lub węgla aktywowanego) — do konwersji celem wzbogacenia gazu w wodór. Urządzenie do konwersji N. E. C. jest identyczne jak w Mościcach, rys. 5. Cała aparatura składa się z konwertora cylindrycznego, dobrze izolowanego od strat ciepła, w którym masa kontaktowa jest ułożona na kilku półkach. Przed wejściem do konwertora gaz wodny poddaje się nasycaniu parą wodną w temp.  $80 \div 90^\circ\text{C}$  i podgrzaniu w wymiennikach



Rys. 5.

Schemat konwersji metodą N. E. C.

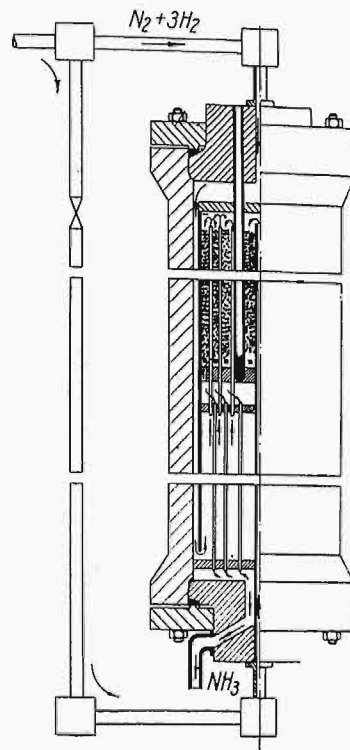
gazu skonwertowanego. Dla racjonalnego wyzyskania wody, stosuje się następujący sposób nasycania gazu wodnego parą wodną: gaz przepływa przez wypełniany koksem skrubler, zwilżany ciepłą wodą, otrzymaną podczas kondensacji pary wodnej w gazie skonwertowanym. Kondensacja ta następuje w podobnej płócce, zraszanej

zimną wodą. Ściekająca z tej płócki woda nagrzana idzie właśnie na nasycanie parą gazu wodnego.

Objętość gazu po konwersji powiększa się o tyle procent, ile jej ubyło przez utlenienie  $\text{CO}$ ; wynosi to  $35 \div 38\%$ . O tyleż procent wzrasta więc zawartość wodoru w gazie. Gaz konwertowany przepływa przez potrójny wymiennik ciepła, ogrzewając w przeciwnym kierunku świeże gazy, idące do konwersji.

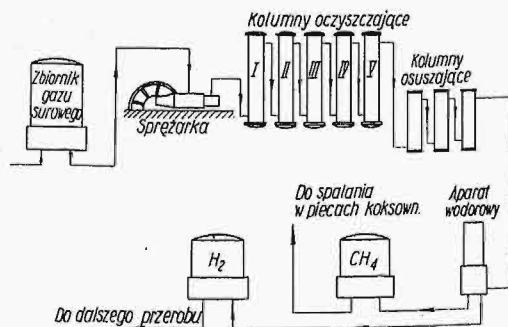
Reakcja zachodzi w temp.  $450 \div 500^\circ\text{C}$ ; kontakt składa się z tlenków żelaza z odpowiednimi aktywatorami.

Gaz skonwertowany przechodzi do zbiornika, a stąd do dalszego oczyszczania. Przedewszystkiem należy usunąć z gazu  $\text{CO}_2$ , którego zawartość sięga 30%. W tym celu spręża się gaz do 25 at i pod tym ciśnieniem wprowadza się do wież o grubych ścianach z żelaza kotłowego, o wysokości ok. 16 m, wypełnionych pierścieniami Raschig'a i zraszanych wodą pod ciśnieniem, w której  $\text{CO}_2$  rozpuszcza się prawie całkowicie. Wymyty gaz przepływa przez separator kropli wody, podczas gdy woda z  $\text{CO}_2$  przepływa przez turbinę Pelton'a, przyczem z rozprężania jej można odzyskać z powrotem ok. 60% zużytej na sprężanie energii.



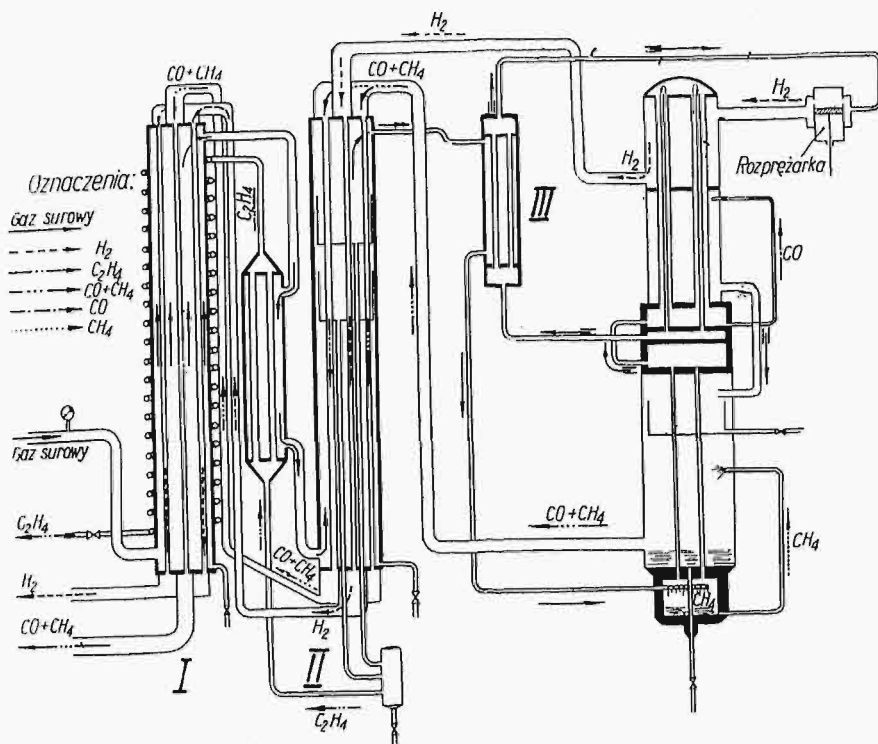
Rys. 6.

Schemat pieca kontaktowego N. E. C.



Rys. 7. Schemat otrzymywania wodoru w Knurowie.

Wymyty od  $\text{CO}_2$  gaz (zawierający jednak jeszcze do 1%  $\text{CO}_2$ ), po uzupełnieniu azotem, otrzymanym z rektyfikacji skroplonego powietrza metodą Lindego, do składu  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2$ , zostaje sprężany do 300 at i doprowadzany od dołu do kolumn absorbcyjnych, wypełnionych pierścieniami Raschig'a, w których z góry pod tymże ciśnieniem spływa na



Rys. 8. Schemat aparatury do otrzymywania wodoru z gazów koksowniczych metodą Claude'a.

dół amonjakalny roztwór soli miedzi (węglan lub mrówczan) i roztwór ten pochłania resztki CO, pozostałego po konwersji. Roztwór znajduje się w ciągłej cyrkulacji, przechodząc przez dalszą aparaturę do regeneracji pod ciśnieniem atmosferycznym. Wydzielony podczas regeneracji CO kieruje się przez specjalne przewody do zbiornika gazu wodnego, a z nim znowu do konwersji (podczas wojny CO szedłby do wyrobu fosgenu).

Po wymyciu resztek  $CO_2$  z mieszanki w wieży z roztworem ługu sodowego i po usunięciu wody przez wymrożenie, wprowadza się ją do kolumny katalitycznej<sup>3)</sup>, których Chorzów posiada dwie (jedna w ruchu, druga zapasowa), rys. 6. Zbudowana jest ona ze stali chromowanadowej i ma wysokość ok. 7 m. Ciśnienie robocze wynosi 300 at, temperatura  $500^\circ C$ . U dołu kolumny znajduje się wymiennik ciepła, u góry — właściwa komora kontaktowa o dużej pojemności, przyczem kontakt (pozornie naturalny magnetyt z aktywnymi dodatkami, sporządzony w piecu elektrycznym) jest umieszczony między rurkami z przepływającymi gazami. Oba aparaty: komora kontaktowa i wymiennik ciepła są połączone w jednym korpusie dławek, aby zmniej-

szyc ilość połączeń, znajdujących się pod wysokim ciśnieniem. Wymiennik ciepła zrobiony jest ze stali wananadowej, która okazała się najbardziej odporna na działanie gorącego wodoru.

Świeża mieszanka gazowa, bez żadnego wstępnego podgrzania, wstępuje od góry do aparatu kontaktowego, przepływa przestrzeń międzycylindrową i wymiennik ciepła, a następnie rurki, umieszczone w komorze kontaktowej. Nagrzana w ten sposób do temp. reakcji przepływa w odwrotnym kierunku przez masę kontaktową, wymiennik ciepła (oddając swe ciepło gazom, idącym do katalizy) i z zawartością 15 — 20%  $NH_3$  opuszcza aparat. Wydzielenie amonjaku następuje przez zwykłe chłodzenie wodą (w lecie — amonjak) w odpowiednim kondensatorze. Dopływ świeżej mieszanki do aparatu jest pomyślany w ten sposób, że możliwa jest ewen-

tualność, aby część gazów skierować bezpośrednio do komory kontaktowej, z pominięciem wymiennika ciepła w dolnej części kolumny. W ten sposób temperaturę samego aparatu można doskonale regulować. Przy puszczeniu w ruch aparatu — gazy są podgrzewane przez specjalnie skonstruowany piec grzejny.

Jako zalety tej metody, wymienię: b. staranne oczyszczanie gazów przed reakcją (do 0,03% szkodliwych części składowych, co wobec niestosowania prekatalizy jest rzeczą pierwszorzędną wagi), a w związku z tem — długotrwałość katalizatora i szczególnie wysoka wydajność  $NH_3$  (do



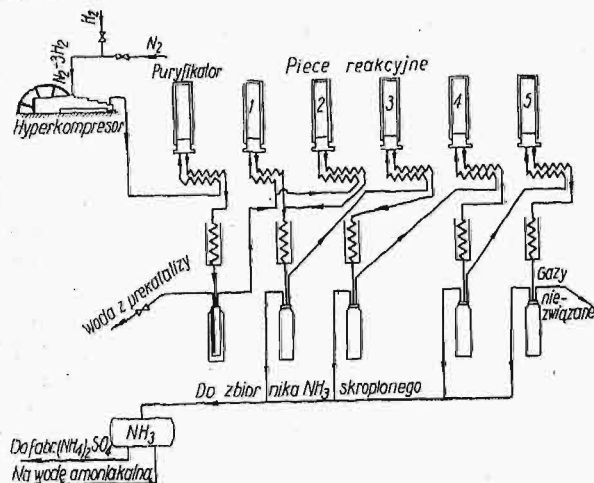
Rys. 9. Hala hyperkompresorów (1000 at) w Knurowie.

<sup>3)</sup> Opis i rysunek wziąłem z cytowanej wyżej książki Fokina.



22% pod ciśnieniem 300 at), która umożliwia uzyskanie amonjaku w formie ciekłej po zwykłym chłodzeniu wodą bez użycia maszyn chłodniczych.

Gazy, które nie przereagowały — po oddzieleniu  $\text{NH}_3$  — wracają do obiegu zapomocą pompy obieguowej.



Rys. 10. Schemat połączeń aparatów kontaktowych metodą Claude'a.

### 3. Wytwórnia w Knurowie.

Wytwórnia została zbudowana i uruchomiona po objęciu kopalni skarbowych przez Skarboferme i jest najstarszą z polskich fabryk amonjaku syntetycznego (1927); fabrykacja  $\text{NH}_3$  opiera się tu całkowicie na metodzie Claude'a.

Przygotowanie surowców. Wodór otrzymuje się z gazu koksowniczego w aparacie Claude'a przez stopniowe wykraplanie cięższych składników. Mianowicie surowy gaz z koksowni, stojącej obok fabryki syntetycznej, który zawiera ok. 45 ÷ 50%  $\text{H}_2$ , 10%  $\text{N}_2$ , 20%  $\text{CH}_4$ , 2%  $\text{CO}$  oraz  $\text{CO}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  i nieznaczne ilości  $\text{C}_6\text{H}_6$  z homologami (po pierwszym oczyszczeniu od smoły, benzolu i amonjaku), czerpany jest ze zbiornika i sprężany do 25 at, a następnie oczyszczany w 5 kolumnach. A więc usuwa się z tego gazu  $\text{CO}_2$  zapomocą roztworu wody amoniakalnej (przyczem  $\text{NH}_3$  zostaje z powrotem regenerowany z  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  przez ogrzanie); następnie amonjak z gazu wymywa się czystą wodą, skąd usuwa się go przez ogrzanie. Dalej wymywamy z gazu resztki benzolu z homologami zapomocą oleju antracеноwego i wreszcie usuwamy siarczki i cjanki — roztworem sody według schematu podanego na rys. 7.

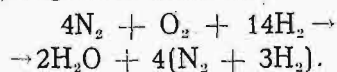
Schemat samego aparatu wodorowego, wraz z wymiennikami ciepła, podany jest na rys. 8. Po osuszeniu, gaz przechodzi przez 2 wymienniki ciepła, gdzie przeponowo stykając się z uchodzącymi, już rozdzielonemi gazami — ulega silnemu ochłodzeniu, dzięki dużej powierzchni zetknięcia (w wymienniku rurkowym ogólnie stosowanego typu). W pierwszym wymienniku skraplają się cięższe węglowodory oraz reszta  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{S}$ ; w drugim — etylen. Po przejściu jeszcze przez mały wymiennik, gdzie gaz styka się z wodorem, idącym z rozprężarki, wchodzi od dołu do właściwego aparatu Claude'a<sup>9)</sup>, w którym najpierw skrapla

<sup>9)</sup> Otrzymywanie wodoru z gazu koksowniczego i azotu z powietrza met. Claude'a dokładnie jest opisane u Fokin'a.

się metan; gazy jeszcze nie skroplone idą do góry kolumny, ulegając dalszemu chłodzeniu. W środkowej i górnej części aparatu ulegają skropleniu  $\text{CO}$  i  $\text{N}_2$  przez chłodzenie wodorem, idącym z rozprężarki. Temperatura w kolumnie wynosi ok. — 207° C. Wodór nieskroplony, wraz z pewną częścią azotu i  $\text{CO}$ , idzie przez wspomniany wyżej mały wymiennik ciepła do rozprężarki i tu — rozprężając się — chłodzi się jeszcze wydawniej, przyczem do smarowania tłoka rozprężarki użyty jest właśnie skroplony azot. Gazy rozfrakcjonowane idą przez wymienniki, chłodząc gaz świeży, przyczem etylen, skraplający się w wymienniku II, opływa w węzownicy wymiennik I.  $\text{CH}_4$  +  $\text{CO}$  służą częściowo do opalania pieców koksowniczych, częściowo zostają spalane bezużytecznie.

A z o t fabryka otrzymuje jako produkt rektyfikacji skroplonego powietrza w aparacie Claude'a. Mianowicie powietrze atmosferyczne, brane z wysokości 15 m (celem uniknięcia zanieczyszczeń), spręża się w sprężarce do 20 at i tłoczy przez kolumnę, oczyszczającą od  $\text{CO}_2$ , i dwie — osuszające. Przed wejściem do właściwego aparatu rektyfikacyjnego powietrze w ten sposób oczyszczone idzie przez dwa wymienniki ciepła (analogicznie jak przy rozdzielaniu gazu koksownianego), w których — stykając się przeponowo na dużej powierzchni z uchodzącymi  $\text{N}_2$  i  $\text{O}_2$  — ulega znacznemu ochłodzeniu. Właściwy aparat rektyfikacyjny jest zupełnie podobny do aparatu Linde'go. Azot, po przejściu przez wymienniki ciepła, idzie do zbiornika, a stąd do dalszego przerobu na  $\text{NH}_3$ , zaś tlen — do ładowania w butle i na sprzedaż.

Jeśli się zdarzy, że aparat azotowy, który jest tylko 1 w fabryce, nie pracuje, to  $\text{N}_2$  wówczas otrzymuje się wprost ze spalania odpowiedniej ilości powietrza atmosferycznego w wodorze w specjalnym piecu i po usunięciu wody mamy już gotową mieszaninę:



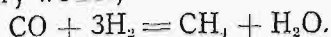
Fabrykacja  $\text{NH}_3$ . Po zmieszaniu azotu z wodorem w stosunku 1 : 3 (co wykazuje elektryczny aparat kontrolujący) prowadzi się mieszaninę do 6-stopniowej sprężarki, gdzie pierwsze stopnie sprężają ją do 350 kg/cm<sup>2</sup>, a ostatni — do 1 000 kg/cm<sup>2</sup>, i pod tem ciśnieniem idzie b. małymi przewodami na aparaty kontaktowe. Fabryka posiada 4 takie sprężarki b. wysokiego ciśnienia (t. zw. hiperkompresory), każda dla 1 agregatu aparatów kontaktowych, składającego się z 6 tub (pieców) reakcyjnych: puryfikatora, dwu pracujących równolegle i 3-ch szeregowo (rys. 10).

Pierwsza tuba (t. zw. puryfikator, spełniający rolę prekatalizatora, filtra chemicznego) wypełniona jest starym kontaktem, gdzie gazy oczyszczają



Rys. 11. Aparat kontaktowy Claude'a.

się od reszty możliwych zanieczyszczeń (CO) w temp. 400° C. Zachodzi tu więc reakcja tworzenia metanu i pary wodnej



Woda reakcyjna (która według Claude'a powinna zawierać do 25% CH<sub>3</sub>OH z reakcji: CO + 2H<sub>2</sub> = CH<sub>3</sub>OH) zostaje skroplona przez chłodzenie, a wolny od CO gaz z domieszką metanu, którego obecność nie działa szkodliwie na katalizatory, przechodzi przez właściwe tuby reakcyjne, z których dwie pierwsze połączone są ze sobą równolegle, aby reakcja nie zachodziła zbyt gwałtownie w jednym aparacie. Wykańczanie procesu syntezy następuje w trzech dalszych tubach, połączonych ze sobą szeregowo. Gazy niezwiązane, po wykropleniu i wymyciu z nich reszty amonjaku, wstępują znowu do obiegu (po wygaśnięciu patentu Habera na cyrkulację). Pod każdą tubą znajduje się wymiennik ciepła i chłodnica wodna, gdzie amonjak wykrapla się z gazów i spływa do zbiorniczka, a stąd do dużego zbiornika. Cały agregat jest odpowiednio zabezpieczony od możliwości rozzerwania przewodów i wybuchu.

Właściwa rura kontaktowa (rys. 11) składa się z zewnętrznego, odpornego na ciśnienie płaszczka stalowego (0,098% C; 0,93% Mn; 0,09% S i 0,018% Si) M długości 1,5 m i 24 cm przekroju zewnętrznego, a 10 cm — wewnętrznego, który jest mocno nakręcony na metalową głowicę T. Wewnątrz tego płaszczka znajduje się rura katalizatorowa (60% Ni; 34% Cr; 6% W i 0,4% C), która zawiera masę kontaktową w postaci naboju. Sprężona mieszanina gazowa wchodzi od dołu przez A do pieca kontaktowego, gdzie — otaczając źle przewodzącą (izolowaną) rurę z katalizatorem — nagrzewa się do

500 — 550° C i przepływa przez masę kontaktową w odwrotnym kierunku, t. j. z góry na dół, opuszczając aparat w C. Kontakt stanowi żelazo z aktywatorami (K, Mg), przyczem wyrób jego oraz wyrób samych aparatów jest francuski.

Otrzymany w rezultacie amonjak ciekły idzie do przerobu na siarczan amonu (do czego aparatura znajduje się na koksowni) lub na sprzedaż, jako 25 ÷ 30% (zależnie od odbiorcy) woda amonjalkalna.

Z tego krótkiego przeglądu wytwarzania amonjaku syntetycznego w Polsce widzimy, jak różnymi drogami trzeba się posługiwać, aby dojść do ostatecznego rezultatu — NH<sub>3</sub>. Trudności wiązania azotu z wodorem należy już dziś uważać za zupełnie pokonane.

Dyrekcjom: P. F. Z. A. w Mościcach i Polskich Kopalń Skarbowych na Górnym Śląsku w Królewskiej Hucie składam serdeczne podziękowania za nadesłane zdjęcia.

Production of synthetic ammonia in Poland.

Summary

There are three factories of synthetic ammonia in Poland: in Mościce, in Chorzów and in Knurów. All these factories work presently with about 50% of their normal efficiency. The total production per day is of about 63 tons of ammonia. During the crisis in agriculture, this amount is not only sufficient for the internal demand of nitrogen compounds, but is also exported, mainly as (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Each factory uses a different method of production. In Mościce the G. Fauser's method is applied, in Knurów — the George Claude's method and in Chorzów — the American method of the: „Nitrogen Engineering Corporation, N. Y.”.

The autor describes these three methods in a detailed manner, illustrating them by schemes and photographs.

Inż. H. BOCK

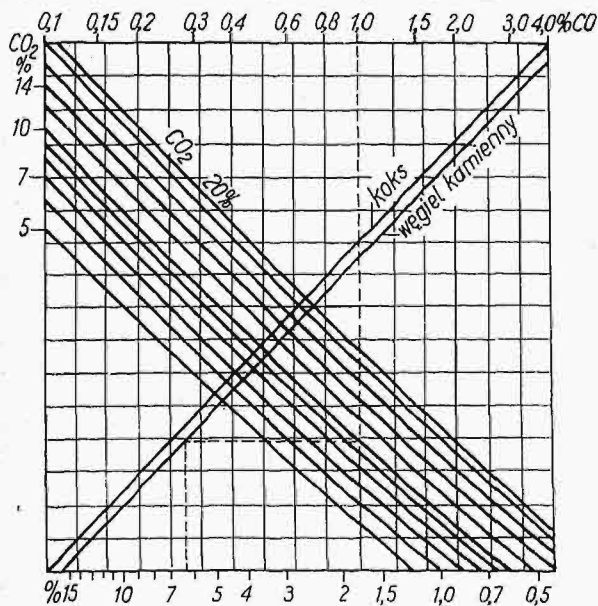
## Wtórne powietrze w paleniskach kotłowych

Dymiący komin jest jeszcze w obecnych czasach wskaźnikiem ruchu danego zakładu przemysłowego. Wielu kierowników ruchu tak już przyzwyczało się do tego zjawiska, że nie pomyśli nawet o tem, iż błąd ten usunąć można łatwymi sposobami, a oszczędności uzyskane przez to zamortyzują koszt inwestycji często w 2 do 3-ch miesięcy. Nie poruszam już tutaj higienicznej strony bezdymnego spalania, gdyż to już niejednokrotnie robiono gdzieindziej.

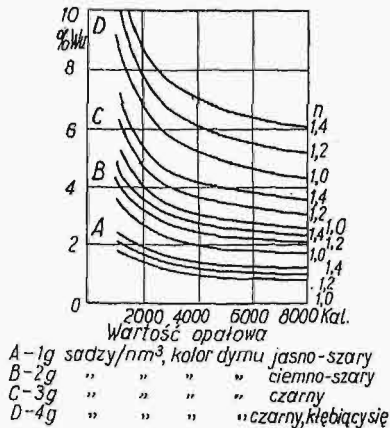
Dymienie paleniska obserwujemy najczęściej tam, gdzie spalany jest miał węglowy, w szczególności zaś tam, gdzie niema żadnej kontroli przy użyciu aparatów pomiarowych do gazów odlotowych. Zdarza się jednak, że w wielu kotłowniach zadowolniają się ustawieniem aparatu wskazującego tylko ilość CO<sub>2</sub> w spalinach. Wymaga się wtedy od obsługi, aby utrzymywała stale np. 12—14% CO<sub>2</sub> za kotłem.

Należy tu jednak zwrócić uwagę na błąd, który jest często popełniany; mianowicie, rozpowszechnione jest mniemanie, że, o ile zawartość w spalinach CO<sub>2</sub> jest mała, nie może się tam znajdować CO. Otóż przy nieodpowiedniej i nieudanej konstrukcji paleniska (co najczęściej ma miejsce w starych instalacjach) zdarza się bardzo często, że w jednym miejscu paleniska istnieje nadmiar po-

wietrza, w innym zaś — skutek jego braku — zachodzi niezupełne spalanie na CO, pozostaje CH<sub>4</sub> i t. p. O ile ta część niespalonych gazów nie



Strata przez niezupełne spalanie  
Rys. 1. Wykres strata, powstających wskutek niepełnego spalania.



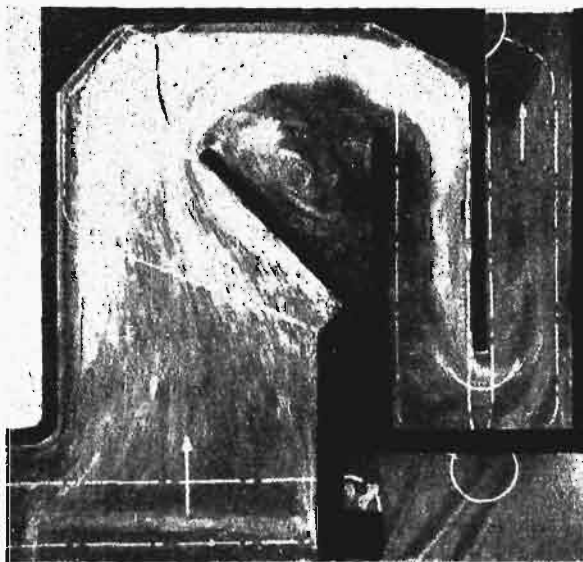
Rys. 2. Straty wskutek zawartości sadzy w spalinach.

otrzyma dodatkowego powietrza, gazy po oziębieniu i wymieszaniu się za rurkami kotłowymi posiadać mogą małą ilość CO<sub>2</sub>, jednak pewną ilość CO, CH<sub>4</sub> oraz H<sub>2</sub>. A więc, jak widać — zmierzona za kotłem ilość CO<sub>2</sub> nie da e w zupełności gwarancji, czy spalanie jest zupełne. Dlatego też należy wprowadzić bezpośrednią metodę pomiaru CO, względnie CO+H<sub>2</sub>. Wielkość strat, powstałych wskutek niezupełnego spalania, wskazuje rys. 1<sup>1)</sup>. Dla przykładu obliczone zostały straty przy CO = 1% oraz CO<sub>2</sub> = 10% dla węgla kamiennego. Straty wynoszą ok. 6,4%. Rys. 2<sup>2)</sup> daje straty wskutek zanieczyszczenia spalin sadzą. Warto tu zaznaczyć, że dymienie paleniska prawie zawsze łączy się z niezupełnym spalaniem, gdyż przyczyny wywołujące dym są korzystne dla niezupełnego spalania węgla. Jak widać z powyższych rysunków, straty te łącznie mogą dać bardzo poważną pozycję w bilansie cieplnym kotła i dlatego też w żadnej instalacji kotłowej nie powinny mieć miejsca.

Środkiem zaradczym jest prawie zawsze:

- 1) powiększenie komory paleniskowej,
- 2) zastosowanie wtórnego powietrza, wzgl. oba środki razem.

Powiększenie komory paleniskowej daje zmniejszone obciążenie w Kal/m<sup>3</sup>, przez co niespalone gazy mają większe szanse spalania się; wtórne powietrze zaś w istniejących, wzgl. powiększonych



Rys. 3. Przepływ spalin w palenisku bez powietrza wtórnego.

komorach powoduje dokładne wymieszanie gazów przed oziębieniem ich przez rurki kotłowe, tak że spalanie staje się zupełne.

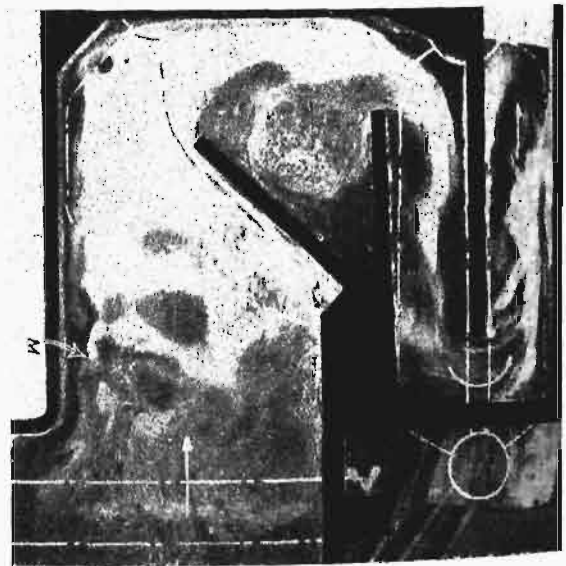
W artykule niniejszym ograniczę się tylko do sprawy wtórnego powietrza, gdyż zainstalowanie go w kotłach nie napotyka na większe trudności, a koszty związane z tem są minimalne.

Rys. 3<sup>3)</sup> wskazuje na modelu zachowanie się gazów w palenisku kotła z rusztem ruchomym i strefowym podwiewem. Widać wyraźnie, że gazy przepływają równoległymi pasmami, nie mieszając się. Rys. 4<sup>4)</sup> wskazuje przepływ gazów w tem samym palenisku, jednak z dodatkem wtórnego powietrza pod ciśnieniem. Widzimy, że gazy zostają zmieszane dokładnie.

Jeśli idzie o praktyczne wykonanie dopływu wtórnego powietrza, to zależy to w pierwszym rzędzie od konstrukcji paleniska, typu kotła, ruszta i t. p. W kotłach starych, zaopatrzonych w ruszta stałe, wtórne powietrze doprowadza się bez ciśnienia, w kotłach zaś nowszego typu, t. j. wyposażonych w ruszta ruchome bez podwiewu, z podwiewem ogólnym lub strefowym — powietrze można doprowadzić z wentylatora podmuchowego, lub, co jest lepsze, z oddzielnego wentylatora, dającego ciśnienie 150 — 200 mm sł. w.

Wtórne powietrze pod ciśnieniem ma bardzo poważne zalety, jak:

- 1) dokładne wymieszanie gazów, a więc zupełne spalanie węgla,
- 2) usunięcie dymu nawet przy zmiennym obciążeniu kotła,
- 3) przyspieszenie procesu spalania węgla, a więc powiększenie elastyczności kotła,
- 4) zmniejszenie strat wskutek porywania lotnego koksiku i
- 5) zmniejszenie się wahań temperatury pary przegrzanej przy niewyłączalnym przegrzewaczu.



Rys. 4. Przepływ spalin w palenisku z doprowadzeniem powietrza wtórnego (w punkcie w).

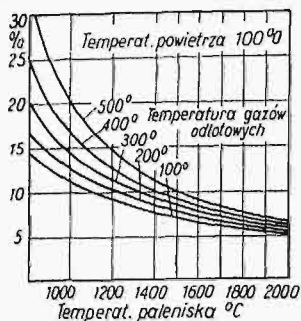
<sup>1)</sup> Arch. f. Wärmewirtschaft 1933, Arbeitsblatt 33.

<sup>2)</sup> Praetorius, Wärmewirtschaft im Kesselhaus str. 128.

<sup>3)</sup> <sup>4)</sup> Marcard, Strömungstechnische Fragen im Dampf-kessel und Feuerungsbau. Arch. f. Wärm. 1933, str. 291.



Wszystkie powyższe punkty wpływają na zwiększenie sprawności kotła. Chcąc sprawę tę jeszcze dalej posunąć, należałoby zastosować wtórne powietrze ogrzane. Zasadniczo, o ile przy ogólnym podwiewie wysoka temperatura powietrza pociąga za sobą trudności w postaci nagrzewania się rusztu, w tym wypadku przeszkód tej natury niema.

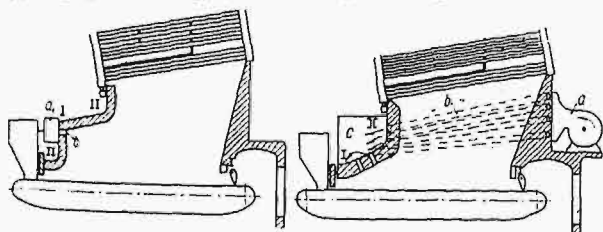


Rys. 5. Wzrost sprawności kotła dzięki podgrzaniu powietrza paleniskowego.

i 8<sup>a</sup>) dają różne sposoby instalowania wtórnego powietrza.

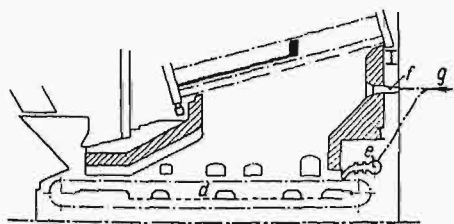
Jak wielką wagę przykłada technika kotłowa do tych spraw, świadczy fakt, że obecnie jest już nawet mowa o tem, aby część gorących spalin ssać z czopucha i następnie, zamiast wtórnego powietrza, wtlaczać do komory paleniskowej.

Instalację wtórnego powietrza pod ciśnieniem zastosowano przy kotle syst. Babcock-Wilcox, typu poprzecznego, 600 m<sup>2</sup> pow. ogrz., z rusztem



Rys. 6 i 7. Sposoby doprowadzania wtórnego powietrza. Rys. 6: przez dyszę (b) przy podciśnieniu w komorze spalania oraz rys. 7: przez dmuchawę (a), kanały w obmurzu (b) do komory rozdzielczej (c).

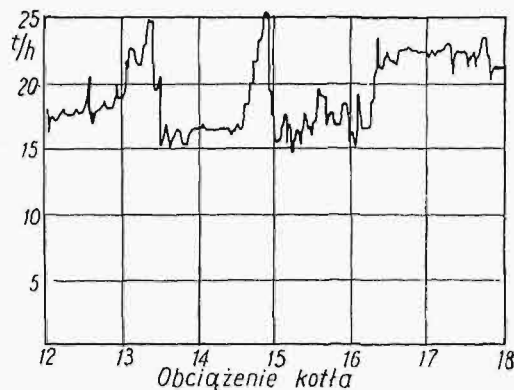
ruchomym 27,75 m<sup>2</sup> oraz strefowym podwiewem. Spalany jest miął węglowy o wart. opałowej  $W_u = 5500 - 6000$  Kal. Sprawność gwarantowa-



Rys. 8. Przebudowa paleniska. d—ruszt posuwowy strefowy, f—dysze doprowadz. powietrze g z wentylatora

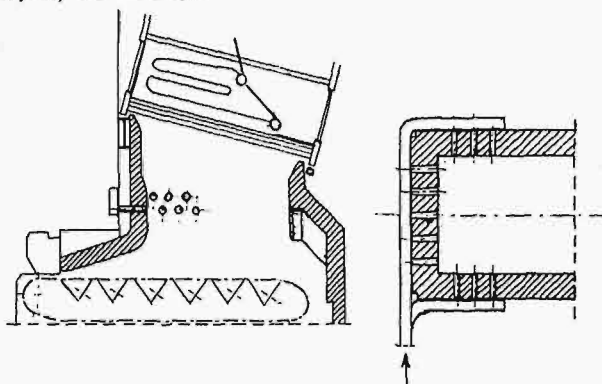
na wynosi 81% przy obciążeniu normalnem 24 t/h. Kocioł pracuje stale przy nierównem obciążeniu, jak to wskazano na rys. 9, przyczem niespalone gazy, silne dymienie oraz porywanie lotnego kok-

<sup>3)</sup> Praetorius. Wärmewirtschaft im Kesselhaus, str. 332.  
<sup>4)</sup> Die Wärme 1933, str. 770. Betriebserfahrungen.  
<sup>5)</sup> Boese. Zeitgemässe Fragen der Dampftechnik und der Stromerzeugung in Industrieanlagen. Die Wärme 1933, str. 275.



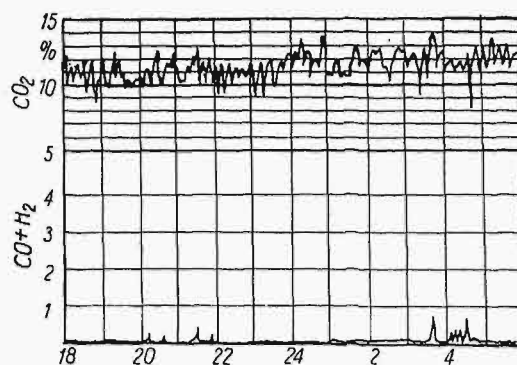
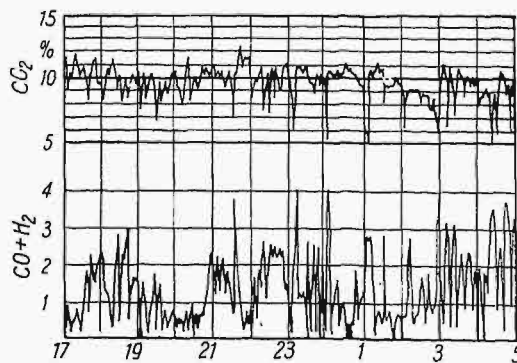
Rys. 9. Wykres obciążenia kotła.

siku występowały już od 25 kg/m<sup>2</sup>h. W tych warunkach, mimo wyłożonej kontroli, nie zdołano uzyskać średniej miesięcznej sprawności kotła powyżej 73 — 74%.



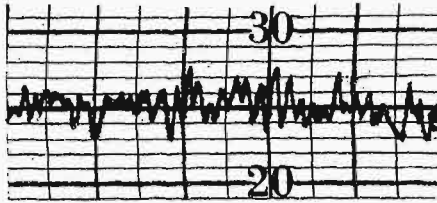
Rys. 10. Umieszczenie instalacji wtórnego powietrza.

Rys. 10 przedstawia umieszczenie instalacji wtórnego powietrza. Wbudowano 5 dysz żeliw-



Rys. 11. U góry — normalny wykres zawartości CO<sub>2</sub> oraz CO+CH<sub>4</sub> w spalinach, u dołu — takież wykres po zainstalowaniu powietrza wtórnego.

nych z przodu kotła, nad sklepieniem zapalającym, oraz po 6 dysz (w 2-ch szeregach po 3 dysze) — z boku. W pierwotnym projekcie przewidywano umieszczenie 18 dysz z przodu kotła, jednak warunki miejscowe nie pozwoliły na to bez większych przeróbek.

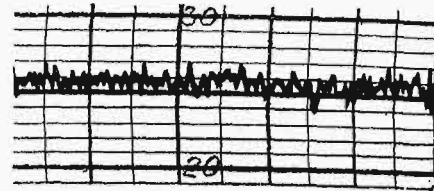


Rys. 12. Wykres ciśnienia pary przed wbudowaniem nowej instalacji.

Na rys. 11 u góry wskazany jest normalny wykres zawartości  $\text{CO}_2$  oraz  $\text{CO} + \text{H}_2$  w spalinach, za ekonomizerem, przed wbudowaniem nowej instalacji. Jak widać, straty wskutek niespalonych gazów oraz dymienia były b. duże. U dołu wykresy wskazują obecną pracę kotła. Widać wyraźnie, że ilość  $\text{CO} + \text{H}_2$  wynosi praktycznie zero, wzrosła przytem ilość  $\text{CO}_2$ . Obciążenie kotła w obu wypadkach było podobne, przyczem występowały większe wahania. Palenisko przestało dymić. Przy przeciążeniach kotła wydobywa się z komina ledwie widzialny biało-szarawy dym.

Z rys. 12 i 13 widać wreszcie, jak wzrosła elastyczność kotła. Palacz może obecnie z łatwością utrzymać ciśnienie pary, mimo dużych wahań ob-

ciążenia. Ilość lotnego popiołu oraz koksiku niewspółmiernie się zmniejszyła. Temperatura pary przegrzanej, która przy wskazanym wyżej na wykresie obciążeniu wahała się w granicach 380 — 425° C, zmienia się obecnie od 390 — 410° C. Średnia sprawność kotła, obliczona za miesiąc po uruchomieniu instalacji, wyniosła 78,6%.



Rys. 13. Obecny wykres ciśnienia pary, po przebudowie.

Powyższy przykład z praktyki ilustruje dostatecznie korzyści, osiągnięte z zainstalowania wtórnego powietrza.

#### L'air secondaire dans les foyers des chaudières à vapeur.

##### R é s u m é

L'auteur s'occupe de la question des pertes causées par la combustion incomplète dans les foyers des générateurs de vapeur et montre les avantages de l'introduction de l'air secondaire.

Les considérations de l'auteur sont complétées de diagrammes illustrant sa thèse, ainsi que d'un exemple de sa pratique montrant les avantages obtenus par l'introduction de l'air secondaire dans le foyer d'une chaudière existante.

## PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH

### KOLEJNICTWO

#### Nowości w kolejnictwie światowym.

**Francja.** Na skutek pamiętnej katastrofy kolejowej pod Lagny, która przejęła grozą cały świat w końcu grudnia r. ub., Min. Robót Publ. we Francji opracowało projekt udoskonalenia sygnalizacji kolejowej na szlakach o ogólnej długości 4402 km. Projekt ten, złożony do aprobaty Wyższej Rady Kolejowej, przewiduje instalację blokady automatycznej na wspomnianych szlakach oraz zainstalowanie sygnalizacji syst. amerykańskiego na parowozach. Inwestycje te będą jednak bardzo kosztowne, gdyż stanowią ok. 15 000 fr. na 1 km linii i 30 000 fr. na każdy parowóz. Poza tem projektowane jest powiększenie liczby torów do 4-ch na niektórych szlakach podmiejskich, a przedewszystkiem na szlaku Paryż—Lagny.

Liczba uruchomianych wagonów silnikowych na kolei P. L. M. wzrasta coraz bardziej. Obecnie jest ich w ruchu: 2 na linii Tulon — Hyère, jeden na odcinku Nicea — Vintimille, dwa — Lugdun—Grenoble oraz 8 na innych szlakach. W budowie i odbiorze dla tejże kolei znajduje się: 12 wozów pojedynczych i 2 zdwojone Renault, 2 Dietrich, 2 Berliet z przekładnią elektryczną, 1 Decauville i 8 in. systemów. Poza tem buduje się dla zapewnienia szybkiej komunikacji Paryż—Vichy 6 wozów silnikowych, z których 3 mają po 2 silniki 400 KM i 3 po jednym tej samej mocy. Pierwsze będą wozy po jednym wozie przyczepnym.

Z innych aktualności wspomnieć należy o projektowanym uruchomieniu przewozu pociągów Paryż—Londyn przez kanał La Manche na statkach. Na skutek osiągniętego porozumienia kolei północnej we Francji z koleją

południową w Anglii uruchomiono pierwszy taki statek dn. 15 marca r. b. Ogółem kursować będzie 3 przeznaczone do tego statki specjalne. Pociągi składać się mają wyłącznie z wagonów sypialnych. Statki są opalane węglem, kotły wodnorurkowe mają paleniska zasilane samoczynnie; napęd uskuteczniają 2 turbiny Parsonsa, sprzęgnięte z 2 śrubami. Ogólna długość statków wynosi 120 m, szybkość max. 16,5 węzła. Mieszczą one 12 wagonów sypialnych lub 40 towarowych na 4 torach, a nadto posiadać będą kabiny dla podróżnych i garaże dla 25 samochodów oraz restaurację. Wagony sypialne będą nieco lżejsze niż europejskie, odpowiednio do torów angielskich o mniejszym obciążeniu dopuszczalnym, ważą po 47,5 t, mają po 2 wózki i mieszczą 9 przedziałów. Normalny ruch tych statków pomiędzy Dunkierką a Dover przewidziany jest od lata 1935 r.

**Belgja.** Rozpoczęto prace nad elektryfikacją linii Bruksella—Antwerpja. Roboty mają być ukończone do czasu otwarcia wystawy światowej w Brukselli w r. 1935. T-wa Chemins de fer nationaux wprowadza dalszych 11 wagonów silnikowych, tak że ogółem kursować ich będzie na szlakach tego T-wa 29, m. in. jeden o mocy 410 KM do ruchu dalekobieżnego i jeden parowy (Sentinell).

**Niemcy.** Wobec doskonałych wyników ruchu wagonów silnikowych Wumag z silnikami Maybach i przekładnią Gebus na linii Berlin—Hamburg, koleje państwowe Rzeszy postanowiły wprowadzić także pojazdy na 22 liniach głównych o długości 9 271 km, mian. na liniach z Berlina do Drezna, Lipska, Hanoweru i Kolonii. Dzięki temu, szybkość średnia pociągów kurjerskich FD wzrosła z 69,5 do 102,5 km/h. Zamówiono w związku z tem 40 wagonów silnikowych pośpiesznych, z pośród których zasługują na wy-

różnienie: 2 wagony analogiczne do 8 istniejących, 2 podobne, lecz wyposażone w silniki Maybach z doładowaniem typu Büchi; ich moc przy tej samej liczbie obrotów 1400 na min wzrosła dzięki temu z 410 na 600 KM, a ciężar na 1 KM spadł z 4,16 na 3,97 kg; następnie buduje się 2 wagony o mocy 1200 KM, również o 2 silnikach Maybach z doładowaniem, lecz z przekładnią hydrauliczną wytw. Voith; w przekładni tej turboprzetwornik wyposażony został w dodatkowy układ łopatek, pozwalający na „sprężenie bezpośrednie”, którego sprawność wynosiła 95—98,5%. To „sprężenie” włącza się począwszy od szybkości 70% maksymalnej wzdłuż, czem się tłumaczy, iż przekładnia ta daje na szlakach łatwiejszych sprawność równą przekładni elektrycznej, przy mniejszej jednak wadze i koszcie zainstalowania. Wreszcie wspomniemy o wagonie o 2 wózkach z przekładnią elektryczną Gebus, wyposażonym w silnik Mercedes-Benz o mocy 330 KM przy 1700 obr./min i wadze 5,44 kg/KM, o 12 cylindrach w układzie V i wymiarach  $\phi 138 \times 170$  mm. Ciężar wagonu wynosi 50 t na 66 miejsc siedzących; urządzenie elektryczne składa się z prądnicy AEG o mocy 200 kW i 2 silników trakcyjnych po 106 kW.

**Holandja.** Jak wiadomo, koleje holenderskie zamówiły w r. ub. 40 członowych pociągów Diesel-elektrycznych, złożonych z 3 wagonów na 4-ch wózkach. Pociąg taki będzie miał 160 miejsc (48 kl. II, 112 — kl. III-ej) oraz przedział bagażowy przy ciężarze 80 t. Część silnikowa jest podobna do wprowadzonej w niemieckich wagonach na linii Berlin—Hamburg, t. zn. na każdym końcu zespołu mieści się silnik Maybach 410 KM z prądnicą Brown-Boveri, napędzającą 2 silniki trakcyjne, umieszczone na wózku środkowym. Pięć tych pociągów posiadać ma po 2 silniki Ganz-Jendrasik po 375 KM z przekładnią elektryczną Westinghouse'a. Pociągi mają kształty opływowe, a szybkość ich ograniczona została do 100 km/h, choć może być osiągnięta max. 140 km/h.

Ze szczegółów konstrukcyjnych wymienić należy koła typu Uerdingen z łożyskami krążkowymi, całkowitą instalację przyprawiania powietrza z kotłem ropowym, regulowanym samoczynnie zapomocą termostatu, hamulce syst. Knorr-Lambersten o 1 cylidrze na wagon, wreszcie sprzęgi samoczynne, łączące równocześnie same wagony, jak i przewody elektryczne i powietrzne. Rozłączanie wagonów odbywa się zapomocą naciśnięcia pedału w budce kierowcy. Całkowita długość takiego pociągu wynosi 62,1 m, rozstęp osi wózków nośnych — 3 m, zaś wózków wewnętrznych, o 3-ch osiach — 3,25 m. Pociągi te mają obsługiwać linje Amsterdam—Utrecht, Rotterdam—Utrecht, Utrecht—Eindhoven i Utrecht—Haga, o całkowitej długości 280 km. Narazie będzie uruchomionych 16 pociągów członowych na linii Amsterdam—Utrecht—Arnhem.

**Stany Zjednoczone.** Jak wiadomo, najsilniejsze silnikowoz-y mają obecnie po 2 silniki Diesela po 850 KM w 8 cylindrach, ustawionych w rząd. Są wprawdzie silnikowoz-y o większej mocy silników (1000 KM — lokomotywa Kruppa-Baldwina lub 1300 KM — Beardmore-Westinghouse, Kanada), lecz są to jednostki próbne dopiero i dość zresztą stare. Ostatnio zbudowano w St. Zjedn. silnik 8-cylindrowy o układzie V ( $\phi 343 \times 488$  mm), rozwijający po 200 KM w cylidrze (2-suw) przy 550 obr./min, o ciężarze 11 kg/KM, rozchodzący 190 g/KMh przy pełnym obciążeniu i 185 g/KMh przy obciążeniu  $\frac{3}{4}$  i  $\frac{1}{2}$  szybkości; średnia prędkość tłoka 5,465 m/sek, średnie ciśnienie 4,29 kg/cm<sup>2</sup>. Wtrysk paliwa — syst. AEG-Hesselmann. Ponieważ silniki są przeznaczone do ruchu ze zmienną liczbą obrotów w granicach od 275 do 550 na min, wprowadzono urządzenie regulujące automatycznie wtryskiwaną ilość paliwa, stosownie do szybkości ruchu, i przodowanie wtrysku. Bieg silnika

(liczba obr./min) jest sterowany z odległości i regulowany na obrany poziomie przez regulator.

Poza tem wykonano wstępny projekt silnika o 2 szeregach po 8 takich cylindrów, którego moc wyniosłaby 3500 KM przy 600 obr./min. Wykonano też projekty kilku typów lokomotyw silnikowych: 1<sup>o</sup> przetokowej lub do ruchu podmiejskiego (typ BB 102 t, jeden silnik 1600 KM); 2<sup>o</sup> pospiesznej (typ 1C1, 150 t, 2000 KM); 3<sup>o</sup> towarowej do pociągów ciężkich (1D1, 192 t, 3500 KM). Wszystkie mają przekładnię elektryczną i silniki elektr. wentylowane o mocy 875 KM (w typie ostatnim). Szybkości max. wyniosą 120 i 112 km/h, odpowiednio do ciężaru adhezyjnego 81 i 112 t.

**Indje.** Zamówiono w Anglii 6 wagonów silnikowych oraz 2 lokomotywy Diesel-elektryczne o mocy 1300 KM. (Techn. Mod. 1934, zes. 11, str. 381/2).

m.

## METALOZNAWSTWO

### Twardość metali łożyskowych.

Twardość metali łożyskowych leży zwykle w granicach od 10 do 45 jednostek Brinella. Przy takiej twardości czas i obciążenie przy próbie odgrywają bardzo znaczną rolę. Stwierdzono, iż krótkotrwałe obciążenie daje większe twardości niż długotrwałe, natomiast przy zwiększonym obciążeniu twardość rośnie do pewnego maximum, poczem maleje. Dla otrzymania wyraźnych odcisków należy starać się, aby średnica odcisku leżała w granicach  $\frac{1}{4}$  do  $\frac{2}{3}$  średnicy kulki. Jak wynika z badań, twardość otrzymuje się bez zmian, jeżeli zastosuje się ten sam nacisk właściwy. Nacisk właściwy, t. zn. przypadający na 1 mm<sup>2</sup> przekroju kulki, dla stopów łożyskowych cynowych nie może przekraczać 10 kg/mm<sup>2</sup>, zaś dla stopów ołowianych — 6,5 kg/mm<sup>2</sup>.

Według norm niemieckich, przy badaniu stopów łożyskowych należy stosować obciążenie równe  $2,5 D^2$ , czas = 30 sekund. Autor (Vath) uważa ten czas za zbyt krótki; w praktyce jest stosowany czas od 1 do 5 minut. Co do obciążenia, to obciążenie  $2,5 D^2$  jest dobre dla stopów o twardości do 20 kg/mm<sup>2</sup>, zaś dla stopów o twardości 20 — 45 kg/mm<sup>2</sup> lepiej stosować  $5 D^2$ .

W cytowanej pracy jest podany wykres, umożliwiający przeliczenie twardości otrzymywanych przy różnych obciążeniach i czasie nacisku. (Z. f. Metallkunde 1934, str. 83/86).

E. P.

## SAMOCHODY—SILNIKI SPALINOWE

### Próby ścieralności tulej cylindrowych.

Laboratoryjne próby ścieralności nie dawały przeważnie wyników miarodajnych, ponieważ rzadko jedynie udawało się doprowadzić warunki badania do warunków obciążenia w praktyce. Dotyczy to szczególnie ścierania ścianek cylindrów silników spalinowych, gdyż wszelkie usiłowania odтворzenia w krótkotrwałej próbie warunków pracy cylindra silnikowego zawiodły. To też w ostatnich czasach rozpoczęto próby w samych silnikach, przyczem próby te musiały już oczywiście trwać dłużej, lecz otrzymywano wyniki odpowiadające realnym warunkom pracy i porównywalne ze sobą. Jedną z takich prac stanowią badania Hurst'a, opisane w „Automobile Engineer” (t. 23, 1933 r., str. 423) oraz w „Engineering” (1934, str. 50).

Badania wykonywano w stałym benzynowym silniku 4-cylindrowym, pracującym pod obciążeniem, oraz w dwu silnikach 6-cylindrowych, wmontowanych na samochodach. Silniki te miały tuleje cylindrowe, odlane w formach wirujących, z rozm. gatunków żeliwa, podanych w tab. I, zaś



TABELA I.  
Charakterystyka tworzyw badanych na ścieranie.

Tworzywo	Obróbka	Skład chemiczny								Granica spręż. kg/mm <sup>2</sup>	Wytrzymałość R <sub>r</sub> kg/mm <sup>2</sup>	Twardość Brin. kg/mm <sup>2</sup>
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al			
Żeliwo szare . . .	stan surowy .	3,32	2,11	0,88	0,69	0,07	—	—	—	11 900	32,5	238
„ chromowe . .	stan surowy .	3,40	2,31	0,72	0,65	0,06	0,45	—	—	12 000	33,8	260
	ulepszone . .	3,40	2,31	0,72	0,65	0,06	0,45	—	—	11 200	36,2	488
„ Cr-Ni . . .	„ . . .	3,25	2,08	0,70	0,62	0,06	0,48	1,21	—	11 300	36,0	502
„ zwykłe, azotow.	ulepszone i azo- towane . . .	2,65	2,58	0,61	—	—	1,69	—	1,43	16 200	45,8	1 050

tłoki — ze stopu lekkiego, wyposażone w pierścienie odlane sposobem odśrodkowym z żeliwa. Jako miarę zużycia, wzięto największą zmianę średnicy tulei po upływie określonego czasu pracy. Jeżeli wyrazimy zużycie zapomocą długości przebytej przez samochód drogi, wywołującej zwiększenie średnicy tulei o 0,01 mm, to wyniki badania uszeregują się w zestawienie następujące:

	Silnik staly Leyland	Silniki samochodowe Riley	Star
Żeliwo szare . . . . .	7 600 km	—	—
„ „ chromowe	7 670 „	2 850 km	—
„ „ chromowo- niklowe	—	—	2 033 km
Żeliwo szare azotowane	16 470 „	6 350 „	12 070 „

Ogółem silnik Leyland wykonał z każdą tuleją 120.10<sup>6</sup> obrotów, co odpowiadałoby 48 000 km, zaś silnik Riley — 71 500 km, a Star — 16 150 km.

Powyższe wyniki wskazują, że zużycie zależy w b. dużym stopniu od warunków badania oraz że żeliwo azotowane jest zawsze o wiele bardziej odporne na ścieranie, niż inne badane tworzywa. Tak więc naprzykład po przejeździe 16 150 km powiększenie średnicy cylindra o tulei azotowanej wynosiło zaledwie 1/6 takiegoż powiększenia tulei z żeliwa stopowego.

Druga serja badań wyjaśniła przebieg zużycia w miarę odbywanej drogi; uzyskano przytem także wynik interesujący, mianowicie stwierdzono, że zużycie tulei z żeliwa azotowanego zachodzi podczas przejazdu do 20 000 km, poczem już ustaje i prawie się nie powiększa aż do 50 000 km, gdy tymczasem tuleje z in. badanych tworzyw ścierały się stale w stopniu niezmierniejszym, nawet po przebiegu 40—50 000 km. Na wykresie obrazującym tę zależność mamy zatem dla żeliwa azotowanego linię niemal równoległą do osi poziomej, poczynając od ok. 18—20 000 km, gdy inne gatunki żeliwa dają prostą wznoszącą się stale ku górze. Można zatem oczekiwać, że w miarę dalszego wzrostu przebiegu pojazdu wyższość żeliwa azotowanego będzie się uwidoczniła coraz wyraźniej. C.

## BIBLIOGRAFJA

„Zasady mobilizacji przemysłu na potrzeby obrony państwa”, Prof. inż. St. Płużański, Wyd. Tow. Wojskowo-Technicznego, Str. 204, rys. 5, Warszawa, 1934. Cena zł. 6.

Tow. Wojskowo Techniczne wydało, jako I-szy tom prac swego nakładu, dziełko prof. Płużańskiego, poruszające na przeszło 200 str. dźwiękami zagadnienie organizacji przemysłu na potrzeby wojny. W naszej literaturze techniczno-wojskowej odczuwał się brak szerszych studjów w tym zakresie; poza szeregiem artykułów z dziedziny przemysłu wojennego, drukowanych w „Przeglądzie Artyl.” lub w „Wiadomościach Techn. Uzbrojenia”, oraz prac zagranicznych przyswojonych, wydanych nakładem Przegl. Art. (jako to: „Wyposażenie bojowe wojska rosyjskiego w czasie wojny 1914 — 1918 r.” gen. Manikowskiego; „Mobilizacja przemysłu i przemysł wojenny we Francji 1914 — 1918 r.”,

ppłk. Reboula; „Przemysł wojenny a wojna” przez Jauréguya; „Wspomnienia dyrektora artylerji” gen. Baqueta), — nie było pracy, ujmującej syntetycznie to tak ważne dla obrony państwa zagadnienie.

Na treść pracy prof. Płużańskiego złożyły się jego wykłady w Politechnice Warszawskiej oraz referaty, wygłoszone w T. W. T. Autor omawia mobilizację przemysłu na tle mobilizacji ogólnej narodu, akcentując jako myśl główną ważne znaczenie należytego przygotowania zawczasu przemysłu na wypadek wojny. Praca składa się z 4-ch głównych części: po krótkim szkicu historycznym spraw mob. przemysłu, w części pierwszej autor omawia stosunek przemysłu do przyszłej wojny, od należytej bowiem organizacji i sprawności tego przemysłu zależeć będzie w dużej mierze wynik wojny i czas jej trwania; postęp i ulepszenia w dziedzinie uzbrojenia mają bezpośredni wpływ na metody taktyki wojennej. Dzisiejszy rozwój motoryzacji i mechanizacji wojska wymaga ściślej współpracy nauki, techniki i przemysłu z wojskiem. Ogromne ilości sprzętu, a zwłaszcza amunicji, zużywanej w czasie wojny, których nawet w przybliżeniu przewidzieć zgóry nie można — jak tego dowiodły doświadczenia ostatniej wojny światowej — wymagają wielkich wysiłków w zorganizowaniu zaopatrzenia wojska.

Na przykładach, zaczerpniętych z ostatniej wojny, autor wykazuje skutki braku należytego przygotowania tego zaopatrzenia, a więc: nadmierne wydatki, brak sprzętu, zły sprzęt, marnotrawstwo środków, opóźnienie dostaw, — co wszak poważnie odbija się na prowadzeniu operacji wojennych. Trudności należytego rozwiązania zagadnień, stawianych krajowi przez władze wojskowe, są niepomierne wielkie ze względu na ich wielostronność, ogarniającą wszystkie niemal dziedziny życia gospodarczego, równoległe z przemysłem, nauką i techniką. Lecz chodzi tu o zagadnienie najpierwszorzędniejsze — bo o obronę niepodległości. Wydatki na mobilizację kraju muszą być olbrzymie, lecz należyte zorganizowanie przygotowania przemysłu może je znacznie zredukować. „Odpowiednio przeprowadzone przygotowanie przemysłu do pracy na wypadek wojny, będąc najlepszym zabezpieczeniem przeciw najściu wroga, zasługuje na najbaczniejszą uwagę i poparcie ze strony władz czuwających nad bezpieczeństwem kraju, ze strony kół naukowych i gospodarczych, całego przemysłu i wszystkich techników”.

W części drugiej autor przytacza historję mobilizacji podczas ostatniej wojny w Niemczech, Anglii, Stanach Zjednoczonych, Włoszech, Rosji i Francji. Część trzecia poświęcona jest właściwym zasadom mobilizacji przemysłu, to jest teorii tej „nauki” w oparciu na sprzęcie uzbrojenia. A więc przedewszystkiem — stwierdza autor, należy ustalić zapotrzebowanie na sprzęt, t. j. określić wymagane typy i rodzaje oraz potrzebne ilości, następnie określić terminy i warunki dostaw, biorąc pod uwagę możliwie najdalej idącą normalizację. Po ustaleniu zapotrzebowań sporządza się plan zaopatrzenia wojska, opierając się na podstawowych zasadach mobilizacji (autor podaje ich 12), dotyczących mobilizowania wytwórni krajowych i umożliwienia im normalnego biegu pracy (surowce, materiały, maszyny, narzędzia, energia, personel). Należy też zgóry zapobiec zakończeniu życia gospodarczego kraju oraz przewidzieć przebieg mobilizacji i przejście na pracę pokojową. Sprawy autor omawia dość szczegółowo.

W części czwartej przytoczony jest przykład organizacji przygotowania przemysłu, oparty na planie mobilizacyjnym Stanów Zjednoczonych.

„Zasady mobilizacji przemysłu”, jako pierwszą próbę ogólnego ujęcia tego ważnego zagadnienia u nas, należy powitać z uznaniem.

Płk. W. Vorbradt.

# SPRAWOZDANIA I PRACE POLSKIEGO KOMITETU ENERGETYCZNEGO

Nr. 12

BULLETIN DU COMITÉ POLONAIS DE L'ÉNERGIE

Tom VIII

## TREŚĆ

Rola gazu ziemnego w gazyfikacji Polski, nap. Inż. M. Wieleżyński.

Sprawozdania z posiedzeń.

WARSZAWA

13 CZERWCA

1934 r.

## SOMMAIRE

Le rôle du gaz naturel dans la gazification du pays, par M. M. Wieleżyński, Ingénieur dipl. Compte-rendu de la séance plénière du Comité.

Inż. M. WIELEŻYŃSKI

## Rola gazu ziemnego w gazyfikacji Polski\*)

Jako pracującemu od najmłodszych lat w przemyśle gazu ziemnego, sprawia mi prawdziwą przyjemność i satysfakcję, że zagadnienia gazu ziemnego postawione zostały na porządku obrad Walnego Zebrania Polskiego Komitetu Energetycznego, — ośrodka z natury rzeczy najbardziej kompetentnego do rozważania sprawy gazyfikacji Polski, ośrodka — który gromadzi elitę ludzi, pracujących w różnych dziedzinach gospodarki energetycznej.

Brak czasu nie pozwala mi zbyt cofać się w przeszłość tego przemysłu. Nie będę również rozwijał szerokiego obrazu możliwości stojących przed nami, jeśli chodzi o wykorzystanie gazu ziemnego w najrozmaitszych kierunkach. Ograniczę się więc do zwięzłego przedstawienia faktycznego stanu posiadania przemysłu gazu ziemnego w Polsce, jego realnych sił potencjalnych, które wyrazić się dadzą w konkretnych cyfrach, i na nich oprę wnioski, które pozwolę sobie poddać pod rozagę Panów.

### Produkcja gazu w Polsce i udział w niej gazów ziemnych.

Zestawię najpierw kilka cyfr, które dadzą nam ogólny obraz produkcji gazów w Polsce i pozwolą zorientować się w rozmiarach gazyfikacji Państwa i udziale w niej przemysłu gazu ziemnego.

Pod produkcją rozumiem tu ilości wytworzone do celów konsumpcji, t. j. opału, oświetlenia, napędu i t. p., dostarczone do miast i zakładów przemysłowych. Wychodząc z tego założenia, nie będę brał pod uwagę gazu wyprodukowanego do

celów chemicznych (np. gazu wodnego w Mościcach). Odnośnie produkcji gazu w koksowniach brak mi dokładnych danych.

Za podstawę porównawczą brałem wartość kaloryczną gazu, t. j. ilości dostarczonych kalorii, jako jedyną miarodajną i słuszną podstawę do oceny porównawczej gazowej gospodarki energetycznej.

W ten sposób ujęte zestawienie produkcji gazu w Polsce podaje tabela 1.

W zestawieniu tem oparłem się na danych „Statystyki gazowej Polski” (Gaz i Woda Nr. 12/33), „Instytutu Geologiczno - Naftowego” („Kopalnictwo Naftowe w Polsce w roku 1933) oraz danych firm „Gazolina” i „Małopolska”.

Otóż podane cyfry wykazują, że w dystrybucji energii cieplnej w postaci gazowej gaz ziemny stoi na pierwszym miejscu, dostarczając 87,5% ogólnej ilości wyprodukowanych kalorii, zużytych przez przemysł i miasta. Wszystkie inne gazy, których podstawą produkcji jest węgiel (bez gazu z koksowni) stanowią 12,5% konsumpcji.

Rozpatrzmy teraz cyfry tabeli 2, i wykres 1, przedstawiające produkcję gazu ziemnego w ostatnim dziesięcioleciu:

TABELA 2.

Produkcja gazu ziemnego w Polsce w dziesięcioleciu 1923-1933 w tysiącach m<sup>3</sup>.

Rok	Okręg górny Jasielski	Okręg Drohobycki			Okręg górniczy Stanisławowski	Razem
		Rejon Borysławski	Kop. poza Borysławiem	Razem okr. Drohobycki		
1923	77 052	280 000	6 149	286 149	26 850	390 231
1924		250 000	47 355	297 355	75 114	
1925	63 740	276 000	55 084	331 084	142 258	537 082
1926	57 946	285 612	59 067	344 679	78 697	481 322
1927	45 537	271 213	60 733	331 946	76 117	453 600
1928	44 054	277 232	76 083	353 315	62 162	459 531
1929	49 135	276 235	99 306	375 541	42 007	466 683
1930	75 432	242 612	120 034	362 646	48 428	486 506
1931	86 719	211 763	127 549	339 312	47 792	473 823
1932	86 347	186 764	115 811	302 575	48 008	436 930
1933	97 664	176 970	142 978	319 948	44 597	462 211

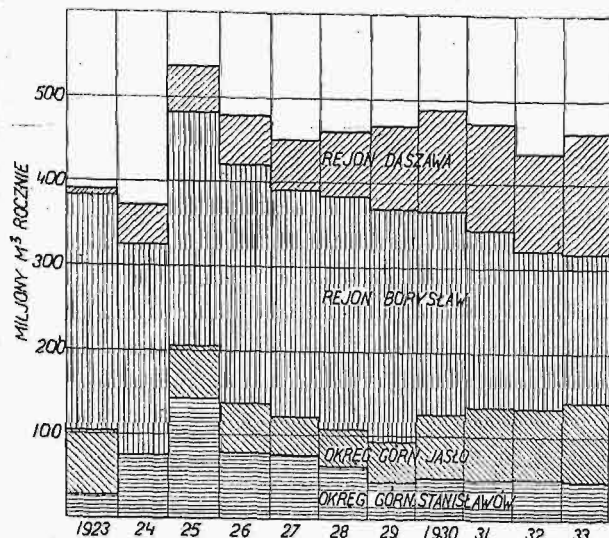
Granica krzywej sumarycznej produkcji nie przedstawia w każdym wypadku obrazu zużycia (konsumpcji) gazu ziemnego. I tak skok, jaki obserwujemy w roku 1925, spowodowany został dowierceniem znacznej produkcji gazu w Bitkowie, która jednak nie została w całości zużytkowana i następnie, wobec braku konsumpcji, została zamknięta.

TABELA 1.

Produkcja gazów w Polsce

Rodzaj gazu	Produkcja		% ogólnej produkcji
	tys. m <sup>3</sup>	milj. Kal	
Gaz ziemny naturalny . . .	462 000	4 550 000	87,5
Gaz ziemny skroplony . . .	242	6 300	
Gaz węglowy czysty i mieszanany . . . . .	153 000	642 600	12,3
Gaz wodny . . . . .	85	202	0,2
Dwugaz naw. gazem skroplonym . . . . .	154	650	
Gaz wodny naw. gazem skroplonym . . . . .	280	1 120	
Gaz drzewny . . . . .	380	1 330	
Razem . . . . .	616 007	5 202 202	100,0

\*) Referat wygłoszony na posiedzeniu plenarnym Polskiego Komitetu Energetycznego dnia 11 maja 1934 r.



Rys. 1. Produkcja gazu ziemnego w Polsce w latach 1923-33.

Wyraźny spadek produkcji gazu w zagłębiu Borysławskim idzie natomiast w parze ze spadkiem produkcji ropy w tym zagłębiu, produkującym wyłącznie niemal gazy „mokre”, towarzyszącą ropie naftowej.

Natomiast krzywe produkcji gazu w zagłębiu Jasielskim, oraz szczególnie w Daszawie, wykazują równocześnie oddanie tego gazu do celów użytkowych, a więc konsumpcję gazu. Jak widzimy, produkcja okręgu Jasielskiego wykazuje wzrost powolny, lecz systematyczny, natomiast produkcja Daszawy rośnie w szybkim tempie. Obserwujemy tu jedynie nieznaczne załamania w roku 1932, które przypisać należy zmniejszeniu oddania gazu do Borysławia w czasie 20-dniowego strajku, oraz spadkowi wierceń w tym zagłębiu. Już jednak w następnym roku spadek ten skompensowany został z nadwyżką nowymi rynkami zbytu gazu daszawskiego na szlaku Stryj — Lwów.

Z zestawienia tego widzimy również procentowy udział poszczególnych zagłębi w całkowitej produkcji. I tak w roku 1933 wyprodukowano w okręgu Jasielskim 21,1%, w Borysławiu 38,4%, w Daszawie 31% i w okręgu Stanisławowskim 9,65% ogólnej produkcji.

Jeśli weźmiemy pod uwagę cyfry produkcji, wykazane w 1923 roku, a więc 10 lat temu, to wówczas produkcja Borysławia stanowiła 72% ogólnej produkcji, Jasła 19,7%, okręgu Stanisławowskiego 1,57%. Cyfry te potwierdzają fakt zmniejszania się produkcji gazu w Borysławiu, która skompensowana została produkcją gazu w Daszawie i Jasielskiem.

Cyfry te należałoby jeszcze skorygować, uwzględniając straty przy przeróbce gazów ziemnych „mokrych” na gazolinę.

Ekspedycja płynnych gazów ziemnych wynosiła w 1933 roku — 350 000 kg, gdy jeszcze w roku 1929 ekspedjowano tylko ok. 40 000 kg.

#### Złoża gazu ziemnego, jego zasoby i warunki zbytu.

W Polsce są cztery główne ośrodki produkcji gazu ziemnego: Borysław, Daszawa, Bitków i Jasło.

Ponieważ produkcja gazu ziemnego w Borysławiu konsumowana jest na miejscu, przeto zajmę się tylko omówieniem ośrodków produkcji gazów pozostałych, jako wchodzących przede wszystkim w rachubę przy rozpatrywaniu możliwości gazyfikacji Polski.

#### Daszawa.

Eksploatacja pól gazowych w Daszawie rozpoczęta została dzięki odwierceniemu w roku 1920 otworu „Piłsudczyk”, w którym otrzymano w głębokości 395 m produkcję ok. 20 m<sup>3</sup>/min, a następnie po pogłębieniu do 740 m odkryto główny poziom gazowy z produkcją 500 m<sup>3</sup>/min przy ciśnieniu złoża powyżej 60 at. Wślad za powyższymi wierceniami odwierciły firmy S. A. „Gazolina”, a następnie „Polmin” dalsze otwory. W roku ubiegłym produkowało na terenie Daszawy 14 szybów, w tem 6 szybów „Polminu” i 8 szybów „Gazoliny” — przyczem dwa szyby S. A. „Gazolina” nie produkowały z powodu rekonstrukcji.

Ciśnienie gazu na głowicy, po dowieceniach otworów, w większości wypadków wynosiło przeszło 60 at. Jedynie dwa szyby eksploatują tu poziom płytki o ciśnieniu złoża około 25 at.

Wszystkie otwory dały łącznie w 1933 roku 143 milionów metrów sześciennych gazu ziemnego. Według przepisów władz górniczych, wolno eksploatować tylko 20% produkcji przy t. zw. „wolnym wypływie”. Obliczona na tej podstawie dalsza możliwa produkcja z już dowieconych szybów wynosi 345 milionów m<sup>3</sup> (655 m<sup>3</sup>/min). Pozostaje przeto nadwyżka, możliwa w każdej chwili do wykorzystania, w wysokości 202 milionów metrów sześciennych w stosunku rocznym.

Obszar terenów gazowych w Daszawie, odkryty wierceniami wykonanymi do końca ub. roku, wynosi około 21 km<sup>2</sup>. Na obszarze tym, wykorzystanym dopiero w części, można bez żadnego niemal ryzyka odwiercić w razie potrzeby szereg dalszych otworów, które w wydatnym stopniu zwiększą produkcję tego obszaru. Stanowi on przeto pewną i realną rezerwę, na której oprócz można gwarancję dostawy gazu ziemnego.

Jeśli chodzi o wysokość całkowitej rezerwy gazowej, znajdującej się na tym obszarze, to na podstawie pomiarów dotychczasowej produkcji, spadku ciśnienia i posiadanych danych geologicznych — można określić ją w wysokości 6,45 miliardów m<sup>3</sup>, biorąc jednak pod uwagę warunki eksploatacji, t. j. ciśnienie robocze w gazociągach, które wynosi przeciętnie ok. 21 at, należy cyfrę tę zmniejszyć do ok. 4,5 miljarda m<sup>3</sup>.

Dla orientacji podaję, że na terenach daszawskich wydobyto od początku eksploatacji, t. j. w latach 1924 — 1933, a więc w okresie 9-ciu lat, 768 milionów m<sup>3</sup> gazu.

W oparciu o złoża gazowe w Daszawie powstała sieć gazociągów dalekosiężnych, wybudowanych przez S. A. „Gazolina” do Stryja, Drohobycza, Borysławia, Stebnika i Lwowa, oraz przez „Polmin” — z Daszawy do Drohobycza. Ogólna długość tych gazociągów z odgałęzzeniami wynosi około 300 km.

Największym odbiorcą gazu daszawskiego jest dotychczas Borysław wraz z Drohobyczem i Stebnikiem, który w ub. roku pobrał z Daszawy 114 milionów m<sup>3</sup> gazu, co stanowi ok. 40% jego włas-



nego zapotrzebowania. Następnie w największej ilości oddano gaz na linii gazociągu Stryj—Lwów. Mianowicie konsumcja w Stryju wynosiła 3,5 milionów m<sup>3</sup>, zaś we Lwowie i okolicy — 25,5 milionów m<sup>3</sup>.

Gaz ziemny znalazł tu zastosowanie przede wszystkim do celów przemysłowych. Przemysł pobiera bowiem około 90% gazu, reszta przypada na drobną konsumcję, oświetlenie i t. p.

Jeśli chodzi o rodzaj zbytu gazu do celów przemysłowych, to zastosowano go głównie do opału kotłów parowych, następnie do szeregu wapienników, hut szklanych i t. p. oraz do napędu silników gazowych.

Produkcja energii elektrycznej w elektrowniach podkarpackich oraz we Lwowie opiera się w znacznej mierze na gazie ziemnym.

Rys. 2 przedstawia graficznie produkcję gazu ziemnego w Małopolsce, istniejącą konsumcję, oraz możliwości produkcji i konsumcji gazu. Z wykresu tego, w którym podałem przypuszczalną konsumcję gazu, dającą się jeszcze uzyskać w najbliższych rejonach, już to w miejscowościach leżących na linii istniejących gazociągów, już to leżących na linii projektowanych gazociągów, oraz takich, które przedstawiają możliwości gazyfikacji, widzimy, że dalsze zapotrzebowanie gazów ziemnych w tych punktach wynosi łącznie 85 milionów m<sup>3</sup> gazu.

Ponieważ, jak widzimy również na wykresie, pozostała rezerwa Daszawy wynosi 202 milionów m<sup>3</sup>, przeto istnieje nadwyżka w wysokości 117 milionów m<sup>3</sup>, która może znaleźć zbyt do gazyfikacji nowych ośrodków, względnie zakładów przemysłowych, które w oparciu o energię cieplną mogą powstawać i rozwijać się w tej dzielnicy.

#### Okręg Jasielski.

Złoża gazu ziemnego w okręgu Jasielskim mają odrębny charakter od złóż daszawskich. Jeśli chodzi o sam rodzaj gazu, to pod względem wartości kalorycznej jest on równy gazowi daszawskiemu, występuje jednak w sąsiedztwie złóż ropy i zawiera pewne ilości gazoliny. Pozatem złoża te nie występują w tak szerokich i zwartych kompleksach, jak to ma miejsce na terenach Daszawy, lecz

przeważnie w wąskich i porozrzucanych skupieniach antykliny Potoka, grupujących się około miejscowości Roztoki, Winnica, Męcinka, Białkówka i ostatnio Strachocin. Nie można tu więc tak, jak w Daszawie, uważać obszaru objętego dotychczasowymi wierceniami całkowicie za teren gazowy, lecz każde niemal skupienie gazu należy traktować indywidualnie.

Pierwszy otwór gazowy odwiercono tutaj w roku 1906 w Winnicy z produkcją ok. 60 m<sup>3</sup>/min (na wolny wypływ).

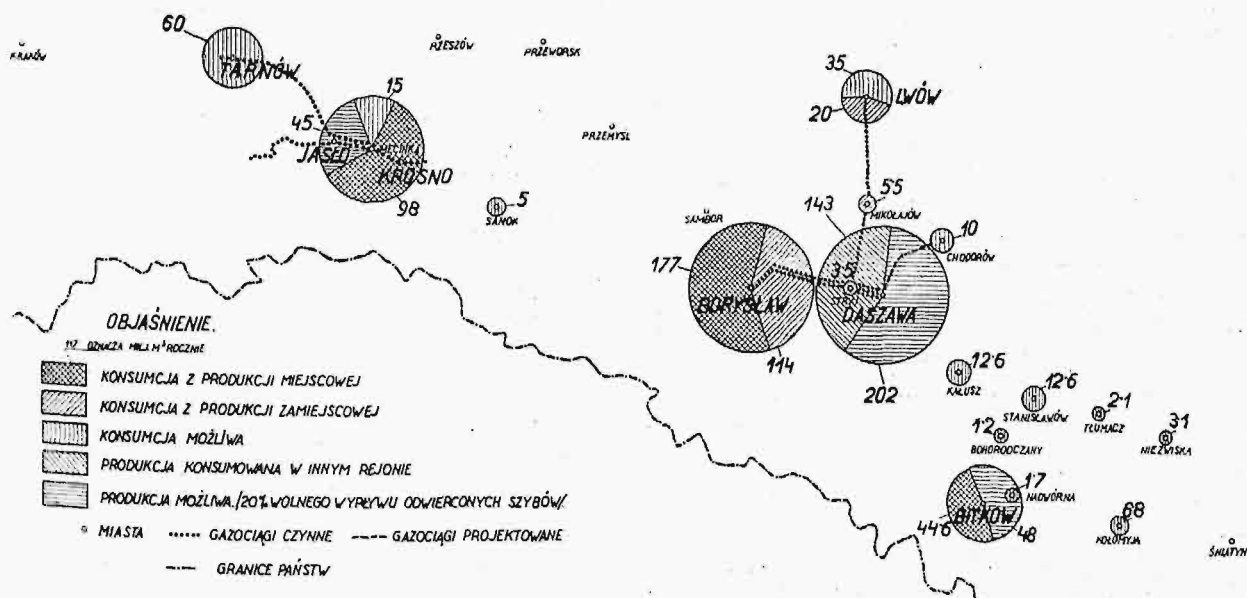
Przez dłuższy jednak okres czasu sprawa eksploatacji gazów ziemnych nie była tutaj rozwiązana i dalsze odwiercone otwory, które wykazały znaczną produkcję gazu, nie były wykorzystane praktycznie. To też dużo gazu uszło bezpowrotnie w powietrze. Zagadnienie eksploatacji tego terenu było troską pierwszego Sejmu polskiego i stało się przyczyną uchwalenia ustawy z dnia 2 maja 1919 roku, ustalającej monopol Państwa w dziedzinie rurociągów do gazu ziemnego.

W roku 1933 wyprodukowano w tym zagłębiu 98 milionów m<sup>3</sup> gazu. Z powyższej ilości przetoczyły Państwowe Gazociągi (o ogólnej długości około 90 km), które w roku ubiegłym rozszerzono w kierunku Iwonicza, — około 63 milionów m<sup>3</sup>.

Zagłębie to posiada, przy obecnym stanie otworów, jeszcze rezerwy w postaci gazów na kopalniach „Polminu” w Roztokach oraz „Galicji” w Strachocinie, w ubiegłym roku nieeksploatowanych, w wysokości ok. 86 m<sup>3</sup>/min, t. j. 45 milionów m<sup>3</sup> gazu w stosunku rocznym, licząc 20% produkcji gazu z tych szybów przy wolnym wypływie.

W lutym bież. roku wykończył „Polmin” budowę gazociągu do Tarnowa i Mościc o długości ok. 77 km, który pozwoli na znaczne zwiększenie zasięgu rozsyłki gazu z tego zagłębia.

Na rys. 2 podano wysokość produkcji i konsumcji w okręgu Jasielskim oraz możliwości jej zwiększenia. Przyjąłem (na podstawie danych ankiety prof. Witkiewicza z roku 1927, po uwzględnieniu obecnego oddania gazu), że ilość gazu na terenie samego zagłębia Jasielskiego, dla zupełnego zaspokojenia miejscowej konsumcji, wynosi około 15 milionów m<sup>3</sup>, zaś konsumcję na linii ru-



Rys. 2. Produkcja i konsumcja gazu ziemnego w r. 1933 oraz możliwości jej rozwoju w najbliższych okręgach.

rociągu Jasło — Mościce przyjąłem w wysokości 60 milionów m<sup>3</sup> w stosunku rocznym, co w sumie daje 75 milionów m<sup>3</sup> gazu ziemnego. Na pokrycie tej konsumpcji istnieje, jak wspominałem powyżej, rezerwa na kopalniach w Roztokach i Strachocinie oraz dalsze ilości, możliwe jeszcze do uzyskania z istniejących szybów w zagłębiu Jasielskiem. W tym kierunku jednak danych nie uzyskałem.

Jeśli chodzi o rezerwy gazu ziemnego zawarte w odkrytych tu terenach, to spotkałem się z najrozmaitszą ich oceną. Karpacki Instytut Geologiczno-Naftowy obliczał rezerwy te, przy stanie wyczerpania z ub. roku, na około 2 miliardy m<sup>3</sup> gazu.

Istnieją tu dalsze możliwości zbytu w kierunku Sanoka i miejscowości klimatycznych, które w tej chwili trudno ująć cyfrowo ze względu na brak danych.

#### Bitków.

Zagłębie gazowe Bitkowskie w obecnym stanie nie odgrywa poważniejszej roli w ogólnej gospodarce gazyfikacyjnej, nie posiada bowiem gazociągów, któreby umożliwiły zbytu gazu poza obręb zagłębia, a produkcja jego jest całkowicie konsumowana na miejscu.

Produkcja ta wykazuje, jak to widzimy z tabeli 1-szej, duże skoki i wahania, które szły w parze z mniejszym lub większym natężeniem ruchu wiertniczego w tem zagłębiu.

Produkcja w roku 1933 wynosiła 44,6 milionów m<sup>3</sup> gazu. Możliwa do uzyskania dalsza produkcja z istniejących, a niewykorzystanych otworów wynosi 48 milionów m<sup>3</sup> gazu w stosunku rocznym.

Co do charakteru produkcji tego zagłębia, zaś sięgu złóż i rezerwy gazu — nie mamy dokładnych cyfr. Produkcja ta przedstawia w każdym razie stosunkowo poważną pozycję.

\*

Zróbmy teraz bilans stojących do dyspozycji ilości gazu ziemnego z istniejących już kopalń produkujących w zestawieniu z istniejącymi możliwościami zbytu.

Obecna produkcja, konsumowana na miejscu oraz rozsyłana rurociągami dalekosieżnymi, wynosi 463 milionów m<sup>3</sup>. Dalsza produkcja, możliwa do uzyskania z istniejących kopalń, wynosi 296 milionów m<sup>3</sup>.

Dalszy zbytu gazu, możliwy do uzyskania w miejscowościach, do których prowadzą już rurociągi dalekosieżne, a wyszczególnionych na wykresie 2, wynosi 165 milionów m<sup>3</sup>.

Z ogólnego bilansu wynika przeto nadwyżka wydobycia w wysokości 130 milionów m<sup>3</sup> gazu.

Jak widzimy, jest to produkcja możliwa w każdej chwili do uruchomienia przy zachowaniu racjonalnej eksploatacji złóż gazowych, t. j. przy poborze nie więcej niż 20% wolnego wypływu z otworów wiertniczych.

#### Ciekły gaz ziemny.

Najnowszą zdobyczą przemysłu gazu ziemnego jest produkcja ciekłego gazu ziemnego, zapoczątkowana w roku 1928 przez S. A. „Gazolina”. Od 1929 r. produkuje gaz ten również koncern „Małopolska”. Dzięki swym specjalnym własnościom, a w szczególności wysokiej wartości opałowej (26 000 Kal/m<sup>3</sup>), produkcja tego gazu ma — tak jak w Ameryce — wielkie pole rozwoju. Może on być bowiem transportowany do najdalszych okolic

Państwa i używany albo bezpośrednio do gazyfikacji przemysłu i gospodarstw domowych, albo też do nawęglania gazów niskokalorycznych w gazowniach, względnie do produkcji gazu powietrznego, t. j. mieszaniny płynnego gazu ziemnego z powietrzem. Podane w części pierwszej niniejszego referatu cyfry świadczą o silnym wzroście konsumpcji tego gazu.

W roku ubiegłym płynny gaz ziemny stosowało sześć gazowni w Polsce. Z tego trzy wytwarza gaz powietrzny, jedna — dwugaz, nawęglany gazem płynnym oraz dwie — gaz wodny, nawęglany tym gazem.

Przyjmując za podstawę obliczenia zawartość w gazie ziemnym propanu i butanu, będących głównymi składnikami płynnego gazu ziemnego, oraz ilości gazu ziemnego przerabiane przez wszystkie gazoliniarnie w Polsce, otrzymamy, jako możliwą do uzyskania roczną produkcję płynnego gazu ziemnego w Polsce, w wypadku jego wytwarzania we wszystkich istniejących gazoliniarniach, — cyfrę około 18 milionów kilogramów. Ilość ta przedstawia wartość kaloryczną równą produkcji około 50 milionów m<sup>3</sup> gazu węglowego. Jest to, jak widzimy, ilość, która by w zupełności wystarczyła na zapotrzebowanie wielu miast w Polsce, nieposiadających gazowni.

Jeśli chodzi o realne, t. j. już istniejące możliwości produkcji płynnego gazu ziemnego w Polsce, t. j. pełne wykorzystanie istniejących dwu fabryk płynnego gazu ziemnego, które obecnie ekspedują zaledwie małą część swojej produkcji, — to określić ją można w wysokości około 4 milionów kilogramów rocznie, co stanowi kalorycznie równowartość 11 milionów m<sup>3</sup> gazu węglowego. Już powyższa ilość może odegrać poważną rolę w gazyfikacji średnich i małych miejscowości w Polsce, osiedli fabrycznych, uzdrowisk i pojedynczych zakładów przemysłowych. Zupełnie realne widoki ma również eksport płynnego gazu ziemnego za granicę. Już w roku ubiegłym firmy produkujące ten gaz wysłały pierwsze partje do Belgii, Francji i Palestyny.

\*

Dla całokształtu obrazu sytuacji przemysłu gazu ziemnego należałoby jeszcze omówić zagadnienie przeróbki gazu na drodze fizycznej i chemicznej, przedstawić rentowność przemysłu gazu ziemnego, wartość jego produkcji, rozmiary inwestycji, zagadnienia techniczne i gospodarcze, dotyczące budowy gazociągów i wykonywania instalacji gazowych, wreszcie ustawodawstwo i przepisy, normujące życie tego przemysłu.

Zagadnień tych jednak nie poruszam. Staralem się ująć zagadnienia będące przedmiotem mego referatu wyłącznie z punktu widzenia roli, jaką odgrywa przemysł ten w gazowej gospodarce energetycznej.

Z przedstawionych cyfr widzimy, że przemysł gazu ziemnego zajmuje w Polsce dominujące stanowisko w dystrybucji energii cieplnej w postaci gazowej. Zbytu gazu ziemnego ma jednak specjalny charakter, wynikający z decentrycznego położenia zagłębi gazowych w stosunku do całego obszaru Państwa. Ogranicza się przeto, jak dotychczas, do pewnych tylko rejonów Polski na południu, gdzie dostarcza przedewszystkiem energii cieplnej przemysłowi.

Gazownie węglowe, w skromnej zresztą ilości 112 zakładów, rozsięte są na znacznie większym obszarze. I tu obserwujemy większe ich skoncentrowanie na zachodzie kraju, a prawie zupełny ich brak w dzielnicach wschodnich, i to nawet w wielkich i uprzemysłowionych miastach. Zbyt gazu węglowego z gazowni do celów przemysłowych stanowi, w przeciwieństwie do gazu ziemnego, znikomy procent jego produkcji, znajdując głównie zastosowanie w gospodarstwach domowych i oświetlaniu miast.

Przemysł gazu ziemnego, dysponując już obecnie znacznymi nadwyżkami produkcji, oraz rezerwami terenowymi, szczególnie w okręgu daszawskim, oraz dużymi zasobami płynnego gazu ziemnego, ma możność znacznego zwiększenia zakresu i rejonu zbytu, przyczem pole jego działania rozszerzać się może w 3-ch kierunkach:

1°. W oparciu o gaz ziemny mogą i powinny powstać na linii rurociągów dalekosiężnych takie zakłady przemysłowe, w których energia cieplna jest podstawą produkcji, a które w okolicach oddalonych od źródła energii nie mają widoków rentowności, i które będą mogły mieć zbyt w najbliższych rejonach.

2°. Rozbudowy sieci gazociągów do najbliższych ośrodków przemysłowych i miast. Rozbudowa ta winna być jednak realizowana stopniowo. Zbyt wielki rozmach inwestycyjny w kierunku rozbudowy gazociągów dalekosiężnych nie jest wskazany, gdyż wobec podkreślonego wyżej decentrycznego położenia zagłębi gazowych gazociągi muszą mieć określony zasięg ze względu na ich rentowność i powinny być prowadzone przede wszystkim tam, gdzie znajdują w pełni gospodarze uzasadnienie.

Niezawodnie w ogólnym programie gazyfikacji Polski można będzie określić kierunki i rejon zbytu dla poszczególnych rodzajów gazów wytwarzanych w Polsce — i zapewne w przyszłości spotykają się one na drodze swojej ekspansji.

3. Wykorzystanie produkcji płynnych gazów ziemnych umożliwić może w dzisiejszych warunkach gazyfikację miejscowości nie posiadających gazowni, gdyż w stosunku do każdego innego typu gazowni zarówno zakładanie gazowni, opartych na płynnym gazie ziemnym, jak i ich eksploatacja, wymaga znacznie mniejszych kosztów i wkładów.

Pragnę tu dobitnie podkreślić, że z technicznego punktu widzenia nic nie stoi na przeszkodzie rozwojowi gazyfikacji w oparciu o gaz ziemny naturalny i płynny, gdyż wszelkie zagadnienia techniczne zostały w zupełności opanowane i rozwiązane. Polscy inżynierowie i technicy, pracujący w przemyśle gazu ziemnego, wykonali w ostatnich latach wiele prac, rozwiązując problemy techniczne, połączone z użytkowaniem gazu ziemnego do wszelkich celów — i postawili poziom techniki gazowej na odpowiedniej wysokości.

Nie musimy więc szukać wzorów u obcych. Mam nadzieję, że przemysł gazu ziemnego, który rozwój swój zawdzięcza przede wszystkim oparciu o polski kapitał i pracę polskiego technika, będzie mógł się dalej rozwijać o własnych siłach. Nie ustaje on w pracy, organizuje się, tworzy specjalne placówki badawcze, aby sprostać stojącym przed nim zadaniom.

Dzięki istniejącym ustawom i przepisom, nor-

mującym warunki techniczne wydobywania gazu, w celu zapobieżenia dewastacji pól gazowych, oraz ustawie, dającej Rządowi możność regulowania rozbudowy gazociągów dalekosiężnych, gospodarczo uzasadnionych, — jest on jednym z nielicznych przemysłów, pracujących racjonalnie.

Kończąc, mogę więc wypowiedzieć twierdzenie, że przemysł gazu ziemnego w Polsce nietylko wale nie przyczynia się do rozwoju gazyfikacji, ale staje się poważną podstawą utrwalenia niezależności gospodarczej naszego Państwa.

## SPRAWOZDANIA Z POSIEDZEŃ

### Posiedzenie plenarne PKE<sup>n</sup>

dn. 11 maja 1934 r.

Obecni pp.: dr. St. Bartoszewicz (Kraj. T-wo Naft.), inż. J. Blitek (Unja przem. gór.-hutn.), dr. W. Chorąży, inż. T. Czaplicki, prof. St. Czarnocki (P. Inst. Geol.), inż. St. Dażwański (Polmin), kmdr. inż. K. Firich, inż. H. Herbich (Min. Kom.), inż. L. Jętkiewicz (Zw. Miast), inż. L. Kazubski, inż. St. Kruszewski, prof. A. Makowski, inż. J. Malecki, inż. E. Mianowski (gazownia, Kraków), inż. Cz. Mikulski, inż. Z. Okoniewski (Zw. przeds. elektr.), inż. St. Ossowski, ppłk. B. Pikusa, inż. St. Raźniewski (Rada Zjazdu przem. gór.-hutn.), prof. M. Rybczyński, inż. K. Siwicki, prof. B. Stefanowski, mjr. T. Szmoniewski, inż. St. Słowiński, inż. Cz. Świerczewski, inż. L. Tołłoczko, dr. K. Tołwiński (Karpac-ki Inst. Geol.-Naft.), prof. St. Turczynowicz, inż. J. Tymowski, inż. M. Wieleżyński, inż. P. Wrangel.

Posiedzenie zajął przewodniczący PKE<sup>n</sup>, p. inż. L. Tołłoczko; witając zebranych i wspominając o stracie, jaką poniosła Wszecchwiatowa Konferencja Energetyczna przez śmierć jej honorowego prezesa, pioniera rozwoju zastosowań energii elektrycznej w Niemczech, O. Millera, oraz o stracie wybitnego współuczestnika prac PKE<sup>n</sup>, cenionego członka Komisji gospodarki elektrycznej, ś. p. inż. K. Gayczaka. Pamięć zmarłych uczczono przez powstanie.

1. **Protokół.** Przechodząc do porządku obrad, zatwierdzono protokół Zebrania Plenarnego PKE<sup>n</sup> z r. 1933.

2. **Sprawozdanie z działalności na terenie międzynarodowym** w roku sprawozdawczym wygłosił p. przewodniczący, inż. L. Tołłoczko. Treść tego sprawozdania została ogłoszona w „Spraw. i Pracach PKE<sup>n</sup>” Nr. 11 z r. b.

3. **Sprawozdanie z prac wewnętrznych PKE<sup>n</sup>** złożył p. prof. dr. B. Stefanowski, wymieniając jako główne tematy prac Komitetu: przygotowanie udziału w Zjeździe międzynarodowym w Skandynawji, monografię węgla brunatnego, instrukcję dotyczącą badania torfowisk, wreszcie współpracę Komitetu — przez Komisję gosp. elektrycznej — z Biurem Elektryfikacji M. P. i H. Omówiwszy następnie szczegółowiej działalność wszystkich Komisji PKE<sup>n</sup>, mówca wymienił, jako tematy prac w najbliższej przyszłości — zagadnienie gazyfikacji oraz działalność wydawnicza.

Sprawozdanie przyjęte do wiadomości. W dyskusji p. inż. Mianowski zwrócił uwagę na pominięcie w pracach PKE<sup>n</sup> zagadnienia łupków bitumicznych, które — zdaniem mówcy — przewyższają swym składem chemicznym nawet najlepsze łupki — turyngskie. W odpowiedzi p. inż. L. Tołłoczko wyjaśnił, że zagadnienie łupków bitumicznych jest w programie PKE<sup>n</sup>, lecz nie stanowi przedmiotu prac osobnej Komisji, gdyż w chwili obecnej ani u nas, ani zagranicą (poza Estonją) nie jest ono aktualne. P. prof. S. Czarnocki zaznaczył, że Państw. Inst. Geologiczny wykonał systematyczne prace, poświęcone badaniu łupków w okręgu Borysławia, lecz prace te dały laboratoryjne wyniki ujemne (zaw. bitumów do 4%); nieco lepsze łupki są w obszarze Świętokrzyskim, lecz ich zasoby tam są małe.

4. **Sprawozdanie finansowe**, podane przez p. prof. B. Stefanowskiego wedł. projektu przyjętego przez Prezydium PKE<sup>n</sup> (vide „Spr. i Prace” zes. 5—11 z r. b., str. 34), zebranie zatwierdziło.

5. **Protokół Komisji Rewizyjnej**, w brzmieniu ogłoszonym w „Spr. i Pracach” z r. b. str. 34, odczytane przez p. dr. St. Bartoszewicza, przyjęte do wiadomości.

6. **Preliminarz budżetowy na r. 1934/35**, zreferowany przez p. prof. B. Stefanowskiego, w układzie podanym na str. 34 „Spr. i Prac” z r. b., przyjęte.



7. Program prac na r. przyszły zreferował p. prof. B. Stefanowski, wymieniając nast. jego wytyczne: 1) bliższa współpraca z władzami wojskowymi; 2) praca nad zagadnieniem gazyfikacji kraju; 3) prace nad inwentaryzacją torfowisk; 4) opracowanie monografii o węglu brunatnym.

8. Utworzenie Komisji Gazyfikacyjnej. Po wyjaśnieniu, złożonym przez p. prof. Stefanowskiego, iż Prezydium PKE postanowiło przystąpić do systematycznej pracy w zakresie gazyfikacji kraju, przewodniczący udzielił głosu p. dyr. Cz. Świerczewskiemu, który zobrazował w dłuższym przemówieniu historię usiłowań, skierowanych ku rozwojowi gazownictwa polskiego, poczynając od r. 1912, kiedy utworzony został Związek Gazowników Polskich. Dalszemi etapami tych prac była: działalność propagandowo-popularyzatorska, oparta na uchwałach zjazdu techników polskich z r. 1917, wyrażająca się w licznych objazdach kraju i wydaniu kilku broszur o znaczeniu gazu świetlnego i produktów ubocznych jego wytwarzania; następnie utworzenie sekcji przemysłowej przy Polsk. Tow. Chemicznem oraz Zrzeszenia Gazowników i Wodociągowców przyczyniło się do odbudowy największej w Europie dystylarni drzewa (Hajnówka), do przewłaszczenia gazowni warszawskiej oraz do wykupu szeregu mniejszych gazowni (Piotrków, Oświęcim i in.). Dalej wybudowano benzolownię oraz gazownię olejową przy gazowni warszawskiej i rozbudowano — przy współudziale Zrzeszenia gazowników — liczne gazownie prowincjonalne (Częstochowa, Radom, Starachowice). Sekcja przemysłowa Tow. Chem. ma także w swym dorobku współudział w budowie fabryki chemicznej w Zgierzu. Następnie w pracach na tem polu przyszły z pomocą powstałe nowe instytucje: Inst. Chemiczny we Lwowie, później PKE i in.

W dziedzinie gazu ziemnego duży postęp zawdzięczamy inicjatywie prywatnej i pomocy państwowej. Widome dowody postępu — to zaopatrzenie w gaz ziemny m. Lwowa z Daszawy, budowa gazociągu do Mościc i in.

Aczkolwiek, patrząc wstecz, widzimy sporo prac wykonanych, to jednak mamy do wykonania jeszcze bardzo wiele, zarówno w dziedzinie gazu sztucznego, jak i naturalnego, przyczem mówca podkreśla, że współzawodnictwa pomiędzy temi dwoma rodzajami gazu niema, istnieje zaś tylko współpraca.

Wspomniałszy jeszcze o niedawnych projektach wyzyskania gazów koksowniczych do gazyfikacji pewnej połaci kraju przy udziale kapitałów obcych, mówca podniósł korzyści wolniejszego, lecz ostrożnego rozbudowywania sieci gazyfikacyjnej, w oparciu o własne siły, i stwierdził że wielka ilość zagadnień, oczekujących rozwiązania w ramach odp. instytucji, domaga się utworzenia projektowanej przez PKE Komisji Gazyfikacyjnej. Stan dzisiejszy jest bowiem taki, że nie mamy ogólnej ustawy gazyfikacyjnej (dla 3-ch rodzajów gazów), nie mamy referatu gazowniczego, który był w Min. Spr. Wewn., lecz został zlikwidowany, nie mamy docentury gazownictwa na Politechnice Warszawskiej, prace więc naukowo-techniczne niemal ustały.

W zakończeniu swego przemówienia podał p. dyr. Cz. Świerczewski dane o wytwórczości gazu w Polsce, mian.:

gazu węglowego wytworzono w r. ub.	152 500 000 m <sup>3</sup>
„ wodnego w Mościcach	70 000 000 „
„ gazu wodnego w in. zakł.	950 000 „
	Razem 223 450 000 m <sup>3</sup>
gazu ziemnego	440 000 000 „
„ koksownianego (możnaby zużytkować ok.)	250 000 000 „

Wytwórczość ta jednak, w porównaniu ze stanem rzeczy na Zachodzie Europy, jest bardzo nieznaczna. Anglja bowiem, mając o 10 milj. więcej mieszkańców od Polski, spóżywa ok. 9 miliardów m<sup>3</sup>, Niemcy — ok. 4 miliardów, a Stany Zjedn. — obecnie ok. 10 miliardów gazu sztucznego (w r. 1930 — 14,5 milj.) oraz ok. 50 miliardów gazu ziemnego (którego spóżyte — mimo kryzysu — wzrasta).

W dyskusji podniósł p. inż. Mianowski duży udział Sekcji przygotowania przemysłu chemicznego w pracach o znaczeniu państwowem, m. in. w wytyczeniu granicy Górnego Śląska, zaś p. dr. Tołwiński wniósł, by Komisja Gazyfikacyjna zajęła się także zagadnieniami prawnymi kopalnictwa szybów gazowych, — poczem wniosek o utworzeniu Komisji Gazyfikacyjnej został jednogłośnie przyjęty.

9. Wybory. Na przewodniczących Komisji wybrano przez aklamację: Komisji Gazyfikacyjnej — p. dyr. inż. Cz. Świerczewskiego, Komisji Gosp. Elektrycznej — p. inż. T. Czaplickiego, na sekretarza generalnego — p. prof. dr. B. Ste-

fanowskiego, na członka Komisji Rewizyjnej — p. inż. I. Dąbrowskiego.

10. Wniosków nie zgłoszono, wobec czego przystąpiono do ostatniego punktu zebrania, którym był

11. Referat p. dyr. inż. M. Wieleżyńskiego p. t. „Rola gazu ziemnego w gazyfikacji Polski”. Praca ta jest zamieszczona na wstępie zeszytu niniejszego. Po wysłuchaniu referatu, wywiązała się obszerna dyskusja, w której zabierali głos pp.: Mianowski, Tołwiński, Dażwański, Pikusa, Raźniewski, Tołłoczko i Świerczewski oraz referent — p. Wieleżyński.

P. inż. E. Mianowski podniósł niecelowość rozcieńczenia gazu ziemnego gazem świetlnym (Lwów) lub gazem wodnym, natomiast słusność spalania wprost gazu ziemnego, zapytywał o trudności eksploatacyjne (eksplozje) oraz jak zabezpieczyć się od przerw w dostawie gazu ziemnego, wreszcie podniósł duże możliwości użytkowania gazu ziemnego do elektryfikacji kraju.

P. dr. K. Tołwiński podkreślił trwałość produkcji naftowej, zwracając uwagę, że nawet oddawna eksploatowane tereny (Schodnica) dają jeszcze dość dużą produkcję, a produkcja, choć słabnąca, Borysławia pokrywa jednak całe obecne zapotrzebowanie Polski. Zasoby gazu ziemnego są bardzo duże, a dopiero od niedawna racjonalnie zużywane. Można więc bez obawy o ciągłość produkcji inwestować kapitały w rurociągi, zwłaszcza, że odkryto nowe b. bogate złoża (Daszawa), którego zapasy oceniać można na kilkadziesiąt miliardów m<sup>3</sup>, gdy zużycie całego kraju wynosi ok. pół miljarða m<sup>3</sup>, t. zn. że w tem jednym miejscu mamy zapas na 100 lat.

P. dyr. inż. St. Dażwański podniósł, iż gazownictwo jest hamowane przez wysokie ceny węgla gaz. w kraju oraz wskazał na trudności wprowadzania gazu ziemnego do starych gazowni, m. in. wspominał, iż gazociągi są często stare, więc przy wyższym ciśnieniu gazu mogą wystąpić trudności, dalej nadmieniał, że dużo jest jeszcze szybów uznanych dawniej za wyczerpane, lecz — jak się okazuje — tylko zamarniętych (wobec wypuszczania kiedys gazów w powietrze); w końcu zaznaczył, iż istnieją obawy, że spadek produkcji ropy i gazów mokrych wpłynie na spadek wytwórczości gazu płynnego.

P. ppłk. B. Pikusa zaznaczył, że pośród zastępujących węgiel źródeł energii pierwsze miejsce zajmuje gaz ziemny, lecz że produkcja gazu węglowego ma tę dodatnią stronę, że daje cenne produkty uboczne.

P. dyr. inż. St. Raźniewski zwrócił uwagę na konieczność ostrożnej oceny wysokości cen krajowych węgla, gdyż są głębsze tego przyczyny, np. natury społecznej; poza tem wpływają na to warunki techniczne eksploatacji pokładów (węgiel gazowniczy zalega głębiej) i t. p. Mówca proponuje, by PKE, po zamknięciu rozpoczętego cyklu badań rozm. rodzajów paliwa, powrócił w niedalekiej przyszłości do omówienia zagadnień węgla kamiennego.

P. inż. Tołłoczko poruszył sprawę stałości dostawy gazu, wypuszczania gazu w powietrze oraz zabezpieczenia (ustawowego) racjonalnej eksploatacji szybów.

P. dyr. Cz. Świerczewski oznajmił, że w Komisji Gazyfikacyjnej nie będzie pominęta sprawa gazu koksownianego i odp. węgla.

Na zakończenie dyskusji zabrał głos prelegent, p. inż. M. Wieleżyński. Mówca zaznaczył, że ze swej strony nie widzi żadnych ujemnych cech gazu ziemnego. Próby stosowania odp. mieszanki gazu z powietrzem robiono od 20 lat i zagadnienie rozwiązano, tak że dziś nie powinno być obaw o eksplozję. Co do starych rurociągów, to przy zastosowaniu gazu ziemnego podwajają one swą pojemność, licząc na kalorie. Rozcieńczenie gazu, które w dodatku podnosi cenę gazu, nie jest uzasadnione. Co do niepewności dostawy gazu, to istotnie dawniej się zdarzało wyczerpanie szybu i przerwa dostawy (w Niemczech, w St. Zjedn.), lecz było to skutkiem wyczerpywania szybów w 100 ; u nas ustawowo zabroniono wyczerpywać powyżej 20%, a S. A. „Gazolina” eksploatuje tylko 5%, zamykając pozostałe 95% (w powietrze gazu się teraz nie wypuszcza). Z gazu ziemnego można uzyskać wszystkie związki aromatyczne, wydobywane przy dystylacji węgla. Co do produkcji gazu płynnego, to ta nie zależy od produkcji ropy, lecz od produkcji gazoliny, mian. otrzymuje się go drogą łowienia ulatujących butanu i propanu.

Po wyczerpaniu listy mówców, przewodniczący, p. inż. L. Tołłoczko podziękował prelegentowi za wygłoszony referat i zakończył zebranie wyrażeniem nadziei, że prace Komisji Gazyfikacyjnej, które wywołały duże zainteresowanie, przyniosą oczekiwane plony.

# SP. AKC. J. JOHN W ŁODZI

WYKONYWA W ODDZIELE **OBRABIAREK:**

**WALCE MŁYŃSKIE** w stanie półgotowym i gotowym wraz z rowkowaniem,

**KOŁA ZĘBATE** specjalne do walców z zębami prostymi i skośnymi,

**ŁOŻYSKA** i kompletne przystawki napędowe do **ELEWATORÓW**

**WALCE HUTNICZE** żeliwne twarde.

**APARATY, KOTŁY i MISY** z żeliwa ługo-kwaso- i ognioodpornego,

**BIURA WŁASNE:**

**WARSZAWA, POZNAŃ, KRAKÓW, LWÓW, GDAŃSK, KATOWICE**

7

**Chcesz** orientować się w aktualnych zagadnieniach gospodarczych – **zaprenumeruj**

## „GOSPODARKE NARODOWĄ”

niezależny dwutygodnik gospodarczy ● wychodzi 1 i 15 każdego miesiąca  
Prenumerata kwartalna wraz z dodatkiem „PRASA GOSPODARCZA” zł. 4.50

**Grupuje** młodsze pokolenie niezależnych ekonomistów

**Zawiera,** obok artykułów teoretycznych, i polityczno-gospodarczych, obszerny dział uwag i notatek na aktualne tematy polityczno-gospodarcze.

**Dąży** do ujmowania zagadnień w sposób nowy i uwzględniający zagadnienie „długiej fali”.

**Współdziała** w wytwarzaniu niezależnego, samodzielnego poglądu na sprawy gospodarcze.

**Żądaj** bezpłatnych okazowych  
egzemplarzy

ADRES REDAKCJI I ADMINISTRACJI:

Warszawa, ul. Szpitalna 4, tel. 6-76-76  
konto w P. K. O. 25656

# ASEA

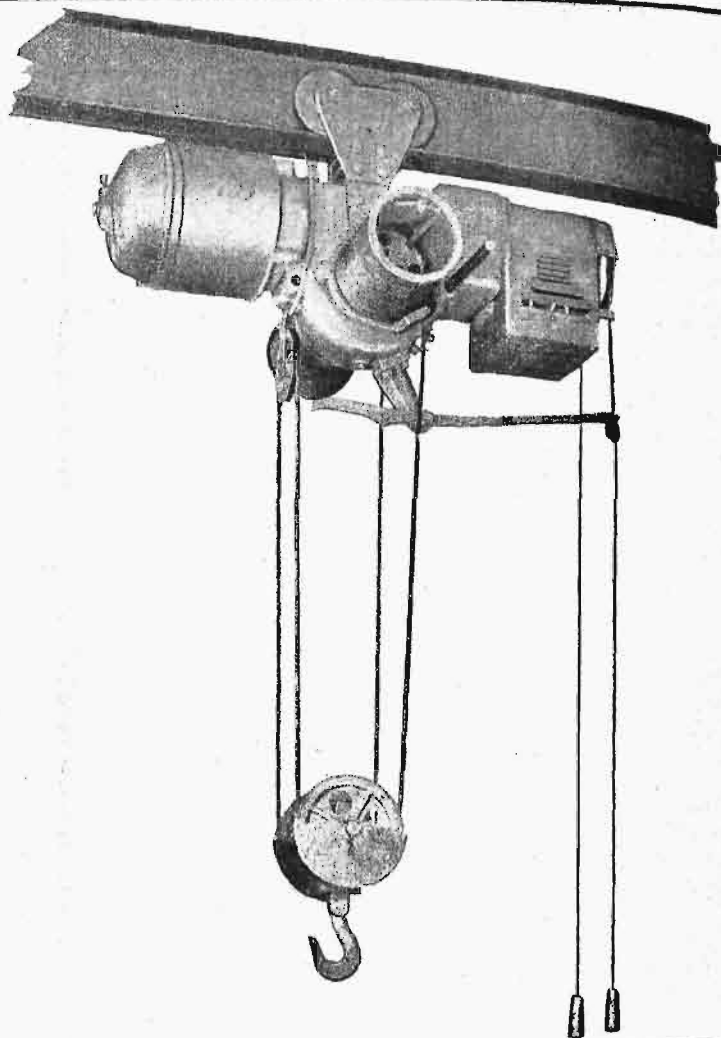
Dostarczamy nowoczesne  
**ELEKTROWCIĄGI**  
różnych typów i do wszelkich  
celów transportowych o nośności  
od 125 do 6000 kg.

KOSZTORYSY NA ŻĄDANIE.

**POLSKIE TOWARZYSTWO  
ELEKTRYCZNE ASEA S. A.**

**WARSZAWA  
MAZOWIECKA 1**

11



## METAL MONEL odporny na korozję<sup>\*)</sup>

Dla zastosowania w chemicznych wytwórniach, tam gdzie wytrzymałość w warunkach korozji jest najważniejszym czynnikiem, METAL MONEL może być użyty z wielką korzyścią. Ten naturalny stop niklu-miedzi daje dużą odporność na zaatakowanie przez najbardziej używane nieorganiczne i organiczne kwasy (za wyjątkiem kwasu azotowego) przy tych koncentracjach i temperaturach, jakie przeważnie w przemyśle się używa. Jest on również wysoce odporny na działanie alkali i wielka ilość soli neutralnych jego nie atakuje.

METAL MONEL może być łatwo obrabiany i nadaje się do wyrobów bez uszczerbku na właściwościach odporności na korozję, tak że nie trzeba przewidywać żadnych trudności konstrukcyjnych i unikać jego użycia na części aparatów dla wytwórni chemicznych.

Tłoczyska, zawory, tuleje i wirniki dla pomp, plecione płótno z drutu na filtry, kosze dla centrífug dla suszenia siarczanu amonu, są to typowe części do zastosowania Metalu Monel.

Dalszych informacji w sprawie Metalu Monel udziela —

**Inż. Walerjan WIŚNIEWSKI, Warszawa Warecka 15 tel. 5.02-30**  
**Przedstawiciel na Polskę firmy HENRY WIGGIN & CO. LTD. — LONDYN**

<sup>\*)</sup> „METAL MONEL” jest prawnie zastrzeżony.