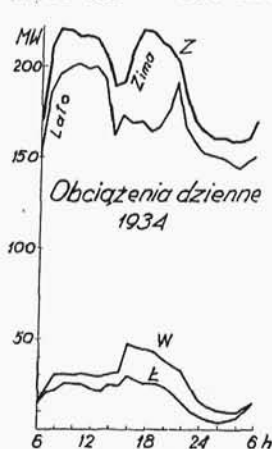


nych przedsiębiorstwom prywatnym nowych koncesji lub rozszerzanych starych; naogół pożyczki uzyskiwane tym ostatnim sposobem będą tańsze.

Zagłębie Węglowe rozporządzające znacznymi ilościami nadwyżek prądu-twórczych (obciążenie najwyższe 220 MW, suma mocy zadeklarowanych 455 MW, suma mocy urządzeń o wieku turbin i kotłów poniżej 15/20 lat — 283 MW, 10/15 lat — 177 MW) oraz znacznymi ilościami



Ryc. 12. Obciążenia dzienne Zagłębia, Warszawy i Łodzi

taniego odpadkowego paliwa, może i powinno odegrać poważniejszą rolę w elektryfikacji kraju. O ile oparcie zaopatrzenia środków okręgów w energię przesyłaną po drucie lub koleją wyłącznie z położonego na granicy Państwa Zagłębia byłoby niemożliwe, o tyle z chwilą powstania sieci krajowej i mobilizacji sił wodnych i gazów dla częściowego zaopatrzenia tych okręgów udział Zagłębia w przesyłaniu energii w głąb kraju jest celowy, a dla samego Zagłębia korzystny. Z przy-

toczonego wyżej programu inwestycji krajowej sieci elektrycznej i gazowej część jedynie niezbędna dla zabezpieczenia pracy okręgów centralnych i stolicy powinna być wykonana za pieniądze państwowe, reszta zaś programu powinna być finansowana przez prywatne przedsiębiorstwa elektryfikacyjne, oczywiście pod warunkiem dania im przez Państwo możliwości osią-

gnięcia opłacalności swoich przedsięwzięć, oraz dotrzymywania warunków wydawanych koncesji. W pierwszym rzędzie przez samo Zagłębie powinny być wybudowane linie dalekośnośne do Łodzi i Warszawy, z drugiej zaś strony do Mościc; koszt inwestycji pierwszej wynosi ok. 25 mil. zł, drugiej zaś zaledwie 8 mio zł. Przy zakontraktowaniu odpowiednich ilości prądu dla Warszawy i Łodzi, lub dla węzła sieci krajowej w Mościcach, korzyści znaczne mogą odnieść wszyscy trzej kontrahenci, a mianowicie: 1) Państwo, które po upływie koncesji otrzyma darmo 2 ważne elementy projektowanej obecnie sieci krajowej i będzie mogło zwolnić tempo budowy elektrowni w okręgach centralnych; 2) miasta Warszawa i Łódź, z których pierwsze stoi obecnie przed koniecznością budowy nowej elektrowni i cierpi na chroniczny brak pieniędzy, drugie zaś również musi elektrownię swoją rozszerzać; miasta te mogłyby rozbudowę elektrowni swoich w ten sposób na kilka lat powstrzymać, a pieniądze użyć na inny cel; wreszcie 3) Zagłębie, które w ten sposób doprowadziłoby do miast i okręgów centralnych swoje tanie odpadkowe paliwo w uszlachetnionej formie i utrwaliłoby tam swoje stanowisko dostawcy energii elektrycznej na czas późniejszych faz rozwoju systemu zaopatrzenia ich w tę energię.

To samo Zagłębie powinno również zatroszczyć się o eksport prądu do Niemiec. Pożądane wykorzystanie urządzeń prądotwórczych Zagłębia pokazuje ryc. 11.

Ryc. 12 podaje obciążenia dzienne Zagłębia (Z), Warszawy (W) i Łodzi (Ł).

Przedruk z Przeglądu Elektrotechnicznego z dn. 15. XII. 1937

Inż. J. Z. Zaleski.

Zagadnienie budowy krajowego przemysłu aluminiowego

W związku z polemiką, prowadzoną na łamach „Przemysłu Chemicznego” na temat terminologii: „glin” czy „aluminium”, w artykule niniejszym słowem „glin”, przyjętym przez Akademię Umiejętności, posługiwano się w terminach naukowych (np. „tlenek glinu”), natomiast w znaczeniu technicznego materiału używano słowa „aluminium” (np. „aluminium rafinowane”), jako bardziej życiowego, nie powodującego niejasności w stosunku do słowa „glin” (np. „glin produkowany z krajowych glin”), oraz bynajmniej nie zasługującego na zaliczanie go do żargonu.

Według dotychczas w przemyśle stosowanych metod produkcja aluminium metalicznego rozpada się na dwa etapy: produktem końcowym etapu pierwszego jest tlenek glinu (Al_2O_3), stanowiący materiał wyjściowy dla etapu drugiego, tj. procesu elektrolizy.

I. Metody produkcji tlenku glinu:

1) z boksytu.

Głównym surowcem, a właściwie — z małymi wyjątkami, jedynym, w dotychczasowym przemyśle aluminiowym, jest boksyt. Cenny ten su-

rowiec posiadają nieliczne kraje. Produkcję jego w 1935 i (częściowo) w 1936 roku podaje tabela 1.

ŚWIATOWA PRODUKCJA BOKSYTU
Tab. 1 W TYSIĄCACH TON

K R A J	1935 r. ¹⁾	1936 r.
Francja	512,8	648,5 ²⁾
St. Zjedn. Ameryki Półn. . .	237,7	372,0 ⁴⁾
Węgry	210,5	329,0 ³⁾
Jugosławia	190,0	279,0 ⁴⁾
Włochy	170,1	
Guyana Holenderska	110,0	
Guyana Angielska	75,0	
Niemcy	40,8	
Razem	1.546,9	



Poza tym z pośród świeżych złóż boksytów należy wymienić: na terenie Rosji gorszego gatunku Tychwińskie (35—40% Al_2O_3 , 10—13% SiO_2), oraz lepsze w półn. Uralu⁵⁾ (średnio 56% Al_2O_3 , 3,5% SiO_2 i 26% Fe_2O_3), jak również w holenderskich wschodnich Indiach⁵⁾.

Boksyty, w najwyższym gatunku, zawierają ponad 70% Al_2O_3 , średnie ok. 60% Al_2O_3 , a ubogie ok. 50% Al_2O_3 .

Najczęściej stosowaną metodą dla produkcji tlenku glinu z boksytu jest metoda Bayer'a lub Deville'a-Pechiné (modyfikowana przez Löwig'a, Müller'a i Packard'a⁶⁾), względnie kombinacje jednej i drugiej.

Z tlenku glinu, zawartego w boksycie przechodzi się do glinianu przez prażenie z sodą (w razie obecności krzemionki z dodatkiem wapniaka) lub działanie ługiem w autoklawie. Z glinianu przez hydrolizę otrzymuje się wodorotlenek, z którego przez prażenie (do ok. 1200°), uzyskuje się tlenek dla elektrolizy. Pomocniczymi surowcami dla tlenkowni w dzisiejszym przemyśle poza węglem, wzgl. gazem ziemnym, jest głównie: soda i wapniak (lub wapno), względnie ług sodowy.

Met. Bayer'a miała ostatnio doznać ulepszenia dzięki modyfikacjom, wprowadzonym przez W. J. Müller'a i H. Hiller'a⁷⁾, polegającym na ciągłym, a nie periodycznym rozkładzie w autoklawach oraz pracy przy innych koncentracjach ługów, przez co zmniejszono rozchód ciepła.

W Norwegii w Hoyanger stosuje się metodę Pedersen'a⁸⁾, dla boksytów żelazistych (o małej zawartości krzemionki), przy czym dodatkowym surowcem jest ruda żelazna, a warunkiem opłacalności — tani prąd elektryczny. (Redukcyjne topienie boksytów z rudą żelazną, wapniakiem i koksem w piecu elektr. w temp. około 1550°). Obok glinianu i krzemianu wapnia dla produkcji tlenku glinu uzyskuje się cenne żelazo metaliczne. Ze względu na taniość kwasu azotowego, usiłuje się użyć go do produkcji tlenku np. wg met. „Nuvalon“.

W Rosji⁹⁾ W. A. Z. (Wołchowski aluminowej zawod) przerabia w swej tlenkowni, uruchomionej w 1932 r. boksyty tychwińskie wg zmodyfikowanej metody Jakowkina, przypominającej met. Deville'a. D. A. Z. (Dnieprowskiej aluminowej zawod) w latach 1931—34 zaprojektował i zbudował swą tlenkownię (obok huty i fabryki elektrod) dla met. Kuzniecowa i Żukowskiego, tj. przeróbki boksytu tychwińskiego z węglanem baru i koksem w piecach elektr. Migué-Perron w temp. 1500—1600°. Już w czasie uruchomienia tlenkowni zastąpiono węgiel baru wapniakiem. W ten sposób metoda stała się podobna do met. Pedersen'a. T. G. Z. (Tychwiński glinoziomnyj zawod) w świeżo budowanej tlenkowni na 50.000 t Al_2O_3 (której uruchomienie przewidziano na 1937 r.), ma zastosować metodę alkaliczną (wapniaki i ług Na), opracowaną przez W. A. M. I. (Wsiejzoznuj aluminowej i magniewoj institut). U. A. Z. (Urałskij aluminowej zawod) ma przerabiać boksyty uralskie wg zmodyfikowanej metody Bayer'a.

W Kanadzie w Arwida¹⁰⁾ wg metody Hoopes'a-Hall'a¹¹⁾ żelaziste boksyty guyańskie z piaskiem i koksem przerabia się w temp. ok. 2500° w elektr. piecach łukowych, o 15.000 kVA, zaopatrzonych w elektrody Söderberg'a. Wydajność pieca około 50 t Al_2O_3 na dobę. Obok 99,64%-ego tlenku glinu, nieco bogatszego w Ti i trudniej rozpuszczalnego w elektrolicie aniżeli z metody Bayer'a, uzyskuje się żelazokrzem z niewielkimi ilościami Al i Ti.

W Niemczech i we Włoszech częściowe zastosowanie znalazła opracowana w Szwecji met. Haglund'a¹²⁾ dla boksytów żelazistych (iz pewnymi ilościami krzemionki), które z pylem i węglem przerabia się w piecu elektrycznym, uzyskując: tlenek glinu, siarkę i żelazokrzem. Metoda ta, wprowadzona przed kilkoma laty do przemysłu nie spełnia wszystkich nadziei, które w niej pokładano, wskutek czego np. we Włoszech od 1935 r. z metody tej podobno już się nie korzysta. Pewne ulepszenie w met. Haglund'a usiłuje wprowadzić J. Kleffner¹³⁾ dla usunięcia zanieczyszczeń tytanu i cyrkonu¹⁴⁾.

2) z glin i innych (poza boksytem).

Problem produkcji aluminium metalicznego z tych surowców ma dla nas, jak i szeregu innych krajów, pozbawionych boksytu, szczególne znaczenie. Zagadnienie to gorączkowo zaczęto rozpracowywać podczas wielkiej wojny w Niemczech. Również Japonia włożyła w tę dziedzinę wiele wysiłków, a także i Rosja, gdzie jednakże ostatnio wskutek odkrycia bogatych złóż boksytu sprawa stała się mniej aktualna. W Polsce najwięcej w tym kierunku pracuje od zarania niepodległości, na skutek inicjatywy Pana Prezydenta R. P. Prof. Mościckiego, Chemiczny Instytut Badawczy.

Istnieje cały szereg metod zgłoszonych do ochrony patentowej dla produkcji tlenku glinu z glinokrzemianów itp. surowców. Dla tego rodzaju materiałów, ze względu na obecność dużych ilości krzemionki, nie mogą być stosowane metody alkaliczne, a jedynie kwaśne i termiczne. Dla metod kwaśnych stosuje się kwasy: siarkowy, solny i azotowy; dwutlenek siarki; sole, jak np. siarczan amonowy; chlor gazowy itd.

W Niemczech interesują się przeróbką glin Ver. Aluminiumwerke wg metody Goldschmidt'a¹⁵⁾ przy pomocy dwutlenku siarki. Szereg patentów¹⁶⁾ zastrzega różne modyfikacje tej metody. Również zakłady w Bitterfeld¹⁷⁾ prowadzą badania nad możliwościami przeróbki glin. W fabryce tej przerobiono 600 t Al_2O_3 , wyprodukowanego z glin niemieckich na aluminium.

W Japonii¹⁸⁾ w fabryce w Yokohama od 1934 r. produkuje się tlenek z alunitów koreańskich. Fabryka w Iwase (Toyama Pref.) przerabia od 1935 r. mandzurskie i koreańskie łupki oraz północno-chińską i japońską glinę; ostatnio przechodzi na czerwony boksyt grecki. Łupki mandzurskie ma przerabiać też budowana fabryka w Fushun w Mandżurii.

We Włoszech dla przeróbki glinokrzemianu



potasowego, tzw. leucytu ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$) stosowano do 1933 roku¹⁹⁾ metodę B l a n c'a²⁰⁾, dającą obok tlenku glinu cenny produkt uboczny w postaci soli potasu.

W Norwegii przerabiano labradoryt.

W Rosji²¹⁾ noszą się podobno z zamiarem przeróbki nefelinu [$(K \cdot Na)_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$]; ubocznym cennym produktem byłyby tu sole potasowe. Poza tym Rosja interesuje się przeróbką alunitów ($K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 4Al(OH)_3$), którego duże złoża znajdują się na Kaukazie.

II. Metody produkcji aluminium metalicznego i stopów z półproduktów, względnie surowców.

1. Na drodze elektrolizy:

a) Aluminium z tlenku glinu.

Jak zaznaczono wyżej, aluminium metaliczne uzyskuje się dotychczas (w skali przemysłowej) jedynie na drodze elektrolizy tlenku glinu. Ze względu na jego wysoki punkt topnienia (2020^0), jako elektrolit stosuje się nie sam tlenek, lecz stopiony kryolit ($3NaF \cdot AlF_3$), w którym rozpuszcza się Al_2O_3 . W ten sposób temperatura pracy obniża się do ok. 960^0 . Dodatkowymi składnikami elektrolitu mogą być chiolit ($1,5NaF \cdot AlF_3$) i fluorek wapnia (CaF_2).

Oprócz związków fluorowych, zużywających się w ilości do — 8% na wagę wyprodukowanego aluminium, pomocniczymi surowcami dla procesu elektrolizy są elektrody i energia elektryczna.

Elektrody węglowe sporządza się z mieszaniny koksu (z jak najmniejszą zawartością popiołu), smoły, paku i sadzy. Dla produkcji aluminium używa się elektrod zwykłych lub tzw. ciągłych Söderberga. Różnica między nimi jest ta, że elektrody zwykłe po nadaniu im odpowiedniego kształtu przez prasowanie, wyciskanie lub ubijanie, wypala się do odpowiedniej temperatury, a zatem już gotowe zakłada się do elektrolizera, natomiast elektrody Söderberga przez nakładanie mieszanki od góry wypalają się podczas samej elektrolizy, w miarę spalania się elektrody od dołu na skutek wydzielania się tlenu w procesie elektrolizy. Dla elektrolizerów (wanien, pieców) o większym amperażu stosuje się przeważnie elektrody ciągłe. Zużycie elektrod wynosi ok. 600 g na 1 kG wyprodukowanego metalu.

Zużycie energii elektr. od 22 do 16 kWh na 1 kG metalu, w zależności od wielkości i konstrukcji elektrolizera oraz umiejętności obsługi.

Uzyskiwane obecnie aluminium hutnicze (pierwotne, surowe) zawiera przeciętnie 99,5 do 99,7% Al.

W Niemczech zakłady w Bitterfeld²²⁾ pracują głównie na elektrolizerach o 20 anodach i obciążeniu 26000 A, przy czym w próbach, podobnie, jak i w Rheinfelden²³⁾, są elektrody ciągłe Söderberga.

W Rosji²⁴⁾ W. A. Z. stosuje uruchomione

w 1932 r. elektrolizery o 23—26 000 Amp., które w 1936 r. intensyfikowano do 32—35 000 Amp. Tą samą drogą poszedł uruchomiony w 1934 r. D. A. Z., przy czym ostatnio miano zainstalować nową serię elektrolizerów na 50—60 000 Amp. U. A. Z., którego budowa miała być ukończona w 1937 r., planował zainstalowanie elektrolizerów na 50—60 000 Amp.

W Norwegii²⁵⁾ w Haugvik pracują elektrolizery przy 30 000 A., we Francji²⁶⁾ w St. Jean de Maurienne przy 40 000 A., w Rionperoux przy 50 000 A., elektrodach Söderberga i zużyciu energii 18,02 kWh/1 kG metalu; w l'Argentiére na próbnych elektrolizerach dla 50 000 A. zmniejszono zużycie energii do 15,44 kWh/1 kG metalu. W U.S.A.²⁵⁾ w Badin zbudowano próbne elektrolizery o elektrodach ciągłych dla 40 000—60 000 A., przy czym w rozbudowie przewiduje się jeszcze większe, bo na obciążenie 100 000 do 120 000 A²⁶⁾. Jak widzimy z powyższych przykładów, istnieje silna tendencja do stosowania coraz większych elektrolizerów, które pracują znacznie ekonomiczniej, przy czym z reguły stosuje się dla nich elektrody ciągłe Söderberga.

Ze wzrostem wielkości poszczególnych wanien staje się coraz bardziej aktualna sprawa szkodliwości dla zdrowia uchodzących z elektrolizera gazów, jak również regeneracji zawartych w nich fluorków. W tym celu elektrolizery zaopatruje się w odpowiednie okapy i dla regeneracji fluorków gazy rozcieńczone powietrzem przeprowadza się przez alkaliczne roztwory²⁷⁾, np. ług, sodę itp. Tego rodzaju elektrolizery miały być zainstalowane np. w Mori we Włoszech i w U. A. Z. w Rosji.

Straty ciepłe podczas procesu elektrolizy, na zasadzie bilansu cieplnego Drossbach'a²⁸⁾, sporządzonego dla elektrolizera na 25 000 A, wynoszą 75% zużywanej całkowitej energii; przez zmniejszenie tych strat cieplnych możnaby, według jego zdania, zejść do 14, względnie 12 kWh/1 kG aluminium z dotychczasowych, umiejętnie zużywanych 18 kWh. G. A. Abramow²⁹⁾, na zasadzie rozważań teoretycznych, dochodzi do podobnych wniosków, jak Drossbach. Według Abramowa najwyższa, możliwa do osiągnięcia, wydajność energetyczna dla rozkładu Al_2O_3 i pokonania oporu omowego, wynosi 36,8%, a zatem w sumarycznym zużyciu energii możnaby zejść do 15, względnie nawet 12 kWh/1 kG Al.

W zastosowaniu elektrod ciągłych Söderberga widać dążność do ulepszeń³⁰⁾. Nie brak również nowych oryginalnych pomysłów dla konstrukcji elektrod³¹⁾, np. dla typów elektrolizerów zupełnie zamkniętych.

b) Aluminium z innych (poza Al_2O_3).

W ostatnich latach poświęca się wiele uwagi możliwości produkcji aluminium metalicznego z chlorku glinu³²⁾, który można otrzymać przez chlorowanie z boksytów lub glin. Zaletą tego rodzaju elektrolizy byłaby znacznie niższa (od



tlenkowej) temp. pracy, mniejsze zużycie energii elektr. i elektrod. Poza metodą chlorkową zainteresowanie budzi elektroliza roztworów siarczku glinu w chlorkach, siarczkach lub fluorkach. Jak dotychczas, szereg trudności nie pozwala przejść tym metodom z laboratoriów do hal fabrycznych.

c) Produkcja stopów Al.

Z tej dziedziny warto wspomnieć patent E. I. Chazanowa³³⁾, dotyczący produkcji stopu Al-Si na drodze elektrolitycznej.

2. Na drodze elektrotermicznej.

Drogi stosunkowo proces, jakim jest produkcja tlenku glinu oraz jego elektrolityczny rozkład, powoduje podejmowanie prób w kierunku możliwości produkcji aluminium na drodze elektrotermicznej. Zasada tego rodzaju procesu jest redukcja Al_2O_3 i SiO_2 , zawartych w boksycie, względnie glinach, do metali, przy czym uzyskuje się stop Al-Si³⁴⁾ względnie Al-Fe-Si (o ile użyto boksytu lub gliny żelazistej, względnie jako dodatku — rudy żelaznej), a następnie wydzielenie z uzyskanego stopu czystego aluminium, np. przez dystylację³⁵⁾ czy też rafinację³⁶⁾. Dotychczasowe prace w tym kierunku nie przeszły na skalę fabryczną, czego głównym powodem jest tworzenie się węglików powodujących niejednorodność produktu oraz brak odpowiednio wytrzymałych na wysokie temperatury materiałów dla dystylacji aluminium, względnie trudności z rafinacją, uzyskiwanych na drodze termicznej stopów.

Wzmiankowane wyżej stopy mogą być wzbogacane w Al przez frakcjonowaną krystalizację. Stanowią one dobry materiał redukcyjny w przemyśle stalowym. W handlu znajduje się tego rodzaju stop Al-Si pod nazwą „Alsimin“ z zawartością do 45% Al, produkowany przez firmę Lonza w Bazylei. Firma ta produkuje też stop Al-Si z zawartością do 60% Al na drodze redukcji brykietów z Al_2O_3 i kaolinu przez koks naftowy lub drzewny w piecu elektrycznym (w temp. 1800—2000°).

Istnieją pomysły produkcji stopu Al-Fe-Si w wielkim piecu przy użyciu czystego tlenu³⁷⁾.

Do pomysłów nierealnych należy zaliczyć metodę redukcji boksytu żelazistego w piecu obrotowym w temp. 1050°³⁸⁾.

3. Na drodze chemicznej.

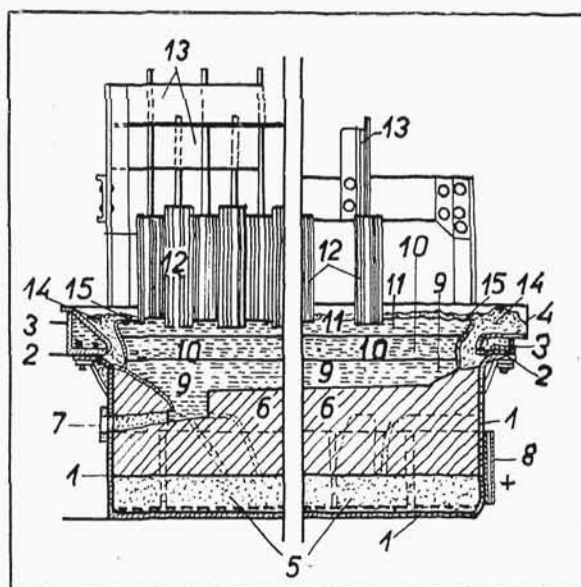
Produkcja aluminium na tej drodze nie zdaje się mieć szans wejścia do przemysłu, np. K. Mitterbiller i W. Frühwein³⁹⁾ proponują nierealne przejście z Al_2O_3 poprzez halogenowe połączenia Al i następny ich rozkład w t. 750° do metalu.

III. Rafinacja aluminium.

Przez rafinację ogniową, czyli termiczną, można usunąć, względnie zmniejszyć zawartość pewnych składników (np. magnez, cynk), jed-

nakże aluminium rafinowane o wysokim stopniu czystości wg dotychczas znanych metod przemysłowych produkuje się jedynie elektrolitycznie. Materiałem wyjściowym dla tej rafinacji może być aluminium surowe, stopy, względnie materiał odpadkowy, jak złom, wióry itp. Pierwsze w tej dziedzinie prace należą do Hoopes'a, a następnie A. G. Betts'a⁴⁰⁾. Aluminium zanieczyszczone i obciążone metalami ciężkimi, np. miedzią (tzw. stop anodowy) znajduje się na dnie elektrolizera, stanowiąc anodę; ponad nim znajduje się warstwa elektrolitu (stopione sole). Wreszcie trzecią górną warstwę stanowi lżejsze od obydwu poprzednich aluminium rafinowane, spełniające jednocześnie rolę katody. Następnym przepływem prądu elektrycznego jest przenoszenie glinu ze stopu anodowego poprzez elektrolit do warstwy górnej aluminium rafinowanego.

Najdłużej stosowaną w przemyśle jest metoda amerykańska W. Hoopes'a, F. C. Frary i J. D. Edwards'a, którzy zgłosili szereg patentów⁴¹⁾. Cechą charakterystyczną ich elektrolizera (ryc. 1) jest płaszcz wodny, na którym



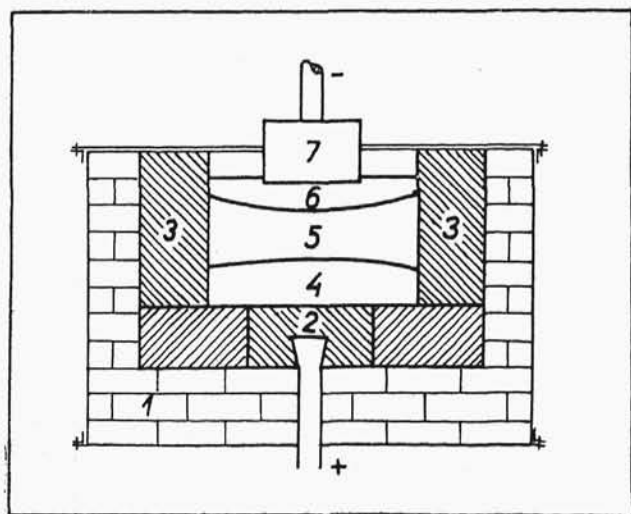
Ryc. 1. 1. Dolna część elektrolizera zakończona płaszczem chłodzącym 2. Izolacja. 3. Górna część elektrolizera, stanowiąca płaszcz chłodzący. 4. Przelew dla aluminium rafinowanego. 5. Izolacja termiczna. 6. Wyłożenie węglowe dna. 7. Otwór spustowy dla stopu anodowego. 8. Doprowadzenie prądu (biegun +). 9. Stop anodowy. 10. Elektrolit. 11. Aluminium rafinowane. 12. Katody grafitowe. 13. Szyny doprowadzające prąd (biegun -). 14. Boczna warstwa skrzepniętego elektrolitu. 15. Górna warstwa skrzepniętego elektrolitu.

krzepnie warstwa elektrolitu, stanowiąca elektryczną izolację pomiędzy aluminium rafinowanym a stopem anodowym. Jako elektrolit, stosują oni mieszaninę stopionych soli fluorowych z rozpuszczonym tlenkiem glinu. Proces rafinacji przebiega za pośrednictwem Al_2O_3 . Temperatura topnienia elektrolitu wynosi ok. 850°, przy czym jego ciężar właściwy w tej temperaturze musi być większy od ciężaru właściwego aluminium

rafinowanego, a mniejszy od ciężaru właściwego stopu anodowego. Czystość rafinady wynosi 99,987%. Metoda ta następcza w ruchu pewne trudności (np. powstawanie narostów w elektrolicie w razie większej %owej zawartości Al_2O_3 oraz węgla), które jednakże nie dyskwalifikują jej w sensie przemysłowym.

Modyfikacją metody Hoopes'a jest proces elektrolitycznej rafinacji aluminium, opracowany w skali przemysłowej przez Chemiczny Instytut Badawczy. Najczystsza rafinada zawiera 99,993% Al.

La Compagnie des Produits Chimiques et Electrometallurgiques d'Alais, Froges et Camargue⁴²⁾ posiada metodę, różniącą się od metody Hoopes'a budową elektrolizera (ryc. 2) i skła-



Ryc. 2 1. Obmurowanie. 2. Wyłożenie węglowe dna. 3. Ściany boczne (MgO). 4. Stop anodowy. 5. Elektrolit. 6. Aluminium rafinowane. 7. Katoda grafitowa.

dem elektrolitu. Boczne ściany elektrolizera (bez płaszcza chłodzącego) wyłożone są tlenkiem magnezu, a elektrolit składa się z mieszaniny: 60% BaCl_2 , 23% AlF_3 i 17% NaF o temp. topn. ok. 750°. Według tej metody pracuje fabryka w Saint Jean de Maurienne na elektrolizerach na 10 000 A przy napięciu 7 V. Ostatnio wielkość wanień uległa podobno znacznemu zwiększeniu. Czystość rafinady 99,99% Al, a najczystsza, dająca się uzyskać, podobno 99,9986%. O ile wytrzymałość ścian z tlenku magnezu, a następnie zmiana składu elektrolitu na skutek lotności AlCl_3 , a stąd łatwość zanieczyszczenia rafinady barem — nie następcza w praktyce trudności, to metoda ta, stosująca niższą temperaturę pracy, aniżeli Hoopes'a, posiadałaby swoją wartość.

W Rosji opracował Chazanow⁴³⁾ w skali półtechnicznej modyfikację metody francuskiej. Czystość rafinady powyżej 99,9%.

Inną modyfikację dotyczącą elektrolitu dla rafinacji zaleca A. I. A. G. Neuhausen⁴⁴⁾. Firma ta zgłosiła również świeży patent na sposób do uzupełniania stopu anodowego⁴⁵⁾, podobny bardzo do publikowanego w 1935 r. w literaturze rosyjskiej.

W metodach, które dotychczas nie znalazły zastosowania w przemyśle, względnie znajdują się w stadium badań, spotyka się nowe koncepcje odnośnie składu elektrolitu, względnie konstrukcji elektrolizera. Możliwość zastosowania jako elektrolitu chlorku glinu w mieszaninie z innymi solami, nie tylko pozwoliłaby na rafinację w znacznie niższej temperaturze (120–300°), ale stwarzałaby perspektywy dla nowej metody produkcji aluminium z chlorku glinu.

Najbardziej charakterystyczne własności rafinady w stosunku do aluminium hutniczego (pierwotnego, zwyczajnego, surowego) są: znacznie większa odporność na korozję, większe przewodnictwo elektr. (65,2% przewodnictwa miedzi w stosunku do 62,5% dla aluminium hutniczego), oraz mniejsza twardość, z czego wypływają nowe możliwości zastosowania np. aparatura chemiczna, ochronne powłoki przed korozją; pod postacią folii w przemyśle spożywczym, kosmetyczno-farmaceutycznym; możliwość zastąpienia ołowianej powłoki dla kabli (większa wytrzymałość mechaniczna oraz 80% zysku na wadze przy tej samej cenie) itd.

IV. Rozwój zagranicznego przemysłu aluminium.

Konieczność stosowania aluminium w nowych dziedzinach techniki oraz zastępowania nim w dziedzinach dawnych szeregu innych metali, sprawiły niewspółmierny wzrost jego produkcji, co uwiidocznia Tab. 2.

Rozwój produkcji aluminium w poszczególnych krajach przedstawia Tab. 3.

Jak widzimy z powyższego zestawienia, U. S. A. są niemal bez przerwy największym producentem świata. Niemcy, produkujące przed wojną nieznaczne ilości tego metalu, zajęły w ostatnich latach drugie miejsce w światowej produkcji. Tego rodzaju stan rzeczy ma swe uzasadnienie pomimo, iż Niemcy, ani jakościowo, ani ilościowo, odpowiedniego dla produkcji aluminium boksytu nie posiadają. Na tego rodzaju postępowanie wpływa fakt, że boksyt w kosztach produkcji aluminium metalicznego stanowi zaledwie ok. 8%, a zatem metal ten, mimo oparcia jego produkcji na surowcu importowanym, jest w ok. 92% materiałem krajowym. W świetle tych cyfr łatwiej zrozumiała staje się ustawa, ograniczająca wewn. spożycie miedzi, niklu i innych metali, których Rzesza Niemiecka nie posiada, przy równoczesnej gwałtownej rozbudowie przemysłu aluminium. Docenianie znaczenia i wartości aluminium znajduje wyraz w cyfrach importu boksytu oraz wewn. spożycia, z których to cyfr wynika, że Niemcy od szeregu lat znaczne jego ilości magazynują. Np. ze sprowadzonych 1 000 000 t boksytu w 1936 r. przemysł aluminium mógł zużyć ok. 400 000 t. Jeśliby do tej cyfry doliczyć pewne ilości boksytu (około 20%) dla przemysłów innych (cementowy, materiałów ognio-

Tab. 2

WZROST ŚWIATOWEJ PRODUKCJI AL, Fe, Cu i Zn

R o k	A l u m i n i u m		Ż e l a z o		M i e d ź		C y n k	
	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%
1913	67,3 ⁴⁸⁾	100	77 900,0 ⁴⁶⁾	100	1 022,0 ⁴⁹⁾	100	1 000,8 ⁴⁹⁾	100
1926	210,6 ⁴⁷⁾	311	78 900,0 ⁴⁷⁾	101	1 478,0 ⁴⁷⁾	145	1 548,0 ⁴⁷⁾	155
1936	358,5 ⁴⁸⁾	530	212 000,0 ⁴⁹⁾	272	1 646,0 ⁵⁰⁾	161	1 477,0 ⁵¹⁾	147

trwałych itp.), to różnica do 1 000 000 t dałaby cyfrę ilości boksytu zamagazynowanego.

O niewątpliwej dalszej rozbudowie przemysłu aluminium w Niemczech świadczy powiększenie produkcji Al_2O_3 przez Al. Ind. A. G. w Martinswerk obok Kolonii oraz wybudowana przez Ver. Al.-Werke fabryka aluminium (huta) w Schwandorff w Bawarii⁵⁹⁾.

Rosja, dla której rok 1933 jest początkiem krajowej produkcji aluminium (w ilości 4 500 t) od 1935 r. wysuwa się na 3-cie miejsce. Cała produkcja opiera się na dawniej znanych gorszego gatunku boksytach tychwińskich oraz świeżo odkrytych bogatych złożach na Uralu. Poza dawniejszymi: W. A. Z. (tlenkownia i fabryka aluminium) D. A. Z. (tlenkownia, fabryka aluminium i fabryka elektrod), miano uruchomić w 1937 r. T. G. Z.⁶⁰⁾ na 50 000 t Al_2O_3 i U. A. Z.⁶⁰⁾ (tlenkownia i fabryka aluminium), a w budowie znajduje się fabryka aluminium w Kandalaksza⁶¹⁾ (okręg murmański) dla przeróbki nefelinu. Poza tym w Polewsku w środkowym Uralu pracuje od 1936 r. fabryka syntetycznego kryolitu na 7 000 t (w oparciu o krajowe apatyty), oraz analogiczna na 25 000 t ma być w budowie⁶¹⁾ w Rewda (środkowy Ural). Cyfry te świadczyłyby o tym, że Rosja nosi się z zamiarem rozbudowy w przyszłości przemysłu aluminium na bardzo dużą skalę, gdyż tak wielkie ilości nie mogłyby być zużyte nawet, gdyby produkcja aluminium według zamierzeń osiągnęła w najbliższym czasie (1938 r.) cyfrę około 90 000 t⁶¹⁾ (W. A. Z. i D. A. Z. łącznie 52 000 t, U. A. Z. 25 000 t i fabryka w Kandalaksza 10 000 t). Francja, zajmująca przed wojną drugie miejsce w światowej produkcji aluminium w 1936 r. zepchnięta została na czwarte. Kanada rozbudowuje⁶²⁾ zakłady w Arvida i Schawinigan Falls do sumarycznej produkcji 50 do 55 tys. t, a więc na podwójną w stosunku do 1936 r. W Anglii⁶³⁾ przewiduje się rozbudowę zakładów w Lochaber (Szkocja). We Włoszech⁶³⁾ grupa Montecatini uruchomiła w 1936 r. nową tlenkownię i hutę, a A. I. A. G. Neuhausen w 1937 r. jeszcze jedną tlenkownię głównie dla obsługi swych hut w Szwajcarii i Niemczech. Sumaryczna produkcja w 1938 r. ma osiągnąć cyfrę 40 000 t aluminium. Poza pracującą już fabryką syntetycznego kryolitu w Porto Marghera (o produkcji 700—800 t) w oparciu o fluor z przeróbki fosforytów postanowiono budowę drugiej fabryki dla przeróbki krajowego fluszcypatu. Młody przemysł aluminium poza Rosją posiada Japonia, Węgry i Hiszpania a od 1937 r. Jugosławia⁶⁴⁾ i Szwecja⁶²⁾. Japonia⁶⁴⁾, podobnie

jak Niemcy, boksytów własnych nie posiada. Swoją młody przemysł aluminium istniejący od 1934 r. silnie popierany przez rząd, a szczególnie armię, rozwija w szybkim tempie. Z 600 t produkowanych w 1934 r. osiąga 5 000 t w 1936 r. w pięciu czynnych fabrykach, których ilość w 1937 r. podobno wzrosła do 8 o łącznej produkcji około 22 000 t. Przewidywana na najbliższe lata rozbudowa ma wyrazić się cyfrą ponad 70 000 t. Na Węgrzech planuje się budowę drugiej huty. W Szwecji⁶⁵⁾ Svenska Al. Comp. uruchomiła w Mansbo (obok Avesta) 46 elektrolizerów.

Szereg innych krajów, jak np. Rumunia, Indie Brytyjskie, planuje uruchomienie przemysłu aluminium w najbliższym czasie.

PRODUKCJA ALUMINIUM W POSZCZEGÓLNYCH
Tab. 3 KRAJACH W 1000 t

K R A J	R o k			
	1913	1926	1935 ⁶⁷⁾	1936 ⁶⁸⁾
U. S. A.	22,5 ⁶⁹⁾	89,3 ⁶⁹⁾	54,1	102,0
Niemcy	0,8 ⁶⁹⁾	29,6 ⁶⁹⁾	70,7	95,2
Rosja	0,0	0,0	24,5	30,0
Francja	13,5 ⁷¹⁾	20,5 ⁶⁹⁾	21,8	28,3
Kanada	5,9 ⁶⁹⁾	17,9 ⁶⁹⁾	20,5	26,9
Norwegia	1,5 ⁶⁹⁾	21,5 ⁶⁹⁾	17,8	17,7
Anglia	7,6 ⁶⁹⁾	7,3 ⁶⁹⁾	15,1	20,0
Szwajcaria	10,0 ⁶⁹⁾	20,6 ⁶⁹⁾	11,7	15,7
Włochy	0,8 ⁶⁹⁾	1,8 ⁶⁹⁾	14,0	15,0
Japonia	0,0	0,0	4,0	5,0
Austria	5,0 ⁶⁹⁾	2,7 ⁶⁹⁾	2,5	2,7
Węgry	0,0	0,0	2,5	1,9
Hiszpania	0,0	0,0	1,2	1,0
Razem	67,6	210,6	260,4	361,4

V. Warunki rozwoju krajowego przemysłu aluminium.

W tym ogólnym wyścigu światowej produkcji aluminium Polska dotychczas, niestety, żadnego udziału nie bierze. Całe nasze zapotrzebowanie na ten metal pokrywamy importem. Przez uruchomienie krajowego przemysłu aluminium, pomijając kwestię zatrudnienia pewnej ilości pracowników umysłowych i fizycznych, ok. 92% wywożonych za granicę pieniędzy mogłoby zostać w kraju, dla uzyskania których eksportujemy obecnie szereg artykułów (np. węgiel, benzyna, cukier) poniżej własnych kosztów. Wynikające stąd straty pokrywamy podwyższonymi cenami wewnętrznymi, co powoduje w konsekwencji wzrost kosztów w krajowej produkcji.



Rozpatrując warunki rozwoju przemysłu aluminium w Polsce, odnośnie podstawowego czynnika, tj. surowców, należy dojść do wniosku, że jesteśmy w podobnym położeniu, jak Niemcy i Japonia, a więc kraje pozbawione właściwszego surowca dla tego celu, tj. boksytu. Mimo tego rodzaju warunków Niemcy zajmują drugie miejsce w światowej produkcji, a młody przemysł japoński rozwija się coraz lepiej. Warto przy tym zaznaczyć, że na zasadzie przeliczeń z roku 1935 i 1936 ponad 50% światowej produkcji aluminium pochodzi z boksytu importowanego. Niemcy oparły swój przemysł aluminium na importowanym boksycie w głównej mierze na modyfikacjach metody Bayer'a, względnie Deville'a. Poza tym, jak wspomniano wyżej, Niemcy w próbnym instalacjach przerobiły na aluminium pewne ilości glin krajowych. Ver. Al.-Werke⁶⁶⁾ przy współpracy Th. Goldschmidt A. G., Essen, noszą się podobno z zamiarem budowy fabryki dla przeróbki glin według metody Goldschmidt'a. Japonia swój przemysł aluminium opiera w przeszło 50% na boksytach holenderskich (fabryka w Takao), czerwonych indyjskich (fabryka w Takaoka) i ostatnio czerwonych greckich w miejsce łupków i gliny stanowiących dotychczas surowce dla fabryki w Iwose. Ten ostatni fakt, gdy mowa o przeróbce glin na aluminium, należy szczególnie podkreślić. Poza tym surowcami dla japońskiego przemysłu aluminium są koreańskie i mandżurskie łupki oraz koreańskie alunity. Jeśli mowa o boksycie, to, jak wynika z wyżej pokrótce podanego zestawienia metod za najodpowiedniejszą do przeróbki dobrych gatunków boksytu, — a dla nas, wobec znacznych kosztów transportu, wyższy gatunek kalkulovalby się lepiej — należy uznać metodę Bayer'a, względnie Deville'a, lub też ich modyfikacje.

Odnosnie możliwości zastosowania krajowych glin dla produkcji aluminium, to, jak wynika z nakreślonego wyżej tła tej sprawy, żadna z dotychczasowych metod przeróbki glin, czy to na Al_2O_3 , czy bezpośrednio na metal nie znalazła dotychczas pełnego praktycznego zastosowania w przemyśle. O znacznie większych walorach boksytu jako surowca, w stosunku do gliny, stanowi nie tylko wyższa %-owa zawartość Al_2O_3 , ale także forma jego występowania i towarzyszących mu zanieczyszczeń. Z tego względu największe szanse po boksycie miałyby gliny alofanowe i haloizytowe. Poza boksytem na niewielką przemysłową skalę przerabia się względnie przerabiano materiały o znaczeniu lokalnym, które obok Al_2O_3 pozwalają uzyskać cenne produkty uboczne, np. przeróbka leucytu we Włoszech, alunitu i łupków w Japonii.

Kwestia możliwości zużytkowania, o wiele łatwiej dostępnej dla wielu krajów gliny — dla produkcji aluminium — jest zagadnieniem nie schodzącym z warsztatów prac badawczych. Pomysłowe rozwiązanie tej sprawy w sensie przemysłowym zależy od opracowania metody, która, stosując 30—45% glinę byłaby w stanie,

w danych warunkach lokalnych konkurować z 55—75% boksytem. Tego rodzaju metoda musiałaby znaleźć oparcie w elektrolizie bardziej ekonomicznej od obecnej tlenkowej, z czego zysk pokrywałby większe koszty półproduktu uzyskiwanego z gliny, lub też przejście do metalu musiałoby się odbywać na innej drodze — z ominięciem kosztownej elektrolizy — np. na drodze termicznej. Należy jednakże podkreślić, że metoda tego rodzaju, stosująca glinę, byłaby w pełni słowa konkurencyjną jedynie dla danych warunków lokalnych (krajów pozbawionych boksytu), gdyż w wypadku zastosowania dla tej metody boksytu cena znowu uległaby niższe. Poza kwestią rentowności metody produkcji aluminium z gliny, nie można pomijać sprawy samowystarczalności. Pod tym głównie kątem kwestia ta jest traktowana w Niemczech, a częściowo i Japonii. To też dalsze prace badawcze w tym kierunku winny być i u nas z jak największym wysiłkiem dalej kontynuowane.

Ponieważ sprawa uruchomienia krajowego przemysłu aluminium jest kwestią nie cierpiącą zwłoki, należałoby biorąc za podstawę powyżej przytoczone rozważania, podjąć budowę krajowego przemysłu aluminium w oparciu o boksyty importowane. Ponieważ w tym wypadku metoda Bayer'a, względnie Deville'a, lub ich modyfikacje miałyby pierwszeństwo, więc poza boksytem potrzebne byłyby: soda i wapniak (względnie wapno) lub ług sodowy, oraz węgiel, względnie gaz ziemny. Surowcami tymi dysponujemy w kraju w dostatecznej ilości i jakości.

Surowcami dla fabryki aluminium (huty), oprócz podstawowego półproduktu, tj. Al_2O_3 są: związki fluorowe (głównie kryolit), elektrody węglowe i energia elektryczna. Złóż kryolitu naturalnego w kraju nie posiadamy, podobnie zresztą, jak wiele innych państw o silnie rozwiniętym przemyśle aluminium. Produkcję syntetycznego kryolitu, możnaby u nas uruchomić przy przeróbce fosforytów na nawozy sztuczne, gdzie dotychczas fluor częściowo tylko jest wykorzystany. Ilość fluoru⁶⁷⁾ w fosforytach waha się od 0,5 do 3,0%. Nasze krajowe fosforyty niewzruszenie zawierają go w ilości około 2%, a rachowskie około 0,65%. Surowce potrzebne dla produkcji elektrod posiadamy w kraju w dostatecznej ilości i jakości. Uzyskanie odpowiedniej ilości energii elektrycznej w związku z planem elektryfikacyjnym również nie napotka na żadne trudności.

Skala spożycia aluminium w Japonii, a tym bardziej w Niemczech stawia nas w sytuacji znacznie gorszej.

Jakkolwiek rynek nasz nie jest zbyt wielkim konsumentem, to jednakże spożycie jest już tego rzędu, że można bez ryzyka rozpatrywać sprawę budowy fabryki aluminium, zakłady bowiem tej wielkości, a nawet mniejsze pracują rentownie zagranicą. W r. 1937 uruchomiono np. w Lozovac (w pobliżu Sibenik) w Jugosła-



wii fabrykę aluminium na produkcję 1 000 t. Na zasadzie przeprowadzonych studiów w Chemicznym Instytucie Badawczym wytwórnia aluminium (huta) dla naszych warunków w 1928 r. na importowanym tlenku i przy cenie prądu 2,7 gr/kWh wykazywała rentowność już przy rocznej produkcji około 900 t.

Tab. 4 SPOŻYCIE ALUMINIUM W JAPONII

	R o k			
	1933	1934	1935	1936
Przywóz t	7 238 ⁶⁸⁾	10 175 ⁶⁸⁾	13 300 ⁶⁹⁾	—
Produkcja t	—	600 ⁷⁰⁾	14 000 ⁷⁰⁾	5 000 ⁷⁰⁾
Spożycie t	7 238	10 775	17 300	—

SPOŻYCIE ALUMINIUM W NIEMCZACH ⁷¹⁾

Tab. 5

	R o k			
	1933	1934	1935	1936
Ton	27 500	52 500	87 000	104 200

Tab. 6 SPOŻYCIE ALUMINIUM W POLSCE ⁷²⁾

	R o k				
	1933	1934	1935	1936	1937 ⁷³⁾
Ton	790	1 023	1 613	1 760	2 400

Ponieważ, jak widzimy z tab. 6, spożycie aluminium w 1937 r. osiągnęło u nas cyfrę około 2 400 t, a w związku z planowaną rozbudową przemysłu, cyfra ta w najbliższych latach ulegnie znacznejwyżce (5 000—6 000 t) należałoby przy rozpatrywaniu budowy fabryki aluminium brać obecnie pod uwagę jej zdolność produkcyjną w wysokości 3 000 t/rok.

W myśl przytoczonych powyżej wywodów, należałoby — do czasu opracowania kalkulacji się w naszych warunkach lokalnych metody przeróbki gliny krajowej — przystąpić niezwłocznie do uruchomienia:

1. produkcji Al_2O_3 i aluminium na importowanym boksycie, którego pozycja w całości kosztów wyraża się cyfrą około 8%. Import tego surowca winien z miejsca przewyższać zapo-

trzebowanie, a to dla stworzenia odpowiednich rezerw, względnie

2. produkcji aluminium na importowanym tlenku do czasu zwiększenia spożycia tego metalu, a zatem stworzenia lepszych warunków egzystencji tlenkowni, która, jak wiadomo, kalkuluje się jedynie w skali większej.

Wobec zapowiadającego się u nas wzrostu spożycia aluminium, rozwiązanie według pkt. 1 zdaje się być słuszniejsze. W tym wypadku należałoby tlenkownię zaprojektować na produkcję większą od zapotrzebowania obecnego (6 000 t dla elektrolizy i pewne ilości dla innych przemysłów), gdyż rozbudowa jej jest trudniejsza aniżeli działu elektrolizy.

Niezależnie od budowy tlenkowni i fabryki aluminium (huty) należałoby równocześnie przystąpić do budowy rafinerii. Ta ostatnia bowiem, poza tym, że daje materiał wysokiej jakości, nieodzowny dla pewnych celów, ma specjalne znaczenie dla krajów nie posiadających głównego dotychczasowego surowca, tj. boksytu, gdyż może przerabiać mało wartościowe odpadki, czy też złom, a więc w wypadku utrudnionego dowozu może pokrywać część ogólnego zapotrzebowania na aluminium.

Jako teren budowy mógłby być brany pod uwagę Centralny O. P. lub środkowa Małopolska.

Orientacyjne kwoty, potrzebne dla budowy przemysłu aluminiowego: tlenkownia na 10 000 t Al_2O_3 (6 000 t dla elektrolizy, reszta — rezerwa, wzgl. częściowo dla innych gałęzi przemysłu) — 14 000 000 zł, wytwórnia aluminium (huta) na 3 000 t metalu (z urządzeniem dla elektrod Söderberga) — 7 000 000 zł. Kwota ta w odniesieniu do zagadnienia obrony kraju jest niewątpliwie bardzo mała.

W związku z budową krajowego przemysłu aluminiowego należałoby czym rychlej zastąpić importowane dotychczas stopy aluminiowe produktem krajowym.

W miarę wzrostu konsumpcji, związanej z rozwojem przemysłu przerabiającego aluminium i jego stopy, należałoby podjąć racjonalną rozbudowę odnośnych odlewni, walcowni i kuźni.

Na zakończenie serdecznie dziękuję p. inż. Kotowiczowi i inż. S. Krajewskiemu za pomoc przy zbieraniu materiału statystycznego.

¹⁾ Met. u. Erz. 33, (1936) 607. W zestawieniu tym pominięto Rosję.

²⁾ Ann. des Mines. XI. (1937) 661.

³⁾ Metallwirtschaft 16.40 (1937).

⁴⁾ Metallwirtschaft 16.36 (1937).

⁵⁾ Met. u. Erz. 13 (1937) 343.

⁶⁾ Niem. Pat. 182 442.

⁷⁾ Industr. Engng. Chem. News. 14 (1936) 435.

⁸⁾ Met. u. Erz. 13 (1937) 344.

⁹⁾ Maził i współpracownicy „Proizwodstwo gli-nozioma“ ONTI — 1936 r.

¹⁰⁾ Aluminium 4. 1937.

¹¹⁾ Niem. Pat. 135 553.

¹²⁾ Niem. P. 449930.

¹³⁾ Met. u. Erz. 31 (1934) 307.

¹⁴⁾ A. P. 2003867.

¹⁵⁾ Amer. Pat. 2021546.

¹⁶⁾ Ang. P. 409710, 440486; Austr. P. 133112, 136956; F. P. 45294, 720521/2, 801334; Szwedzki P. 86283.

¹⁷⁾ Met. u. Erz. 32 (1935). 248.

¹⁸⁾ Metallwirtschaft 16, 36 (1937). Należy zwrócić uwagę, że dane dotyczące japońskiego przemysłu aluminiowego są nieco rozbieżne; vide np. Legkije Mietally 10. 1935 i 6. 1936

¹⁹⁾ Metal. Ind. Lond. 49 (1936) 515.

²⁰⁾ Wl. P. 314 725 i 319 268.

²¹⁾ Met. u. Erz. 13 (1937) 344.

²²⁾ Met. u. Erz. 32 (1935) 248.

²³⁾ Met. u. Erz. 32 (1935) 252.

²⁴⁾ Dumler i współpracownicy „Elektroliticheskoje poc-luczenie alumina“ ONTI — NR TP — SSSR — 1936.

²⁵⁾ Met. u. Erz. 13 (1937).

²⁶⁾ Metallwirtsch. 14 (1935) 637.

²⁷⁾ Niem. P. 621 153 (Co. d. Prod. Chim. et Elektromét. d'Alais, Froges et Camargue); Norw. P. 57280 (Norske A. S. f. Elektrokemisk Ind.).

²⁸⁾ Z. Elektrochem. 42 (1936) 744.

²⁹⁾ Legkije Mietally 5 (1936) 19.



- 30) Niem. P. 618601 i 638470; Austr. P. 147 777.
 31) A. P. 2 062 340.
 32) Niem. P. 591310, 582586 (I. G.); Szw. P. 154243 (A. I. A. G.). Żurn. Chim. Prom. 1930; Legkije Miatally 1932 i 1933; Met. u. Erz. 4 (1934); Wiadom. Inst. Met. i Metalozn. 1935; Przem. Chem. 8-9. 1936.
 33) Ros. P. 46357.
 34) A. Paolini: Metalurg. Italiana 23.603 (1931).
 35) Niem. P. 477425; Belg. P. 403121; F. P. 789436; Szw. P. 121604; A. P. 1954900; W. Kroll, Metall 42. 1934.
 36) Niem. P. 498238; Met. u. Erz. 31 (1934) 81.
 37) Legkije Miatally 5 (1936) 53.
 38) Sowieckaja metalurgia 7 (1935) 20.
 39) Niem. P. 604697 i 607561.
 40) Amer. P. 795 886 (1905); F. P. 364 521 (1906).
 41) Amer. P. 1534031, 1534315 do 1534322, 1535453, 1562090 (1925); F. P. 575463 do 575467 (1923).
 42) Chimie et Ind. 34.5. (1935); Rew. Metall. 32 (1935) 503; F. P. 759 588; Niem. P. 600 555; Amer. P. 2034339.
 43) Legkije Miatally 1935 str. 45.
 44) Szw. P. 188371 (1937).
 45) Szw. P. 190775 (1937).
 46) Eisenhüttenkunde: Osann 1923.
 47) Stahl u. Eisen 48, 36 (1928).
 48) vide Tab. 3.
 49) Wg informacji Urzędu Statystycznego.
 50) Met. u. Erz. 34 (1937) str. 67.
 51) Met. u. Erz. 34 (1937) str. 151.

- 52) Krause, str. 41, 42 i 43.
 53) Anderson, str. 11.
 54) C. of the bureau of Standards Nr. 346.
 55) Met. u. Erz. 24. 47 (1927).
 56) Alum. 20, 7 (1927).
 57) Alum. 5, 3 (1927).
 58) Chem. Ind. 60, 9, 208 (1937) oraz Met. u. Erz. 5.113 (1937).
 59) Met. u. Erz. 13. 1937 (344).
 60) Maził: Proizwodstvo glinoziema 1937.
 61) Chem. Zgt. 6. 1937. 77.
 62) Met. u. Erz. 13. 1937.
 63) Metallwirtschaft 16. 40 (1937).
 64) Metallwirtschaft 16. 36 (1937).
 65) Met. u. Erz. 13. (1937) 344.
 66) Aluminium 4. 1937. 268.
 67) Julian Tokarski: Zagadnienie fosforytów niezwykłych.
 68) Legkije Miatally 10. 1935.
 69) Metallwirtschaft 16. 36. 1937.
 70) Met. u. Erz. 5. 113. (1937).
 71) Aluminium 1934, 1935, 1936, 1937.
 72) Cyfry obejmują aluminium pod postacią bloków, blach, rur itp., nie obejmują natomiast Al „ukrytego” w importowanych samochodach, aparatach itp. Handel Zagr. R. P. 1934, 1935, 1936, 1937.
 73) Przeliczone na podstawie importu za 11 miesięcy 1937 r. w stosunku do 1936 r.

Inż. Wacław Lesiecki.
 Asystent Zakładu Górnictwa I
 Akademii Górniczej w Krakowie

Zapobieganie wybuchom gazu kopalnianego

1. Gaz kopalniany.

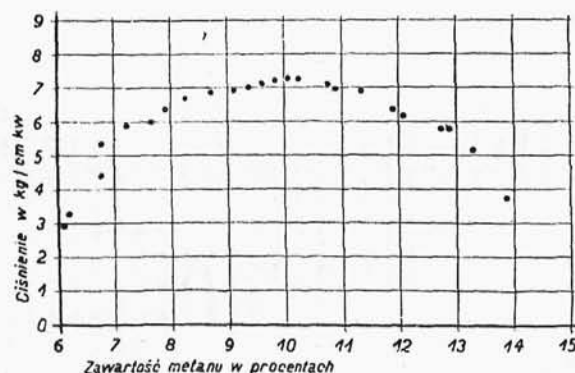
Największym wrogiem górnika jest gaz kopalniany. Nazwę tę nosi mieszanina metanu (do 99,9%), dwutlenku węgla, azotu, oraz w małych ilościach wodoru, etanu, etylenu itp.¹⁾. Są to wszystkie gazy bez barwy, smaku i zapachu, toteż gaz kopalniany nie daje się łatwo spostrzec.

Gaz kopalniany wydziela się głównie w kopalniach węgla, występuje jednak i w kopalniach innych ciał użytecznych.

Wydzielanie się gazu w kopalniach węgla może być regularne tj. calizna węglowa, po otwarciu pewnej powierzchni przez chodniki podlega odgazowywaniu, czyli oddawaniu gazu, zawartego w jej porach. Oczywiście w tym wypadku największa ilość gazu wydziela się w wyrobiskach robót przygotowawczych tj. robotach, prowadzonych w nienaruszonej caliznie złoża. Nierzadko jednak gaz wypływa naraz w dużych ilościach i przez dłuższy czas, tworząc tzw. fontanny gazowe. Wypadki takie zdarzają się w pobliżu zaburzeń tektonicznych złoża. Znane są również tzw. worki gazowe, z których gaz pod znacznym ciśnieniem może zostać wyrzucony nagle. Źródłem wydzielania gazu mogą być również stare zroby, z których gaz kopalniany wypływa przy niższym ciśnieniu barometrycznym. W końcu źródłem gazu kopalnianego są pożary podziemne, przy których składniki gazu powstają jako produkty suchej destylacji węgla.

Gaz kopalniany znajduje się nie we wszystkich pokładach węgla, w tym samym pokładzie występuje w bardzo zmiennej ilości, a na ogół

ilość jego wzrasta wraz z głębokością zalegania złoża. Gaz kopalniany dość trudno miesza się z powietrzem, a jako lżejszy, zbiera się zawsze w górnych częściach wyrobisk, wypełniając wszelkie nierówności i wyrwy w stropie. Dla organizmu ludzkiego jest nieszkodliwy, obecność jego jednak w powietrzu zmniejsza zawartość tlenu, co może przyczynić się nawet do uduszenia. Gaz kopalniany jest palny i tworzy z powietrzem mieszaninę wybuchową. Ta własność gazu kopalnianego stanowi największe jego nie-



Ryc. 1.

bezpieczeństwo dla kopalń. Jak groźne są wybuchy gazu kopalnianego, świadczą o tym liczby ofiar. I tak wybuch w kopalni „Larisch-Mönich” (Karwina) w r. 1894 spowodował śmierć 235 ludzi, wybuch w kopalni „Courrieres” (Francja) w r. 1906 — 1230 ludzi, wybuch w kopalni „Rheden” (Saara) w r. 1907 — 148 ludzi, wybuch



w kopalni „Radbod“ (Westfalia) w r. 1908 — 341 ludzi.

W normalnych warunkach gaz kopalniany wybuchu przy zawartości 5—16% CH_4 w powietrzu. Najsilniejszy jednak wybuch następuje przy zawartości około 10% CH_4 w powietrzu (ryc. 1). Przyczyną wszystkich wybuchów jest zetknięcie się mieszaniny wybuchowej z płomieniem (źródłem wysokiej temperatury).

Weźmy dla przykładu statystykę eksplozji w kopalniach angielskich (rok 1934).

Przyczyny wybuchów	% ogólnej liczby wybuchów
Lampy	68,1
Prąd elektryczny	12,8
Strzelanie materiałami wybuchowymi	8,5
Pożary podziemne	6,4
Inne przyczyny	4,2
Razem	100,0

Jak widzimy, największa liczba wybuchów zachodzi wskutek niedokładności urządzeń ochronnych lamp lub nieostrożności w obchodzeniu się z nimi, dalej następują wybuchy wskutek iskier elektrycznych, strzelania i pożarów.

Nasuwa się pytanie, w jaki sposób kopalnie starają się uchronić od groźnych skutków wybuchów gazu kopalnianego. Przepisy górnicze wszystkich krajów zawierają bardzo surowe zarządzenia dla zwalczania gazu kopalnianego, stosując szereg środków zapobiegawczych i zabezpieczeń przed możliwością wybuchu.

2. Środki zapobiegawcze przed gromadzeniem się gazu kopalnianego.

W starożytności pozbywano się metanu przez jego wypalanie. Przed zjazdem załogi wysyłano ludzi (tzw. pokutników), którzy niosąc na długim kiju otwarty ogień, pelzali po wyrobiskach i wypalali gromadzący się gaz (ryc. 2).

Dziś zaniechano tego niebezpiecznego sposobu, gdyż jak wynika z wykresu (ryc. 1), mieszanina gazu z powietrzem przestaje być wybuchowa poniżej pewnej granicy zawartości gazu. Przez intensywne przewietrzanie wyrobisk podziemnych można rozrzedzić mieszaninę wybuchową poniżej wybuchowości metanu. Współczesne wentylatory, napędzane wielkimi silnikami elektrycznymi, zdolne są przetłoczyć przez kopalnię wiele tysięcy m^3 powietrza na minutę. Przytoczę tu cyfry wzięte z pewnej kopalni w Żaglebiu Westfalia, gdzie ilość dostarczonego powietrza do kopalni wynosi 14 400 000 m^3 na dobę, a ilość wyciąganego z kopalni gazu-metanu sięga cyfry 60 000 m^3 na dobę. Dlatego też niektóre przepisy górnicze zabraniają posilkowania się ogniem otwartym wewnątrz budynków szybowych, wentylatorów i w odległości mniejszej od 30 m od wylotu szybów i wentylatorów.



Ryc. 2. „Pokutnik“ wypalający gaz kopalniany w wyrobisku.

Widzimy zatem, że wentylacja nabiera specjalnego znaczenia w kopalni. To nie tylko dostarczenie człowiekowi niezbędnego powietrza do oddychania i pracy, lecz również skuteczny środek do zwalczania najgroźniejszego wroga górnika — gazu. Przepisy górnicze polskie wymagają urządzeń wentylatorów takich, by w razie zepsucia istniała rezerwa. Dozwalają przy tym na maksymalną zawartość 2½% metanu w przodkach robót odbudowy i 1% metanu w całkowitym prądzie powietrza wychodzącym z kopalni. Przy osiągnięciu 2½% CH_4 robotnicy winni wyrobisko opuścić powiadamiając dozór. Wstęp do takich wyrobisk winien być zagrodzony, a roboty podjęte tylko w wypadku poważnej potrzeby lub w celach ratowniczych.

Zdawałoby się, że można za pomocą wentylatorów i wzmożonego przewietrzania całkowicie uniknąć niebezpieczeństwa wybuchów. Tak jednak nie jest, a to z następujących powodów:

- wydobywający się z węgla gaz nie miesza się odrazu z wystarczającą ilością powietrza, zatem nie rozcieńcza się tak, by stał się nieszkodliwy,
- lżejszy od powietrza gaz gromadzi się pod stropem, w wyrwach, wyrobiskach wznoszących się i nie zawsze nawet silny prąd powietrza może go z tamtąd wyciągnąć i rozcieńczyć. To też w kopalniach gazowych zaleca się unikać wyrobisk wznoszących się (pędzonych z dołu do góry). Trudno jest natomiast unikać wyrw w stropie, powstałe więc wyrwy zaleca się szczelnie podsadzać,
- w wypadku napotkania przez chodnik większego skupienia gazu (worka), następuje nagły wypływ jego ilości. To też w kopalniach, w których daje się zauważyć nagle wydzielanie się gazów, należy wierceć otwory w celu ułatwienia wydzielania się gazów,
- zdarzające się zawaly chodników mogą stworzyć tak duży opór przepływającemu powietrzu, że nie będzie ono w stanie przez dłuższy czas należycie rozcieńczyć mieszaniny wybuchowej,

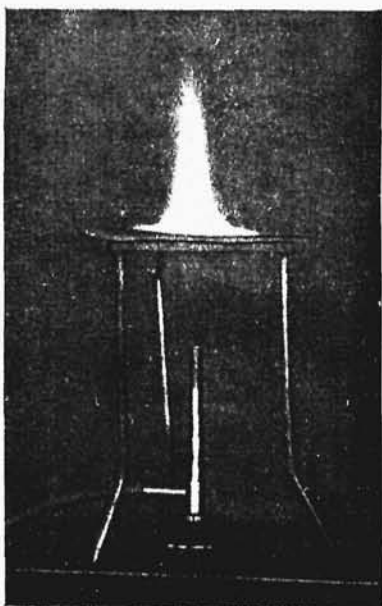


e) zmniejszające się ciśnienie barometryczne może spowodować znaczniejszy dopływ gazu z otamowanych wyrobisk wybranych lub zaognionych.

Zatem jak widzimy nawet najbardziej nowoczesna wentylacja nie może całkowicie zapobiec tworzeniu się mieszaniny wybuchowej. Należy więc uciec się do środków ochronnych, zabezpieczających przed zetknięciem się mieszaniny wybuchowej z wszystkim co może wytworzyć płomień iskry itp. inicjatory wybuchu. Rozpatrzmy więc po kolei zabezpieczenia i środki ostrożności stosowane do poszczególnych typów źródeł, mogących być inicjatorami wybuchów.

3. Ochrona lamp.

Ze statystyki kopalń angielskich wynika, że największy procent wybuchów zachodzi z winy lamp. Temperatura źródeł światła jest dostatecznie wysoka, by mogła zainicjować wybuch mieszaniny metanu z powietrzem. Stąd wynika



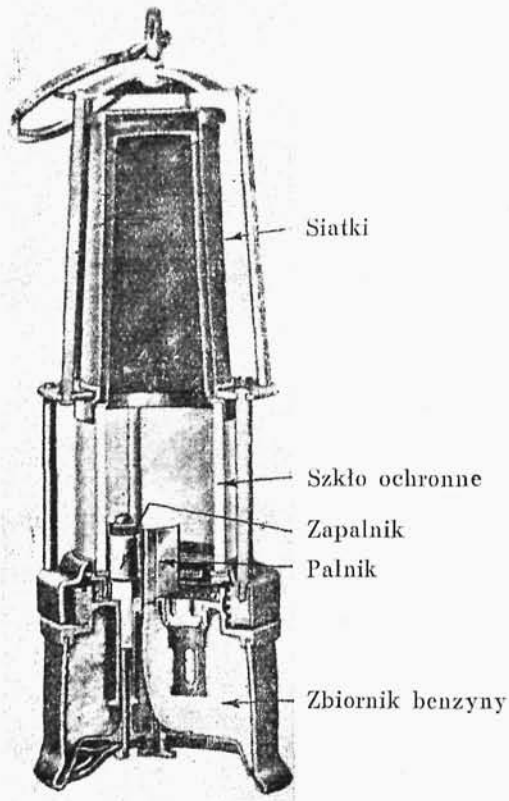
Ryc. 3.

konieczność odizolowania źródła światła lamp górniczych od otoczenia i stworzenia tzw. lamp bezpieczeństwa.

W r. 1815 angielski chemik Sir Humphry Davy spostrzegł, że płomień wybuchu mieszaniny wybuchowej w węższej rurce, posuwa się znacznie wolniej, niż w rurce szerokiej, zaś przy pewnej średnicy rurki płomień wcale się nie posuwa. Zjawisko to Davy wyjaśnił tym, że ścianka rurki pochłania tyle ciepła, że płomień nie może się szerzyć przy tak znacznym obniżeniu temperatury. Próbując kolejno zastosować do lamp najpierw jedną, potem kilka węższych rurek, doszedł Davy do wniosku, że niepotrzebna jest zbytnia długość rurek, a więc można je zastąpić siatką metalową, gdzie każde oczko jest właściwie wąską i krótką rurką. W ten sposób

powstał prototyp współczesnej lampy bezpieczeństwa. Siatka przepuszcza powietrze i spaliny, a tłumi wybuch mieszaniny wybuchowej wewnątrz lampy, nie pozwalając jej rozprzestrzeniać się poza lampę.

Wynalazek ten opiera się na znanym z fizyki zjawisku przewodnictwa ciepła. Otóż metale są bardzo dobrymi przewodnikami ciepła. Dla przykładu rozpatrzmy następujące doświadczenie: (ryc. 3) jeżeli nad płomieniem palnika Bunsena umieścimy gęstą siatkę drucianą i zapalimy gaz nad siatką, to płomień pod siatkę nie przejdzie, gdyż zimna siatka ochładza gaz, i obniża jego temperaturę do tego stopnia, że uniemożliwia palenie. Siatka posiadając ogromną powierzch-

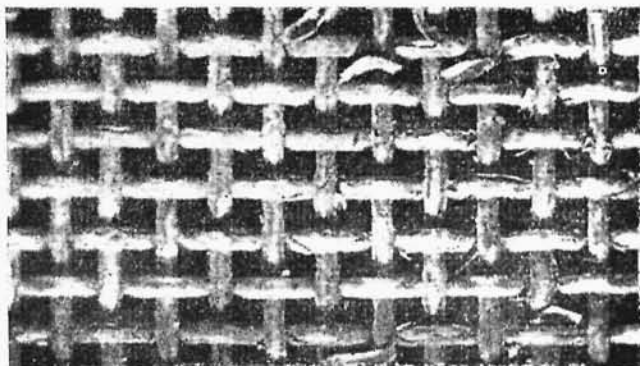


Ryc. 4. Benzynowa lampa bezpieczeństwa Friemann-Wolffa

nię z kolei oddaje ciepło otaczającemu ją powietrzu.

Gazy są jednak złymi przewodnikami ciepła, a tym samym w niedostatecznej mierze odprowadzają ciepło, toteż może nastąpić moment, że siatka ogrzeje się do tego stopnia, że zapalenie gazów na zewnątrz siatki stanie się możliwe.

Stąd wypływa wniosek, że lampy bezpieczeństwa są bezpieczne tylko do pewnego stopnia, bynajmniej nie są bezpieczne wszędzie i zawsze. Patrząc na lampę bezpieczeństwa (ryc. 4), widzimy, że płomień jest tu znacznie oddalony od samej siatki, nie zapominajmy jednak, że w atmosferze gazu kopalnianego płomień lampy wydłuża się wskutek spalających się nad płomieniem gazów (CH_4). Wydłużenie to jest proporcjonalne do procentowej zawartości CH_4 w po-



Ryc. 5. Zoksydowana siatka lampy bezpieczeństwa w powiększeniu.

wietrze; przy 4,5–5% CH_4 w powietrzu płomień sięga pokrywy siatki. Z tą chwilą, gdy siatka może być rozżarzona, lampa bezpieczeństwa przestaje być bezpieczna. Dlatego też przepisy górnicze zabraniają pozostawiania lamp bezpieczeństwa bez dozoru, a w razie sięgania aureoli do pokrywy siatki nakazują lampy opuścić powoli jak najniżej i wynieść z miejsca niebezpiecznego.

Lampy bezpieczeństwa były w ówczesnych czasach idealnym wynalazkiem. Późniejsze jednak badania²⁾ wykazały, że lampy te posiadają szereg wad, a mianowicie:

- a) wytrzymałość drucików o średnicy 0,3 do 0,4 mm jest bardzo mała, to też wystarczy



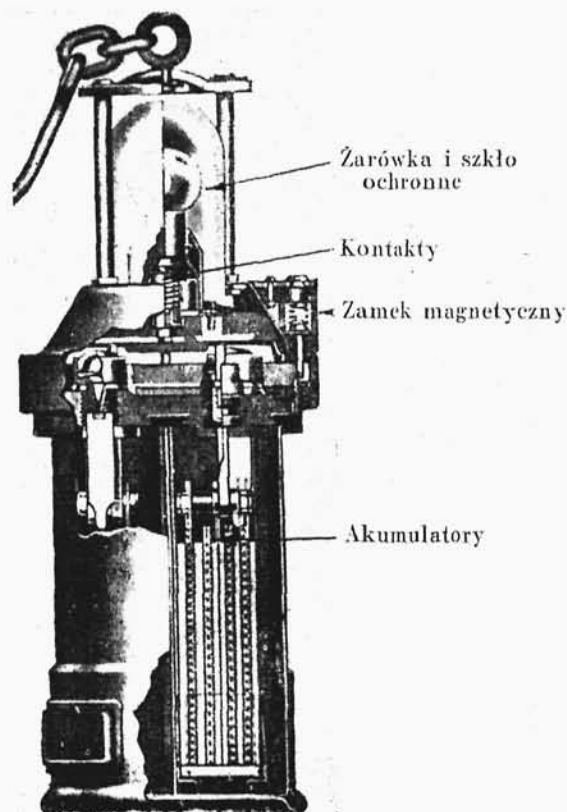
Ryc. 6. Nadtopiona siatka lampy bezpieczeństwa.

silniejsze uderzenie, a siatka lampy traci swe własności ochronne,

- b) wskutek ogrzewania się i wilgoci siatki ulegają oksydacji, następuje łuszczenie się metalu (ryc. 5) i tworzą się niewidoczne gołym okiem pęknięcia,

- c) siatki ogrzane do temperatury spalania metanu (650° – 750°), wykazują już wyraźną deformację, przy czym siatki mosiężne wydzielają puszysty biały nalot cynku, a nawet bardzo często zdarzają się wypadki nadtopienia siatek i tworzenie się wyrw (ryc. 6),
- d) codzienne czyszczenie siatek powoduje ścieranie ich powierzchni zoksydowanych, zmniejszając coraz bardziej ich przekrój, a zatem i wytrzymałość,
- e) na zimniejszych partiach siatek zachodzi osiadanie części stałych spalin, co znowu stanowi niebezpieczeństwo strącenia rozżarzonej sadzy w atmosferze gazowej,
- f) w końcu subtelny pyłek startego „kamienia” zapalników iskrowych osiada na siatkach i istnieje możliwość powstania iskier poza siatką, co może zainicjować wybuch gazu kopalnianego.

Statystyka wybuchów Wyższego Urzędu Górniczego w Dortmundzie³⁾ za lata 1894–1899, a więc w okresie największego rozwoju lamp bezpieczeństwa wykazuje, że 64,4% wybuchów zaszło z powodu lamp bezpieczeństwa, przy czym



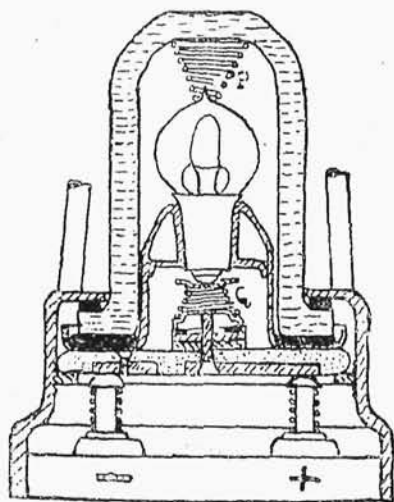
Ryc. 7. Elektryczna lampa akumulatorowa fabryki Friemann-Wolf.

50% wybuchów powstało z powodu uszkodzenia siatki.

Dalszym zabezpieczeniem było zastosowanie podwójnych siatek ochronnych, okazały się jednak i one często zawodnymi w bezpieczeństwie. Lampy bezpieczeństwa podlegają, w myśl prze-

pisów górniczych, codziennemu badaniu na szczelność, oraz okresowemu (co pół roku) badaniu na bezpieczeństwo.

Z powodu tych wad lamp bezpieczeństwa zaczęto zastanawiać się nad stworzeniem bardziej bezpiecznych źródeł światła. Takimi źródłami stały się przenośne elektryczne lampy akumulatorowe (ryc. 7). I one jednak nie dają 100%



Ryc. 8. Urządzenie dla wyłączenia prądu w wypadku rozbicia szkła lampy elektrycznej akumulatorowej.

bezpieczeństwa. Istnieją tu dwa rodzaje niebezpieczeństwa:

1. rozbicie szkła ochronnego i bańki żarówki, a tym samym zapalenie gazu kopalnianego od spalającego się włókna żarówki. Niebezpieczeństwo to zmniejsza się przez zastosowanie grubego szkła ochronnego, oraz zastosowania sprężynowych wyłączników, przerywających obwód prądu żarówki w chwili rozbicia szkła ochronnego (ryc. 8). Z drugiej strony żarówki o wiele mniej ogrzewają szkła ochronne, niż płomień lamp bezpieczeństwa, a zatem unika się pęknięcia szkieł wskutek nagłego oziębienia przez wodę lub nawet powietrze, czy też wskutek zbyt silnego skręcenia (rozszerzalność). Pęknięte lub zbite szkło ochronne lampy elektrycznej nie otwiera od razu dostępu do inicjatora wybuchu, jak to było w lampach bezpieczeństwa, gdyż włókno jest jeszcze chronione przez bańkę żarówki,
2. iskrzenie na kontaktach przy przerywaniu lub załączaniu obwodu prądu zasilającego żarówkę da się zupełnie dobrze uniknąć, jeżeli zastosujemy przy lampach akumulatorowych szczelne zamknięcie uniemożliwiające górnikowi „zgaszenie” lampy, gdyż potrzeba ta w kopalniach nie zachodzi.

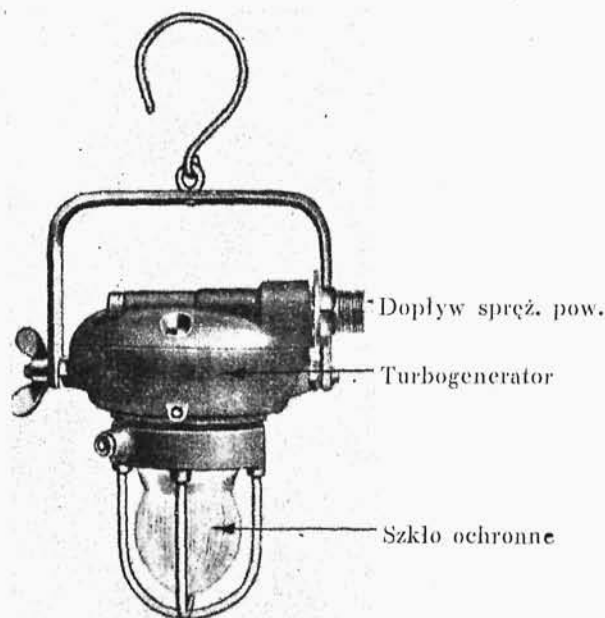
Lampy elektryczne posiadają jednak tę dużą wadę, że nie ostrzegają górnika przed istnieniem w miejscu pracy CH_4 , a co gorsza nie wykazują braku tlenu. Pod tym względem są o wiele lepsze lampy benzynowe bezpieczeństwa, gdyż ich gaśnięcie (około 18% tlenu w powietrzu) ostrze-

ga górnika przed grożącym niebezpieczeństwem uduszenia, a tworząca się nad płomieniem niebieskawa aureola dowodzi, że w przodku jest metan (ponad 1%).

W ostatnich latach, gdy szereg badań naukowych wykazał jak wielki wpływ ma oświetlenie na wydajność i higienę pracy górnika, przechodzi się do oświetlenia kopalń za pomocą lamp turboelektrycznych lub też sieciowych.

Pod nazwą lamp turboelektrycznych rozumiemy agregat turbiny napędzanej sprężonym powietrzem i generatora prądu zmiennego. Cały ten agregat wraz z armaturą oświetleniową jest wmontowany we wspólną osłonę zupełnie szczelną (ryc. 9). Są one stosowane oczywiście tylko w kopalniach używających do napędu maszyn górniczych sprężonego powietrza.

Lampy te doskonale nadają się do kopalń gazowych, a to wskutek dobrych urządzeń ochronnych wyłączających prąd w razie rozbicia szkła ochronnego. Wszystkie zabezpieczenia sprowadzają się tu do wprowadzenia zużytego w turbinie sprężonego powietrza między szkło ochronne, a bańkę żarówki. Uzyskuje się dzięki temu w tej przestrzeni pewne nadciśnienie, które z jednej strony naciskając na membranę wygina ją i zwiera kontakty, zamykając obwód prądu lampy, z drugiej strony, stale wypływając dokola lampy, odpycha mieszaninę wybuchową. W ten sposób zwalcza się jednocześnie oba rodzaje niebezpieczeństwa bardzo skutecznie. Iskrzenie na kontaktach zachodzi w atmosferze

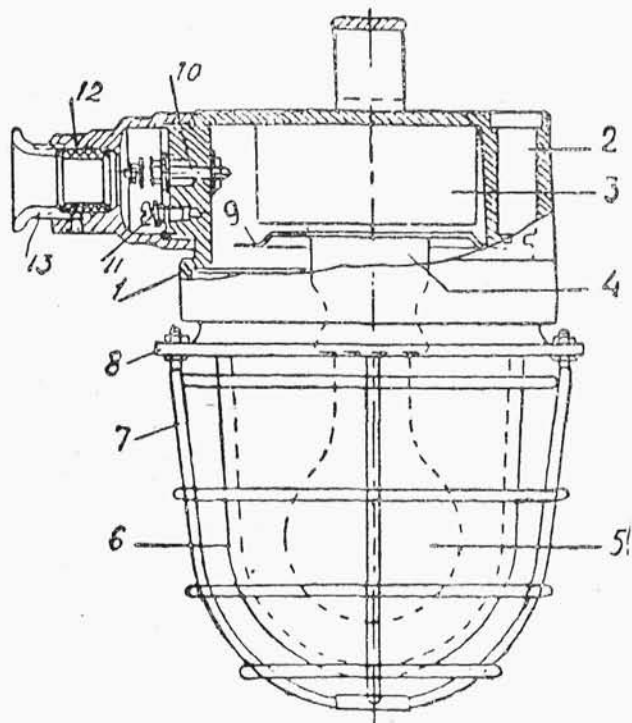


Ryc. 9. Lampa turboelektryczna Friemann-Wolf.

powietrza czystego w szczelnej osłonie, rozbicie zaś szkła ochronnego i uszkodzenie włókna żarówki zachodzi w strudze wypływającego powietrza. Niektóre fabryki (Friemann Wolf) zamiast membrany stosują bezpieczniki topikowe umieszczone za przegrodą po stronie świeżego powietrza. Wystarczy najmniejsze uszkodzenie szkła ochronnego, by bezpieczniki się przepaliły

i lampa pozostała bez prądu. Jednocześnie wypływające z turbinki powietrze zapobiega tworzeniu się iskry w atmosferze wybuchowej.

Kopalnie używające do napędu maszyn górniczych prądu elektrycznego będą oczywiście korzystały z oświetlenia z sieci elektrycznej. Technika wyrobu armatur gazoszczelnych posunęła się ogromnie naprzód i można powiedzieć, że

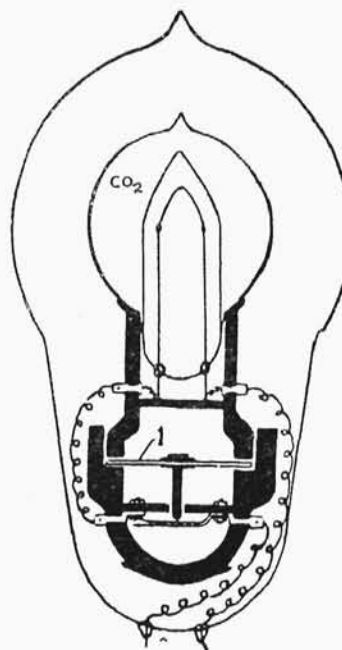


Ryc. 10. Armatura Siemens-Schuckert'a.

wypadki wybuchów przy odpowiednim dozorcze sieci są prawie wykluczone. Najlepiej o tym świadczy fakt, że konserwatywni Anglicy, po licznych doświadczeniach, w r. 1934 dopuścili oświetlanie kopalń za pomocą lamp z sieci do 46 m od przodka.

Zobaczmy w jaki sposób zwalcza się tu niebezpieczeństwo wybuchu gazu kopalnianego. Iskrzenie na kontaktach zostało zupełnie wyeliminowane przez zastosowanie szczelnych puszek stalowych mieszczących w sobie urządzenie wyłączające prąd, lub też włączanie i wyłączanie poszczególnych lamp za pomocą małych transformatorów. Co do kwestii bezpieczeństwa armatur oświetleniowych, to zasadniczą rolę odgrywa tu okres czasu potrzebny na ochłodzenie włókna żarówki poniżej temperatury zapłonu danej mieszaniny gazowo-powietrznej. Stąd wynika konieczność istnienia mechanizmu wyłączającego obwód prądu bezpośrednio po uszkodzeniu bańki żarówki. Rolę takiego mechanizmu spełnia zazwyczaj szkło ochronne armatury, a fabryki dążą do możliwego przedłużenia okresu czasu pozostającego na ochłodzenie włókna żarówki. Rozpatrzmy tu tylko typowe górnicze armatury gazoszczelne⁴⁾:

a) między żarówką a szkłem ochronnym wtłacza się pod niewielkim ciśnieniem (0,5—1 atm) powietrze lub gaz obojętny dla palenia. To nadejście działa na membranę zwierającą kontakty. Wrazie uszkodzenia szkła ochronnego, spada ciśnienie i membrana powraca do pierwotnego położenia, a powietrze wypływając odpycha mieszaninę wybuchową przedłużając w ten sposób okres czasu konieczny na ochłodzenie włókna żarówki. Jeżeli zamiast powietrza użyjemy gazu obojętnego dla palenia, to wypływając stworzy on niejako chwilowy obłok izolacyjny, przedłużając tym bardziej okres dostania się mieszaniny do włókna żarówki. Zasadniczą wadą wszystkich tych urządzeń jest trudność utrzymania zupełnej szczelności połączenia poszczególnych części armatury, co pociąga za sobą ucieczkę sprężonego powietrza i konieczność ciągłego ich dopelniania. Spadek zaś ciśnienia wewnątrz armatury powoduje oddalenie kontaktów membrany i gaśnięcie lamp w zupełnie nieodpowiedniej chwili. Lampy wymagają zatem stałego dozoru i okresowego dopelniania. Początkowo takie dopelnianie uskutecziano za pomocą zwykłej pompki rowerowej, przekonano się jednak rychło, że wtłacza się tu również mieszaninę wybuchową, a nie czyste powietrze, zaczęto więc



Ryc. 11. Żarówka gazobezpieczna Heyes'a.

dopelniać z butli sprężony tlen lub CO₂. Z całego szeregu typów tych konstrukcji należy wyróżnić armaturę Siemens-Schuckerta (ryc. 10), nie wymagającą okresowego dopelniania powietrza, lecz posiadającą zapasowy zbiornik gazu obojętnego (2), zasilającego armaturę przy pewnym spadku ciśnienia w przestrzeni między szkłem

ochronnym, a żarówką. Obojętność gazu wystarcza do utrzymania stałego ciśnienia w ciągu 1000 godzin (według katalogów fabryki). Zbiornik sprężonego gazu daje się z łatwością wymienić i lampa po krótkiej przerwie może pracować przez dalsze 1000 godzin. Uszkodzenie szkła ochronnego pociąga za sobą większy wypływ gazu ze zbiornika, a okres czasu dostania się mieszaniny wybuchowej do włókna żarówki przedłuża się znacznie.

- b) Innym typem armatur gazobezpiecznych są armatury, gdzie przestrzeń między żarówką i szkłem ochronnym wypełniono wodą (plynem niepalnym). Szkło ochronne daje się wówczas z celuloidu, aby w razie uszkodzenia uniknąć nagłego wypływu wody, a tym samym i szybkiego dostępu mieszaniny wybuchowej do włókna żarówki. Konstrukcja ta jest jednak droga, ciężka i daje duże straty natężenia światła.
- c) Stała możliwość przenikania powietrza z armatur i konieczność okresowego ich dopełniania, zrodziła myśl skonstruowania gazobezpiecznych żarówek, zawierających już w swej bańce urządzenie wyłączające prąd i nie pozwalające na natychmiastowe zetknięcie się mieszaniny wybuchowej z gorącym włóknem żarówki. Dotychczas znanych jest zaledwie kilka typów tych żarówek. I tak żarówka Heyes'a posiada włókno otoczone trzema bańkami szklanymi (ryc. 11), przy czym środkowa zawiera CO_2 , a zewnętrzna próżnię. Normalnie membrana (1) zamyka obwód prądu, wystarczy jednak uszkodzić bańkę zewnętrzną, a membrana wyłączy prąd i jednocześnie wypływa CO_2 chłodząc włókno i chroniąc go od dostępu mieszaniny wybuchowej. Żarówka Siemens-Schuckerta ma dwie bańki między które wtłoczono obojętny dla palenia gaz. W razie uszkodzenia żarówki łamie się pręcik łączący obie bańki oraz przerywają się cienkie druciki doprowadzające prąd, sprężony zaś gaz odpycha mieszaninę wybuchową. W końcu żarówka Miners Research Board zawiera w bańce gaz o ciśnieniu niższym od atmosferycznego, wraz z uszkodzenia bańki żarówki, ciśnienie działa na pneumatyczny wyłącznik pozabawiając lampę prądu.

W ostatnich latach czynione są próby zastosowania lamp jarzeniowych do oświetlenia kopalń. Świecenie tych lamp oparte jest na zjawisku elektroluminiscencji tj. jarzenia się rozrzedzonych gazów pod wpływem przepływającego przez nie prądu. Światło otrzymywane tą drogą nosi nazwę zimnego, gdyż uzyskuje się z energii elektrycznej z pominięciem pośredniej zamiany na ciepło, jak np. mieliśmy w żarówkach. Lampy jarzeniowe (neonowe, rtęciowe i sodowe) byłyby zatem idealnym rozwiązaniem kwestii bezpieczeństwa armatur w kopalniach gazowych, a to z tego powodu, że odpadłby tu główny inicjator wybuchów — rozżarzone włókno. Roz-

bicie zaś bańki lampy spowodowałoby wzrost ciśnienia gazu między elektrodami, a tym samym przerwę w jarzeniu⁵⁾. Wadą ich natomiast jest konieczność stosowania prądu o wysokim napięciu. Napięcia te są proporcjonalne do odległości elektrod, odwrotnie proporcjonalne do przekroju słupa gazu oraz zależne od przewodnictwa samego gazu. W każdym razie napięcia te przekraczają 220 Volt, tj. są wyższe od napięcia zaleconego dla kopalń gazowych. Są obecnie budowane lampy jarzeniowe i na niższe napięcia, jednak natężenia światła ich są bardzo małe, mogą one jednak znaleźć zastosowanie do sygnalizacji kopalnianej, gdyż dają dużą gwarancję bezpieczeństwa.

4. Zabezpieczenia urządzeń elektrycznych.

Prąd elektryczny stosuje się w kopalniach węgla do najrozmaitszych celów, jak np. napędu silników elektrowozów, pomp, wentylatorów, wrębówek, wiertarek itp., następnie do oświetlenia i w końcu do odpalania zapalników elektrycznych przy strzelaniu. Sieć elektryczna pracuje w kopalniach w specyficznych warunkach, często narażona na rozerwanie wskutek obrywających się mas węgla lub skał, dlatego też w myśl przepisów kable muszą być zaopatrzone w płaszcze ochronne (zwykle stalowe) oraz przewody uziemiające. W wyrobiskach odbudowy, gdzie długości kabli ulegają stale zmianom, siłą rzeczy kable muszą składać się z krótkich (5—10 m) odcinków, wszelkie więc łączniki i odgałęzienia zaopatruje się w urządzenia blokujące, zezwalające łączyć i rozłączać poszczególne odcinki kabli dopiero po wyłączeniu prądu z sieci. W ten sposób unika się wszelkich przypadkowych źródeł powstawania isker.

W myśl przepisów S.E.P.'u wszystkie maszyny, przyrządy i kable elektryczne muszą być w kopalniach tak zbudowane, ustawione i obsługiwane, by przy normalnej pracy nie mogły spowodować powstawania isker w niezabezpieczonej przestrzeni otaczającej⁶⁾. Zatem wszystkie części, na których przy normalnej pracy mogą powstać iskry (np. wyłączniki, przełączniki, bezpieczniki itp.), muszą posiadać osłonę ognioszczelną, która zapobiega przedostaniu się ognia na zewnątrz i jednocześnie tak mocną, by w razie wybuchu wewnątrz osłony nie została ona zerwana. Znane tu są grubościennie skrzynki stalowe hermetycznie zamykane, oraz skrzynki, w których części mogące dawać iskry, zanurzone są w oleju (np. wyłączniki olejowe). W roku 1934 zamiast palnego oleju do wszelkiego rodzaju bezpiecznych urządzeń elektrycznych zaczęto stosować chemicznie czystą wodę (AEG) lub sprężony CO_2 (Siemens)⁷⁾. Badania angielskie wykazują jednak, że stosowanie szczelnych osłon lub drogich urządzeń olejowych, wodnych lub gazowych nie jest konieczne. Wąska szczelina (0,5 mm) między osłoną a jej pokrywą, zmniejsza wybitnie ciśnienie wybuchu wewnątrz osłony (ryc. 12), a jednocześnie wskutek ochł-



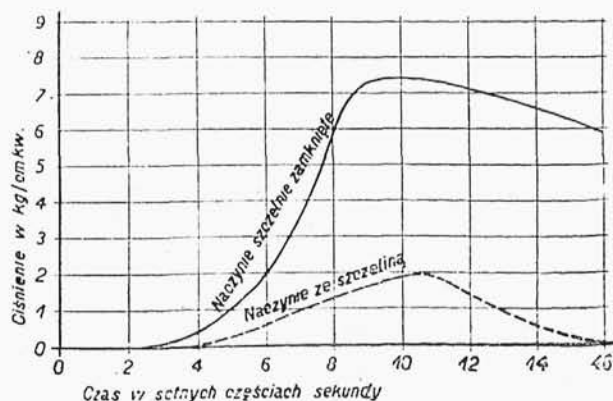
dzenia się gazów o krawędzie szczeliny (1 cala) nie pozwala na przerzucenie płomienia poza osłonę. Można by tu być nawet jeszcze ostrożniejszym i między krawędziami osłony i pokrywy pozostawiać jedynie wąskie otworki, a nie całą szczelinę, wówczas zbliżylibyśmy się do siatki lamp bezpieczeństwa⁸⁾).

Poza tym cały szereg przepisów górniczych normuje zastosowanie prądu elektrycznego w kopalniach. I tak silniki i tablice rozdzielcze winny być ustawiane w prądzie czystego powietrza, silniki o ile możliwości najbliższej spągu i okapturzone. Zdejmowanie okapturzeń dozwolone jest dopiero po wyłączeniu prądu z sieci.

Wrębówki elektryczne są dopuszczone w wyrobiskach kopalń gazowych, w których ilość gazu kopalnianego nie przekracza 1%.

Elektrowozy kontaktowe w kopalniach gazowych są dopuszczalne tylko za zezwoleniem Okręgowych Urzędów Górniczych i to tylko w prądach świeżego powietrza, przy czym stale musi być badana zawartość CH_4 w tym powietrzu. Z drugiej strony firmy zainteresowane starają się zmniejszyć iskrzenie między drutem ślizgowym i zbieraczem elektrowozu. W tym celu stosuje się zbieracze rolkowe, zbieracze wypełnione specjalną masą, tłumiącą iskry itp. Zwrócono również uwagę na drut ślizgowy, mianowicie przy sztywnym jego zamocowaniu drut się waha, a tym samym następuje odrywanie i opadanie jego na zbieracz, co powoduje bardzo silne iskrzenie. Obecnie stosuje się wolne zawieszenie, dzięki czemu w znacznym stopniu unika się wahan drutu.

Elektrowozy akumulatorowe mogą być stosowane w kopalniach gazowych za zezwoleniem Okręgowych Urzędów Górniczych w prądach świeżego powietrza, lecz powinny posiadać po-



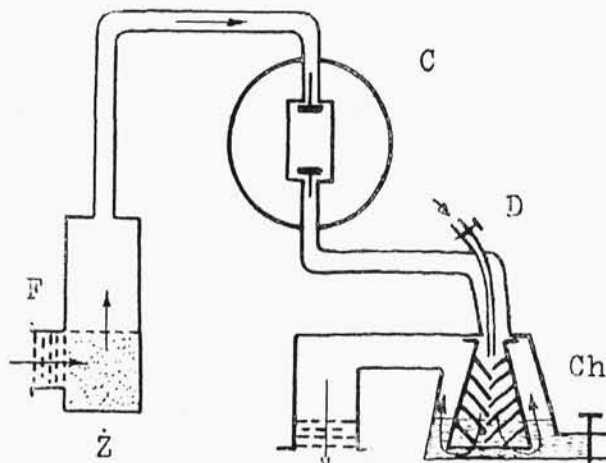
Ryc. 12.

dwójne siatki ochronne na akumulatorach. Rozruszniki i oporniki elektrowozów winny być tak osłonięte, by nie dawały iskier.

W końcu przepisy górnicze zabraniają uruchamiania wszelkich urządzeń elektrycznych, po pracach w pracy (święta, postoje), zanim nie zostanie stwierdzone, że nie ma w tych wyrobiskach gazu kopalnianego.

5. Zabezpieczenie silników spalinowych.

Nieraz w kopalniach stosują silniki spalinowe benzynowe lub benzolowe. Na ogół zaleca się je stosować tylko w prądach powietrza, wychodzących z robót, a to z tego powodu, że dają one spaliny zanieczyszczające powietrze, takiego zaś powietrza nie powinno się doprowadzać do



Ryc. 13. Schemat zabezpieczenia silnika spalinowego. C — cylinder silnika. Ch — chłodnia i filtr dla spalin, D — dopływ wody chłodzącej, F — filtr dla powietrza zasysanego, Z — żwir.

robót odbudowy. W prądach zaś wychodzących z robót zachodzi możliwość istnienia gazu kopalnianego. Przepisy górnicze zabraniają używania lokomotyw spalinowych w chodnikach zawierających więcej niż 0,5% CH_4 .

Jeżeli mieszanina doprowadzana do silnika spalinowego nie jest odpowiednio bogata, spalanie jej odbywa się powoli i może się zdarzyć, że będzie się odbywało jeszcze wówczas, gdy zawór wylotowy otworzy dostęp do rury wydmuchowej i ogień może się wydostać na zewnątrz, co przy obecności gazu kopalnianego może się okazać wysoce niebezpieczne. Niebezpieczeństwo to może również powstać w przewodzie ssawnym w razie niedomknięcia zaworu wlotowego. Zainteresowane fabryki lokomotyw spalinowych starają się zapobiec niebezpieczeństwu wybuchu gazu kopalnianego, urządając wylot spalin nie bezpośrednio na zewnątrz, lecz przez urządzenie ochronne, oraz zabezpieczając również silnik od strumienia świeżego powietrza. Na ryc. 13 pokazany jest schemat takiego zabezpieczenia silnika spalinowego⁹⁾. Zasysane powietrze dostaje się przez filtr siatkowy i żwir do cylindra, spaliny zaś przechodzą przez urządzenie kaskadowe, po którym stale sływa woda (chłodnia), gdzie stykają się na dużej powierzchni z wodą, ochładzają się i oddają jej część składników szkodliwych dla atmosfery kopalnianej. W dalszym ciągu spaliny dostają się do rury wydmuchowej, również zabezpieczonej szeregiem siatek ochronnych. Urządzenie takie zapobiega skutecznie możliwości wybuchów, ale z drugiej strony stwarza

dodatkowe opory tak w przewodzie ssawnym, jak i wydmuchowym, wskutek czego obniża się sprawność silnika.

6. Strzelanie materiałami wybuchowymi.

Do rozsadzania skal lub calizny węglowej używa się w kopalniach materiałów wybuchowych. Stosowanie materiałów wybuchowych nawet w kopalniach niegazowych podlega pewnym ograniczeniom, chodzi tu o niebezpieczeństwo wybuchu pyłu węglowego, unoszonego po strzale. W kopalniach gazowych przybysza jeszcze niebezpieczeństwo wybuchu gazu kopalnianego. Niebezpieczeństwo wybuchu pyłu węglowego zwalcza się dość skutecznie przez zraszanie wyrobisk wodą lub zapyłanie pyłem kamiennym. Zabrania się również oddawania kilku seryj strzałów jedna po drugiej w wyrobiskach posiadających niebezpieczny pył. Ma to na celu uchronić od wybuchu pyłu, wzniesionego w powietrze po pierwszej serii strzałów.

Kopalnie mają prawo nabywać materiały wybuchowe, dopuszczone do użytku w kopalniach, po uprzednim ich zbadaniu w kopalni doświadczalnej „Barbara” w Mikołowie G. Śl. Kopalnia doświadczalna bada w specjalnej sztolni, jak zachowuje się materiał wybuchowy wobec metanu i pyłu węglowego, oraz orzeka, czy dany materiał może być dopuszczony do użytku w kopalni, czy też nie.

W Polskim Zagłębiu Węglowym do użytku w kopalniach dopuszczone są tzw. „powietrzne”¹⁰⁾ materiały wybuchowe. Są to materiały amonowo-saletrzane z dodatkami nitrozwiazków aromatycznych, nitrogliceryny, nadchloranu potasu i mączki drzewnej. Aby materiał był bezpieczny wobec metanu i pyłu, dodaje się do niego NaCl, KCl, NH_4Cl , dzięki czemu przez parowanie tych soli obniża się temperaturę detonacji, a tym samym zmniejsza się niebezpieczeństwo wybuchu gazu kopalnianego.

Przepisy górnicze zabraniają stosowania materiałów wybuchowych w kopalniach o nagłym wydzielaniu się metanu, a w kopalniach silnie gazowych pozwalają prowadzić roboty strzelnicze tylko za specjalnym zezwoleniem władz górniczych. Zalecają również we wszystkich kopalniach gazowych bezpośrednio przed strzałem stwierdzenia lampą bezpieczeństwa, czy nie ma do 10 m od przodka nagromadzenia się gazów wybuchowych o zawartości ponad 1%. W razie stwierdzenia wyższej zawartości zabrania się używania materiałów wybuchowych.

7. Pożary kopalniane.

Do składników palnych, zawartych w powietrzu kopalnianym, jak gaz kopalniany i pył węglowy, dołączają się w czasie pożaru jeszcze produkty suchej destylacji i niezupełnego spalania węgla, jak metan, etylen, wodór oraz zawsze w mniejszym lub większym stopniu tlenek węgla, a poza tym dużo b. drobnych cząstek wę-

gla. Wszystkie te składniki dymów pożarowych tworzą z tlenem mieszaninę wybuchową. Toteż przepisy wszystkich krajów zabraniają używania lamp ze światłem otwartym przy walce z pożarami.

Pożary kopalniane zwalcza się zazwyczaj przez otamowanie pewnej przestrzeni zaognionej. W czasie izolowania obszaru zaognionego zdarzają się wypadki, że prądy powietrza zostają odwrócone wskutek silnej depresji ciśnienia, spowodowanej ogniem¹¹⁾ w pewnych bocznicach kopalnianych i dym po zmieszaniu się z powietrzem kieruje się ponownie do ognia. Jak groźne w skutkach są odwrócenia się prądów powietrza w kopalni, niech świadczą cyfry:

w Gwarectwie Radbod (Westfalia) wskutek odwrócenia się prądu, nastąpił wybuch dymów, pociągając za sobą 335 ofiar, w kopalni „Reden” (Dąbrowa Górnicza) w r. 1923 odwrócenie się prądów i wybuch dymów pociągnął za sobą 38 ofiar¹²⁾.

Toteż w czasie zwalczania pożaru starają się możliwie zbliżyć tamę do ognia, tak, by wykluczyć powstanie prądów bocznych między tamą a ogniem, a tym samym nie dopuścić do odwrócenia się prądów i wybuchu. Zabrania się również zatrzymywania wentylatora, co również może spowodować zakłócenie prądów.

Po otamowaniu pola zaognionego, następuje powolne wygasanie ognia i ciśnienie gazów poza tamami maleje wskutek przejścia CO na CO_2 , spalania wodoru, absorpcji tlenu przez węgiel, oziębiania się i kondensacji pary wodnej. W okresie kompresji część gazów przedostaje się przez szczeliny w tamach lub caliźnie. Wreszcie, w miarę wygasania ognia, ciśnienie w części izolowanej równoważy się z ciśnieniem zewnątrz tam, a w okresach zniżki lub zwwyżki barometrycznej następuje poza tamami depresja lub kompresja. W okresie kompresji w przestrzeni otamowanej, gazy wychodzą przez wszelkie nieszczelności, w okresie depresji odwrotnie, powietrze dostaje się do przestrzeni otamowanej.

Takie wydostawanie się gazów z poza tam pożarowych wymaga na zewnątrz ich dobrego przewietrzania, oraz starannego dozoru. Nawet najlepszy stan tam wymaga stałej i starannej kontroli, zbliżanie się zaś do nich i badanie może być uskutecznione tylko przy użyciu lamp bezpieczeństwa lub lamp elektrycznych. Po stłumieniu ognia, przystępuje się do otwarcia pola otamowanego. W górnictwie węglowym znany jest szereg wybuchów w czasie otwierania pól otamowanych, toteż należy tu stosować jak najdalej idące środki ostrożności, aby gazy wybuchowe nie mogły zetknąć się z inicjatorami wybuchu.

8. Inne środki ostrożności.

W kopalniach gazowych zabrania się palenia tytoniu, nawet posiadania go przy sobie, jak również posiadania zapalek, zapalniczek i innych środków do niecenia ognia.

Płomienne lampy bezpieczeństwa, ze względu

na możliwość naruszenia szczelności, niedbalstwo lub złą wolę, zaopatruje się w zamki (zwykle magnetyczne lub elektromagnetyczne). Zabrania się zabierania ze sobą do kopalni przyrządów do otwierania lamp.

W celu kontroli, osoby dozoru mają prawo rewizji rzeczy i narzędzi robotników tak przy zjeździe do kopalni, jak i podczas pracy w wyrobiskach.

Ostrożności te są najzupełniej uzasadnione, gdyż człowiek stale przebywając w niebezpieczeństwie, łatwo przyzwyczaja się do niego, za-

czynia go lekceważąc i wówczas swą nieostrożność przypłaca nie tylko swoim życiem, lecz życiem wielu, często setek ofiar.

Tak w ogólnych zarysach przedstawia się kwestia zwalczania niebezpieczeństwa gazu kopalnianego w kopalniach węgla. Gaz kopalniany sprawia więc kopalni niemały kłopot, a jego występowanie zmusza do bardzo daleko idących ostrożności, do wprowadzenia całego szeregu urządzeń i zabezpieczeń, co z kolei pociąga za sobą ogromne nieraz wydatki.

¹⁾ Prof. Dr Inż. W. Budryk: Przewietrzanie kopalń.
²⁾ I. C. Hsley i A. B. Hooker: The relative safety of brass, copper and steel gauzes in miner's flame safety-lamps.

³⁾ Fährdrich: Beleuchtung (Westfalen).
⁴⁾ D. L. Cejlin: Bezopasnyje elektriceskije oswietielnyje ustrojstwa w szachtach.

⁵⁾ Gazy o normalnym ciśnieniu (atmosferycznym) są naogół b. złymi przewodnikami elektryczności, w stanie natomiast rozrzedzonym (p 0,1–10 mm sł. Hg) stają się słabymi przewodnikami.

⁶⁾ SEP: Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych prądu silnego w podziemiach kopalń.

⁷⁾ Inż. E. Łopuszyński: Elektryczność w przewoźnictwie podziemnym.

⁸⁾ Instytut Spraw Społecznych: Jak zapobiega się wybuchom gazów w kopalniach.

⁹⁾ Prof. Inż. K. Kasiński: Przewóz urobku kopalnianego.

¹⁰⁾ Pod nazwą materiałów wybuchowych „powietrznych” rozumie się materiały gwarantujące dostateczne bezpieczeństwo wobec metanu lub pyłu węglowego, w przeciwieństwie do materiałów „skalnych”, które łatwo zapalają metan lub pył.

¹¹⁾ Ogień pożaru działa w kopalni zupełnie podobnie do wentylatora ssącego powietrze.

¹²⁾ Prof. Dr Inż. W. Budryk: Pożary podziemne.

Inż. H. Jenz.

Siły wodne jako podstawa do rozwoju gospodarczego Wileńszczyzny

Ziemie północno-wschodnie (Województwo Wileńskie i Nowogródzkie), a w szczególności miasto Wilno, leżące na szlaku, łączącym zachodnią część Polski z Rosją, posiadały przed wojną o wiele większe znaczenie handlowe. Przemysł, jako taki, był słabo rozwinięty z wyjątkiem gorzelnictwa i zakładów garbarskich, które przetwarzały surowiec rosyjski i na rynek rosyjski wypuszczały gotowy produkt, oraz w niewielkim zakresie przemysł tartaczny i papierniczy.

Gospodarka rolna była i jest prowadzona bez ulepszonych metod i przynosi wielki niedobór w bilansie płatniczym ziem Północno-Wschodnich.

Słabe uprzemysłowienie, mała produkcja rolna trzymała Wileńszczyznę na niskim poziomie dobrobytu. W okresie powojennym sytuacja jeszcze pogorszyła się. Element małorolny nie może znaleźć pracy na ziemiach Północno-Wschodnich. Istniejący przed wojną niewielki przemysł zrujnowany, oraz słabe plony przy nieracjonalnej i trudnej na ciężkich glebach uprawie rolnej, pogłębia w dalszym ciągu zubożalność ludności i dzielnicę Polski, Polską „B” nazwaną, w swoim obecnym stanie nie jest samowystarczającą i jest ciężarem dla innych dzielnic Państwa.

Inwestycje związane z uprzemysłowieniem tych ziem przyczyniłyby się w dużym stopniu do rozwiązania zagadnienia bezrobocia, podno-

sząc dobrobyt ludności, co zwiększy konsumpcję, uaktywni gospodarstwo rolne na tych ziemiach oraz spowoduje wzmożenie procesów wytwórczych w ośrodkach już uprzemysłowionych.

Celem wysłuchania postulatów ziem Północno-Wschodnich, rozważenia sprawy możliwego



Badania geologiczne na rzece Wilji. Szylany 1937 r.

uaktywnienia życia gospodarczego tych ziem oraz ustalenia ogólnych wytycznych do planu inwestycyjnego została dnia 11. XII. 1937 r. zorganizowana w Wilnie narada gospodarcza, na której Wicepremier minister E. Kwiatkowski wygłosił następujące przemówienie: