

Prof. Dr ALICJA DORABIALSKA

(L W Ó W)

Nauka o promieniotwórczości w świecie techniki.

Od 38 lat nauka o promieniotwórczości stanowi jeden z tych działów wiedzy fizyko-chemicznej, które w wyjątkowym stopniu skupiają dookoła siebie uwagę uczonych, a nawet szerszych sfer niespecjalistów. Nauka ta rozrasta się z niezwykłą szybkością, zdobywa instytuty specjalne, porywa wybitne umysły, budzi do życia świetne szkoły badawcze, pracujące dziesiątkami rąk. W chwili obecnej ten dział wiedzy przeżywa powtórnie okres świetnego rozkwitu. Podobnie jak w roku 1898 wykrycie zjawiska promieniotwórczości stworzyło nowy etap rozwoju chemii, tak rok 1934 wniósł do nauki poznanie t. zw. promieniotwórczości wzbudzonej, która również otwiera nowe drogi badań. Oba te odkrycia, obie promieniotwórczości wchodzą do historii fizyki i chemii uwieńczone nagrodami Nobla.

W świecie nauk teoretycznych rola ich i znaczenie stale wzrasta w miarę jak mnożą się prace i powstają koncepcje, wkraczające coraz głębiej i śmieiej w dziedzinę budowy materii. Bez przesady można i należy stwierdzić, że nauka o promieniotwórczości zaważyła na ogólnym charakterze współczesnej fizyki i chemii, skierowała wysiłki badaczy w stronę zagadnień atomowych, stworzyła nową gałąź wiedzy — fizykę jądra atomowego. Znaczenie jej w dziedzinie nauk teoretycznych jest więc niezaprzeczalne, natomiast w świecie techniki wciąż jeszcze wątpliwe. I dziwić się temu nie można, że technolog praktyk dla wysiłków w zakresie promieniotwórczości niejednokrotnie ma uśmiech politowania. Ta nauka, której obiektem badań jest atom, która się chlubi otrzymywaniem substancji, ginących często w ciągu kilku minut lub nawet ułamka sekundy, jest w swym charakterze niezmiernie daleka od życia praktycznego. Świat atomów łatwo się wydać może światem nierealnych wizji filozoficznych lub spekulacji matematycznej, a nie terenem pracy eksperymentatora. To też być może, że warto rzucić pytanie, czy i jaką rolę nauka o promieniotwórczości odgrywa w świecie techniki, czy istnieją możliwości, aby ta nauka, która tak szybko podbiła umysły teoretyków, mogła równie tryumfująco wkroczyć do życia fabrycznego.

Przełom, jakiego nauka o prom. dokonała — to przełom myślowy. Streszcza się on krótko w tym, że wykrycie zjawiska promieniotwórczości w końcu XIX wieku obaliło stary od wieków ugruntowany w chemii pogląd, że pierwiastek chemiczny jest substancją nierozkładalną i nie dającą się zamienić jeden w drugi. Chemia XIX

wieku operowała pojęciem niezmiennego pierwiastka, jako podstawą swoich rozumowań. — Pierwiastki jako najprostsze elementy materii były punktem wyjścia wszelkiej syntezy chemicznej — kresem każdej analizy. Starano się dokładnie poznać własności istniejących pierwiastków, poszukiwano nowych, systematyzowano stare, nikt nie przypuszczał jednak, że pierwiastki chemiczne mogą powstawać i zanikać, mogą się wiązać ze sobą w szeregi rodowe.

W tym stanie wiedzy sławne badania Marii i Piotra Curie doprowadziły do stwierdzenia faktu, że dwanaście najcięższych pierwiastków chemicznych posiada zdolność stałego samorzutnego promieniowania, które jest przejawem rozpadu atomu i prowadzi do powstania nowego pierwiastka. Na przykładzie ciał, zwanych odtąd promieniotwórczymi, można bezpośrednio obserwować zamianę jednych pierwiastków w drugie, dokonywującą się bez udziału eksperymentatora, niezależnie od jego woli. — Stary pogląd o niezmienności pierwiastka chemicznego, formułowany jako prawo, został odrazu obalony, przełom myślowy dokonał się gwałtownie, pociągając w konsekwencji za sobą stworzenie nowej, bogatej w prace nauki.

Przez kilka dziesiątków lat zdawało się jednak, że z dawnej zasady niezmienności pierwiastków da się mimo wszystko coś w nauce pozostawić. Z pośród znanych w chemii 92 pierwiastków przemianom promieniotwórczym ulegało bowiem tylko 12, pozostałe natomiast wydawały się trwałe. Wówczas rok 1934 przyniósł odkrycie tak zwanej promieniotwórczości sztucznej lub wzbudzonej, związane z nazwiskiem małżonków Curie-Joliot. Nowe to zjawisko nie ogranicza się do kilkunastu pierwiastków chemicznych, a jest w zasadzie możliwe dla każdego rodzaju atomów. Istota jego polega na tym, że na drodze sztucznej otrzymać można promieniotwórcze odmiany trwałych, pospolitych pierwiastków. Od dnia, w którym PP. Joliot otrzymali takie odmiany azotu, fosforu i krzemu, minęło zaledwie dwa lata, a w ciągu tego czasu zaroilo się w chemii od kilkudziesięciu nowych radio pierwiastków.

Nauka o promieniotwórczości posunęła się gwałtownie naprzód. Radioaktywność klasyczna była bowiem niezależna od woli człowieka, można ją było jedynie obserwować i wykorzystywać samo zjawisko. Natomiast radioaktywność sztuczna jest już prowadzona ręką eksperymentatora, od jego woli zależy zmiana pierwiastka w tym czy innym kierunku. Rola teoretyczna od-

krycia jest znów oczywista. Nauka posiadała możliwość sztucznego otrzymywania nowych substancji promieniotwórczych; niezmiernie rozszerzyły się widoki dowolnego przekształcania jednych pierwiastków w drugie.

Konsekwencje praktyczne obu wielkich odkryć są różne: dla pierwszego z nich mają już swoją kilkudziesięcioletnią historię.

Klasyczne ciała promieniotwórcze weszły do życia przemysłowego z chwilą, gdy powstała potrzeba ich produkcji fabrycznej do celów przede wszystkim leczniczych. Pierwsze obserwacje z zakresu działania fizjologicznego tych substancji datują się z początku XX wieku. Dotyczą one radu, drugiego z pośród wykrytych przez P. Curie pierwiastków, gdyż historycznie pierwszym był polon. Przypadkowa obserwacja Becquerela i dalsze celowe już próby, wykonywane na sobie samym przez Piotra Curie, doprowadziły szybko do wniosku, że promienie wysyłane przez rad posiadają selektywną zdolność niszczenia tkanki żywej. W roku 1904 lekarz francuski Danlos wprowadził rad do leczenia raka skóry i od tam datować można początek radioterapii, albo ściślej jak to przyjęto mówić we Francji — curieterapii. W związku z tym rok 1904 jest również datą powstania przemysłu radowego we Francji.

Początkowe próby produkcji fabrycznej radu są jeszcze starsze, gdyż pochodzą z roku 1899. Były one koniecznością wywołaną faktem, że surowiec, którym jest ruda uranowa zawiera w najlepszym razie 200 mgr radu na tonnę. Wydobywanie minimalnej ilości radu nawet do celów naukowych wymagało już zatem przeróbki półfabrycznej. To też po próbach Piotra Curie na terenie Centralnego Towarzystwa Produktów Chemicznych sprawa dojrzała do realizacji i znany przemysłowiec francuski Armet de Lisle założył pierwszą we Francji fabrykę radu. W ślad za tym Giesel zaczął tworzyć przemysł radowy w Niemczech, Auer von Welsbach, Hittinger i Ulrich w Austrii. — Równocześnie zaczęły szybko powstawać fabryki w Ameryce.

Warunki rozwoju przemysłu radowego były wyjątkowo łatwe z powodu rzadkiej bezinteresowności odkrywców radu. Państwo Curie nie wzięło nigdy żadnego patentu, ogłaszając wyniki swych badań bez zastrzeżeń, ani tajemnic. Ponadto każdemu udzielał wszelkich żądanych informacji. Twórcy amerykańskiego przemysłu radowego oświadczyli, że został on oparty niemal całkowicie na wskazówkach, jakie im przysyłał w listach Piotr Curie. Toteż w dzisiejszym stanie swego rozwoju charakter chemiczny produkcji radu jest wszędzie jednakowy, nie odbiega on daleko od klasycznej metody strącania i krystalizacji frakcjonowanej, opracowanej już na początku badań przez Marię Skłodowską-Curie.

W historii nauki o promieniotwórczości szczególną rolę odegrała fabryka w Joachimowie w Czechosłowacji. Kopalnia w Joachimowie w części swej jest bardzo stara. Już na początku XVI wieku wydobywano tam duże ilości srebra.

Gdy srebro zostało wyczerpane pozostał kobalt i bizmut. Począwszy od połowy XIX wieku nieomal wyłącznie dobywano blendę uranową (U_3O_8). Ruda ta stanowiła surowiec do fabrykacji barwników uranowych do celów szklarskich i ceramicznych. Blenda nie jest czystym ósmiotlenkiem uranu, zawartość jego rzadko przekracza 70%. Jako domieszki wchodziły związku wielu pierwiastków chemicznych, w tej liczbie metali ziem alkalicznych. Wszystkie te domieszki stanowiły bezużyteczne odpadki przy fabrykacji barwników uranowych. Na te odpadki zwróciła uwagę Pani Curie przewidując, że w nich powinien się znajdować cały rad, powstający z uranu drogą przemian promieniotwórczych, które zachodzą w ciągu długich okresów geologicznych. W wyniku starań Wiedeńskiej Akademii Umiejętności ówczesny Rząd Austriacki ofiarował Pani Curie kilka tonn tych odpadków i z nich to właśnie po raz pierwszy otrzymany był rad. Rzecz jasna, że od tej chwili rad stanowi główny obiekt produkcji fabryki Joachimowskiej, a barwniki uranowe są produktem pobocznym.

W obecnej chwili ogólna liczba fabryk radu wynosi około 16. Według danych francuskich zebranych przez Maurycego Curie, w roku 1925 było w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej fabryk 6, we Francji — 4, poza tym po jednej w Belgii, Czechosłowacji, Niemczech, Anglii i Portugalii. Polska fabryki takiej nie posiada. Udział poszczególnych państw w światowej produkcji radu wahał się zależnie od tego, jak surowce były wykrywane i wydobywane. Wielkie ilości rudy konieczne do przeróbki, sprawiają, że rzeczą specjalnie ważną z punktu widzenia praktycznego jest możliwość rozporządzania własnym surowcem i przerabiania go możliwie na miejscu. Podstawowym surowcem jest blenda uranowa wykorzystywana poza Czechosłowacją w Belgii. Amerykański przemysł radowy pracował głównie na karnotycie (wanadan uranowo potasowy), którego bogate złoża są w Colorado i Utah. Przemysł francuski wykorzystywał autunit (fosforan uranowo-wapniowy) sprowadzany z Kolonii francuskich i z Portugalii. Jako wielki przełom na rynku radowym zaznaczył się koniec roku 1922, kiedy Belgia zaczęła na większą skalę eksploatować blendę z Katanji (Kongo Belgijskie). Wprawdzie przeróbka na miejscu okazała się ze względów klimatycznych niemożliwa, jednak mimo konieczności dowozu rudy do Europy cena radu gwałtownie spadła. W rezultacie szereg państw, w pierwszym rzędzie Ameryka ograniczyła wówczas swą produkcję, tak że jako główny dostawca radu na rynku światowym pozostała Czechosłowacja i Belgia z fabryką w Oolen. Fabryki francuskie pracują także w kontakcie z Belgią i na surowcu Katanjskim. Przed kilku laty odkryto bogate złoża blendy uranowej w północno-zachodniej Kanadzie i powstała fabryka w prowincji Ontario, co wywołało ponowny spadek cen radu, którego Kanada wyprodukowała już około 30 gramów.

Cena radu stanowi w pewnej mierze charakterystykę tego rodzaju produkcji. W chwili obe-

nej waha się ona dokoła 40 dol. za miligram. Rad jest więc niezaprzeczenie najdroższym pierwiastkiem chemicznym z pośród tych, które znajdują się w handlu. Rzecz ta staje się zrozumiała jeśli zważyć, że jest to pierwiastek występujący w rudach w bardzo małych ilościach. To też otrzymanie 1 grama radu np. z autunitu wymaga zużycia około 800 tonn rudy, 300 tonn chemikaliów, 200 tonn węgla i zmusza do operowania 15.000 tonn cieczy. W tych warunkach roczna produkcja każdej z fabryk radu wyraża się w postaci 2 do 4 gramów. Dla technologa, obytego z normalnym życiem przemysłowym wydaje się dość dziwaczna fabryka, która całoroczną swą produkcję mieści w szafie ogniotrwałej w małym tygielku, błyszczącym w biały dzień silnym blado zielonkawym światłem.

Według danych czeskich doc. Behounka i prof. Heyrovskiego do roku 1931 wyprodukowano wogóle 363 gr radu, z czego 225 przypada na Belgię, 38 na Czechosłowację a około 100 na Amerykę i kraje pozostałe.

Rad jest jedynym z pośród silnych pierwiastków promieniotwórczych, wyrabianych na skalę przemysłową. Do celów leczniczych może być równie dobrze stosowany mezotor, który jest izotopem radu, to znaczy stanowią one odmiany tego samego pierwiastka, identyczne pod względem chemicznym, a różniące się jedynie ciężarami atomowymi i cechami promieniotwórczymi. Do celów leczniczych jest niezbędne, aby substancja wysyłała promienie dostatecznie przenikliwe, zdolne przejść poprzez odpowiednią warstwę tkanki. Tę cechę posiada mezotor nawet w wyższym stopniu niż rad, gdyż jest bardzo bogaty w promienie przenikliwe. Natomiast wartość jego handlowa jest znacznie mniejsza z tego powodu, że mezotor zanika wiele szybciej niż rad. Wszystkie pierwiastki promieniotwórcze znajdują się w stanie stałego samorzutnego przekształcania w inne. Proces ten odbywa się dla jednych szybciej, dla drugich wolniej. To też charakterystykę każdego pierwiastka promieniotwórczego stanowi tak zwany okres półtrwania — czas w ciągu którego zanika on, ginie do połowy. Okres półtrwania radu wynosi 1580 lat, praktycznie nie odgrywa więc większej roli, natomiast okres półtrwania mezotoru jest zaledwie 6,7 lat, co już wyraźnie wpływa na zmniejszenie wartości handlowej preparatu. To też cena mezotoru wynosi średnio trzy czwarte ceny radu. Koszta produkcji są równie wielkie, jak dla radu, z tą jednak różnicą, że surowcem jest materiał odpadkowy. Mezotor otrzymywany jest bowiem z piasku monacytowego z odpadków przy fabrykacji związków toru, używanych w dużej ilości do wyrobu siatek Auerowskich. Produkcja mezotoru ogranicza się do Niemiec, gdzie była zorganizowana przez odkrywcę mezotoru Hahn a i do Francji, gdzie się nią zajmuje Towarzystwo francusko-brazylijskie.

Dwa te pierwiastki rad i mezotor, w postaci soli — przeważnie bromków lub chlorków, zaspakajął zupełnie potrzeby praktyczne w dziedzinie ciał promieniotwórczych. Nie należy zapominać, że każdy z nich jest substancją

macierzystą całego szeregu tworzących się stale pierwiastków, które ze swej strony mogą być wykorzystywane. Na pierwszym miejscu wymienić należy emanację radową, czyli radon, gaz tworzący się bezpośrednio z radu i mający duże zastosowanie w lecznictwie. Emanacja jest używana wszędzie tam, gdzie może nią być zastąpiony rad, gdyż jest nieomal równie bogata w promienie przenikliwe, natomiast nie ma praktycznie żadnej wartości handlowej. Przyczyna tego leży w bardzo krótkim okresie półtrwania emanacji, wynoszącym zaledwie 3,85 dnia, musi więc być ona pobierana z preparatu radowego wprost do natychmiastowego użytku. To też w większych instytutach radowych istnieją specjalne instalacje, pozwalające na stałe pobieranie emanacji do celów terapeutycznych, tam, gdzie zachodzi obawa zniszczenia preparatu radowego. Poza tym emanacja stosowana bywa do fabrykacji sztucznych wód radioaktywnych, wreszcie do zabiegów leczniczych inhalacyjnych.

Cechę charakterystyczną, a niezmiennie korzystną produkcji radu stanowi fakt, że wszelkie odpadki od fabrykacji mogą tu znaleźć zastosowanie praktyczne. Słabe preparaty promieniotwórcze, np. 10%-we chlorki baru radonośne stosowane są powszechnie do wyrobu past i lakierów świecących. Od początku XVII wieku znane są w chemii związki, posiadające zdolność t. zw. fosforescencji czyli świecenia w ciemności. Własność ta uzależniona jest jednak od uprzedniego naświetlenia preparatu promieniami świetlnymi. Z punktu widzenia praktycznego taka substancja świecąca jest mało użyteczna, chodzi bowiem przeważnie o ten czy inny wskaźnik w ciemności. Potrzebie tej czynią zadość słabe ciała radioaktywne. Substancja fosforująca, zwykle siarczek cynku, zmieszana odpowiednio z promieniotwórczą, tworzy lakier świecący stale, niezależnie od uprzedniego naświetlenia. Lakiery takie są dziś w powszechnym użytku. Wystarczy wspomnieć wskazówki i tarcze zegarkowe, tabliczki w windach lub wskazówki automobilowe lub samolotowe, specjalnie dostosowane do podróży nocnych. Produkcja substancji świecących rozszerzyła się szczególnie w czasie wojny. W państwach, które rozprządzały dostateczną ilością ciał promieniotwórczych, stosowano je powszechnie w formie pastylek nakładanych na muszki mitraljez a nawet karabinów. W armatach lakierowane były niektóre części, a przede wszystkim libelle, tworzące w ciemności wyraźne smugi świetlne z jasno zaznaczonym pęcherzykiem.

Z pośród dalszych zastosowań substancji promieniotwórczych, wymienić należy próby wykonywane w celach rolniczych. Badano wpływ słabych domieszek radioaktywnych do nawozów sztucznych, podlewano nasiona wodą zawierającą ślady emanacji, umieszczano rośliny w powietrzu aktywnym. Prace te wykonywano przez szereg lat w Anglii, a głównie we Francji w szkołach agronomicznych w Grignon i Berthouval, doprowadziły one jednak do tak rozbieżnych wyników, że trudno z nich dziś wyciągnąć jakieś wnioski.

Podobny los spotkał dość liczne próby zastosowania substancji promieniotwórczych do fabrykacji sztucznych drogich kamieni. Obserwacje, dotyczące zmiany barwy minerałów i związków chemicznych pod wpływem promieniowania datują się od bardzo dawna. Każdy radiolog wie z własnego doświadczenia, że naczynia kwarcowe i szklane, w których znajdują się preparaty radowe, stopniowo ciemnieją, przechodząc przez wszystkie odcienie fioletu od bladego do ciemnego. Barwa ta jednak przy nagrzaniu szybko znika już w temperaturze 300° do 400° . Większość minerałów zaliczanych do kategorii drogocennych podlega działaniu promieni radu, nabierając barwy, bądź zmieniając ją. Powszechne jest zjawisko, że ta nabyta barwa ginie w wyższej temperaturze, albo pod działaniem promieni ultrafioletowych. Mimo to jednak podobno jest na rynku wiele kamieni, których barwa została uszlachetniona, bądź wywołana tą drogą.

Istnieją wreszcie czysto chemiczne, niewyiskane dotąd możliwości zastosowania substancji radioaktywnych. Wiadomo mianowicie, że promienie tych ciał działają katalitycznie w wielu reakcjach chemicznych. Przyspieszają one bieg szeregu procesów, często nawet kierują w stronę nowych, normalnie nieotrzymywanych lub trudnych do otrzymania produktów. Próby laboratoryjne były w wielu wypadkach robione, być może więc, że substancje promieniotwórcze w roli katalizatora znajdują zastosowanie i w reakcjach prowadzonych na skalę przemysłową.

Omawiana dotąd rola i udział ciał radioaktywnych w świecie praktyki i techniki dotyczą substancji wykrytych już przed kilkoma dziesięcioma lat, a więc tej promieniotwórczości, którą już dziś często nazywamy starą, ściślej mówiąc klasyczną. Należałoby z kolei zastanowić się nad tem, co wnosi do techniki promieniotwórczość sztuczna, przed dwoma laty odkryta. Z góry zastrzec trzeba, że ta nowa promieniotwórczość jest poprostu zbyt nowa na to, aby mogła już do życia praktycznego coś wnieść, raczej należy traktować zagadnienie pod kątem widzenia tych możliwości, jakie badania to otwierają. Najogólniejsza zdobycz doświadczeń z zakresu promieniotwórczości wzbudzonej nie jest całkowicie pozbawiona konsekwencji praktycznych. Sprowadza się ona przecież do stwierdzenia faktu, że eksperymentator może na drodze sztucznej otrzymywać pierwiastki promieniotwórcze. Powstaje zatem zagadnienie, czy te nowe pierwiastki nie byłyby w stanie zastąpić kiedyś starych, których produkcja jest tak bardzo kosztowna i uciążliwa. Przede wszystkim zaś te nowe badania nawracają do odwiecznych nieomal wysiłków człowieka w kierunku dowolnego przekształcania ciał chemicznych pospolicznych w szlachetne i cenne. We współczesnej fizyce jądra atomowego odradzają się stare marzenia alchemiczne, przeniesione z ponurych lochów klasztornych do jasnych nowoczesnych pracowni. Wprawdzie zastrzec należy, że promieniotwórczość wzbudzona nie zapoczątkowała badań nad sztucznym przekształcaniem pier-

wiastków, nie mniej jednak rozszerzyła ona niezmiernie możliwości w tym zakresie.

Prace nad sztuczną przemianą pierwiastków datują się jeszcze od roku 1919, kiedy były podjęte przez sławnego fizyka angielskiego Rutherforda. Wtedy to po raz pierwszy z poszczególnych atomów azotu i glinu udało się wybić wodór, a więc dokonać alchemicznej przemiany jednego pierwiastka w inny. Wtedy też zarysowała się droga, którą mogą kroczyć badacze w kierunku analizy czy syntezy pierwiastków. Procesy te są niedostępne dla reakcji prowadzonych zwykłymi metodami chemicznymi. Wszelkie klasyczne przemiany chemiczne nie docierają bowiem nigdy do samego wnętrza atomu, sprowadzają się wyłącznie do tworzenia tych czy innych kombinacji i połączeń, uskuteczonych w wyniku działania sił międzyatomowych. To też zwykliśmy mówić, że siedliskiem chemizmu jest t. zw. zewnętrzna sfera atomu, natomiast jego jądro stanowi charakterystykę pierwiastka, warunkuje jego rodzaj i pozostaje niezmienione przy reakcjach chemicznych. Przekształcić pierwiastek w inny, to znaczy dotrzeć do jądra atomu, wybić z niego, lub wprowadzić nowe elementy budowy. Aby cel ten osiągnąć, należy rozporządzać taką cząsteczką materialną, która byłaby w stanie tego dokonać. Musi to być poprostu pocisk wymiarów atomowych, zdolny do atakowania jądra. Takich pocisków dostarczyły nauce substancje promieniotwórcze.

Klasycznym pierwiastkiem, stosowanym od początku do tych prac, jest polon. Promienionowanie jego ma charakter korpuskularny, polega na wyrzucaniu z wnętrza jądra atomowego cząstek czterokrotnie cięższych od atomu wodoru, obdarzonych podwójnym dodatnim ładunkiem elektrycznym. Cząstki te oznaczane symbolem α biegają z szybkością około 20.000 km/sek , posiadają więc wielką energię kinetyczną. Jeżeli cząstka α zderzy się centralnie z jądrem jakiegoś atomu — nastąpi jego przekształcenie — rozbicie, lub nawet wbudowanie się tego pocisku. W odróżnieniu od normalnych reakcyj chemicznych, gdzie przemianie podlegają nieraz niezliczone ilości drobin, proces przekształcania pierwiastków jest reakcją indywidualnych atomów. To też na plan pierwszy wysuwa się tu podstawowe dla techniki zagadnienie wydajności takiej reakcji.

Z punktu widzenia teoretycznego wystarczająco ważnym jest stwierdzenie samej możliwości przebiegu tego czy innego procesu chemicznego. Teoretyka zadawała fakt, że na przykład glin, naświetlany promieniami α polonu daje kilkadziesiąt, czy kilkaset atomów fosforu. Reakcja przebiega, zatem można na niej opierać wszelkie koncepcje, można i należy szukać jej wyjaśnienia teoretycznego. Natomiast praktyk-technolog zapyta o wydajność reakcji; obliczy szybko, że jeśli w 1 cm^3 gazu znajduje się mniej więcej 3.10^{19} drobin, to na przykład przy tworzeniu się 1 cm^3 wodoru z glinu trzeba dwukrotnie większej ilości centralnych zderzeń cząstek z jądrami atomów glinu. Tymczasem takie zderzenia są bardzo rzadkie. Gdy w normalnej reakcji chemicznej, wszystkie lub olbrzymia

większość drobin bierze udział, tutaj na 1 cząstkę trafiająca w jądro glinu, przypada 10.000 takich, które poprostu jądro omijają. W rezultacie na wytworzenie 1 cm^3 wodoru z glinu drogą naświetlania promieniami α należałoby czekać 130.000 lat. Taka wydajność reakcji żadnego praktyka nie zadowolili.

To też z punktu widzenia techniki zagadnienie sprowadza się do opracowania takiej metody, któraby pozwoliła tę wydajność wielokrotnie zwiększyć. Innej drogi do przekształcania pierwiastków poza rozbijaniem indywidualnych atomów nie ma i prawdopodobnie nie będzie. Istotną jest zatem konieczność wynalezienia takiego pocisku, któryby trafiał lepiej od dawnych cząstek α .

Znaczny postęp w tej dziedzinie zapoczątkowany został przez badania nad promieniotwórczością wzbudzoną. Z doświadczeniami pp. Joliot ściśle się wiąże wykrycie nowego, dotąd nieznanego elementu budowy, mianowicie neutronu. Jest to cząstka o masie w przybliżeniu równej masie atomu wodoru i pozbawiona ładunku elektrycznego. Tworzeniu się radiopierwiastków towarzyszy często wysyłanie neutronów, obdarzonych mniejszą lub większą prędkością. Neutron jako pocisk atomowy oddaje dużo większe usługi od cząstki α . Prawdopodobieństwo zderzeń jego z jądrem jest dlatego poważne, że nie posiada on ładunku elektrycznego, nie podlega zatem tak dużej sile odpychania, jak dodatnia cząstka przy zbliżeniu do również dodatnio naładowanego jądra.

W neutronie znalazła więc nauka współczesna czynnik, który zasługuje na uwagę technologa. Niemniej przeto zagadnienie praktyczne jest wciąż jeszcze dalekie od rozwiązania. Trudność jest teraz innego rodzaju. Mianowicie wszelkie źródła neutronów, jakimi dotąd rozporządzamy, są niezmiernie słabe.

Chemia nie zna dotąd naturalnych ciał o promieniowaniu neutronowym. Ściślej mówiąc, istnienie ich jest kwestią sporną i dotyczy tylko źródeł bardzo słabych. Neutrony są więc otrzymywane sztucznie w laboratoriach drogą procesu atomowego, zwykle przez bombardowanie berylu cząstkami α polonu. I tu już ma miejsce fakt, że na 1.000.000 cząstek α wytwarza się zaledwie około 30 neutronów. W tych warunkach silne źródło neutronowe jest nieosiągalne. Dawna trudność odżyła w nowej formie. Promieniotwórczość klasyczna dostarczała nam silnych źródeł złych pocisków jądrowych, natomiast promieniotwórczość wzbudzona wniosła do nauki słabe źródła dobrych pocisków. Cel dalszych badań o niezmiernym znaczeniu praktycznym zarysowuje się jasno: należy znaleźć lub otrzymać silne źródła promieniowania neutronowego.

Badania nad promieniotwórczością wzbudzoną dały nauce jeszcze niezmiernie ważną zdobycz w postaci wskaźnika wydajności i kierunku reakcji jądrowej. Zgodziwszy się z tym, że dotąd wszelkie przemiany typu alchemicznego przebiegają z bardzo małą wydajnością, eksperymentator musi szukać sposobu stwierdzenia powstającego w ten sposób pierwiastka. Zwykła

analiza chemiczna nie rozporządza metodami, któreby pozwalały wykryć minimalne ilości substancji. Nawet analiza spektralna daleka jest jeszcze od tego celu. Jedyne nauka o promieniotwórczości umie wykryć istnienie nawet indywidualnych atomów pierwiastka, o ile jest on promieniotwórczy. Nowe badania pozwalają na wypróbowanie siły i działania źródeł neutronowych drogą użycia radiopierwiastka jako wskaźnika.

Trudno wreszcie pominąć milczeniem fakt, że w swych najśmielszych uogólnieniach współczesna teoria budowy materii sięga do zagadnień technologowi bardzo bliskich. Zagadnienie źródeł energii i jej przemian interesuje nie tylko teoretyka w jego porywach do syntetycznego ujęcia otaczającego świata. Jest ono również przedmiotem codziennej pracy technologa, do zadań którego należy kierowanie przemian energetycznych na takie drogi, które prowadzą do otrzymania maksymalnej ilości energii użytecznej.

Nauka współczesna wskazuje, że najbogatszym źródłem energii jest materia. Jedną z najświetniejszych zdobyczy teorii względności Einsteina stało się prawo głoszące, że każda energia posiada swoją masę. Prawo to powiązało ze sobą rozdzielone dawniej światy energii i materii. Nie mówimy już dziś o dwóch oddzielnych zasadach zachowania materii i energii, łączymy je w jedną zasadę, która głosi nie tylko możliwość ilościowej wzajemnej przemiany różnych form energii, ale także i materii w energię oraz odwrotnie.

Dziedzina, która w tym zakresie stanowi kopalnię danych doświadczalnych — jest nauka o promieniotwórczości. Wszystkie pierwiastki promieniotwórcze są stałym źródłem energii. Już pierwsze obserwacje z 1903 r. wykazały, że rad nieprzerwanie wydziela ciepło. Przy tym ilości ciepła wytwarzające się przy przemianach promieniotwórczych są nieporównanie większe od tych, jakie towarzyszą zwykłym reakcjom chemicznym. Gdy ciepło spalania jednego grama węgla wynosi około 8000 kal., efekt promieniowania jednego grama radu jest bliski trzem miliardom kalorii. Wyzyskanie praktyczne tak wielkiej energii uniemożliwione jest jednak przez fakt, że na szybkość procesu promieniowania człowiek nie ma do dziś żadnego wpływu. O ile dowolną ilość węgla spalić możemy dostatecznie szybko, o tyle proces rozpadu radu niezależnie od naszej woli ciągnąć się będzie 2300 lat. Olbrzymi efekt, rozciągnięty na tak długi okres czasu, staje się praktycznie bezużyteczny.

Pozostaje jednak stwierdzona obserwacja niezmiernie ważnej, że substancje promieniotwórcze są stałym, bezpośrednim dowodem możliwości zamiany materii w energię. Przy tym równoważnik energetyczny materii jest niezmiernie wielki. Gdybyśmy umieli unicestwić gram dowolnej substancji, zamieniając ją w energię, otrzymalibyśmy $9,10^{20}$ ergów, to jest ilość, która w przeliczeniu na kalorie odpowiada ciepłu wydzielonemu przy spaleniu 2700 ton węgla.

Przeliczenia te wydają się światem fantazji dla praktyka. Natomiast każdy radiolog operuje nimi ciągle, jak tabliczką mnożenia. Nowa nauka o promieniotwórczości wzbudzonej posiłkuje się stale równaniami, daleko odbiegającymi od klasycznej chemii. Są to równania alchemiczne, wskazujące na analizę lub syntezę pierwiastków, z uwzględnieniem bilansu energetycznego reakcji. Bilans ten zawiera przeliczenie straty masy na powstającą w procesie energię. Poza tym niejednokrotnie obserwowano nawet i zjawisko odwrotne materializacji energii. Nauka o promieniotwórczości zasypała na długo starą przepaść dzielącą materię od energii.

Prof. W. MOZER
(LWÓW)

Nowsze materiały stosowane w budownictwie maszyn

(na tle wrażeń z wystawy automobilowej w Berlinie i targów maszynowych w Lipsku na wiosnę 1936 r.)

Odczyt wygłoszony w Polskim Towarzystwie Politechnicznym we Lwowie dnia 1 maja 1936 r.

Technika maszynowa wymaga od materiałów konstrukcyjnych i służących do obróbki coraz wyższych własności. W obliczu tych trudnych zagadnień metalurgia zajęła się przede wszystkim zbadaniem powodów, dla których stosowane dotąd metale wzgl. stopy, a ściślej rzecz biorąc użytkowe przedmioty z nich wykonane, nie odpowiadały zwiększonym wymaganiom. Zanalizowano tedy błędy i braki spotykane w odlewach i fabrykacjach wykonanych przeróbką mechaniczną, poddano badaniom wnętrza materiałów, czyli — jak mówimy — strukturę, a w końcu rozważono wpływy rozmaitych dodatków na zmianę własności materiałów. Wniknięto również głębiej w metody otrzymywania materiałów.

Przez lat wiele ciężar właściwy metali czy stopów nie odgrywał w budowie maszyn większego znaczenia. Dopiero ze zwiększeniem się prędkości jazdy wszelkiego rodzaju maszyn transportowych, szczególnie z rozwojem przemysłu samochodowego, lotniczego, a ostatnio z budową szynowych pojazdów przeznaczonych do szybkiej komunikacji, wypłynęła konieczność zmniejszenia masy i metalurgia zwrócić się musiała w kierunku metali lekkich i najlżejszych oraz ich stopów, zdolnych całkowicie zastąpić powszechnie używane żelazo techniczne wzgl. inne metale ciężkie.

Z rozwojem techniki metalurgia musiała rozwiązać wiele zadań specjalnych. Zażądano tedy materiałów nierdzewnych lub bardzo odpornych na rdzewienie, materiałów ognioodpornych i odpornych na wpływy wysokich temperatur, metali niestarczających się, tzn. niezmiennających swych własności mechanicznych z czasem, metali bardzo twardych i nieścierających się, to znów bardzo miękkich, materiałów niemagnetycznych lub bardzo nieznacznie tylko magnetycznych wzgl. bardzo magnetycznych, materiałów o znacznej granicy sprężystości, wytrzymałych szczególnie na pewien rodzaj

Streszczając te ogólne zdobycze nauki o promieniotwórczości, które mogą interesować świat techniki, stwierdzić należy, że dalekie są one jeszcze od tego, by w życiu przemysłowym wywołać ten przełom, jakiego dokonały w wiedzy teoretycznej. Niemniej przeto możliwości rozwoju są tu tak wielkie, że bardzo śmiałym byłoby twierdzenie, jakoby nauka o promieniotwórczości była zupełnie oderwana od życia technicznego. Nie można zresztą nigdy przewidzieć dróg, jakimą kroczyć będzie rozwój konsekwencji praktycznych, nauki nawet najbardziej teoretycznej.

naprężeń, odpornych na odpuszczanie, nierozszerzających się z temperaturą itp. Na metalurgię zaczęły oddziaływać również względy gospodarcze, a więc konieczność usunięcia droższych składników i zastąpienia ich tańszymi oraz potaniecie wyrobów przez usunięcie obróbki i zamienność części, a więc wprowadzenie odlewów wtryskowych i wyrabianych pod znacznymi ciśnieniami.

Przed omówieniem najważniejszych grup nowszych materiałów przypatrzmy się choćby z grubsza wpływom pewnych czynników na własności mechaniczne wzgl. i chemiczne metali czy ich stopów, ograniczając się zresztą głównie do odlewów, jako produktu wyjściowego wszystkich późniejszych fabrykatów.

1. Rozkład temperatur w stygnącym odlewie wzgl. wlewku i początkowa temperatura wlewanego metalu.

Ten rozkład temperatur i prawa nim rządzące nie są jeszcze we wszystkich wypadkach dokładnie znane. Obok materiału formy, jej grubości i ewent. jej chłodzenia rozstrzygającą rolę odgrywa grubość przedmiotu wzgl. wlewka. Można bodaj postawić regułę, że okres krzepnięcia wzrasta z kwadratem średnicy. Wiemy, że w pewnych gatunkach stali stopowych występują niebezpieczne dla wytrzymałości płatki śnieżne tylko we wlewkach grubszych, nie ma ich natomiast we wlewkach cieńszych. W poniższym zestawieniu są uwidocznione czasy krzepnięcia bloku mosiężnego o średnicy 150 mm w formach z rozmaitego materiału.

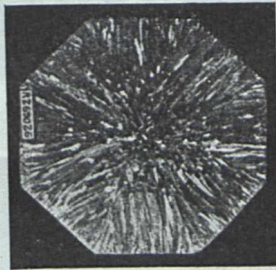
Forma:	Temp. odlew. w °C:	Czas krzepn. w min.:
Wlewnica (kokila) miedziana 100 mm grubości oziębianą wodą	950	1,8
	1140	2,1
	1185	2,5.
Wlewnica żeliwna 75 mm grubości	1110	2,6.

Wlewnica żeliwna 31 mm grubości	1030	3,1.
Forma piaskowa	1070	30,0.

Rodzajem formy możemy tedy w pewnych granicach regulować czas krzepnięcia, a w wyniku i strukturę powstającego skrzepniętego przedmiotu, a więc i jego własności wytrzymałościowe.

2. Kierunek odpływu ciepła wydobywającego się przy krzepnięciu.

Kryształy układają się z reguły prostopadle do ścian i wzdłuż kierunków odpływu ciepła (ryc. 1). Cecha ta zaznacza się tym wybitniej, im materiał wolniej stygnie. Otrzymujemy wtedy wrzecionowate, mało spójne i wytrzymałe kryształy, łatwo ulegające rozpadowi pod działaniem



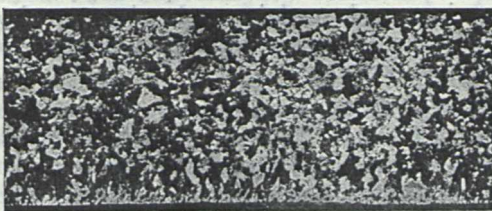
Ryc. 1.

Struktura szybko studzonego ośmiokątneho pręta cynkowego.

niem karbu, tj. skoncentrowania znacznej siły na względnie małej powierzchni materiału. Różne drogi prowadzą do usunięcia tego niepożądanego objawu. Na ryc. 2a widzimy



a



b

Ryc. 2 a, b.

Wpływ temperatury odlewania na makrostrukturę płyty cynkowej:

- a) odlew normalny,
- b) odlew znacznie przeschłodzony.

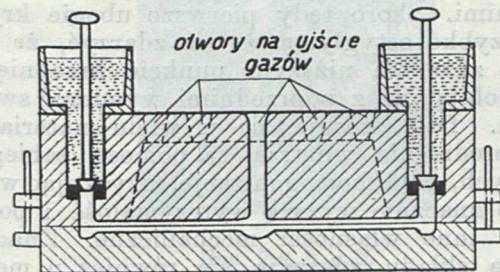
karbu, tj. skoncentrowania znacznej siły na względnie małej powierzchni materiału. Różne drogi prowadzą do usunięcia tego niepożądanego objawu. Na ryc. 2a widzimy sam cynk odlany z przechłodzeniem, o strukturze drobnoziarnistej, wybitnie lepszej niż poprzednio. W staliwie natomiast wywołujemy zmianę i rozdrobnienie ziarn, czyli tzw. rekryształizację, za pomocą przeprowadzenia żelaza w stan roztworu stałego, łatwo rozpuszczającego węgiel i wytwarzającego nowe ośrodki kryształizacyjne.

3. Skurcz.

Zmiana temperatury połączona jest nieuchronnie ze zmianą objętości danego materiału. Metale i ich stopy kurczą się przy przejściu ze stanu płynnego w stan stały. Mechanizm kurczenia się przebiega w ten sposób, że nasamprzód zmniejsza się objętość jeszcze w stanie płynnym przy spadku temperatury odlewania do temperatury krzepnięcia, potem po raz wtóry przy zmianie stanu skupienia, a wreszcie już w stanie stałym — i to jest odlewniczo najważniejsze. W wyniku skurczu tworzą się w odlewie naprężenia i puste miejsca. Naprężenia usuwamy najczęściej stosowną przeróbką cieplną. Pustym miejscem zaś staramy się zaradzić w rozmaity sposób, ostatnio przez odlewanie metodą wtryskową, odśrodkową, wreszcie odlewaniem pod ciśnieniem.

4. Jamy odlewnicze.

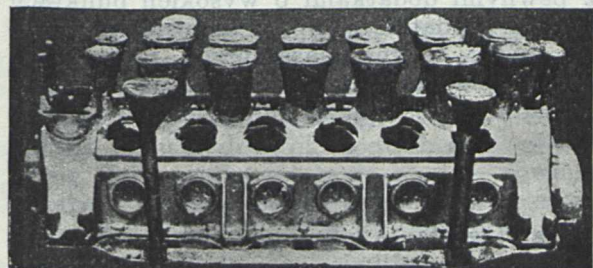
Jest to zjawisko związane z poprzednim, powstające z tego powodu, że materiał nie może na czas dopłynąć do wnętrza formy. Skutki jego dadzą się usunąć odpowiednim odlewaniem (ryc. 3), nadlewkami (ryc. 4), dopełnianiem



Ryc. 3.

Forma przysposobiona do odlewania z rynną.

materiału, a także odpowiednim rozplanowaniem składowych struktury, np. stosownym rozłożeniem grafitu w żelowie perlitycznym. Przed-



Ryc. 4.

Surowy odlew pudła silnika ze stopy lekkiego ze znaczną liczbą wlewków i nadlewków.

cynk normalnie odlany, z wielkimi, mało wytrzymałymi kryształami, zaś na ryc. 2b ten

stawiony na ryc. 3 dość osobliwy sposób odlewania polega na umieszczeniu dookoła formy rynny oddzielonej od formy licznymi zatyczkami. Do rynny wlewa się metal, po czym podnosi się równocześnie wszystkie zatyczki umożliwiając wejście na raz do formy znacznych ilości materiału znajdującego się pod dość znacznym ciśnieniem statycznym. W wyniku tego zabiegu otrzymuje się odlew znacznie lepszy niż w zwyczajny sposób.

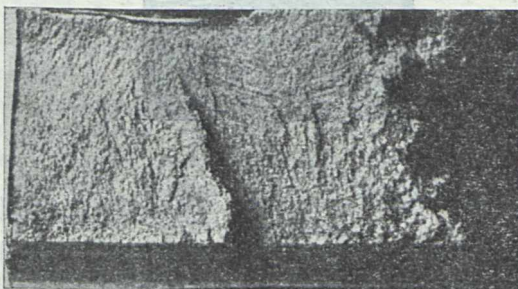
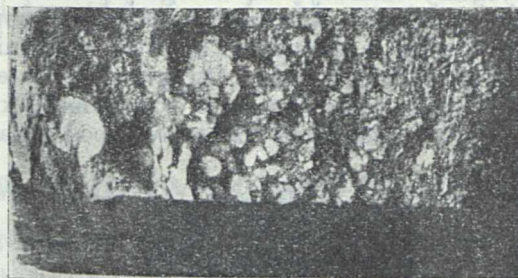
5. Wydzielenia.

Prawie wszystkie techniczne materiały są stopami metali z różnymi dodatkami, które tworzą w stanie stałym bądź to roztwory zupełne (co zdarza się zresztą rzadziej), bądź to roztwory graniczne (najczęściej), bądź wreszcie mieszaniny lub też połączenia chemiczne. Widzimy tedy, że kryształy technicznych materiałów są ciałami złożonymi, które przy nadarzających się sposobnościach ulegają łatwo zmianom i wywołują wtedy powstawanie struktur niekorzystnych pod względem jednolitości, wytrzymałości itp. Niesposób pokrótce omówić wszystkie przyczyny, które powodują te zjawiska. Główną przyczyną wydzielenia się kryształów o rozmaitych składach jest zła dyfuzja. Należy pamiętać, że powstawanie kryształów mieszanych odbywa się zawsze w ten sposób, że nasamprzód tworzą się kryształy o bardzo słabej koncentracji, czyli bardzo ubogie w drugi składnik, po czym powstają kryształy coraz bogatsze w składnik dodatkowy, które pod wpływem dyfuzji wyrównują swój skład z poprzednimi. Skoro tedy pierwsze ubogie kryształy szybko ostygły, może się zdarzyć, że dalsze, o znacznie niższym punkcie krzepnięcia, nie zdołają już z poprzednimi wymienić swego składu. Dziś stosuje się u wielu materiałów ujednorodnienie wnętrza za pomocą zabiegów cieplnych, czyli homogenizację, uzyskując w ten sposób znacznie wyższą wytrzymałość i polepszając inne własności mechaniczne. Znaczne różnice składu zdarzają się również u metali o rozmaitych, odległych od siebie ciężarach gatunkowych, np. w stopach łożyskowych ołowiu-antymonowo-cynowych. Pierwsze kryształy bogate w antymon o małym ciężarze właściwym (6,69) względem ołowiu (11,34) wpływają wtedy na powierzchnię. Wydzieleniom takim można się skutecznie przeciwstawić odpowiednim regulowaniem procesu krzepnięcia oraz pewnymi dodatkami o wysokich punktach topliwości. Dodatki te, np. w omówionym przypadku miedź, stygnąc nasamprzód, wytwarzają kryształy przeszkadzające dalszemu dzieleniu się składników stopu wedle ciężarów gatunkowych.

6. Gazy.

Metale w stanie płynnym wchłaniają, niekiedy nawet pożądliwie, pewne gazy. Przy tym zdarzyć się może, że płyn utworzy z gazem, czy gazami połączenie chemiczne, które przejdzie w szlakę, albo też, co się najczęściej zdarza, rozpuści się w płynnym metalu. Zewnętrznie

nie widzimy wtedy żadnych zmian. W praktyce zdarza się najczęściej, że małe ilości danego gazu rozpuszczają się, większe natomiast tworzą szlakę z metalem, np. tlen z miedzią. W metalach spotykamy najczęściej wodór, tlen, tlenek węgla i azot. W okresie stygnięcia gazy uchodzą z metalu. Obecność gazów jest na ogół bardzo szkodliwa i powoduje powstawanie bąbników i przerw w materiale, a także potęguje jego niejednorodność. Płatki śnieżne (ryc. 5 a), spotykane najczęściej w stalach niklowo-chromowych, pochodzą głównie z obecności wodoru.



Ryc. 5 a, b.

Stal chromowo-niklowa:

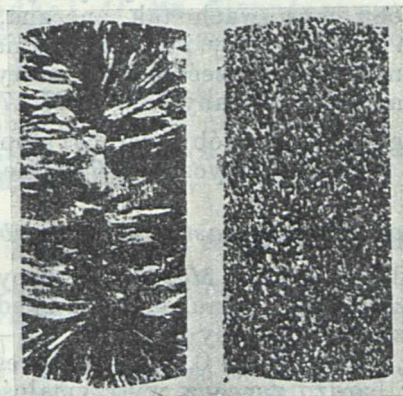
- a) przetłoczenie z płatkami śnieżnymi wywołanymi obecnością wodoru,
- b) przetłoczenie wolne od płatek śnieżnych.

Ponieważ wydobywający się w okresie krzepnięcia wodór powoduje w materiale drobne nadpęknięcia, można za pomocą zabiegów cieplnych usunąć te przerwy (ryc. 5 b), zmuszając gaz do przejścia w roztwór z metalem. Gazy rozpuszczone w metalu nie wpływają najczęściej na jego własności mechaniczne, chociaż zauważono, że np. rozpuszczony w żelazie wodór podnosi jego kruchość.

Najlepiej można uniknąć gazów odlewając w próżni. Istnieją jednak i prostsze metody, niezawsze zresztą praktycznie skuteczne. Do tych należą np.: nasamprzód powolne skrzepnięcie metalu, potem ponowne szybkie roztopienie i odlew, przedmuchanie wytopu obojętnym gazem, czyli tzw. „wymycie”, np. glinu lub miedzi azotem, miedzi bezwodnikiem węglowym lub tlenkiem węgla itp. Lepsze wyniki dają reakcje chemiczne pewnych gazów z gazami rozpuszczonymi w metalach, np. ze stopów glinu można usunąć częściowo rozpuszczony wodór za pomocą chloru. Chlor można wprowadzić w postaci chlorków boru, tytanu itp.

7. Małe przymieszki.

Niektóre przymieszki, niekiedy zresztą w śladach zachodzące, mają rozstrzygający wpływ na własności metali. Np. fosfor, lit i beryl używane są w ilościach 1/100% do odtlwienia miedzi; lit w ilości 3/100% wywołuje znaczną twardość ołowiu; bizmut już w ilości 1/1000% działa szkodliwie na stopy miedzi. Największe bodaj zastosowanie znalazły drobne domieszki w wytrzymałych stopach lekkich i w stopach żelazkowych. Należy mieć na uwadze, że przymieszki mogą wytworzyć z metalem roztwory (wtedy są niewidoczne), mogą wytworzyć niemetaliczną szlakę nierozpuszczalną w metalu, mogą wreszcie wytworzyć odrębny rodzaj kryształów, zazwyczaj bardzo twardych i kruchych.



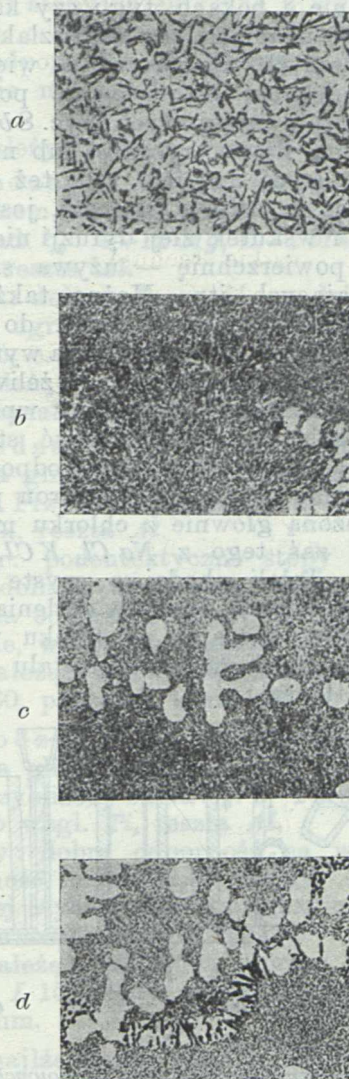
Ryc. 6 a, b.

- Wpływ tytanu na strukturę odlewu glinowego:
- a) metal surowy o składzie %: 99,4 Al, 0,25 Si, 0,34 Fe,
 - b) metal z małą zawartością tytanu, o składzie %: 99,3 Al, 0,25 Si, 0,36 Fe, 0,035 Ti.

Za pomocą tych drobnych dodatków można zmieniać w szerokich granicach szybkość krystalizacji, można tedy decydująco wpływać na budowę wnętrza, a więc i na własności materiałów. Te drobne domieszki noszą wtedy nazwę modyfikatorów, czyli zmieniaaczy. Na ryc. 6a widzimy strukturę odlanego glinu, zaś na ryc. 6b strukturę glinu o bardzo zbliżonym do poprzedniego składzie, z małym dodatkiem tytanu. Uszlachetniający strukturę wpływ znacznej ilości tytanu jest tu bardzo wyraźny.

Należy jednak pamiętać, że nie tylko rodzaj zmieniaacza, ale i jego ilość musi być ściśle utrzymana w danym stopie. Jako przykład niech posłuży zachowanie się struktury eutektycznego stopu glinowo-krzemowego z zawartością 13% Si, czyli tzw. siluminu, pod wpływem obecności sodu. Na ryc. 7a widzimy mikrobudowę stopu nieuszlachetnionego, z zawartością poniżej 0,003% Na. W osnowie glinowej występują tu szare, płytkowe lub piórkowe kryształy krzemu rozdzielone dość chaotycznie. Zwiększenie dodatku sodu w granicach od 0,003 do 0,005% wywołuje już pewne ulepszenie wnętrza (ryc. 7b). Ostre i grube kryształy krzemu zaokrągla się i bardzo rozdrabniają. Niemniej nie mamy tu jeszcze do czynienia ze

stanem doskonałym. Stan ten osiągamy dopiero ilością 0,01% Na (ryc. 7c). Kryształy krzemu stają się niezmiernie drobniutkie i niewidoczne,



Ryc. 7 a, b, c, d.

Obrazy mikrobudowy stopu eutektycznego glinowo-krzemowego z zawartością 13% Si i z różną zawartością sodu:

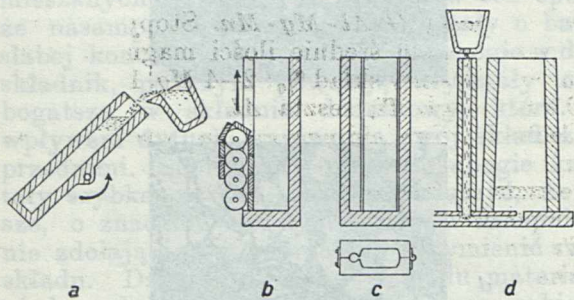
- a) stop nieulepszony z przymieszką < 0,003% Na,
- b) stop za mało uszlachetniony z przymieszką 0,003—0,005% Na,
- c) stop normalnie ulepszony z przymieszką ~ 0,01% Na
- d) stop zbyt ulepszony z przymieszką > 0,015% Na

zaś materiał w przełomie ma wygląd jedwabisty. Naturalnie, i jego cechy wytrzymałościowe wybitnie się polepszają, w szczególności podnosi się znacznie ciągliwość i wytrzymałość. O ile jednak dodatek sodu będzie zbyt duży (ryc. 7d), wtedy wystąpią znowu powiększone ziarna krzemu zbierające się w charakterystyczne kolonie, co w wyniku powoduje osłabienie materiału.

8. Szlaka.

Przedstawia najczęściej tlenki albo siarczki itp. rozmaitych metali. Jest ona bardzo niebez-

pieczna w użytkowym materiale. Zwykle jako lżejsza wypływa na wierzch, są jednak wypadki, gdzie szlaka jest cięższa od topionego metalu, np. Al_2O_3 jest cięższy od glinu i osadza się na dnie i bokach tygli czy kadzi odlewniczych. Do usunięcia zawieszin szlaki używa się najrozmaitszych sposobów, a więc albo czysto odlewniczych, np. wlewnic pochyłych (ryc. 8 a), wlewnic żaluzjowych (ryc. 8 b), wlewnic ze wzdłużną listwą (ryc. 8 c) lub napelnianych od spodu (ryc. 8 d) itp., albo też — jeżeli szlaka jak np. w żelazie siarczki, jest szczególnie ospała i wskutek złej dyfuzji niechętnie wypływa na powierzchnię — używa się urządzeń wstrząsających itp. Można także użyć pewnych dodatków, jak np. niklu do żelaza, co zwiększa dyfuzję, lub też można wytworzyć odpowiednią strukturę, jak np. w żelazie perlitycznym, i zmniejszyć szkodliwy wpływ zawieszin. Wreszcie da się wytworzyć stosowną powłokę, chroniącą stopiony metal odpowiednią warstwą ochronną, np. topiąc elektron pod solą „Elrasal“, złożoną głównie z chlorku magnezu $MgCl_2$, obok zaś tego z $NaCl$, KCl , AlF_3 , MgO , CaF_2 . Żelazo chodzi o czyste tlenki, używa się powszechnie środków odtlaniających, czyli ciał, które — mając do tlenku większe powinowactwo aniżeli do danego metalu — łączą się właśnie z tlenem.



Ryc. 8 a, b, c, d.

Rodzaje wlewnic do odlewów pionowych:

- wlewnica pochyło napelniana,
- wlewnica żaluzjowa,
- wlewnica z listwą napelniana bocznie,
- wlewnica napelniana od dołu.

Z wielu rozmaitych przyczyn wywołujących obniżenie własności mechanicznych materiałów wymieniliśmy tylko pewne, należące zresztą do najważniejszych. Wskazaliśmy także, że dla polepszenia jakości metali technicznych nowoczesna metalurgia posługuje się dziesiątkami środków i stosuje coraz śmielsze i coraz ciekawsze pomysły i zabiegi polepszające wewnątrz. Nowoczesny wytwórca metali technicznych musi korzystać z pomocy wielu nauk przyrodniczych, przede wszystkim z fizyki, fizyko-chemii i krytalografii. Dzisiejsze osobliwe w niektórych krajach ustroje gospodarcze zmuszają także i technikę do samowystarczalności i do wyszukiwania materiałów zastępczych w miejsce stosowanych do niedawna bez troski, znanych i drobnych, ale zbyt drogiej i możliwych do otrzymania tylko z zagranicy. Przyczyniło się to do wprowadzenia na rynek wielu nowych stopów

z tanimi, krajowymi dodatkami, wzgl. z dodatkami, których otrzymanie jest łatwe.

Sądę, że po tym wstępie łatwiej już zrozumieć stan dzisiejszego metaloznawstwa w Niemczech i drogi, po których zdąża niemiecka technika materiałowa.

Na obydwu wystawach, berlińskiej i lipskiej, uderzały przede wszystkim piękne, niezwykle czysto wykonane odlewy z rozmaitych stopów lekkich.

Przez stopy lekkie rozumiemy z reguły takie stopy, których zasadniczym składnikiem jest glin (c. wł. 2,7) lub magnez (c. wł. 1,74). Jako dalsze składniki tych stopów wchodzi w grę najczęściej: miedź, nikiel, krzem, mangan i cynk.

Liczba tych stopów, w połączeniu z dziwnymi i niezrozumiałymi najczęściej nazwami, była na obu wystawach tak znaczna, że do omówienia tej dziedziny i zorientowania się należytego najlepiej oprzeć się na nowych normach niemieckich zebranych w DIN 1713.

Ze względu na sposób przeróbki stopy lekkie dzieli się na: A) plastyczne i B) lejne.

A) Stopy glinowe plastycznie przerabiane.

1. Rodzaj $Al-Cu-Mg$. Są to stopy o największej zawartości glinu, miernej miedzi i małej magnezu. Przybliżony skład %: 3,5–5,5 Cu , 0,2–2 Mg , 0,2–1,5 Si , 0,1–1,5 Mn , reszta Al .

Cechy: bardzo znaczna wytrzymałość, zdolność do ulepszania, c. wł. 2,8.

Do nich należą: duralumin, avional, bondur, ulminium, hebdur i silal.

2. Rodzaj $Al-Cu-Ni$. Stopy te zawierają obok glinu mierne ilości miedzi i niklu i małe dodatki magnezu. Przybliżony skład %: 3,8–4,2 Cu , 1,8–2,2 Ni , 1,3–1,6 Mg , reszta Al .

Cechy: znaczna wytrzymałość na temperaturę (200–300°), zdolność do ulepszania, c. wł. 2,8.

Do nich należą: duralumin W i stop Y.

3. Rodzaj $Al-Cu$. Są to stopy glinu i miedzi bez zawartości magnezu. Przybliżony skład %: 4,5–6 Cu , 0,4–0,6 Mn , 0,2–0,5 Si , reszta Al .

Cechy: znaczna wytrzymałość, zdolność do ulepszania, c. wł. 2,8.

Do nich należą: lautal, NS, RS, „Qualität 55“, alautal.

4. Rodzaj $Al-Mg-Si$. Stopy te zawierają małe ilości magnezu i krzemu i nie mają miedzi. Przybliżony skład %: 0,5–2 Mg , 0,3–1,5 Si , 0–1,5 Mn , reszta Al .

Cechy: średnia wytrzymałość przy dobrej przerabialności plastycznej, dobra polerowność, dobra odporność na korozję, c. wł. 2,7.

Do nich należą: aludur 533 (korrofestal), duralumin K, legal, anticorodal, pantal, ulmal, polital (zawierający nikiel), M, silal V, aldrey (na zewnętrzne przewody elektryczne).

5. Rodzaj $Al-Mg$. Stopy te zawierają obok glinu znaczne ilości magnezu. Przybliżony skład %: 2,5–12 Mg , 0–1,5 Mn , reszta Al .

Cechy: znaczna wytrzymałość mechaniczna i bardzo znaczna odporność na działanie wody morskiej, dobra polerowność, c. wł. 2,6.

Tutaj należą: hydronalium, BS-woda morska, duranalium, peraluman 7, heddronal.

6. Rodzaj *Al-Mg-Mn*. Stopy te zawierają oprócz glinu średnie ilości magnezu i mniejsze ilości manganu. Przybliżony skład %: 2—2,5 *Mg*, 1—2 *Mn*, 0—0,2 *Sb*, reszta *Al*.

Cechy: wytrzymałość wyższa, niż przy czystym glinie, bardzo znaczna odporność na działanie wody morskiej, c. wł. 2,7.

Do nich należą: *KS*-woda morska, peraluman.

7. Rodzaj *Al-Si*. Stopy te zawierają oprócz glinu znaczną ilość krzemu. Przybliżony skład %: 12—13,5 *Si*, reszta *Al*.

Cechy: wytrzymałość wyższa, niż przy czystym glinie, dobra odporność na korozję, c. wł. 2,7.

Tu należy: silumin.

8. Rodzaj *Al-Mn*. Stopy te zawierają obok glinu mierne ilości manganu. Przybliżony skład %: 1—2 *Mn*, reszta *Al*.

Cechy: wytrzymałość wyższa od czystego glinu, dobra odporność na korozję, c. wł. 2,75.

Tu należą: aluman (*AW 15*), mangal, *M 115*, heddal, *MN 20*, silal *K*, wicronal.

B) Stopy glinowe lejn timerabiane.

1. Rodzaj *G Al-Cu*. Stopy te poza glinem zawierają miedź. Przybliżony skład %: 7—9 (*15 Cu*), reszta *Al*.

Cechy: wytrzymałość większa od czystego glinu, dobra lejność, odporność na gorąco, c. wł. 2,85 (do 2,9).

Tu należą: stop amerykański, samohartowny stop neonalium z dodatkiem magnezu.

2. Rodzaj *G Al-Zn-Cu*. Stopy te zawierają obok glinu cynk i miedź. Przybliżony skład %: 8—12 *Zn*, 2—5 *Cu*, reszta *Al*.

Cechy: wytrzymałość większa od czystego glinu, dobra lejność, c. wł. 2,9—2,95; stopy te nadają się także na części zmiennie obciążone (tłoki, części wagonów motorowych).

Tu należy: stop niemiecki.

3. Rodzaj *G Al-Cu-Ni*. Stopy te zawierają poza glinem mierne ilości miedzi i niklu i mały dodatek magnezu. Przybliżony skład %: 4 *Cu*, 2 *Ni*, 1,5 *Mg*, reszta *Al*.

Cechy: wytrzymałość na gorąco, zdolność ulepszania, c. wł. 2,75.

Tu należy: lejn stop *Y*.

4. Rodzaj *G Al-Si*. Stopy te zawierają poza glinem tylko znaczną ilość krzemu. Przybliżony skład %: 11—13,5 *Si*, reszta *Al*.

Cechy: stopy eutektyczne z wybitnymi własnościami odlewniczymi i dobrą odpornością chemiczną, c. wł. 2,65; nadają się na zawiłane, odporne na uderzenia odlewy.

Tu należy: lejn silumin.

5. Rodzaj *G Al-Si-Cu*. Stopy te zawierają obok glinu znaczną ilość krzemu i mały dodatek miedzi. Przybliżony skład %: 11—13,5 *Si*, 0,7—0,9 *Cu*, 0,2—0,4 *Mn*, reszta *Al*.

Cechy: stopy eutektyczne z wybitnymi własnościami odlewniczymi, c. wł. 2,65; nadają się na zawiłane, odporne na drgania odlewy.

Tu należy: miedzio-silumin.

6. Rodzaj *G Al-Si-Mg*. Stopy te zawierają obok glinu znaczną ilość krzemu i mały dodatek magnezu. Przybliżony skład %: 11—13,5 *Si*, 0,4—0,6 *Mn*, 0,1—0,5 *Mg*, reszta *Al*.

Cechy: stopy eutektyczne z wybitnymi własnościami odlewniczymi, zdolnością ulepszania i dobrą odpornością chemiczną, c. wł. 2,65; zastosowanie na zawiłane odlewy odporne na drgania.

Tu należy: silumin-gamma.

7. Rodzaj *G Al-Mg*. Stopy te zawierają poza glinem znaczną ilość magnezu. Przybliżony skład %: 4—12 *Mg*, 0—1 *Mn*, 0,1—1,5 *Si*, 0—1 *Sb*, reszta *Al*.

Cechy: dobra odporność na działanie wody morskiej, ograniczona odporność na alkalia, polerowność, c. wł. 2,6.

Tu należą: hydronalium, *BS*-woda morska, lejn duranalium, peraluman 7, stalanium.

8. Rodzaj *G Al-Mg-Si*. Stopy te zawierają poza glinem średnie ilości krzemu i małe magnezu. Przybliżony skład %: 2—5 *Si*, 0,3—2 *Mg*, 0,5—1 *Mn*, reszta *Al*.

Cechy: podeutektyczne stopy z dobrą lejnością, zdolność ulepszania, polerowność, dobra chemiczna odporność, c. wł. 2,7; nadają się na zawiłane, wysoko naprężane odlewy.

Tu należą: lejn anticorodal; lejn polital, *VA G 160*, pantal 5, nural 43.

9. Rodzaj *G Al-Mg-Mn*. Stopy te zawierają poza glinem średnie ilości magnezu i manganu. Przybliżony skład %: 2—4 *Mg*, 1,2—1,5 *Mn*, 0—0,2 *Sb* wzgl. *Ti*, reszta *Al*.

Cechy: dobra odporność na wodę morską, polerowność, c. wł. 2,7; nadają się na części o średniej wytrzymałości mechanicznej, a znacznej odporności chemicznej.

Tu należą: *KS*-woda morska, tytan-woda morska, *L 15*, lejn pantal, peraluman, lejn duranalium.

Do najlżejszych stopów lekkich, o c. wł. 1,8—1,83, należą stopy magnezowe zwane elektronowymi. Zdobywają sobie one coraz szersze zastosowanie — i to nie tylko w dziedzinie środków transportowych, a więc w przemyśle lotniczym, samochodowym i kolejowym, ale również w ogólnej budowie maszyn, wszędzie tam, gdzie chodzi o zmniejszenie sił masowych, a więc w maszynach tkackich, do obróbki metali i drzewa, drukarskich itp., — nadto: na zbiorniki i tym podobne w pewnych działach przemysłu chemicznego, gdyż są odporne na paliwa, jak benzyna i benzol, (przy czym zawartość alkoholu metylowego w paliwie nie może przekraczać 10%), oraz na ciała organiczne, jak aceton, eter, metan, ropę naftową, wolne od kwasów tłuszczycze i oleje i wiele innych. Stopy elektronowe są również bardzo odporne na silne ługi, np. sodowe i potasowe, oraz na roztwory mydlane, rozpuszczają się natomiast bardzo szybko w kwasach i to zarówno mineralnych, jak i organicznych. Ulegają także łatwo korozji pod wpływem wody zawierającej sole; szkodzi im tedy zarówno woda naturalna, jak i morska, i to jest ich wielką wadą. Dodatkiem manganu można znacznie podnieść od-

porność elektronu na korozję. Pod wpływem powietrza powleka się elektron — podobnie jak glin — warstwą tlenku chroniącego wewnątrz od dalszej korozji.

Jak poprzednio glinowe, stopy elektronowe dadzą się podzielić na: *A*) plastycznie przerabiane i *B*) lejn timer przerabiane.

Do ważniejszych stopów elektronowych plastycznie przerabianych, używanych w niemieckiej technice, należą odmiany oznaczone: *AM 503*, *AZ 31*, *AZM*, *AZ 855*, *V 1*, których niektóre cechy podajemy poniżej (ob. Tab. I.) za *Werkstoffhandbuch*, *Nichteisenmetalle 1936*, *K 4* i *K 5*.

Wymieniono tu tylko najważniejsze odmiany stopów lekkich, istnieje ich jednakże jeszcze bardzo wiele.

Spośród nowych stopów lekkich do ciekawszych i zasługujących na szczególniejszą uwagę należy silumin z eutektyczną zawartością 13% *Si*, posiadający wybitne cechy odlewnicze i dający się łatwo ulepszyć, a więc podnieść swą nieznaną zresztą wytrzymałość przez stosowne dodatki. Czysta eutektyka posiada dużą płynność, mały skurcz odlewniczy, lecz jest grubo-kryształiczną i ma małą wytrzymałość ($R_r = 11 \text{ kg/mm}^2$ przy $A_{10} = 0,5\%$). Przez dodanie ciekłego metalicznego sodu udało się

TAB. I.

Stop	Skład %					Wytrz. R_r kg/mm^2	Wydł. A_{10} %	Zastosowanie
	<i>Al</i>	<i>Zn</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Mg</i>			
<i>AM 503</i>	0—0,1	0—0,1	0—0,3	1,5—2,2	reszta	19—23	5—10	części spawane
<i>AZ 31</i>	2,75—3,25	0,75—1,25	0—0,1	0,2—0,5	„	25—28	8—12	części konstruk.
<i>AZM</i>	6,25—6,75	0,75—1,25	0,5—0,1	0,2—0,35	„	28—32	10—14	zwykle części konstrukcyjne maszyn
<i>AZ 855</i>	7,7—8,0	0,2—0,5	0—0,1	0,1—0,2	„	29—32	8—12	
<i>V 1</i> *)	~ 10	—	—	0,2—0,5	„	33—37	7—9	części o szczególnej twardości

*) termicznie ulepszony.

(Stop *AM 503* jest najwięcej antykorozyjny spośród wszystkich stopów elektronowych).

Ze stopów elektronowych lejn timer są używane: *AZG*, *AZF*, *A 9v*, *AZ 91*, *CMSi*, których pewne własności (za *Werkstoffhandb.*, *Nichteisenmet.*, 1936, *K 3*, niżej podajemy (ob. Tab. II.).

otrzymać strukturę drobno kryształiczną (silumin uszlachetniony), a wskutek tego podnieść wytrzymałość R_r na 19 kg/mm^2 przy $A_{10} = 7\%$, nie udało się natomiast ani zwiększyć twardości, ani podwyższyć granicy płynności, ani też zwiększyć wytrzymałości na zmęczenie. Dopiero dodaniem niewielkich ilości miedzi (0,8%)

TAB. II.

Stop	Skład %					Wytrz. R_r kg/mm^2	Wydł. A_{10} %	Zastosowanie
	<i>Al</i>	<i>Zn</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Mg</i>			
<i>AZG</i>	6	3	—	0,2—0,5	reszta	16—20	3—6	trwale naprężane odlewy, np. bloki cylindrowe
<i>AZF</i>	4	3	—	„	„	17—21	5—9	odlewy narażane na uderzenia
*) <i>A 9v</i>	8,5	0,5	—	„	„	21—27	8—12	szczególnie wysoko naprężane odlewy, np. lotnicze bloki cylindrowe
<i>AZ 91</i>	9	1	—	„	„	18—22	2,5—5	odlewy cylindr. kokiłowe
<i>AZ 91</i>	„	„	—	„	„	18—20	1—2	odlewy wtryskowe
<i>CMSi</i>	—	—	1—1,5	—	„	10—13	2—4	odlewy szczelne na ciśnienie gazów i płynów oraz odlewy o znacznym punkcie topliwości

*) termicznie ulepszony.

uzyskano te cenne własności, a więc podniesiono zarówno twardość, jak i granicę płynności oraz wytrzymałość na zmienne obciążenia — tak, że stop ten, jako tzw. miedzi-silumin o składzie $\%$: $12,5 \pm 0,25 Si$, $0,8 \pm 0,1 Cu$, $0,4 \pm 0,1 Mn$, najwyżej $0,6 Fe$, a reszta Al , rozpowszechnił się znacznie w przemyśle silnikowym. Miedzi-silumin ma jednak pewną wadę: jest mało odporny na korozję. Wady tej nie ma silumin zwykły, który, z uwagi na szczególną odporność chemiczną, zajmuje między stopami glinowymi miejsce specjalne. Wiele kwasów, zasad i soli, i to nawet bardzo aktywnych, nie działa nań zupełnie. Względem wody morskiej jest mniej odporny, jednak na części konstrukcyjne, które przejściowo z nią się stykają, może być skutecznie użyty. W powietrzu pokrywa się silumin powoli tlenkiem glinu szaro zabarwionym, który chroni jego wnętrze od dalszego utlenienia.

Zalety siluminu i miedzi-siluminu, ich łatwe użycie na odlewy wyrabiane w formach piaskowych, kokilach i systemem wtryskowym,

sprawiły, że zastępuje się nimi wiele części maszynowych i sprzętu technicznego dawniej odlewanych z żeliwa, a nawet ze staliwa. Obydwa omawiane rodzaje stopów glinowo-krzemowych znalazły również zastosowanie w elektrotechnice na części, w których należy wykluczyć prądy wirowe i zmniejszyć iskrzenie. Silumin wreszcie został wprowadzony do przemysłu spożywczego na naczynia do przechowywania środków żywnościowych.

Niedawno temu wytworzono dwa nowe gatunki siluminu, tzw. silumin-beta i uszlachetnioną termicznie jego odmianę, tzw. silumin-gamma. Obydwa te stopy zawierają $\%$: $12,25-12,75 Si$, $0,4-0,6 Mn$, $0,3-0,6 Mg$, najwyżej $0,6 Fe$ i resztę Al . Pod względem składu chemicznego różnią się tedy od siluminu zwykłego tylko małymi dodatkami manganu i magnezu, które pozwalają jednak na termiczne ulepszenie, a w ślad za tym na znaczne podniesienie własności mechanicznych.

(Dok. nast.).

Przegląd czasopism technicznych

Żelazobeton

Stal Griffa. Wspomniałem już w *Czasop. Techn.* o nowo wprowadzonej wkładce stalowej do zespołów żelbetowych, wykonywanej ze stali wyborowej (*St 52*) o granicy ciastowatości wynoszącej około 75% wytrzymałości. Jak wiadomo stal Griffa ma przekrój kołowy z wycięciami segmentowymi w celu zwiększenia powierzchni przekroju ze względu na przyczepność. Młody inżynier polski z Katowic ogłosił w *Beton u. Eisen* (1936, zeszyt 18) rozprawę o tych stalowych wkładkach, popartą doświadczeniami. Autor twierdzi, że można obliczać belki żelbetowe z wkładkami żelaznymi, a potem użyć wkładek Griffa o przekroju odpowiednio mniejszym ($F_z \sigma_{1200} = F_g \sigma_{1800}$) bez dalszego przerechnowania. Przy tej zamianie wzrasta jednak wskutek przesunięcia osi obojętnej ciśnienie betonu o 10% do 20%. Z tego powodu przepisują niektóre państwa przy użyciu wkładek ze stali wyborowej użycie betonu o większej wytrzymałości. Autor uważa to za niepotrzebne dla zwykłych procentów uzbrojenia.

Rozważmy to zagadnienie. Otóż dla zwykłych procentów uzbrojenia ciśnienie betonu przy złamaniu jest znacznie mniejsze od dopuszczalnego. Tam powiększenie jego o 10 do 20% jest zupełnie nieszkodliwe. Jeżeli jednak procent uzbrojenia jest większy i zbliża się do granicy, w której beton i żelazo jest wyzyskane, więc około 1.5% dla żelaza i 1.0% dla stali, to zwiększenie tego ciśnienia sprawi rachunkowe przekroczenie ciśnienia dopuszczalnego betonu. W rzeczywistości, ponieważ ciśnienie betonu jest znacznie mniejsze od obliczonego, przekroczenie granicy dopuszczalnej będzie tylko rachunkowym, które nie przedstawia żadnego niebezpieczeństwa. Niepewnym jednak jest, jak się na to zapatrywać będą władze nadzorcze. Trzymając się litery przepisów mogą się na to nie zgodzić i żądać betonu większej wytrzymałości, co podraża niepotrzebnie robotę. Jeżeli jednak procent uzbro-

jenia przekroczy tę granicę, co w praktyce zdarza się bardzo rzadko, to musimy obliczać belki ze względu na ciśnienie betonu. Jeżeliśmy obliczali wymiary na podstawie zwykłej obowiązującej teorii, to znów ciśnienie w betonie będzie rzeczywiście mniejsze i zwiększenie ciśnienia o 10 do 20% nie przedstawia niebezpieczeństwa, bo właściwie należałoby obliczać naprężenia, przyjmując linię naprężenia łamaną, a nie prostą, jak to Dr. Emperger w najnowszej swej rozprawie projektuje. Widzimy więc, że gdy zamienimy wkładkę żelazną na stalową Griffa możemy nie zmieniać obliczenia, jednak możemy wpaść w konflikt z władzą nadzorcą.

Ale podnieść tu muszę jeszcze jedną bardzo ważną okoliczność. Dr. Emperger podczas pobytu w Lwowie opowiadał mi, że robił ze stalą wyborową doświadczenia na wytrzymałość przy obciążeniu zmiennym. Otrzymał on ciekawy wynik: przy znacznej ilości zmian naprężenia pręt stalowy łamał się przy naprężeniu bardzo mało co wyższym od dopuszczalnego czyli doszedł on do wyniku, że przy zmiennym często obciążeniu, jak np. przy mostach, a zwłaszcza kolejowych, belka żelbetowa z wkładkami ze stali wyborowej nie przedstawia prawie żadnego bezpieczeństwa. Byłoby do życzenia, aby tę sprawę dokładnie wyświetlić na podstawie doświadczeń na wytrzymałość trwałą. Dopóki to nie nastąpi ostrożność jak największa jest wskazana w wypadkach, gdy budowla czy belka narażona jest na często powtarzające się wstrząśnienia. Możeby nasze huty żelazne wykonały takie doświadczenia.

Dr. M. Thullie.

Koleje

Wagony z lekkich metali. *Revue Générale des chemins de fer* (11/1935) podaje opis wagonów kolei du Nord, zbudowanych z zastosowaniem spawania z lekkich metali o dużej wytrzymałości, zastępujących stal wszędzie, gdzie na to zezwoliły warunki bezpieczeństwa. Przy budowie osiągnięto 37.5%

oszczędności na ciężarze w stosunku do wagonu stalowego przy tej samej pojemności.

Hartowanie szyn. W Ameryce Północnej końce nowych szyn w torach poddawane są podgrzewaniu i hartowaniu, jeżeli zaś końce są wybite, to się je po odpowiednim zagraniu przekuwa celem przywrócenia wymiaru pierwotnego. (*Organ f. d. Fortschritte d. Eisenbahnwesens* 13/1935).

Koleje są największym pracodawcą w państwie.

Dr. inż. M. Leibbrand charakteryzuje w *Zeitschrift d. Vereins deut. Ingenieure* (4/1934) obecną sytuację kolei niemieckich, oraz widoki ich rozwoju na przyszłość. Koleje dążą do zatrudnienia jak największej ilości ludzi i dostarczenia przemysłowi zamówień, a temsamem do ożywienia życia gospodarczego. Powiedzenie powyższe należy stosować nie tylko do Niemiec, ale i do wszystkich państw Europy.

Spadek ruchu osobowego na kolejach amerykańskich na korzyść przedsiębiorstw autobusowych i samochodów prywatnych omawia Federal Coordinator of Transportation (*Arch. f. Eisenbahnw.* 6/1935). Przejazd osób na kolejach Stanów Zjednoczonych A. P. wynosił w r. 1900 16 miliardów pasażerów-mil, w r. 1920 wzrósł do 47 miliardów, a w r. 1933 spadł do stanu z r. 1900, co jeszcze daje 16% wpływów ogólnych. Pomimo kryzysu gospodarczego w tym samym czasie ruch samochodowy wzmożył się czterokrotnie w stosunku do r. 1920, dając liczbę 164 miliardów pasażero-mil.

Nie należy myśleć, by koleje mogły coś odebrać z tego ruchu samochodowego, tembardziej, że tu wchodzi w grę przeważnie pojazdy prywatne, ale przy dalszym rozwoju ilości przejazdów jest możliwe uzyskanie nowych podróży.

Autor przechodzi potrzeby udoskonaleń na kolejach i dochodzi do wniosku, że opłacalność osobowego ruchu na kolejach może być osiągnięta przy ścisłej współpracy przedsiębiorstw kolejowych tak między sobą, jak i przedsiębiorstwami autobusowymi, i lotniczymi przy wspólnych dworcach i wspólnie układanych programach jazdy.

W interesującym referacie jest podane zestawienie kosztów własnych ruchu autobusowego z ruchem pociągów parowych i motorowych. Przeciętny koszt jednej mili autobusu 30-osobowego wynosi 22 centimów, koszt wagono-mili pociągu parowego 25—30 centimów, koszt mili 50-cio osobowego wagonu motorowego 40 centimów. *Inż. A. W. Krüger.*

Gospodarka energetyczna

Gospodarka energetyczna w Bułgarii. Inż. A. Dikoff ze Sofii umieścił w 57 tomie *Elektrotechnische Zeitschrift* (E. T. Z.) z r. 1936 — sprawozdanie o rozwoju gospodarki energetycznej w Bułgarii opracowane na podstawie urzędowej statystyki.

Z tego sprawozdania wynika, że gospodarka energetyczna w Bułgarii rozwijała się w okresie od r. 1931 do włącznie 1934 r. w dalszym ciągu pomysłnie — pomimo postępującej depresji gospodarczej. W czasie tym ukończono i uruchomiono kilka większych elektrowni, rozszerzono produkcję kilku istniejących zakładów i pobudowano kilka mniejszych — o mniejszym znaczeniu gospodarczym — elektrowni lokalnych.

W tabelce pierwszej zestawiono instalowaną moc w KM. w omawianym czasokresie, oraz procentowy przyrost w stosunku do roku 1931.

Tabela 1.

Napęd	Instalowana moc KM.				Różnica w % w stosunku do r. 1931
	1931	1932	1933	1934	
wodny . . .	32.013	32.013	42.435	55.824	74.0
termiczny . .	52.000	52.035	52.035	55.506	6.8
dieslowski . .	13.817	14.300	15.125	15.562	12.5
razem . .	97.830	98.348	109.595	126.892	30.0

Z powyższego zestawienia wynika, że prymat w rozwoju gospodarki energetycznej w Bułgarii dźwierzają siły wodne, których rozbudowa osiągnęła w latach 1932 do 1934 — w innych krajach nie notowany — postęp wynoszący 74% w stosunku do roku 1931. W tym czasie uruchomiono bowiem trzy wielkie siłownie, mianowicie: siłownię „Wacza“ o mocy 10.000 KM. dla miasta Filipopol, oraz dwie siłownie dla Sofii, a to Mała-Zarkwa (6000 KM.) i Simeonowo (8000 KM.).

Podobny przebieg rozwoju jak instalowana moc wykazuje rozwój produkcji prądu elektrycznego, którą cyfrowo przedstawiono w tabelce drugiej, a graficznie na rycinie 1.

Tabela 2.

Napęd	Produkcja prądu elektr. 10 ³ kWh				Różnica % od roku 1931
	1931	1932	1933	1934	
wodny . . .	59.105	68.158	73.486	98.211	66.0
termiczny . .	26.383	34.909	32.448	23.440	-11.0
dieslowski . .	13.930	18.133	25.795	16.357	17.0
razem . .	99.418	121.200	131.729	138.008	13.7

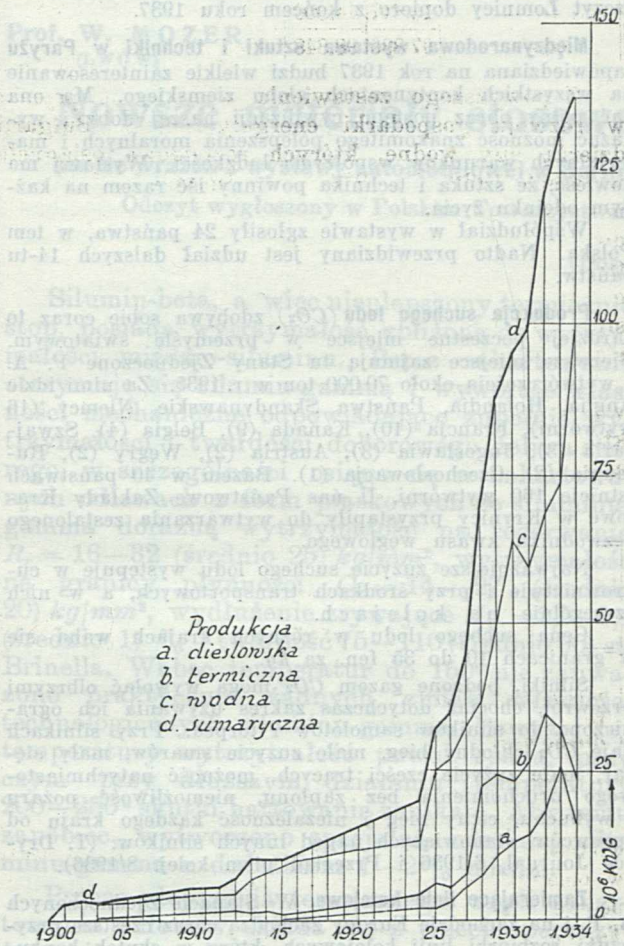
Tu istotny i ciągły rozwój wykazują tylko siły wodne. Produkcja o napędzie termicznym spada w omawianym czterolecu o 11% a produkcja o napędzie dieslowskim spada w ostatnim roku o 36.6%. Ten ostatni niepożądany objaw przypisać należy nie przemyślanemu znacznemu podwyższeniu podatku od materiałów pędnych, z powodu którego koszt napędu wzrósł o 100%. W wyniku tego powstała strata pieniężna dla państwa, krzywda dla właścicieli napędów dieslowskich, oraz zniechęcono inicjatywę prywatną, zamierzającą dalszą elektryfikację kraju.

Nieco odmiennie przedstawia się konsumpcja prądu elektrycznego, którą zestawiono cyfrowo w tabelce trzeciej.

Tabela 3.

Rodzaj	Konsumpcja prądu elektr. 10 ³ kWh				Różnica % od roku 1931
	1931	1932	1933	1934	
Moc motorów roboczych .	46.891	69.301	75.612	82.474	69.0
Oświetlenie domowe . .	22.021	20.912	24.608	22.452	2.0
Oświetlenie publiczne .	7.602	6.691	8.640	7.607	0.0
Cele własne i straty . .	29.904	24.306	22.869	26.475	8.2
Razem . .	99.418	121.200	131.729	138.008	35.9

W powyższym zestawieniu uderza znaczny wzrost elektryfikacji przemysłu, spadek — w latach parzystych — zużycia prądu dla celów oświetlenia domowego, który można wytłómaczyć depresją gospodarczą, oraz — w ostatnim roku — spadek konsumpcji dla celów oświetlenia publicznego prawie o 12%, z czego można wnioskować o pewnym oszczędzaniu grosza publicznego przez władze komunalne.



Ryc. 1.

Równocześnie w związku ze wzrostem i rozbudową sił wodnych wytwarzających prąd elektryczny, poczynają się ten mały kraik pokrywać siecią wysokich napięć, której długość z końcem r. 1934 wynosiła 1713·58 km.

W omawianym czasie zelektryfikowano trzy miasta i 33 miejscowości o charakterze wiejskim, powiększając tym samym liczbę miast korzystających z prądu elektrycznego do 79 (ogółem liczy Bułgaria 98 miast), a liczbę wsi do 153 (na ogólną liczbę 5.652). Z końcem r. 1934 liczyła Bułgaria 6,090.215 mieszkańców, z których 26·5% tj. 1,601.693 korzystało z energii elektrycznej w ilości 70·3 kWh na głowę.

Do najważniejszych zdarzeń — po roku 1934 — mających zasadniczy wpływ na dalszy rozwój elektryfikacji kraju, należy ustawa elektryfikacyjna, która weszła w życie z dniem 4 stycznia 1935 r., a będąc nieprzemyślaną od razu zahamowała dalszą elektryfikację i zniechęciła całą prywatną inicjatywę do tego stopnia, że będące już w realizacji projekty w tej dziedzinie wstrzymano. Inż. Dikoff ma jednak niepełną nadzieję, że ustawa ta będzie wkrótce w dodatnim kierunku znolizowana

lub zmieniona — bo jak stwierdził — istnieją oznaki, że miarodajne czynniki zauważyły już ujemne skutki jej działania.
Dr. A. P.

Recenzje i krytyki

Dr. Leopold Örley: „Problem europejskich dróg dalekobieżnych i jego rozwiązanie w krajach o mniejszej gęstości zaludnienia“. (Das Fernstrassenproblem Europas und seine Lösung für Länder geringerer Bevölkerungsdichte. Wien. Verlag von J. Springer 1936).

Zagadnienie rozbudowy drogowej, rozpatrywane pod kątem widzenia ruchu motorowego, należy do najnowszych problemów, ważnych nie tylko z uwagi na techniczne i gospodarcze znaczenie, lecz również z całego szeregu momentów o charakterze społecznym. Rozrost automobilizmu w Europie jest wprost olbrzymi¹⁾. Kiedy w r. 1926 ilość europejskich samochodów wyniosła okragło 3 milj., to w r. 1935 notujemy 7 milj. sztuk, przy czym zaznaczyć należy, że dzieje się to wszystko w okresie światowego kryzysu gospodarczego. Nawet urodzeni pesymiści muszą przyznać, iż w miarę polepszania się stosunków gospodarczych w przyszłości, rozrost ten przybierze formy znacznie intensywniejsze, a ruch drogowy znacznie się coraz silniej przekształca na motorowy. Zresztą będzie to wynikiem z jednej strony stałego obniżania się ceny nabywczej samochodu oraz kosztów ruchu, z drugiej zaś dążności do podniesienia obronności każdego państwa. W krajach kulturalnych obserwujemy nadto coraz silniejszy udział samochodu w obcokrajowym ruchu turystycznym, którego z punktu widzenia gospodarczego lekceważyć nie można. Tak np. w Szwajcarii zanotowano w r. 1923 zaledwie 10.000 obcych wjeżdżających samochodów, która to cyfra wzrosła w r. 1934 do 265.000. Również motorowy ruch towarowy, będący na razie jeszcze w powijakach, będzie w najbliższych latach wzmagał się bardzo intensywnie z uwagi na walory, jakie z sobą przynosi, a mianowicie: dostawę z pod dachu producenta pod dach konsumenta, większą chyżość handlową, niżli to możliwe na kolei, troskliwszą opiekę nad towarem o wyższej wartości, a wreszcie stosunkowo mniejszy kapitał zakładowy przedsiębiorstwa transportowego.

Rozbudowa ruchu samochodowego przyniosła z sobą jednak również moment niepożądany, a tym są wypadki drogowe, które zaczynają przybierać formy wprost niepokojące. Na każde 230 samochodów w Niemczech przypada przeciętnie w roku jedna ofiara zabita w wypadku drogowym; każdy tydzień przynosi w Anglii z tego samego powodu 120 zabitych i 5000 rannych. Są to straty, wobec których pomory z powodu zaraz, szalejących w średniowieczu lub inne katastrofy dziejące w znacznej mierze z równoczesnym istnieniem na dzisiejszej drodze ruchu pieszego, animalnego, motorowego i rowerowego, a ten ostatni jest szczególnie dokuczliwy tam, gdzie ilość rowerów jest olbrzymią. Trzeba bowiem pamiętać, iż jeden rower przypada w Holandii na 3 osoby, w Niemczech na 4, w Szwajcarii na 5, w Austrii na 7 osób. Z rozważań na ten temat zrodziła się myśl oddzielenia ruchu motorowego na samoistnym pasmie drogowym, innymi słowy budowy dróg samochodowych.

Jeżeli sięgniemy do porównania z kolejami, to i tu widzimy podział na dalekobieżne magistrale, pokonujące ruch światowy oraz na koleje o znaczeniu lokalnym. Podobnie drogi wyłącznie samochodowe obciążone powinny być ruch światowy, pozostawiając gospodarzom obsługę lokalną zwykłym drogom międzymiastowym.

Wskazane momenty dały autorowi możliwość bliższego rozpatrzenia sprawy budowy dróg samochodowych w krajach ekonomicznie słabszych. Należy bowiem pamiętać, iż rozbudowa dróg tego typu jest przedsięwzięciem nader kosztownym. Składają się na to specjalne warunki budowy, wymagające znaczniejszej szerokości jezdni (Włochy 11 m, Niemcy 24 m) oraz niedopuszczalność istnienia na nich skrzyżowań w pozio-

¹⁾ Niebardzo chlubny wyjątek pod tym względem stanowi niestety Polska.

mie. Koszt budowy 1 km dróg samochodowych we Włoszech wypadł przeciętnie na 640.000 zł., w Niemczech znacznie wyżej, bo 1.500.000 zł. Autor rozpatrując to zagadnienie, udowadnia na przykładzie Austrii, iż można obniżając nieco wymagania, szczególnie w odniesieniu do wspomnianych skrzyżowań doprowadzić koszt budowy 1 km przeciętnie do kwoty około 200.000 zł., przy pozostawieniu kwoty 640.000 zł. za km w wyjątkowych partiach objazdowych, w sąsiedztwie miejscowości. Długość tych ostatnich ocenia mniej więcej na 25% całości projektowanej sieci.

Bardzo interesujące są daty i zestawienia odnoszące się tak do istniejących w Europie dróg samochodowych, jak również do ciekawych projektów światowych ciągów, łączących metropolie sąsiadujących z Europą kontynentów (Londyn-Damaszek-Singapore z odnogą Damaszek-Kairo-Chartum-Kapstadt, Hammerfest-Hannover-Rzym-Trypolis-Tsad-Kapstadt i t. p.). Jednym słowem lektura dla każdego, interesującego się tym problemem, niezmiernie ciekawa.

W osobnym rozdziale zastanawia się autor nad technicznymi podstawami ewentualnych projektów drogowych w krajach, ekonomicznie słabszych, przeprowadzając pewne porównania na przykładzie Austrii, której stosunki jako profesor Politechniki Wiedeńskiej zna bardzo dobrze. Szczególną uwagę zwraca na konieczność starannego przygotowania projektów i powołuje się pod tym względem na słowa generalnego inspektora budowy niemieckich dróg samochodowych Dr. Todta, które i na nasz użytek pozwalam sobie dosłownie przytoczyć:

„Warunkiem wstępnym dla bezbłędnego i gospodarczego wykonania budowy jest opracowanie sumiennego i głęboko pomyślanego projektu. Projekt ten stanowi jedyną, zaufania godną podstawę dla ścisłego ustalenia kosztów budowlanych. Bez dokładnego planu nie może powstać dobry obiekt. Nawet przy istnieniu tego rodzaju podkładu, występuje w czasie budowy szereg kwestyj, których należyte rozwiązanie pozostawione być musi samodzielności i doświadczeniu kierownika budowy“. Pragnę, by te cenne uwagi dotarły tam, gdzie sprawa przyszłej rozbudowy drogowej w Polsce rozstrzygać się będzie. Z uznania ich bowiem wynikiem konieczności opracowania na lata naprzód szeregu projektów i zerwania z jakąkolwiek dorywczością w tej sprawie.

Wszystkim, interesującym się poruszonym zagadnieniem, mogę polecić pracę Prof. Orleya jak najgoręcej.

Prof. E. Bratro.

Kronika techniczna

Wisząca kolej linowa w Tatrach po stronie Czechosłowackiej znajduje się już w budowie. Trasa rozpoczyna się w miejscowości uzdrowiskowej Łomnica Tatrzańska na wysokości 840 m n.p.m. i poprowadzi na szczyt Łomnicy 2634 m n.p.m. Cała kolej w prostej trasie o długości 6618 m podzielona jest na trzy odcinki o czterech stacjach. Obok stacji szczytowej pomieszczone zostaną obserwatorium meteorologiczne i astronomiczne.

TREŚĆ: Prof. Dr. Alicja Dorabalska: Nauka o promieniotwórczości w świecie techniki. — Prof. W. Mozer: Nowsze materiały stosowane w budownictwie maszyn. — Przegląd czasopism technicznych. Recenzje i krytyki. — Kronika techniczna.

„CZASOPISMO TECHNICZNE“ WYCHODZI 10-go i 25-go KAŻDEGO MIESIĄCA.

Ceny ogłoszeń jednorazowych:

1/1 str. zł. 240; 1/2 str. zł. 140
1/4 „ „ 80; 1/8 „ „ 50
1/16 „ „ 30; 1/32 „ „ 20

Ogłoszenia na miejscach specjalnie rezerwowanych o 25% drożej. Dla ogłoszeń o zaoferowaniu lub poszukiwaniu pracy opust 50%.

Adres Redakcji i Administracji:
Lwów, ul. Zimorowicza 1. 9.

Telefon Redakcji 226—60. Telefon Redaktora 117—75. Konto P. K. O. 151,857.

Prenumerata w kraju: rocznie zł. 32; kwartalnie zł. 8.

Cena pojedynczego zeszytu zł. 1.60.

Przy ogłoszeniach powtarzanych udziela się następujących opustów:

2-krotnie 10%	3-krotnie 12%
4- „ 15%	6- „ 20%
10- „ 25%	12- „ 30%
18- „ 40%	24- „ 50%

Dla ogłaszających się stale, zmiany w tekstach ogłoszeń są bezpłatne

Redaktor naczelny i odpow. Prof. Dr. Inż. W. Aulich.

Nakładem Polskiego Tow. Politechnicznego we Lwowie.

Stacja wyjściowa znajduje się w Łomnicy Tatzańskiej obok hotelu Praga; linia wznosi się do stacji pierwszego odcinka na kilku podporach do wysokości 1157 m, następny etap, także na podporach, prowadzi do brzegu Stawu Kamiennego na wysokości 1700 m, gdzie przewidziana jest budowa sanatorium. Będzie to stacja narciarska. Trzeci odcinek bez żadnych podpór w terenie o masywie skalistym prowadzi na szczyt Łomnicy, która będzie punktem widokowym. Do Stawu Kamiennego ma być linia wykończona z końcem r. 1936, natomiast na szczyt Łomnicy dopiero z końcem roku 1937.

Międzynarodowa wystawa sztuki i techniki w Paryżu zapowiedziana na rok 1937 budzi wielkie zainteresowanie na wszystkich kontynentach globu ziemskiego. Ma ona dać pełny obraz postępu cywilizacji naszej doby i wykazać możliwość znakomitego polepszenia moralnych i materialnych warunków współżycia ludzkości. Wystawa ma dowiedzieć, że sztuka i technika powinny iść razem na każdym odcinku życia.

Współudział w wystawie zgłosiły 24 państwa, w tem Polska. Nadto przewidziany jest udział dalszych 14-tu państw.

Produkcja suchego lodu (CO_2) zdobywa sobie coraz to bardziej poczesne miejsce w przemyśle światowym. Pierwsze miejsce zajmują tu Stany Zjednoczone P. A. z wytwórczością około 70.000 ton w r. 1935. Za nimi idzie Anglia, Holandia, Państwa Skandynawskie, Niemcy (16 wytwórni), Francja (10), Kanada (9), Belgia (4), Szwajcaria (3), Jugosławia (3), Austria (2), Węgry (2), Rumunia (2), Czechosłowacja (1). Razem w 40 państwach istnieje 160 wytwórni. U nas Państwowe Zakłady Krajowe w Krynicy przystąpiły do wytwarzania zestalonego bezwodnika kwasu węglowego.

Najważniejsze zużycie suchego lodu występuje w cukrownictwie i przy środkach transportowych, a w nich szczególnie na kolejkach.

Cena suchego lodu w różnych krajach waha się w granicach 10 do 35 fen. za kg.

Silniki, pędzone gazem CO_2 mogą wywołać olbrzymi przewrót, chociaż dotychczas zakres używania ich ograniczono do silników samolotów i torped. Przy silnikach daje CO_2 chłodny bieg, małe zużycie smarów, mały ciężar, małe zużycie części trących, możliwość natychmiastowego uruchomienia bez zapłonu, niemożliwość pożaru i wybuchu, cichy bieg i niezależność każdego kraju od surowców, stanowiących napęd innych silników. (T. Dry-Ice Journal, 6/1936 i Przegląd pism kolej. 8/1936).

Zamierające linie kolejowe. W Stanach Zjednoczonych A. P. i na zachodzie Europy zachodzą coraz częstsze przypadki rozbiórki linii kolejowych, które w skutek konkurencji autobusów straciły rację bytu. Ostatnio w Holandii zwinięto linię Strarlen — Vello, która była w ruchu przez 62 lat.

Produkcja ropy na globie ziemskim wynosiła w pierwszej połowie r. 1936 120.592.000 ton, podczas gdy w tym samym czasie r. 1935 108.345.000, co wskazuje na przyrost produkcji o 11,3%. — W Polsce wyprodukowano w pierwszym półroczu 1936 256.000 ton, gdy w roku poprzednim 253.000 ton, co daje wzrost o 1,2%.