

# PRZEGŁĄD MECHANICZNY

BIBLIOTEKA POLITECHNIKI

WARSZAWA, EI

Nr. Inwent. 329

O R G A N

STOWARZYSZENIA

INŻYNIERÓW

MECHANIKÓW

POLSKICH

Tom II.

WARSZAWA • 25 CZERWCA • 1936 ROKU

Nr. 12

## Nowoczesne kolejowe metale łożyskowe jako klasyczny przykład rozwiązania namiastkowania stopów cynowych

Prof. Dr. J. Czochrański, SIMP.

*Żywe zainteresowanie opinii publicznej zagadnieniem kolejowych stopów łożyskowych, wywołane szeregiem artykułów, jakie się niedawno ukazały w tej sprawie w prasie codziennej, skłoniło Redakcję „Przeglądu Mechanicznego” do otwarcia łamów pisma celem oświecenia tego zagadnienia w sposób właściwy dla prasy fachowej.*

*Zamieszczając uwagi na ten temat, nadesłane nam przez p. prof. dr. J. Czochrańskiego, zaznaczamy, że — w dążeniu do wszechstronnego wyjaśnienia poruszanej sprawy i do zachowania zasady audiatu et altera pars — gotowi jesteśmy udzielić na naszych łamach miejsca na uwagi fachowe innych osób kompetentnych, któreby chciały to zagadnienie oświecić w sposób rzeczowy.*

REDAKCJA

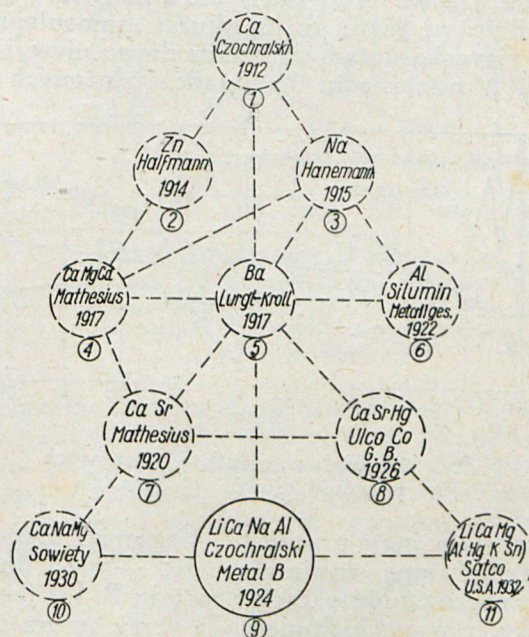
**Z**AGADNIENIE zastępczych stopów łożyskowych dla potrzeb kolejnictwa zostało niedawno poruszone w prasie codziennej, budząc zainteresowanie ogółu sprawą słuszności doboru odpowiedniego tworzywa dla kolei polskich. W związku z tem pragnę w poniższym krótkim artykule oświecić to zagadnienie z punktu widzenia technicznego i ogólno-gospodarczego.

### Wyścig wynalazców

W historii stosowania namiastek trudno przytoczyć przykład, któryby lepiej od nowoczesnego kolejowego metalu łożyskowego charakteryzował znamienne znaczenie namiastki. Bez przesady można powiedzieć, że ten metal zastępczy odgrywał w Niemczech podczas wojny światowej najważniejszą rolę z pośród wszystkich surowców, a to dlatego, że pozwolił na utrzymanie niezakłóconego ruchu kolejowego.

Historia tego metalu jest ciekawa, tak jak historia każdego znaczącego wynalazku. Metal ten nie został wynaleziony odrazu; osiągnięte w różnych kierunkach postępy rywalizowały tu ze sobą. Pierwsze chronologicznie zastosowanie metalu na oświe ołowiu z dodatkiem metali ziem alkalicznych przeprowadził Czochrański wspólnie z W. Moellendorffem jeszcze przed wojną światową (porównaj schemat rys. 1<sub>1</sub>). Jako następny krok należy uważać próby zastosowania stopu ołowiu z małym dodatkiem sodu metalicznego, podjęte przez prof. Hanemanna z chwilą rozpoczęcia się wojny światowej (1<sub>3</sub>). Metal ten jednak nie miał powodzenia, gdyż z powodu wielkiej zawartości sodu (2%) łatwo się rozkładał. Prawie równocześnie radca ministerjalny Halfmann włożył całą swoją energję w udoskonalenie stopów o oświe cynkowej (1<sub>2</sub>). Prace swoje rozpoczął on jeszcze przed rokiem 1914. Rezultaty tych wszystkich, z wielkim wysiłkiem prowadzonych prób, były połowiczne. W r. 1915 zapasy stosowanych dotąd surowców były na wyczerpaniu, ze wszystkich stron sygna-

lizowano niebezpieczeństwo. W tym czasie pojawił się stop prof. Mathesiusa, t. zw. „Calcium-metall”, zawierający 2,5% wapnia, prawie tyleż cyny, miedzi, kadmu i sodu łącznie (1<sub>4</sub>); wślad za nim — stop, zawierający 3% baru, a jeszcze mniej wapnia i sodu, t. zw. metal „Lurgi” (1<sub>5</sub>), wynaleziony przez W. Krolla. Metal ten odgrywał właśnie w czasie wojny światowej decydującą rolę, okazał się jednak niedostatecznie trwały. Bez przerwy pracowano nad jego uszlachetnieniem. Prace te, zaskoczne końcem wojny światowej, nie zostały przerwa-



Rys. 1.

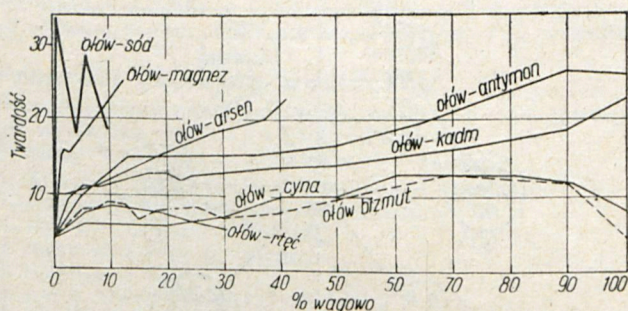
ne. W 1920 r. wystąpił prof. Mathesius z nowym stopem, zawierającym wapń i stront (1<sub>7</sub>). Losy stosowania tych dwóch stopów ważyły się przez czas dłuższy. Usiłowano równocześnie stosować stopy o oświe z aluminium (1<sub>6</sub>). Wszystkie te



wysiłki musiały jednak ulec przewadze stopu nowego — z dodatkiem litu, nazwanego stopem B (patent autora). Dotąd stosowane metale, z wyjątkiem stopu (1<sub>7</sub>), poszły w zapomnienie (koła przerywane: 1<sub>1</sub> do 1<sub>6</sub>). Na nowym terenie współzawodnictwa stanęły stopy 1<sub>7</sub> i 1<sub>8</sub>, z których stop zawierający lit został definitywnie wprowadzony na kolejach niemieckich. W Wielkiej Brytanii stosuje się od roku 1926 w przemyśle prywatnym stop (1<sub>7</sub>) z dodatkiem rtęci. Podobne stopy (1<sub>10</sub>) zostały oficjalnie wprowadzone w Rosji w 1930 r., w Ameryce w 1932 r. (1<sub>11</sub>). Zainteresowanie w Rosji nowymi stopami łożyskowymi było tak wielkie, że wydany wspólnie z G. Welterem podręcznik autora<sup>1)</sup> został tam (zresztą, jak zwykle, bez wiedzy autora) żywcem przetłumaczony i wydany. Literatura książkowa o nowoczesnych stopach łożyskowych jest już obszerna. Jako cenne podręczniki zasługują na uwagę prace: prof. O. Kammerera oraz dr. G. Weltera i O. Webera<sup>2)</sup>, jak również W. Müllera<sup>3)</sup>, oświetlające praktyczną stronę stosowania tych metali w kolejnictwie. Literatura patentowa z dziedziny omawianych stopów obejmuje kilkaset patentów.

### Klasyfikacja techniczna

Stopy łożyskowe nowego typu można podzielić na: t. zw. izodyny, 1<sub>1</sub>, 2, 4, 5, 6, są to stopy niezdolne do samoulepszenia się, i stopy typu autodyn, 1<sub>3</sub>, 7, 8, 10, 11 z metalem B na czele, o charakterze samoulepszącym się. Dopiero odkrycie stopów typu autodyn postawiło zagadnienie na właściwej płaszczyźnie. Charakterystyczne krzywe, wyrażające wpływ domieszek stopowych na własności ołowiu według J. Goebela<sup>4)</sup>, są przedstawione na rys. 2 w odniesieniu do stopów podwójnych. Tylko strome krzywe ołów-sód i ołów-magnez wzbijają się silnie ku górze. Są to skutki „samoulepszenia się”, zjawiska dotąd jeszcze naukowo niewyjaśnionego. W odniesieniu do układów złożonych krzy-



Rys. 2. Wpływ dodatków stopowych na twardość ołowiu wg. Goebela.

we te mają inny przebieg. Maximum ulepszenia wykazują stopy, zawierające lit, — stąd dominujące znaczenie łożyskowego metalu B. Lit jest najlżejszy ze wszystkich metali, a przez autora pierwszy raz zastosowany w metalurgji. Wykresy po-

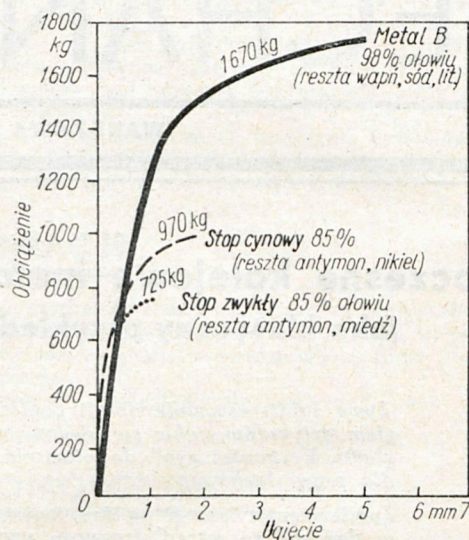
<sup>1)</sup> Lagermetalle, Berlin 1920, Julius Springer.

<sup>2)</sup> Entstehung der Lagerversuche, Berlin 1920, R. Oldenbourg.

<sup>3)</sup> Behandlung und Verwendung der Lagermetalle, Berlin 1923, Eisenbahn-Zentralamt.

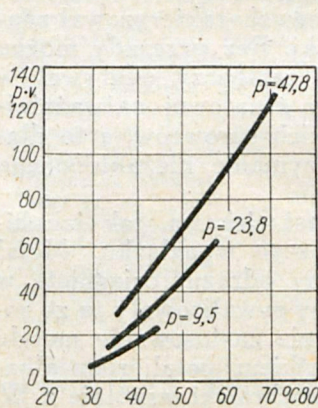
<sup>4)</sup> Z. f. Metallk., 1922 str. 452.

równawcze uwiadcniają charakterystyczne cechy kilku wyżej wymienionych stopów. Rys. 3 uwiadcnia wytrzymałość na zginanie; rys. 4 charakteryzuje pracę stopu bogatego w cynę w granicach

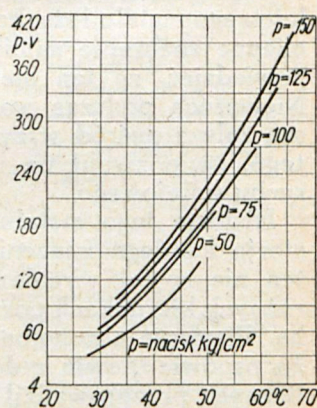


Rys. 3. Wytrzymałość na zginanie różnych metali łożyskowych.

możliwości jego zastosowania (ze względu na zatarcie łożyska); rys. 5 — pracę jednego z nowoczesnych stopów 1<sub>5</sub> (bynajmniej nie najlepszego, a mimo to wykazującego niezbitą swą wyższość nad stopem cynowym. Praca ta wyraża zależność temperatury nagrzewania się łożyska od ciśnienia ( $p$ ) i szybkości poślizgu ( $v$ ). Wbrew oczekiwaniom, metal B, jak i szereg innych przytoczonych wyżej stopów, okazał się dostatecznie trwały i odporny (w granicach niezbędnych w kolejnictwie) również i pod względem chemicznym.



Rys. 4. Wyniki badania pracy panewki wylanej metalem bogatym w cynę.



Rys. 5. Wyniki badania pracy panewki wylanej nowoczesnym metalem łożyskowym.

### Wytyczne gospodarcze

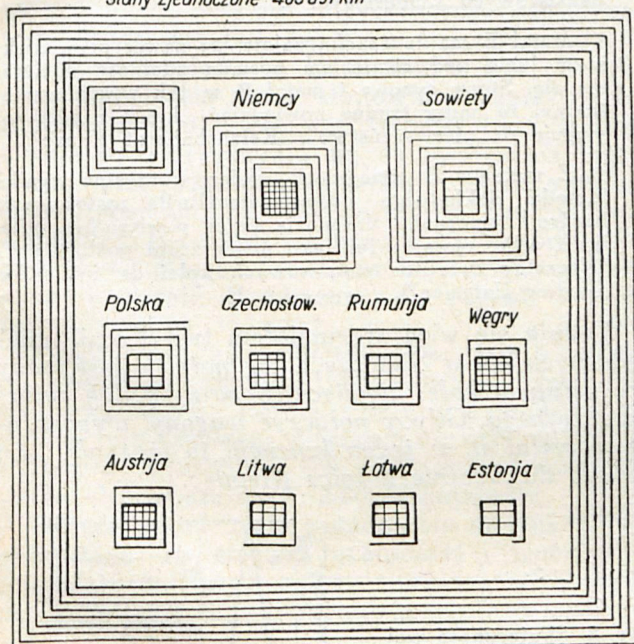
Nic nie ujawnia tak dobitnie rozmachu i siły państw mocarstwowych, jak długość i gęstość dróg żelaznych. W związku z nowoczesnymi metalami łożyskowymi interesuje nas, poza Ameryką, stan kolejnictwa państw ościennych. Schemat na rys. 6 daje obraz porównawczy. Ze schematu tego wynika, że wszystkie państwa, razem wzięwszy, nie dorównują co do długości dróg żelaznych Stanom Zjednoczonym. Ciekawe jest, że Niemcy i Rosja



pod względem kilometrażu są do siebie zbliżone; co zaś do gęstości sieci Polska zajmuje miejsce pośrednie. Tabor tych państw i jego pracę uwi-  
docznia poniższe zestawienie:

	Niemcy 1926	Polska 1934	Rosja 1925/26
Parowozów . . . . .	26 594	5 400	12 941
Wagonów osobowych .	65 429	12 000	20 000
Wagonów towarowych .	654 842	160 200	515 351
Przewóz milionów tkm .	62 522	ok. 20 000*)	60 370
Długość linii kolej. w km	57 983	ok. 19 500	57 466

Stany Zjednoczone 403 891 km



Rys. 6. Długość dróg kolejowych kilku państw; okienka wewnętrzne oznaczają gęstość sieci wg. Hickmanna.

Ilość zainwestowanego metalu cynowego oblicza się według zwykłej zasady: 50 kg metalu na każdy km linii kolejowej; stąd wynikałoby następujące zapotrzebowanie stopu dla:

Niemiec	Polski	Rosji
2 899 000 kg	995 500 kg	2 873 000 kg

W rzeczywistości zapotrzebowanie kolei polskich jest nawet mniejsze i wynosi tylko ok. 487 000 kg.

## Bilans

### 1) Oszczędności dewizowe i przygotowanie obrony.

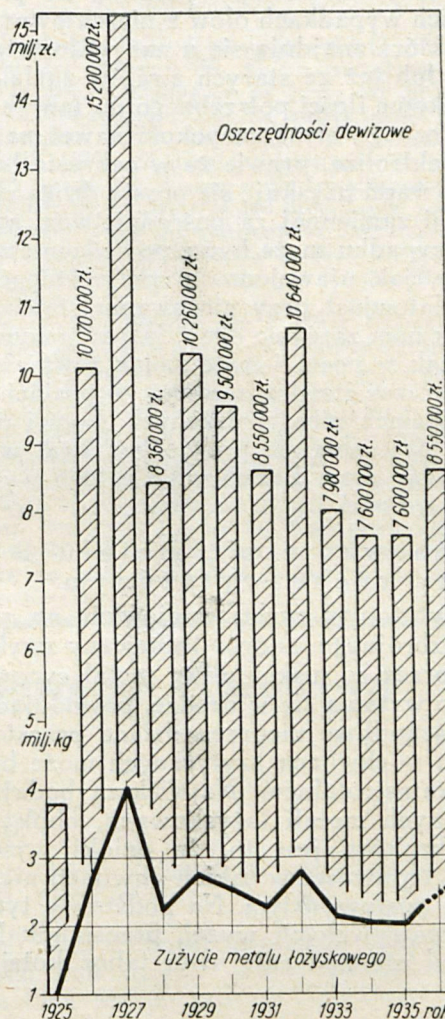
Jak kształtowało się gospodarczo wprowadzenie w Niemczech metalu B, przedstawia rys. 7. W pierwszych latach po wprowadzeniu tego stopu zapotrzebowanie było największe z powodu wyposażenia inwestycyjnego. Na wykresie tym są uwi-  
docznione oszczędności dewizowe w miarę wzrostu stosowania metalu B.<sup>5)</sup>

\*) W r. 1931.

<sup>5)</sup> Obecna maksymalna cena metalu B w Niemczech wynosi 0,77 RM za 1 kg, stopu cynowego — 1,80 RM. Przepisowa stawka licencyjna wynosi u nas kilka groszy za 1 kg, z czego niemieccy eksploatający patentu tylko pewną część przyznają wynalazcy. Pierwsza próbna partja 200 tonna, wyprodukowana w Zakładach Ursus, nie wykazała zysku z powodu niewspółmiernych kosztów fabrykacji. Wypłata licencji więc odpadła. Cena pierwotna małych partji próbnych była zarówno w Niemczech, jak i w Polsce, wyższa niż podana wyżej cena obecna w Niemczech przy stałych i dużych dostawach.

Głównymi przesłankami natury ogólnej były i są tam zagadnienia finansowo-dewizowe, dążność do stwarzania tradycji technicznych, przygotowania samowystarczalności na wszelki wypadek, a wreszcie stworzenie celowej organizacji tak urzędowej, jak i przemysłowej, zapewniającej planową gospodarkę materiałową, a to już nietylko na czas pokoju.

Teza niemiecka, „wszystko z własnych surowców, chociażby mniej ekonomicznymi i bardziej



Rys. 7. Zużycie metalu łożyskowego w milj. kg i oszczędności dewizowe kolei niemieckich wskutek stosowania metalu łożyskowego B w ostatnim 10-leciu.

zmudnymi sposobami fabrykacji", jest konsekwencją polityki finansowo-dewizowej Niemiec. Finansowe przygotowanie już w czasie pokoju zostaje przez to osiągnięte, a oszczędności dewizowe mogą być zużyte na inne cele związane z przygotowaniem obrony.

Zarządzenia te mogą mieć tylko jedno na celu: osiągnięcie za wszelką cenę najlepszych wyników w zakresie wyzyskania namiastek do wzmocnienia pogotowia wojennego. Zrozumiano tu, jakie korzyści można wyciągnąć z zakorzenienia pewnych tradycji technologicznych na wypadek konfliktu zbrojnego. Przemysł będzie nietylko przyzwyczajony do stosowania właściwych namiastek, ale zarazem będzie opanowany cały cykl związanych z



tem zagadnień ubocznych, jak kopalniane przygotowanie rud i ich przeróbka, zapewnienie możliwości produkcji hutniczej, transportów i t. d.

## 2) Surowce rodzime.

Pozycja nasza co do zasobów kopalnianych ołowiu nie jest wprawdzie najpomyślniejsza, ale na wypadek konfliktu zbrojnego przerabia się z powodzeniem również i kruszce biedne, których przeróbka w czasie pokoju jest zupełnie nieracjonalna. Dzieje wojny światowej wykazują, że przerabia się w takich wypadkach ołów z nierentownych naogół złóż, które znajdują się u nas w dostatecznych ilościach, lub też ze starych zwałów żużla, łomów i t. p. Znikome ilości potrzebnego do fabrykacji sodu metalicznego może zaspokoić nawet najskromniejsza elektroliza, prawie że w zakresie laboratoryjnym, a wapń uzyskuje się prostą drogą chemicznej reakcji zamienną za pośrednictwem sodu. Lit w tym przypadku może być z powodzeniem wyeliminowany, jak ujawniono to przy stopach typu 17. 8. 10. Natomiast przy stosowaniu stopów cynowych brak nam zarówno cyny, jak antymonu i miedzi, i to tak w postaci metalu, jak również związków. Wapń zaś i sód posiadamy w postaci surowców w ilościach nieograniczonych. Łom i odpadki metalu B przerabia się prawie bez strat w fabryce na świeży stop. Łatwo więc z tego wyciągnąć właściwe wnioski.

## 3) Zachowanie się metalu B przy ruchu wyłożonym.

Przy wyłożonym ruchu kolejowym, np. podczas konfliktu zbrojnego, nadzór techniczny zwykle niedomaga, przez co niskotopliwy metal cynowy bardzo często wytapia się w drodze, powodując wskutek tego szkodliwe nieprzewidziane przestoje pociągów, co w chwilach krytycznych może być zjawiskiem katastrofalnym. Największą bodaj zaletą nowoczesnych metali łożyskowych, obok niektórych ich braków, jest to, że dzięki wysokiemu punktowi topliwości w takich chwilach nie odmawiają one posłuszeństwa. Na podstawie tych i innych, rozpatrywanych wyżej, przesłanek Niemcy wyposażyli nieomal cały swój tabor kolejowy w metal B.

## 4) Statystyka kolei niemieckich i głosy fachowe.

Według statystyki, ujawnionej dopiero w ostatnim czasie przez radcę Wittego<sup>1)</sup>, wyposażono w Niemczech w metal B 600 000 wagonów towarowych i 60 000 wagonów osobowych. W porównaniu z przytoczonymi wyżej cyframi stanowi to ponad 90% całego posiadanego taboru.

Oszczędności dewizowe w związku z gospodarką państwową, zużyte na zorganizowanie pracy w celu skutecznej walki z bezrobociem, dają Niemcom pośrednio ekwiwalent na stałe zatrudnienie przeciętnie około 9 000 robotników, jak to uwidoczniła rys. 8. W zrozumieniu walorów technicznych, jak niemniej znaczenia metalu B z punktu widzenia gospodarki państwowej, poważni fachowcy i mężowie stanu niemieccy wypowiedzieli się za wprowadzeniem metalu B. Oto garść głosów fachowych:

<sup>1)</sup> Z. V. D. I. 1935 str. 79.

„Aby zaoszczędzić cyny, rozwijany już od dłuższego czasu metal B na ośniewie ołowiu wykazał się jako bardzo odpowiedni i został w wielkiej mierze wprowadzony na niemieckich kolejach państwowych” (Reichsbahnrat inż. dipl. Witte<sup>6)</sup>).

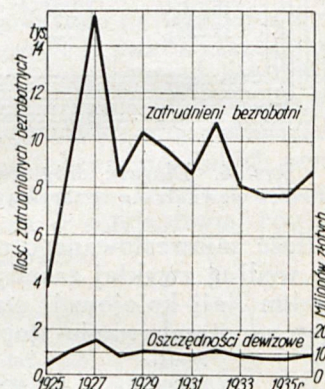
„W latach powojennych przeprowadzono na kolejach państwowych na szeroką skalę próby wszelkich metali cynowych i bezcynowych, jakie tylko pomyśleć można. Rozwiązanie dał nareszcie metal B, zawierający 98,5% ołowiu i 1,5% dodatków utwardniających. W metal B są wyposażone wszystkie wagony niemieckich kolei państwowych”. (Radca ministerjalny, dyrektor kolei państwowych Linder Mayer<sup>7)</sup>).

„Metal B ma tę rzadką zaletę, że nawet przy większym luzie pod ciśnieniem posiada zdolność docierania się. Stopy cynowe i metal B są tak wysokowartościowe, że nader trudno powiedzieć, który z nich zasługuje na pierwszeństwo”. (Reichsbahnrat Kunze<sup>8)</sup>).

„Z metalem B osiągnięto nader korzystne wyniki. Metoda dokładnego odlewu umożliwiła zastosowanie bardzo odpornej, drobnopowierzchniowej powłoki i wykorzystania jej jako powłoki poślizgowej”. (Naczelny dyrektor państwowych kolei dr. inż. h. c. Gustaw Hammer<sup>9)</sup>).

Wydaje się więc zrozumiałe twierdzenie miarodajnych kół w Niemczech, że *metal B jest jakby kręgosłupem kolei niemieckich na wypadek zatargu zbrojnego. Gdyby połączyć wagony, wyposażone w metal B, w jeden łańcuch, to można by nim opasać dwukrotnie granice Niemiec.*

Rys. 8. Skuteczność walki z bezrobociem przez zużycie oszczędności dewizowych, uzyskanych przy stosowaniu metalu B w Niemczech.



## 5) Nowoczesne metale łożyskowe w Ameryce i w Rosji.

Bogata Ameryka również nie zrezygnowała z korzyści, które dają nowoczesne stopy łożyskowe i stosuje je w coraz to większym zakresie. Witte<sup>10)</sup> pisze, że wielkie amerykańskie koleje, wśród za Niemcami, przechodzą na metale o zawartości 98% ołowiu (1<sub>11</sub>). Pominąwszy korzyści gospodarcze, decydującymi czynnikami przy wprowadzeniu tego metalu były warunki klimatyczne (temperatura, piaski lotne), długotrwałe jazdy bez zatrzymywania pociągów przy minimalnej obsłudze, odporność na wzmogoną temperaturę pracy. A przecież Ameryka Północna obfituje w nieograniczone bogactwo cyny.

Podobnie koleje sowieckie potrafiły wyzyskać do swych celów walory nowoczesnych metali łożyskowych.

<sup>6)</sup> Z. V. D. I. 1935 str. 79.

<sup>7)</sup> Glasers Annalen, 1935, V.

<sup>8)</sup> Z. V. D. I. 1931. XXI.

<sup>9)</sup> „Die Deutsche Reichsbahn als Auftragsgeberin der Deutschen Wirtschaft”. Deutsche Reichsbahn, 1932.

<sup>10)</sup> loc. cit.



zyskowych. Stopy na osnowie ołowiu wprowadzono tam w 1930 r. O ile posiadane przezemnie wiadomości są ścisłe, koleje sowieckie przeszły całkowicie na stosowanie nowoczesnych metali łożyskowych. Było to dla nich o tyle ułatwione, że przepisy unii patentowej nie są one związane.

#### 6) Metale łożyskowe w Polsce.

Polska importowała w 1934 roku ogółem za 4 717 000 zł. cyny, z której poważna część poszła na produkcję stopów łożyskowych. Jakkolwiek w budżecie państwa są to sumy niewielkie, to jednak ze względu na to, że muszą być one okupione parytetem złota, stanowią czynnik nie bez znaczenia, tem więcej, że sumami temi w kraju można było przyczynić się do zwalczania bezrobocia. Tak przynajmniej myślą i czynią państwa, które gospodarczo zdecydowanie prą naprzód. Z metalem B przeprowadzono w Polsce próby kilkakrotnie. Miarodajne czynniki orzekły, „że stosowanie metalu B okazało się celowe i pożyteczne”.

Niemcy uzyskali na metalu B w ciągu 11 lat jego stosowania okragło 108 000 000 zł. oszczędności dewizowych. Polska mogłaby była zaoszczędzić w tym czasie na dewizach okragło 20 000 000 zł. i, przy właściwym ich zużyciu, zatrudnić nie wiele, ale zawsze około 2 000 robotników.

Tak się przedstawia zagadnienie metalu B, rozpatrywane ze strony technicznej i techniczno-gospodarczej. Spraw natury moralnej, wtrąconych do oświetlenia tego zagadnienia w prasie codzien-

nej, jako wykraczających poza ramy artykułu w piśmie technicznym, nie poruszam. Nadmieniam jedynie, że w interesie publicznym leży, by sprawy te zostały bezzwłocznie zbadane przez właściwe czynniki państwowe i by z wyników badania wyciągnięto jaknajsurowiej odpowiednie konsekwencje.

**Les alliages modernes pour coussinets du matériel roulant ferroviaire comme l'exemple classique des succédanés des alliages de l'étain.**

#### Résumé :

L'auteur donne d'abord un aperçu de l'histoire du développement des alliages du plomb remplaçant ceux de l'étain. Le premier alliage de ce genre est dû à MM. Czochralski et Mollendorff (1912), les autres furent élaborés par MM. Hanemann (1915), Halfmann (1914), Mathesius (1917, 1920), Kroll (1917); ce dernier jouait un rôle important en Allemagne pendant la guerre; enfin les alliages plus récents, des qualités plus hautes que les précédents, sont: celui de M. Czochralski (1924) qui contient les éléments suivants: Li, Ca, Na et Al, celui des chemins de fer l'U.R.S.S. (1930, Ca, Na, Mg) et l'alliage des chemins de fer des Etats Unis (Li, Ca, Mg, 1930).

Ensuite l'auteur montre les qualités techniques de ces alliages, d'après les essais de M. Goebel et d'autres, qui prouvent que les alliages de remplacement non seulement égalent ceux de l'étain, mais les surpassent considérablement.

L'auteur analyse aussi les questions économiques se rapportant à l'introduction des alliages du plomb et indique qu'ils assurent l'économie par suite de l'écartement de l'importation de l'étain (qui est beaucoup plus cher), cite les résultats bien satisfaisants acquis avec ces alliages en Allemagne, en Amérique et en Russie et, enfin, montre les avantages de ceux-ci pour la Pologne, ainsi que la possibilité de leur production se basant sur les matières premières natales.

## Prace VII-go Kongresu Międzynarodowego Górnictwa Metalurgji i Geologii stosowanej

Prof. Dr. A. Skąpski

### Zagadnienia metalurgji metali innych poza żelazem oraz zagadnienia korozji

*Prace z zakresu metalurgji i zastosowań niklu, berylu, boru. — Odlewanie pod ciśnieniem. — Niklowanie i chromowanie. — Zagadnienia korozji. — Badania mikrochemiczne.*

**W**PIERWSZEJ części mego referatu streszczę prace z zakresu metalurgji, grupując je razem, w drugiej — prace z dziedzin pokrewnych, np. korozji.

„Postępy w metalurgji i zastosowaniach niklu w ostatnim dziesięcioleciu (ref. dr. J. F. Thomson'a). Autor omawia na wstępie rozwój metalurgji niklu (przewszystkiem w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie) zarówno pod względem udoskonalenia metod produkcji, jak też i co do jej rozmiarów. Następnie zajmuje się wzrostem zastosowań niklu, zwłaszcza jako metalu stopowego.

Od roku 1926 zużycie światowe niklu wzrosło dwukrotnie, do wysokości 56 000 t w roku 1934. Z tego zaledwie 15 000 t zużyto jako czysty nikiel, względnie do celów niklowania, reszta zaś, t. j. przeszło 40 000 t, została zużyta do stopów.

Rzecz w zastosowaniu stopów niklowych ilustruje autor następującymi danymi. W Ameryce Północnej używano w samym tylko przemyśle samochodowym w roku 1926 *czterdziestu ośmiu* gatunków stali, z których *dwadzieścia ośm* zawierało nikiel. Obecnie stosuje się w tymże przemyśle

*siedemdziesiąt dziewięć* gatunków stali stopowych, z których *czterdzieści jeden* zawiera nikiel. Ta ostatnia lista obejmuje:

10	gatunków	stali	czysto	niklowych,
22	„	stali	niklowo-chromowych,	
5	„	stali	niklowo-molibdenowych,	
2	„	stali	niklowo-chromowo-molibdenowych,	
2	„	stali	typu austenitycznego, odpornych	
			na korozję i na wysokie temperatury.	

Zaczyna się równocześnie rozpowszechniać stop zawierający 98,5% kadmu i 1,5% niklu, jako stop łożyskowy, dzięki jego dużej odporności na korozję i zmęczenie oraz dzięki niskiemu współczynnikowi tarcia.

Nikiel, jako dodatek stopowy, podnosi nie tylko wytrzymałość stali, ale równocześnie zwiększa jej odporność na zmęczenie, co daje duże korzyści w szeregu zastosowań (osie lokomotyw).

W konstrukcyjnych stalach specjalnych wielki sukces osiągnęły stale niklowo-molibdenowe i niklowo-chromowo-molibdenowe. Oba te gatunki dają równocześnie zwiększoną twardość, wytrzymałość i odporność na zmęczenie. W zakresie stali nierdzewiejących i odpornych na wysokie temperatury uzyskano przez dodatki niklu stale, łączą-