

# PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

## TREŚĆ:

- O żelazie perlitycznym, nap. Inż. Wł. Kuczewski.  
 O kosztach spawania łukowego, nap. Inż. Z. Dobrowolski.  
 Krótki zarys rozwoju budowy mostów kolejowych w ciągu stulecia 1825—1925, ze szczególnym uwzględnieniem prac Inżynierów Polaków (dok.), nap. Prof. Dr. St. Kunicki.  
 Koleje żelazne a drogi wodne, nap. Inż. J. Eberhardt, członek Komitetu Międzynarodowego, powołanego przez Komisję Transportową Ligi Narodów.  
 Rekrytalizacja (dok.) nap. Inż. Olszak.  
 Przegląd pism technicznych.  
 Bibliografja.

## SOMMAIRE:

- Fonte perlitique (à suivre), par M. Wł. Kuczewski, Ingénieur.  
 Prix de revient de la soudure électrique, par M. Z. Dobrowolski, Ingénieur.  
 Progrès réalisés dans la construction des ponts pour les chemins de fer dans le centenaire 1825—1925 et les travaux des Ingénieurs Polonais (suite et fin), par M. St. Kunicki, Dr., Professeur à l'Ecole Polytechnique de Varsovie.  
 Chemins de fer et voies navigables. La concurrence entre eux, par M. J. Eberhardt, Ingénieur, Membre du Comité International, nommé par la Commission du Transport de la Société des Nations.  
 Recristallisation (suite et fin), par M. Olszak, Ingénieur.  
 Revue documentaire.  
 Bibliographie.

## O żelazie perlitycznym<sup>\*)</sup>.

Napisał Inż. Władysław Kuczewski.

Od czasu zastosowania mikroskopów do badania metali i ich stopów, wiedza metalurgiczna zrobiła podziwu godne postępy. Procesy hutnicze, a osobliwie własności poszczególnych wyrobów żelaznych i stalowych, do których wykrycia ludzkość doszła jedynie zapomocą genjuszu, a więc podświadomości, intuicyjnie, dzisiaj nie są już czarną magią,

przez długie żarzenie stali, następnie przez umiejętne kucie jej w stanie rozżarzenia przy ściśle określonej temperaturze (727° C), przy której — według termicznego wykresu żelaza — powstaje mieszanina eutekoidalna ferrytu z cementytem, zwana perlitem. Zarówno dzięki żarzeniu, jak też pod wpływem uderzeń młota, perlit, dający pod mikro-



Rys. 1. Obraz perlitu w żelazie podług Goerens'a. (X 500).

ani też sekretami, zazdrośnie strzeżonymi przez ich szczęśliwych posiadaczy. Nie mówiąc o prawdziwej chlubie naszego wieku, stalach szlachetnych szybko tnących, których zastosowanie sprawiło istny przewrót w obróbce mechanicznej metali, dość wspomnieć o legendarnych wprost ostrzach (klingach) damasceńskich, które swe nadzwyczajne własności zawdzięczają — według doświadczeń profesora Politechniki Petersburskiej Bielajewa (z 1911 r.) — specjalnej strukturze stali indyjskiej (ang. Wootz) o zawartości 1,5% C i pod względem chemicznym nadzwyczajnie czystej. Strukturę tę otrzymuje się



Rys. 2. Obraz surówki białej p/g Goerens'a. (X 100).

skopem obraz rozmiaćte ugrupowanych pasemek, naprzemian białych (cementytu) i czarnych (ferrytu) (patrz rys. 1), przybiera kształt kulisty, przy czem rozmieszczenie ziarn cementytu w masie ferrytu staje się regularne, dzięki czemu na powierzchni ostrza, wypolerowanego i wytrawionego kwasem, występuje wzór, złożony z jasnych, na ciemnym tle rysujących się linii, wyginających się i płaczących ze sobą. Ostrze damasceńskie, dzięki wskazanej odmianie perlitu, odznacza się bez hartowania wielką twardością, a równocześnie elastycznością, wskutek czego jest znakomitym i wprost niedoścignionym wyrobem w zakresie broni siecznej, aczkolwiek stal o tak znacznej zawartości węgla zazwyczaj jest niezmiernie krucha.

<sup>\*)</sup> Referat wygłoszony na Konferencji Metaloznawczej Stow. Inż. Mechaników Polskich w Katowicach dn. 20 marca r. b.

Rola struktury perlitycznej występuje bardzo dobitnie również przy badaniu żelaza lanego, pochodzącego z lat dawnych, a odznaczającego się niezwykłymi wprost własnościami mechanicznymi. O paralelizmie, jaki istnieje pomiędzy własnościami stali i żeliwa, będziemy mówili nieco szczegółowiej przy rozważaniu własności mechanicznych żeliwa. Tu zaś powtórzmy za pp. Kuehnel'em i Nese-mann'em<sup>1)</sup> fakt następujący: w czasie wojny, do pewnej odlewni niemieckiej przywieziono razem z żelastwem żeliwne lufy armatnie niewiadomego pochodzenia, w każdym razie bardzo stare. Jakież było zdziwienie autorów, gdy się okazało, iż rur tych, pomimo niezbyt dużej grubości ścianek, w żaden sposób nie można było potłuc. Odznaczały się one tak wielką ciągliwością, że dla wykorzystania starych armat, jako nadzwyczaj wartościowego, biednego w fosfor żelastwa, trzeba było uciec się do krąpania luf na tokarkach. Analiza chemiczna wykazała następujący skład żeliwa: ogólną zawartość C — 3,34%, w tym grafitu 1,97%, Si — 0,57%, Mn — 0,19%, P — 0,09%, S — 0,06%. Obraz metalograficzny był niczem innym, tylko perlitem zwykłym, płatkowym. Stąd widać że już dawno znane były zalety żeliwa nazywanego dziś perlitycznym, które jednak stosowano, nie zdając sobie sprawy ani ze znaczenia jego struktury, ani z warunków tężenia grubszych odlewów, otrzymywanych z wysokowartościowej surówki z pieców na węglu drzewnym. W dobie obecnej, w celu potaniaenia wyrobu, zmuszeni jesteśmy do posługiwania się tworzywem jak najtańszem, czyli surówką wytapianą na koksie, jakoteż druzgiem żeliwnym, często bardzo rozmaitego składu chemicznego, oraz odpadkami własnej odlewni; przeto staje się aktualnem zagadnienie otrzymywania wysokowartościowego żeliwa z tworzyw tanich, zanieczyszczonych szkodliwymi domieszkami, zwłaszcza siarki i fosforu, uszlachetniając je przez dobór odpowiednich warunków termicznych jego przetopu oraz tężenia (a więc przez odpowiednią mikrostrukturę), bądź też stosując sposoby i przyrzą-

<sup>1)</sup> Stahl u. Eisen, 1924, str. 1044.

<sup>2)</sup> Jeszcze nie tak dawno myślało, że w surówkach szarych znajduje się — obok perlitu — cementyt. Jednak długoletnie doświadczenia pracowni Zarządu Głównego Ko-

dy, podnoszące wartość metalu w zbiorniku żeliwiakowym.

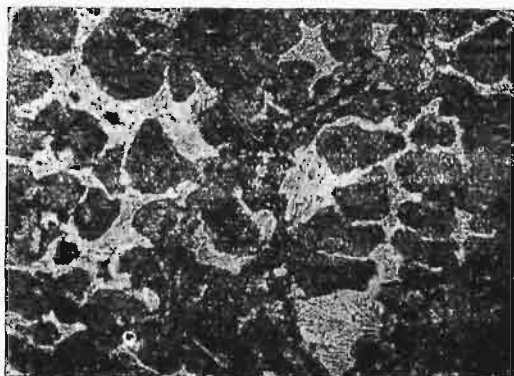
Rozpatrzmy kolejno wszystkie wymienione przed chwilą czynniki, wychodząc z założenia, że żeliwo perlityczne jest ideałem, do którego każda nowoczesna wytwórnia maszyn dążyć powinna.

Jednak przedtem, dla skryształizowania poglądów na własności tej lub innej odmiany strukturalnej żeliwa, przypomnijmy sobie, jakie gatunki żeliwa spotykamy w praktyce. A więc oddawna żeliwo, zarówno jak surówka, dzieli się na białe i na szare, zależnie od postaci, w której znajduje się w niej węgiel: albo w połączeniu chemicznym z żelazem, jako karbid (cementyt), albo jako czysty węgiel (grafit). Ponieważ karbid jest najtwardszym składnikiem w żelazie, posiada surówka biała wysoką twardość i kruchość, jest bardzo trudno obrabialna i dlatego tylko w wyjątkowych wypadkach znajduje zastosowanie praktyczne (przy wyrobie odlewów utwardzonych, tudzież żeliwa kujnego). Surówka zaś szara, wobec braku w niej cementytu, jest miękka, łatwo obrabialna, lecz jednocześnie wskutek zawartości płatków niewytrzymałego grafitu — jest mało wytrzymała na rozzerwanie (wykazując najwyższą 18 kg/mm<sup>2</sup>). Pomiedzy temi dwoma zasadniczymi typami mieści się cała gama t. zw. surówek pośrednich, które mają własności pośrednie między surówką szarą a białą, bowiem zawarty w nich węgiel występuje częściowo w postaci grafitu, częściowo zaś cementytu.

Metalograficznie rzecz przedstawia się w sposób następujący: w surówkach białych (rys. 2) widzimy ciemne wyspy perlitu i jasne pola (nieknięte odczynnikami chemicznymi przy wytrawianiu) t. zw. ledeburytu — mieszanek eutektycznej twardego roztworu (martenzytu), będącego w rozkładzie, oraz grubego wykrystalizowanego cementytu, natomiast przy większych zawartościach węgla podczas powolnego ostygnięcia żelaza wydziela się grafit, tworzący płytki otoczone perlitem<sup>2)</sup>. Obecność krzemu — jak wiadomo — ułatwia powstawanie grafitu, mangan

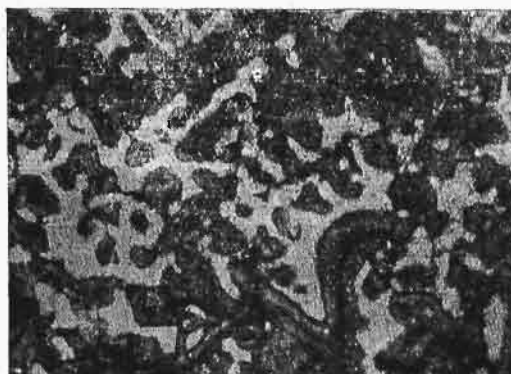
i b) zaczerpnięte z pracy pp. Kuehnel'a i Nese-mann'a (Stahl u. Eisen, 1924, str. 1042), tłumaczą niewłaściwość wskazaną.

Białe pola bynajmniej nie oznaczają karbidu: przy właściwie użytym do wytrawiania odczynniku, odlew maszynowy składa się z siatki perlitycznej, przereźzonej więk-



Rys. a. Cylinder wodny. Prawidłowe wytrawienie roztworem kwasu pikrynowego w alkoholu. (X100).

szymi lub mniejszymi płatami grafitu, oraz eutektyczną mieszaniką żelaza i jego fosfidów. Ponieważ cementyt jest składnikiem nadającym żelazowi nadzwyczajną twardość, przeto zrozumiałem się stąd wymaganie mechaników, aby żeliwo miało strukturę perlityczną i nie zawierało w sobie cementytu.



Rys. b. Pierścień tłokowy. Niewłaściwe wytrawienie roztworem kwasu solnego w alkoholu. (X100).

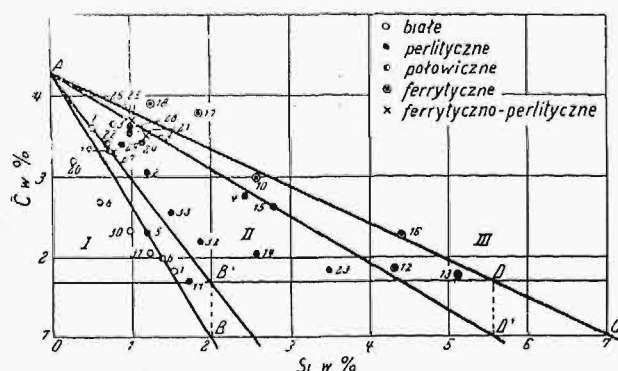
szymi lub mniejszymi płatami grafitu, oraz eutektyczną mieszaniką żelaza i jego fosfidów. Ponieważ cementyt jest składnikiem nadającym żelazowi nadzwyczajną twardość, przeto zrozumiałem się stąd wymaganie mechaników, aby żeliwo miało strukturę perlityczną i nie zawierało w sobie cementytu.

zaś przeciwnie — utrudnia je i powoduje tworzenie się karbidów. Jednak już dawno zauważono, że podział surówki tylko na dwa typy: biały i szary, nie jest słuszny. Zdarzają się bowiem wypadki, gdy zachodzi potrzeba stosowania żeliwa biednego w węgiel i bogatego w krzem, np. wtedy, gdy przy braku surówki (jak to było — między innymi — w czasie wojny) żeliwo otrzymuje się w drodze przetopienia metalu małowęglowego, z dodatkiem do łyżki, względnie do lejnicy, najczęściej jednak do pieca, bogatego (50 — 75% -wego) żelazo-krzemu. Będzie to trzecia, ferrytyczna odmiana żelaza lanego (rys. 3).



Rys. 3. Bardzo miękkie żeliwo ferrytyczne p/g Wuest'a. (X800).

Zasługa podziału żeliwa na trzy główne typy: biały, perlityczny i ferrytyczny, należy do znanego metalurga i metalografa E. Maurer'a<sup>3)</sup>; fakt ten został upamiętniony w ułożonym przez Maurer'a wykresie (rys. 4), gdzie pole I—OAB jest geometrycz-



Rys. 4. Wykres żeliwa podług E. Maurer'a (dla żeliwa wyszczególnionego w tabeli I).

nem miejscem punktów, mających za odcięte zawartości krzemu zaś za rzędne zawartości węgla (należące do żeliwa białego), przyczem w rozumieniu Maurer'a żeliwo białe składa się wyłącznie z ledeburytu. Pole II — BAD należy do żeliwa perlitycznego, pole zaś III (poza linią AC) — do ferrytycznego. Pomiedzy polem I a polem II znajduje się powierzchnia BAB', która mieści w sobie punkty należące do żeliwa połowicznego, typu pośredniego między białem a perlitycznym, zaś powierzchnia D'AD między polem II a III należy do żeliwa perlityczno-ferrytycznego (por. rys. 10). Wykres Maurer'a oparty jest na następujących przesłankach. Na osi rzędnych punkt A odpowiada 4,3% zawartości węgla, t. zn. mieszaninie eutektycznej, zwanej le-

deburylem (w surówkach natomiast szarych eutektyka „grafityczna” zawiera 4,1% C). Następnie, z szeregu doświadczeń Maurer'a wynika, iż stal o zawartości 1% C i 2% Si tężeje, nie wydzielając grafitu. Na tej podstawie został wybrany punkt B, a więc linia AB jako granica, poza którą zaczyna się powstawanie grafitu. Punkt C odpowiada stalom o zawartości 0,8% C i 7% Si, w których — według prac znakomitego Guillet'a — wcale niema karbidów, a więc cały znajdujący się w nich węgiel przybiera postać grafitu. Równoległe do osi odciętych przeprowadza Maurer prostą, która stanowi granicę pomiędzy stalą a surówką, znajdującą się — w myśl wykresu termicznego żelaza — przy 1,7% zawartości węgla. Linja ta przecina prostą AC w punkcie D. Linje AB' i AD' określa się przez punkty B' i D', które są przecięciem prostokątnych BB' i DD' z linią stali, względnie z osią odciętych.

TABELA I.

Próbki (w formie klinów: 450 mm dł. X 50 mm szer. X 100 mm wys.) sporządzone w pracowni zakładów „Fr. Krupp A.-G., Essen” w celu sprawdzenia praktycznej wartości wykresu E. Maurer'a (rys. 4).

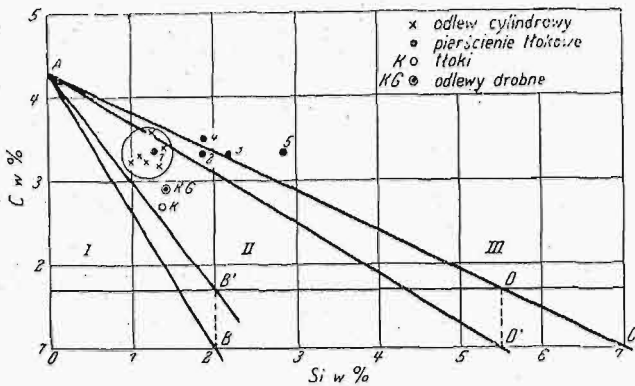
Nr. próbki	C %	Si %	Mn %	Mikrostruktura
1	1,82	1,53	0,98	Biała
2	3,06	1,23	0,92	Perlityczna
3	3,66	0,68	0,91	Perlityczna + trochę karbidu.
4	2,79	2,43	1,25	Perlityczna
5	2,30	1,19	0,87	"
6	2,00	1,38	0,87	" + trochę karbidu.
7	3,60	0,54	1,14	Biała
8	2,68	0,60	0,90	"
9	3,50	1,19	1,00	Perlityczna + trochę ferrytu.
10	3,00	2,60	0,83	Ferrytyczna.
11	1,71	1,71	1,04	Perlityczna.
12	1,85	4,32	1,01	Ferrytyczna.
13	1,78	5,12	1,00	"
14	2,07	2,59	1,03	Perlityczna.
15	2,62	2,80	1,03	"
16	2,28	4,40	1,01	Ferrytyczna.
17	3,80	1,87	0,92	"
18	3,90	1,26	0,96	"
19	3,32	0,73	0,93	Połowiczna.
20	3,20	0,28	1,02	Biała.
21	3,55	1,00	0,94	Perlityczna.
22	3,40	0,70	0,88	Połowiczna.
23	1,85	3,50	1,13	Perlityczna.
24	3,43	1,15	1,06	"
25	3,65	1,02	0,88	Perlityczno-ferrytyczna
26	3,65	1,05	0,90	" "
27	3,30	0,80	0,97	Połowiczna
28	3,60	1,00	1,01	Perlityczna
29	3,40	0,90	0,96	"
30	2,33	0,98	0,71	Biała
31	2,05	1,23	0,85	"
32	2,20	1,88	1,01	Perlityczna
33	2,55	1,50	0,80	"

Zgodność rozumowania powyższego z danymi doświadczalnymi wykazana jest na rys. 4, gdzie oznaczone numerami punkty odpowiadają numerom próbek żeliwa o podanym w tabeli I składzie chemicznym oraz mikrostrukturze. Porównując wyniki badań każdej poszczególnej próbki pod mikroskopem z jej położeniem na wykresie Maurer'a, wyznaczonym zapomocą składu chemicznego, dochodzimy do wniosku, iż żeliwo połowiczne, które jest mieszaniną żeliwa szarego i białego, znajdować się może jednocześnie w kilku polach, przeważnie jednak w pobliżu punktu A, czyli w ostrym kącie (w wierzchołku) wykresu.

Z rys. 4 widzimy również, że w wypadku, gdyby linja AD była przesunięta wlewo (co odpowiada

<sup>3)</sup> Kruppsche Monatshefte, 1924, str. 115/22 oraz „Stahl u. Eisen”, 1924, str. 1522/4.

—nawiasem mówiąc — wymaganiom teorii), wówczas ferrytyczne próbki NN 10, 13 i 16 leżałyby całkowicie w polu III, zaś próbka Nr. 12 znalazłaby się bliżej linii  $AD$ ; jednocześnie perlityczno-ferrytyczne próbki NNr. 9, 25 i 26 wypadłyby całkowicie w polu  $D^1AD$ , czyli na miejscu właściwym.



Rys. 5. Wykres do tabeli II.

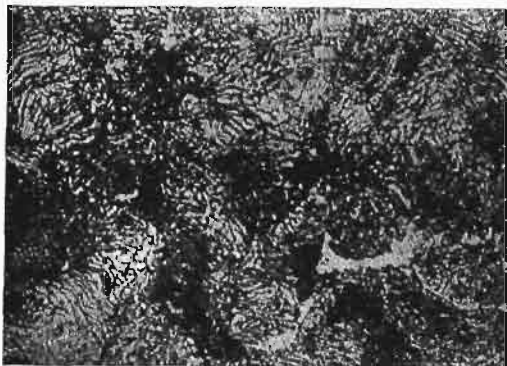
Dla stwierdzenia dokładności wykresu Maurer'a, pracownia zakładów Fr. Krupp A. G. w Essen zbadała chemicznie i metalograficznie kilka odlewów żeliwnych własnego i obcego wyrobu. Wyniki są zestawione w tabeli II oraz na rys. 5.

TABELA II.

Odlewy żeliwne własne i obce, badane w pracowni „Fr. Krupp A.-G., Essen”.

Nazwa	Znak	C %	Si %	Mn %	P %
Pierścienie tłokowe (obce)	1	3,37	1,28	0,74	0,48
	2	3,32	1,86	0,71	0,63
	3	3,29	2,19	0,36	0,54
	4	3,50	1,87	0,30	0,61
	5	3,35	2,84	0,42	0,31
Tłoki, odlewy drobne (własne)	K	2,67	1,37	0,99	0,67
	KG	2,90	1,40	1,05	0,68

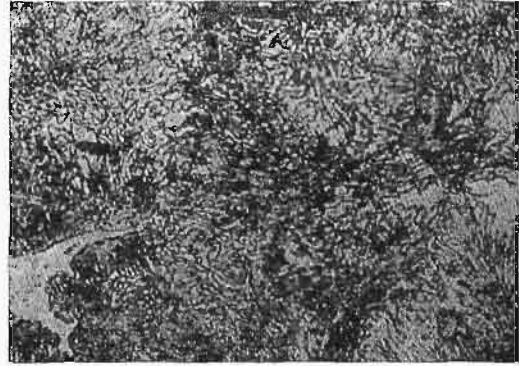
Doświadczenia powyższe stwierdziły, iż wykres Maurer'a w grubym przybliżeniu odpowiada rzeczywistości. Jednak zarzucano mu, że nie uwzględ-



Rys. 6. Żeliwo o zawartości 0,036% S p/g Mehrtens'a. (X 500).

nia termicznych warunków krzepnięcia żeliwa, gdyż na strukturę tego ostatniego, poza składem chemicznym, wywiera bardzo poważny wpływ szybkość ostygnięcia i krzepnięcia odlewu w formie. Słusznie Maurer odpowiada na to, że w takim razie należy zrobić analogiczny, jeśli nie większy, zarzut wykresom Guillet'a, które określają zależność struktury stali specjalnych od ich składu chemicznego.

Nadto, każdy metalurg rozumie, że gdy chodzi o porównanie jakichś własności stali lub surówki, względnie o znalezienie ich współzależności, wtedy dla uproszczenia zadania przestrzega się stałość całego szeregu czynników, podczas gdy jeden lub naj-



Rys. 7. Żeliwo o zawartości 0,110% S p/g Mehrtens'a. (X 500).

wyżej dwa z nich ulegają zmianom i wywołują zjawiska, o które chodzi badaczowi. To też Maurer przypomina, iż wykres jego jest ważny li tylko dla normalnych warunków tężenia i ostygnięcia żeliwa. Warunki te winny być brane pod uwagę przy ustalaniu składu chemicznego odlewu; naprz., chcąc otrzymać strukturę perlityczną w odlewach o bardzo grubych ściankach, należy dobierać ich skład tak, by pozostając w obrębie pola II, trzymać się możliwie bliżej linii  $AB - AB^1$ . W wypadkach szczególnych zachodzi potrzeba, dla otrzymania odlewu perlitycznego, cofnięcia się do pola I (co staje się niezbędne — między innymi — przy odlewie bardzo grubych walców hutniczych o przetomie szarym). Przeciwnie, przy wyrobieniu perlitycznych odlewów cienkich, należy zbliżyć się do linii  $AD^1 - AD$ , wkraczając do pola III.

Z rys. 5 oraz z danych tabeli II wynika również, że większa zawartość manganu (w granicach od 0,3 do 1%), tudzież fosforu (w granicach od 0,31 do



Rys. 8. Zbiornik pary  
Żeliwo perlityczne zwykłe p/g Kuehnel'a i Nesemann'a. (X 100).

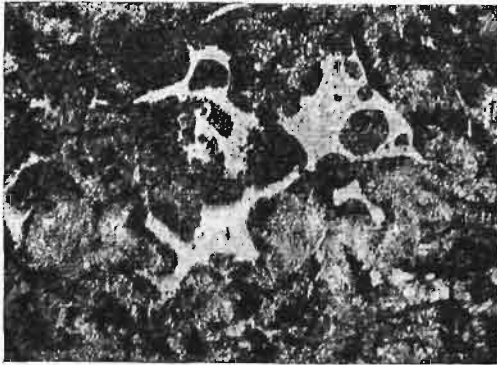
0,68%) nie wpływa na strukturę żeliwa (por. między sobą próby 1, K i KG, lub próby 2, 3, 4 i 5).

Na niezależność struktury perlitycznej od zawartości w żeliwie siarki i fosforu wskazują również obrazy zaczerpnięte z prac Mehrtens'a<sup>4)</sup>, Kuehnel'a i Nesemann'a<sup>5)</sup>, dotyczące odlewu o zawartości siar-

<sup>4)</sup> Stahl u. Eisen, 1925, str. 456.

<sup>5)</sup> Tamże, 1924, str. 1043.

ki 0,036% (rys. 6), 0,110% (rys. 7), następnie odlew o normalnej zawartości fosforu (rys. 8), następnie żeliwa perlitycznego o dużej ilości mieszanki eutektycznej żelaza i jego fosfidów (rys. 9). Z



Rys. 9. Klocek hamulcowy. Żeliwo perlityczne o dużej ilości fosfidów, p/g Kuehnel'a i Nesemann'a. (X 100).

obrazu rys. 9 wynika — między innymi — następujące, bardzo ważne dla praktyki, wskazanie: mianowicie, pomimo powolnego ostygnięcia grubego klocka hamulcowego i pomimo istnienia warunków, przy których mogłyby powstać duże pola eutektyki fosforycznej, nie stwierdzamy żadnego rozpadu mieszanki eutektydalnej — perlitu, która to mieszanka w warunkach powolnego ostygnięcia żeliwa winna była dać większe ilości ferrytu i grafitu (jak np.

na rys. 10). Nie bacząc na powolne chłodzenie, żeliwo zachowało — jak widzimy — swą budowę perlityczną. Na powyższą, bardzo cenną dla praktyki odlewniczej, własność niektórych gatunków żeliwa



Rys. 10. Ferrytyczno-perlityczne żeliwo p/g Goerens'a. (X 500).

wskazuje również sam Maurer, zaś zakładom Krupp'a udało się wynaleźć taki skład chemiczny, który — niezależnie od szybkości krzepnięcia i ostygnięcia żeliwa — daje strukturę perlityczną, przy czym twardość jego wynosi od 220—230 jednostek Brinell'a, wytrzymałość na zginanie — powyżej 60 kg/mm<sup>2</sup>, co odpowiada — jak zobaczymy niżej — wytrzymałości na rozciąganie ok. 28—29 kg/mm<sup>2</sup>. (d. n.).

## O kosztach spawania łukowego<sup>1)</sup>.

Napisał inż. Zygmunt Dobrowolski.

### Spawanie łukowe w naprawach.

Spawanie łukiem elektrycznym, jako względnie nowa metoda łączenia metali, znalazło dotychczas niewielkie zastosowanie w przemyśle. Najcenniejsze usługi oddaje spawanie łukowe w naprawie części maszyn, jak również przy usuwaniu braków wadliwie odlanych lub źle obrabionych przedmiotów. Niezwykła prostota, poręczność i taniść spawania łukowego szczególnie występuje na jaw, gdy trzeba naprawić przedmiot dużych rozmiarów, o skomplikowanych kształtach i bez demontażu.

Mówiąc wówczas o „taniści” spawania, bierze się pod uwagę oszczędności, jakie się uzyskuje przez uniknięcie kosztów sporządzenia nowej części, a przy żeliwie również i modelu, oraz przez znakomite skrócenie czasu naprawy. Niejednokrotnie spawanie łukowe jest jedynym sposobem naprawy bardzo cennych obiektów. Są to jednak okoliczności uboczne, z właściwymi kosztami spawania nie mające nic wspólnego.

Z powodu jednak stosunkowo niskich kosztów spawania w porównaniu z wartością przedmiotów naprawianych, niema podniety do interesowania się ekonomiczną stroną tego sposobu naprawy. Ten brak zainteresowania się kosztami

samemu spawania pochodzi jeszcze stąd, że spawanie stosuje się w przemyśle dopiero od lat 10 i na początku cała uwaga była skierowana na kwestję wytrzymałości, jako najważniejszej dla ogółu technicznego. Pod tym względem zaufanie do spawania łukowego wzrosło o tyle, że dziś trudno już sobie wyobrazić większą wytwórną metalową bez aparatu do spawania łukowego, czy to dla remontu własnych urządzeń, czy dla naprawy braków odlewniczych i obróbkowych.

Dla zilustrowania ważności kalkulacji przy naprawach, podano na rys. 1, jako przykład, koszt „nakładania” — czynności, którą przy naprawach często się stosuje. Widać, że użycie 3 mm-owej elektrody zamiast 5 mm-owej podraża nakładanie o 60—90%. W wykresie tym uwzględniono jedynie robociznę i koszt elektrod, przytem wzięto pod uwagę najtańsze z elektrod powlekanych. Gdyby doliczyć koszt energii i kosztu dodatkowe oraz użyć elektrod droższych, to różnice byłyby jeszcze jaskrawsze.

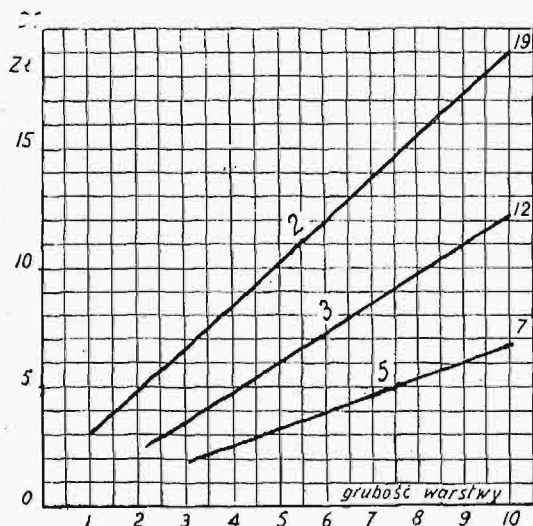
### Spawanie w produkcji.

Przy wyrobie nowych przedmiotów, spawanie łukowe może nie tylko konkurować z innymi sposobami łączenia, jak spawanie acetelnowe i nitowanie, lecz również zmienić sposób fabrykacji. Przykładem tego może być naprz. wykonanie z żelaza handlowego przedmiotów o kształtach

<sup>1)</sup> Referat wygłoszony na Konferencji warsztatowo-kolejowej Stow. Inż. Mech. Polskich w Poznaniu dn. 8 maja r. b.

skomplikowanych, które dotychczas trzeba było odlewać lub wykuiwać.

Naogół spawanie łukowe znajduje szersze zastosowanie przy wyrobie wszelkiego rodzaju zbiorników na niskie ciśnienie, kołnierzy na przewodach, skrzynek, lżejszych konstrukcji żelaznych, przewodów, osłon i wogóle wszelkich urządzeń, w których ma zastosowanie nitowanie.



Rys. 1. Koszt nakładania w zależności od grubości warstwy i średnicy elektrody. Cyfry na krzywych oznaczają grubość elektrody.

Wytwórnia, po ustaleniu, że przy wyrobie danego przedmiotu spawanie łukowe może być uznane pod względem własności mechanicznych za równoważące z innym dotychczasowym sposobem łączenia, musi zorientować się z góry, jakie koszty pociągnie za sobą nowy sposób fabrykacji. Dane, znajdujące się w katalogach firm, wytwarzających elektrody i aparaty, nie mogą być miarodajne. Również mało mówią pokazy krótkotrwałe. Nic łatwiejszego, jak stwierdzić, ile spawacz może zrobić w ciągu godziny, ale te cyfry znacznie się różnią od tego, co można otrzymać trwałe w ciągu całego dnia. Dodawanie do danych, otrzymanych z pokazów, pewnych procentów na straty, wziętych dowolnie, nie jest niczem usprawiedliwione.<sup>1)</sup> Tylko praktyka może wskazać, w jakim stosunku stoi czas spawania do czasu roboczego.

My tej praktyki mamy jeszcze mało, dobrych wyszkolonych znawców jest niewiele, dlatego i wydajność spawalni nie może być w skutkach wielka. W tym wypadku branie za podstawę cyfr reklamowych może być w skutkach niebezpieczne. Szczególniej dotyczy to wytwórni, które nie mają jeszcze spawalni elektrycznej i mają zamiar ją założyć dla pewnych określonych robót. Jesteśmy świadkami w dobie obecnej silnej propagandy za wprowadzeniem spawania do produkcji; w wielu wypadkach jest to wskazane, należy tylko baczyć, aby rozwój spawania łukowego był oparty na zdrowych zasadach kalkulacyjnych. Wprowadzenie spawania łukowego tam, gdzie nie daje ono

wyraźnych korzyści, zaszkodziłoby tylko jego rozwojowi.

Z drugiej strony, nawet w wypadkach, gdy spawanie powinno być tańsze, nie przynosi ono często spodziewanych korzyści z powodu niedostatecznej znajomości czynników, które składają się na koszty spawania łukowego. Nic łatwiejszego, jak marnotrawić czas i pieniądze w spawalni, i to zupełnie niepostrzeżenie.

W tych okolicznościach, zaznajomienie się z elementami kosztów spawania i z wynikami osiągniętymi w praktyce na naszym gruncie może dać pewną orientację wytwórniom, zamierzającym wprowadzić u siebie spawanie łukowe.

### Rodzaj aparatu i zakres spawania.

Stosowanie prądu stałego jest w obecnej chwili najbardziej rozpowszechnione; aparaty używane do spawania są to przetwornice o mocy 5—10 kW i dane zamieszczone niżej odnoszą się do tego typu aparatów. Mimochodem należy tu zaznaczyć, że spawanie prądem zmiennym, przy pomocy transformatorów, ma pod względem ekonomicznym znaczną przewagę, i rozwój spawania elektrycznego idzie w kierunku zastąpienia prądu stałego prądem zmiennym.

Aparatami wyżej wspomnianymi można spawać blachy grubości od 3 mm wzwyż. Cieńsze blachy spawa się ekonomiczniej palnikiem acetylenowym. Najważniejsza zaleta spawania łukowego: małe zużycie energii cieplnej z powodu nagrzewania przedmiotu tylko w miejscu bezpośrednio spawanym, nie gra przy cienkich blachach roli, prócz tego szew z pod palnika acetylenowego wychodzi tutaj gładki i robota odbywa się szybciej.

### Podział kosztów spawania.

Koszty własne spawania łukowego składają się z następujących pozycji:

- koszt materiału,
- koszt robocizny,
- koszt energii,
- koszty dodatkowe na konserwację, amortyzację i oprocentowanie kapitału.

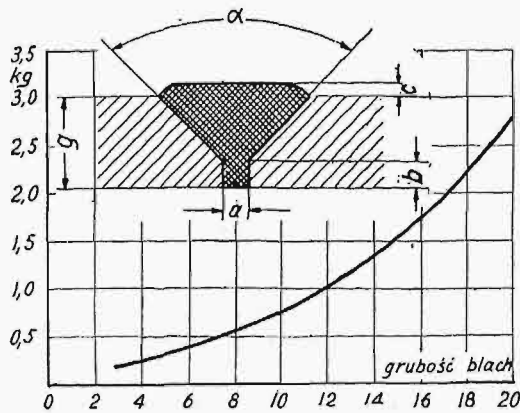
Do tych kosztów dochodzą jeszcze koszty na przygotowanie przedmiotu do spawania (ścianienie brzegów, czyszczenie, złożenie i zamocowanie części łączonych) i po spawaniu (ewentualne wygładzenie szwu), oraz koszty ogólne wytwórni.

### Zużycie materiału.

Przy spawaniu, końce elektrody pozostają niezżyte, część materiału ulega spaleni i rozpryskaniu przez łuk i w rezultacie ciężar materiału osadzonego w spoinie (spoiwa) wynosi około 75% ciężaru elektrod. Nie można z góry ściśle określić, ile materiału potrzeba na spoinę na styk blach określonej grubości, gdyż szczelina nie ma zwykle dokładnych kształtów. Blachy ścina się przeważnie ręcznie, młotkiem pneumatycznym, więc trudno o dokładność, a niewielkie różnice w pochyłości krawędzi i szerokości szczeliny dają znaczne różnice w objętości szczeliny i ilości spoiwa. W wypadku szczeliny kształtu litery V o wymiarach według tabeli I, ciężar zużywanych elektrod na

<sup>1)</sup> Pewna niemiecka wytwórnia aparatów radzi dodawać do czystego czasu spawania od 45 do 135%, w celu otrzymania całkowitego czasu roboczego.

1 m b. szwu podaje rys. 2. Przy każdej robocie należy się dobrze zastanowić, jaki kształt ma posiadać szew, aby wymaganiom wytrzymałości zadość uczynić, a materiału zużyć o ile można najmniej.



Rys. 2.

Ciężar zużytych elektrod na 1 m bież. szwu.

Jeżeli dostęp do szwu jest z obu stron, to szew może mieć kształt litery X, zużycie materiału jest wówczas prawie 2 razy mniejsze. Spawanie na X przedstawia więc pod względem ekonomicznym

Tabela I

Wymiary szczeliny w mm między blachami spawanymi na styk (p. rys. 2).

g	3—6	5—12	10—20
a	120°—90°	90°—60°	60°
a	1—2	2—3	3—4
b	do 1	1—2	2—4
c	1	2	2—3

znaczne korzyści w porównaniu do spawania na V i należy je zawsze stosować, o ile tylko to jest możliwe, tembardziej, że pod względem wytrzymałości jest ono również korzystniejsze.

### Średnica elektrod.

Zwykle używane aparaty na prąd stały pozwalają na stosowanie drutu, wzgl. elektrod, o średnicy od 2 do 6 mm. Dobór średnicy elektrody odpowiednio do grubości blachy spawanej jest rzeczą pierwszorzędną wagi ze względu na ekonomję spawania. W tabeli II zamieszczono ogólne wytyczne w tym względzie.

Tabela II.

Wydajność aparatu łukowego

grubość blachy mm	Ø elektrody mm	Ciężar topionych elektrod, kg/godz.
3	2	0,2
4—6	3	0,4
6—10	4	0,6
10—15	4—5	0,6—0,8
> 15	5—6	0,8—1,1

Oczywiście, w węższej części szczeliny i na powierzchni szwu, używa się zwykle cieńszych elektrod powleczonych. Używając np. elektrod

2 mm zamiast 4 mm, płaci się za kg elektrod 2 razy więcej, a robocizna kosztuje 3 razy więcej.

Ceny elektrod różnią się znacznie, zależnie od wytwórni, gatunku i średnicy elektrody. Załączona tabela III ilustruje stosunek cen 4-ch najbardziej u nas znanych wytwórni elektrod; wzięto pod uwagę gatunki dające spojenia o równej mniej więcej wytrzymałości. Cenę drutu o średnicy 5 mm pewnej wytwórni A przyjęto równą 100.

Tabela III.

Porównanie cen elektrod 4-ch wytwórni

Wytwórnia	Ø 5 mm	Ø 4 mm	Ø 3 mm	Ø 2 mm
A	100	115	175	285
B	125	130	185	310
C	—	140	145	—
D	170	210	280	405

Różnice w cenie, jak widać, są bardzo duże.

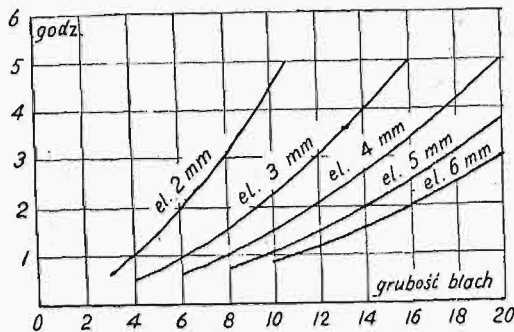
Spawalnia powinna być zaopatrzona w elektrody różnej grubości i różnych gatunków i nie powinno się pozostawiać spawaczowi wolnego wyboru elektrod, lecz rodzaj i średnica ich musi być wyznaczona przez kierownika spawalni. Nie należy również bezkrytycznie używać elektrod tam, gdzie można spawać gołym drutem. Naogół elektrod używamy do połączeń, od których wymaga się szelności lub znacznej wytrzymałości, przy przeważnej ilości robót wystarczy zwykły miękki drut żarzony. Obecnie, w przeważnej liczbie wypadków, używanie tych elektrod, a nie innych, jest dziełem przypadku. Trzeba byłoby dokonać wielkiej ilości prób, aby móc wyciągnąć zupełnie pewne wnioski, co do wartości elektrod różnych gatunków i różnych firm, a to jest zbyt kosztowne nawet dla dużej wytwórni, a dla małej zgoła niemożliwe. Może w przyszłości powstanie Polskie Stow. Spawania na wzór amerykańskiego: „Welding Society”, przy którym zainteresowany przemysł utrzymywałby biuro badań; obecnie dobór elektrod odpowiednich do materiału spawanego i rodzaju spojenia jest bardzo utrudniony.

Naogół należy zaznaczyć, że droższe elektrody są lepsze, bywa jednak odwrotnie; często się zdarza, że różnice w cenach nie są współmierne z różnicami w dobroci spojenia. W pewnym wypadku stosunek wytrzymałości spojenia wykonanego gołym drutem, elektrodami X i elektrodami Y był równy 1 : 1,4 : 1,6, a stosunek cen był 1 : 4 : 7. Oczywiście, przy naprawie stalowej części maszyny, gdzie jak największa wytrzymałość jest potrzebna, a robota jest jednorazowa, użyć można elektrod Y, lecz błędem byłoby używać ich do produkcji większej ilości zbiorników z żelaza zlewne, osiągając w spojeniu większą wytrzymałość niż w samej blasze, gdy mogą wystarczyć tańsze elektrody X lub drut goły.

### Czas spawania.

W tabeli II podano ciężar elektrod, topionych na godzinę przez przeciętnego spawacza, w normalnych warunkach pracy warsztatowej, przy robotach różnorodnych.

Przy określaniu czasu spawania, należy uwzględnić straty na założenie i zdjęcie przedmiotu, oraz na odpoczynkowe przerwy w pracy. Jeżeli jest w robocie dużo drobnych przedmiotów, spawacz dostatecznie wypoczywa w przerwach przymusowych, w przeciwnym razie musi w pewnych odstępach czasu nieco odpocząć. Konieczność bardzo dokładnego ruchu ręki powoduje szybkie zmęczenie mięśni, wyczerpana uwaga skie-



Rys. 3. Czas spawania 1 m bieg. blach elektrodami różnej średnicy.

rowana na płomyk łuku, migający na czarnem tle, nuży równie szybko umysł, jak wzrok. Maską utrudnia dostęp powietrza, które pozatem jest zanieczyszczone gazami wydobywającymi się z krateru łuku. Z tego powodu praca spawacza musi być traktowana tak, jak najcięższa praca fizyczna.

Na rys. 3 podano czas spawania 1 m b. blach elektrodami różnej średnicy. Widać tu, jak bardzo różni się czas spawania tej samej blachy elektrodami różnej średnicy i jak niezwykle ważną sprawą jest dobór odpowiedniej średnicy drutu do grubości szwu.

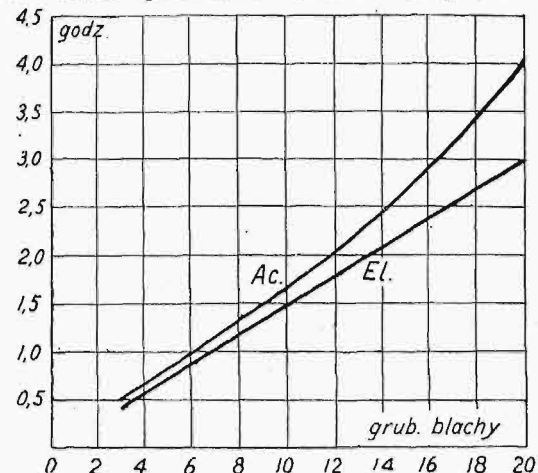
W założeniu, że do spawania używa się elektrod średnicy właściwej, wszystkie krzywe z rys. 3 można zredukować w jeden wykres, przedstawiony na rys. 4. Przedstawia on przeciętną wydajność spawania, trwale osiągalną w ciągu 8 godz. dnia roboczego, bez specjalnych trudności. Należy tę krzywą uważać za podstawę do ogólnej orientacji. Dobry spawacz powinien osiągnąć wyniki korzystniejsze, szczególnie, jeżeli robi stale jedną robotę. Dla porównania, podano krzywą przeciętnej wydajności dobrego spawacza acetylenowego, w podobnych warunkach pracy.

Do wszelkich robót przygotowawczych, jak ścinanie krawędzi, skręcanie blach, przenoszenie przedmiotów do aparatu i t. p., powinno się używać pomocniczej siły roboczej nie tylko ze względu na tańszą robociznę, ale również dlatego, że spawacz powinien unikać wysiłków ręcznych, które później odbijają się na równości łuku i dobroci szwu. Lepiej jest przestrzegać zasady, że spawacz tylko spawa. Robocizna pomocy obciąża również spawanie i przy kalkulacji nie trzeba o tej pozycji zapominać.

#### Rozchód energii.

Do stopienia 1 kg żelaza trzeba teoretycznie około 260 Kal, co przedstawia około 0,31 kWh. Nie tylko elektrody topi się przy spawaniu, ale i warstwę przedmiotu spawanego; topienie tu odbywa się w bardzo niekorzystnych warunkach, przy silnem

chłodzeniu powietrzem i energicznym odprowadzaniu ciepła przez przedmiot spawany. Oprócz normalnych strat energii w łuku elektrycznym, dochodzą straty na bieg jałowy aparatu w czasie przerw, oraz mała sprawność przetwornicy (45—50%).

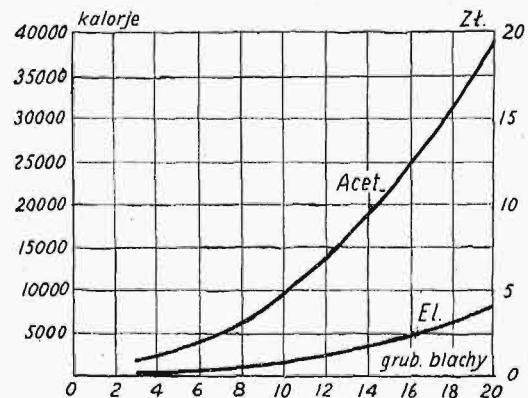


Rys. 4. Przeciętna wydajność spawania elektrycznego i acetylenowego w ciągu 8 godzin pracy.

W rezultacie na stopienie 1 kg elektrod prądem stałym pobiera się przeciętnie z sieci około 6,7 kWh prądu. Przy spawaniu prądem zmiennym, zużycie energii jest znacznie mniejsze.

#### Koszty dodatkowe.

Koszt aparatu na prąd stały wynosi od 600 do 1000 dol. amer., koszt zaś instalacji zależy od miejscowych warunków. Licząc 10% na oprocentowanie kapitału, 15% na amortyzację i 5% na konserwację, otrzymamy roczne koszty dodatkowe w wysokości 30% ceny instalacji. Przy zatrudnieniu aparatu, wynoszącym 2000 godz. rocznie, koszty te wynoszą około 1 zł. na godz.



Rys. 5. Porównanie rozchodu energii i jej kosztu przy spawaniu łukowym i acetylenowym.

Aby zmniejszyć te koszty dodatkowe, należy starać się wyzyskać aparat. Jeżeli jest w spawalni kilka aparatów, opłaci się mieć większą ilość spawaczy niż jest aparatów, aby odpoczynek spawacza nie pociągał za sobą przerw w robocie. Zależnie od rodzaju produkcji, przerwy muszą być dłuższe lub krótsze. Przy drobnych przedmiotach, czas odpoczynku pokrywa się z czasem, jakiego trzeba użyć na przełożenie przewodnika z jednego przedmiotu na drugi, jeżeli zaś szew jest długi i wielowarstwowy, przerwy odpoczynkowe są konieczne. Pozostawić długość tych odpoczynków uznaniu spawaczy



nie można. Należy tak dobrać ilość spawaczy do rodzaju pracy, żeby można było wymagać od spawalni stałego zatrudnienia aparatów i usunąć zupełnie odpoczynek spawacza przy aparacie.

Z takiego zorganizowania pracy wynikają liczne korzyści. Wszyscy spawacze odpoczywają jednakowo, w odstępach miarowych, gdyż wzajemnie się kontrolują, pilnując dokładnie chwili, w której powinni się zmieniać przy aparacie.

Nadzór ma wtedy ułatwione zadanie, gdyż tylko pilnuje stałego zatrudnienia maszyny, a nie robotnika. Ilość wykonanej roboty wzrasta, gdyż unormowane przerwy zawsze są krótsze od dowolnych, choćby robotnicy byli pilni z natury. Przytem wydajność poszczególnego aparatu jest większa, np. trzech spawaczy na dwóch aparatach może wykonać tę samą ilość pracy co na trzech, a koszty dodatkowe są wtedy mniejsze, nie mówiąc o oszczędności na kosztach zakładowych instalacji i o redukcji biegu jałowego aparatów.

**Porównanie ze spawaniem acetylenowym.**

Firmy, reklamujące spawanie łukowe, używają często porównania ze spawaniem acetylenowym, w celu wykazania zalet spawania łukowego.

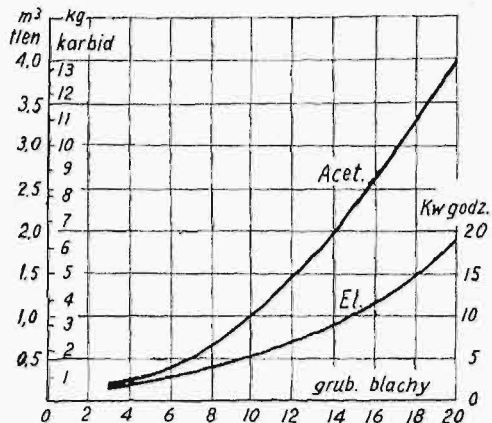
Porównanie ze spawaniem acetylenowym, znaniem i stosowaniem powszechnie, może dać dobry pogląd na ekonomiczność spawania elektrycznego. Jednak zastawienie przeciętnych wyników spawania acetylenowego jest jeszcze trudniejsze, niż dla łukowego. Przy dzisiejszym sposobie szkolenia spawaczy, wyprowadzić jakiegokolwiek przeciętne cyfry co do czasu i materiału (tlenu, karbidu) zużytego, które mogłyby być miarodajne dla kalkulacji, jest prawie niemożliwe. O ile przy spawaniu łukowym ilość topionego materiału przy danym natężeniu prądu i danej średnicy drutu, przy unormowanych przerwach na odpoczynek, da się jako tako ustalić, o tyle przy spawaniu acetylenowym, gdzie biegłość spawacza decyduje o wszystkim, wahania stuprocentowe w wydajności i w użyciu paliwa nie należą do rzadkości. Nawet przy założeniu, że spawacz używa dyszy odpowiedniej wielkości i szczelina jest odpowiednio przygotowana, wydajność zależy od sposobu prowadzenia palnika, od pozycji spawacza w stosunku do kierunku szwu, od ciśnienia gazów, od ich czystości, od rodzaju i wielkości aparatu i t. p. Konieczność przeciwdziałania pofałdowaniu się blach w czasie spawania (czego się nie zdarza przy spawaniu łukowym), wymaga dodatkowych zabiegów w czasie spawania i prostowania blach po spawaniu, co zależne jest również od stanu blach i od kształtu przedmiotu spawanego; stąd przerwy i dodatkowa robocizna, często przewyższająca właściwy czas spawania, której rozmiar określić można tylko w bardzo grubym przybliżeniu.

Z powodu tych trudności, wszelkie porównanie kosztów ma wartość problematyczną i zależnie od rodzaju produkcji i miejscowych warunków wyniki tego porównania będą bardzo różne. Na rys. 5—8 przedstawiono próbę porównania spawania acetylenowego z łukowym. Wszystkie wykresy odnoszą się do pracy 8-godzinnej w zwykłych warunkach warsztatowych.

Z rysunków tych widać, że przewaga spawania

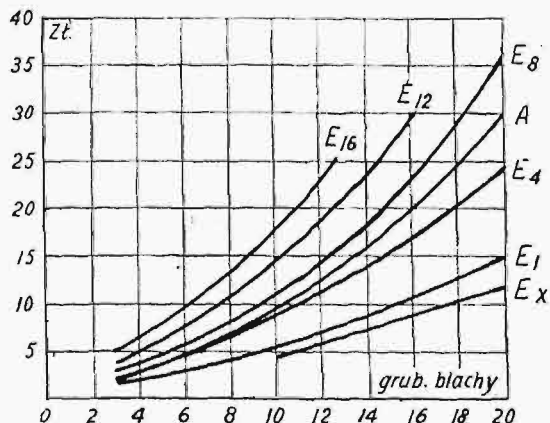
łukowego nad acetylenowym akcentuje się coraz silniej w miarę zwiększania się grubości blachy spawanej, co jest zupełnie zrozumiałe, ze względu na warunki termiczne obu tych sposobów.

Na rys. 5 podano ilość i koszt energii zużywanej na spojenie 1 m b. blachy obu sposobami, t. j. wartość opałową acetylenu dostarczonego do palnika i energję prądu roboczego, doprowadzoną do



Rys. 6. Rozchód tlenu i karbidu na spawanie acetylenowe oraz energii elektr. na spawanie łukowe.

przedmiotu spawanego, wyrażoną w kalorjach. Koszt jednostkowy w ten sposób obliczonej energii jest w obu wypadkach ten sam (mniej więcej 50 groszy za tysiąc kaloryj), przyjmując cenę karbidu 70 gr. za kg, tlenu — 2 zł. 50 za m<sup>3</sup>, prądu — 23 gr. za kWh i sprawność aparatu 45%. Na rys. 7 podano koszty spawania acetylenowego i elektrycznego: robocizny (bez pomocników), materiału, energii, oraz koszt amortyzacji i oprocentowania urządzenia. Krzywa A odnosi się do spawania acetylenowego, a krzywe E<sub>1</sub>, E<sub>4</sub>, E<sub>8</sub>, E<sub>12</sub> i E<sub>16</sub> — do



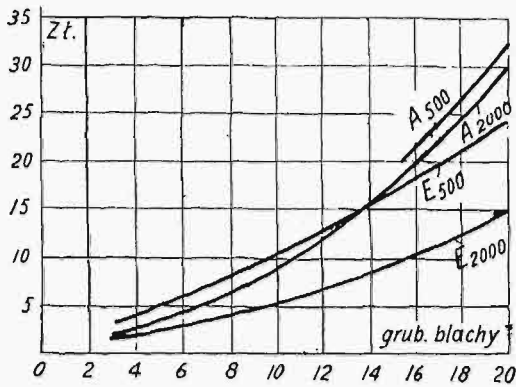
Rys. 7. Koszt spawania elektrodami różnej średnicy.

łukowego, w założeniu, że szczelina ma kształt jak na rys. 2. Krzywą E<sub>1</sub> wyrysowano dla spawania zwykłego drutem, E<sub>4</sub> — elektrodami w cenie 4 zł., E<sub>8</sub> — w cenie 8 zł., E<sub>12</sub> — 12 zł. i E<sub>16</sub> — 16 zł. za kg. Dla porównania, podano również koszt spawania łukowego na X zwykłym drutem — krzywa E<sub>x</sub>.

Widzimy, że koszt elektrod odgrywa decydującą rolę w konkurencji spawania łukowego z acetylenem pod względem ekonomicznym. Kwestja tanich elektrod jest więc sprawą pierwszorzędną wagi

dla dalszego rozwoju spawania łukowego.

Ponieważ cieńsze blachy spawa się cieńszymi elektrodami, które są znacznie droższe, przeto dla dolnej części wykresu będą ważne krzywe  $E_{10}$ ,  $E_{12}$  i  $E_8$ , dla środkowej —  $E_{12}$ ,  $E_8$  i  $E_4$ , a dla górnej  $E_8$  i  $E_4$ , zależnie od marki elektrod.



Rys. 8. Koszty spawania acetylenowego i elektrycznego w zależności od stopnia wyzyskania aparatu.

Jaką rolę odgrywa wyzyskanie aparatu, wskazuje rys. 8.  $E_{2000}$  i  $E_{500}$  ilustrują koszty spawania łukowego przy 2000 i 500 godz. zatrudnienia aparatu na rok, zaś krzywe  $A_{2000}$  i  $A_{500}$  odnoszą się do spawania acetylenowego. Niedostateczne wyzyskanie aparatu elektrycznego pociąga za sobą znaczny wzrost kosztów, w przeciwieństwie do spawania ace-

tylenowego, gdzie z powodu niewielkich kosztów zakładowych stopień wyzyskania urządzenia mało wpływa na wysokość kosztów spawania.

Ponieważ przy spawaniu cienkich blach (< 3 mm) aparat również nie jest wyzyskany, koszty dodatkowe stanowią bardzo ważną pozycję w dolnych częściach krzywych  $E$  na rys. 7.

#### Warunki rentowności spawania łukowego.

Reasumując powyższe, dochodzimy do wniosku, że najważniejszy wpływ na ekonomiczność spawania elektrycznego mają następujące czynniki:

1) dobór odpowiedniej grubości drutu (elektrod) do rodzaju roboty;

2) używanie elektrod powlekanych tylko w koniecznych wypadkach, a wtedy niezbyt drogie; tu niezbędna jest dobra orientacja co do jakości i ceny elektrod znajdujących się na rynku, gdyż różnice są znaczne;

3) odpowiednie zorganizowanie personelu, aby spawacz zajęty był tylko spawaniem, a aparat stale był obciążony;

4) wielkość produkcji, umożliwiająca stałe zatrudnienie aparatu.

Oczywiście, powyższe warunki wymagają inteligentnego zarządzania spawalnią, chociażby w spawalni był tylko jeden aparat, gdyż — jak widać z rys. 3 i 7 — różnice w wydajności i kosztach mogą być poważne, i dla jednego tylko aparatu mogą się wyrazić kwotą większą, niż przeciętne wynagrodzenie inżyniera ruchu.

## Krótki zarys rozwoju budowy mostów kolejowych w ciągu stulecia 1825—1925,

ze szczególnym uwzględnieniem prac Inżynierów Polaków.<sup>1)</sup>

Napisał Prof. Dr. Inż. St. Kunicki.

**P**olscy inżynierowie, pozostający w ścisłej łączności z jedyną wówczas polską wyższą uczelnią techniczną, a mianowicie Lwowską Politechniką, wypracowali swoje osobliwe polskie typy drewnianych dźwigarów mostowych, w postaci kratownic, zastosowane do warunków miejscowych.

Są to systemy, opracowane przez: 1) ś. p. Prof. Rychtera \*) (rys. 25); 2) inż. Ibjńskiego (rys. 26) i 3) inż. Pintowskiego (rys. 27).

Dźwigary te zostały szczegółowo opisane w „Przeglądzie Technicznym” w r. 1897 przez prof. d-ra M. Thulliego, oraz w czasopiśmie Zeitschrift d. Oesterr. Ing.- u. Arch. Vereines w r. 1897\*\*). Oprócz tego w dziełach prof. Heinzerling'a w Handbuch der Ingenieurwissenschaften, t. III. Der Brückenbau i prof. d-ra Melana „Hölzerne Brücken” znajdujemy opisy i zaszczytne wzmianki o wskazanych powyżej systemach drewnianych dźwigarów mostowych;

<sup>1)</sup> Dokończenie do str. 673 w Nr. 29—30 z r. b.

<sup>\*)</sup> Znanego autora dzieła „Budownictwo Wodne”.

<sup>\*\*)</sup> Max Ritter von Thullie. Hölzerne Gitterbrücken in Galizien. Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch. Ver. Wien, 1897, Nr. 23.

Odznaczają się one wyjątkowem użyciem drzewa, bez prętów żelaznych, i mają zastosowanie w tych wypadkach, gdzie jest pod ręką dobry i dużych wymiarów poprzecznych tani budulec drewniany, jak to ma miejsce naprzykład w Małopolsce wschodniej, gdzie natomiast żelazo jest stosunkowo drogie.

Dla wywołania nateżeń w prętach kraty, używane są w polskich systemach dźwigarów drewnianych kliny dębowe. W systemie prof. Rychtera klinami naciąga się pionowe podwójne pręty drewniane (ściągacze), zaś w systemie Pintowskiego — rozciągane skosy (także podwójne).

Przy zupełnem unikaniu prętów żelaznych, połączenia węzłowe w kratownicach drewnianych z konieczności stają się nieco skomplikowane. Lecz właśnie rysunki tych połączeń, między pasami i prętami kraty, uwiadcniają pomysłowość i racjonalność projektowania, oraz nadzwyczaj staranne i precyzyjne opracowanie szczegółów.

Omawiane dźwigary mostowe polskich systemów były zastosowane w Małopolsce do mostów drogowych; mianowicie, według systemu inż. Pintowskiego zbudowany był w 1890 r. most na rze-

ce Strypie koło Buczacza, o rozpiętości 25 m, a według systemu prof. Rychtera — mosty na Dunajcu koło Gołkovic, z czterema przęsłami po 36 m rozp. i na Sanie w Jarosławiu z dwoma przęsłami po 44 m, w roku 1885.\*)

Jednakże próbne projekty wykazały, że te same systemy dźwigarów mogłyby być zastosowane i do prowizorycznych mostów kolejowych, przy stosunkowo niewielkich rozpiętościach. Wobec powyższego, możemy powiedzieć, że w dziedzinie mostowego budownictwa drewnianego posiadamy polską szkołę, podobnie jak w architekturze mamy polski styl i polską szkołę.

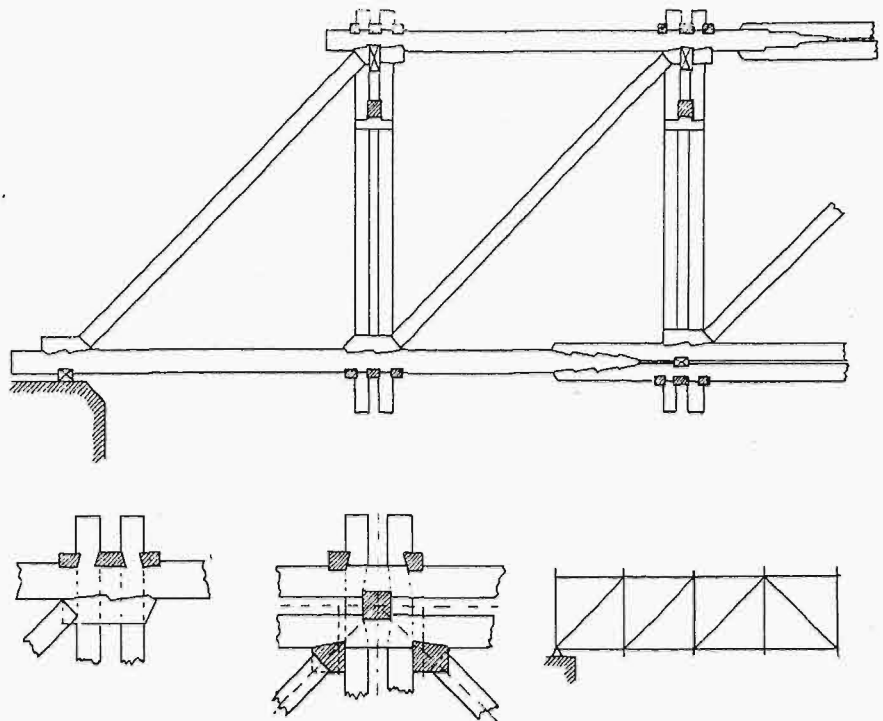
Polska szkoła budownictwa mostowego promieniowała podczas wojny światowej (1914 — 1918 r.) i na sąsiednią Rosję, jak to wskazane jest poniżej. Podczas tej wojny, kiedy zabrakło żelaza do budowy mostów, gdyż cały materiał żelazny był używany do wyrobu pocisków i częściowo taboru kolejowego, trzeba było używać do budowy nowych mostów kolejowych dźwigarów drewnianych o rozpiętościach od 10 do 40 metrów.

W ten sposób, po siedemdziesięciu przeszło latach, kiedy budowano w Ameryce i w Europie (Rosji) drewniane mosty kolejowe większych rozpiętości, nastąpił znów okres zastosowania drzewa do budowy większych mostów kolejowych.

Jednakże warunki, w których podczas wojny światowej (1914 — 1918 r.) budowano mosty kolejowe drewniane, były całkiem odmienne od poprzednich. Zrozumiała konieczność pośpiechu tej budowy, powodowała niemożność należytego suszenia budulca, a tembardziej nasycania ochronnego; z drugiej strony, brakło budulca dużych wymiarów i odpowiedniego gatunku, wskutek wyrąbania lasów, a jednocześnie wzrosły znacznie wymagania co do obciążeń ruchomych w porównaniu z obciążeniami z lat 1840 — 1850, wreszcie brak było specjalnie wyszkolonego do budowy mostów drewnianych niższego personelu technicznego.

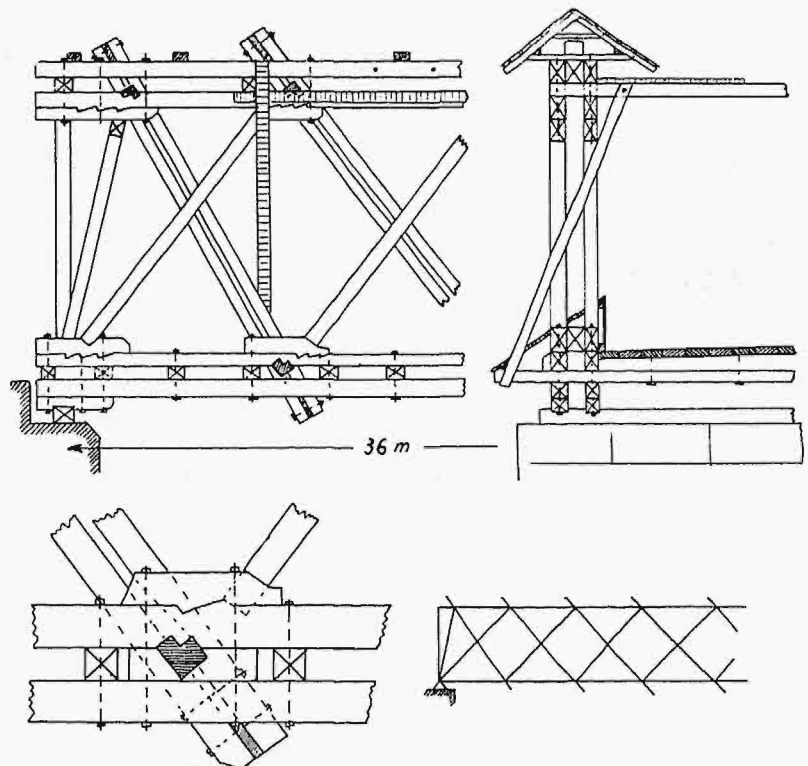
Przyczyny te składały się na to, że mosty drewniane kolejowe, budowane w czasie wojny światowej, z konieczności były budowlami prowizorycznymi, obliczonymi na krótki czas trwa-

nia, około lat pięciu, dopuszczalne naprężenia drzewa były zazwyczaj powiększane o 25% w stosunku do normalnych i stosowane były takie syste-



Rys. 25. Dźwigar syst. prof. Rychtera.

my budowli, które dawały możliwość wykorzystania znajdującego się pod ręką miejscowego budulca



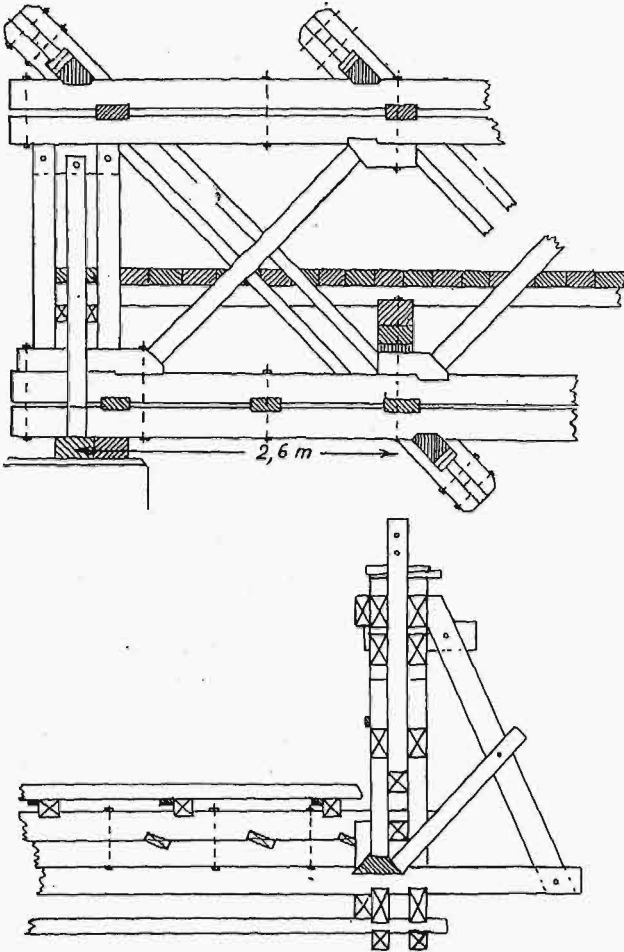
Rys. 26. Ustrój dźwigara mostowego syst. inż. Ibjńskiego.

o stosunkowo małym przekroju. Z tego powodu zwrócono się znów do szerokiego zastosowania desek drewnianych, stawianych na kant.

Ten materiał, należycie wyzyskany, dał mnóstwo nowych ekonomicznych typów drewnia-

\*) Patrz Heinzerling. Hölzerne Brücken. Der Brückenbau. II Teil. d. Handb. der Ingenieurwissenschaften. II Band (1904), str. 47.

nych budowli, zaprojektowanych w Rosji (prof. Paton, inż. Borowik i in.), a szczególnie w Niemczech, i starannie obliczonych na podstawie nowoczesnych metod statyki budowli. W liczbie tych ustrojów spotykamy zarówno mosty, jak i więzary dachowe (np. pokrycie drewniane głównego dworca w Warszawie, systemu Pol-Stephan, dachy deskowe inż. Brody i t. p.).



Rys. 27. Ustrój dźwigara syst. Inż. Pintowskiego.

Naturalnie, jednocześnie stosowano najrozmaitsze połączenia budulca drewnianego z żelazem, np. filary (jarzma) wykonywano z drzewa zaś przęsła z belek żelaznych walcowanych, łuki drewniane z desek ze ściągaczami żelaznymi i t. p.

Przytem znów powrócił do użytku stary system Town'a, gdyż dawał możliwość bardzo łatwego i prędkiego wykonania dźwigarów mostowych. Takie dźwigary, o kilku rozmaitych rozpiętościach typowych, przygotowywano w Rosji, podczas wojny, na zapas i przewożono następnie na miejsca robót.

Oprócz tego stosowano podczas wojny światowej bardzo szeroko drewniane dźwigary mostowe systemu podobnego do Town'a, t. j. także z desek postawionych na kant, ale z pełną ścianką. Ukośne deski w ściance przylegały w tym systemie jedna do drugiej bez odstępów, a z obu stron tych ukośnych desek przymocowane były deski poziome, także ściśle jedna do drugiej przylegające. System ten, znany w Rosji pod nazwą systemu L e m b k e, wskazany jest na rys. 28. W Niemczech

i w Austrii system ten nazywany jest systemem rosyjskim.

Doświadczenie wojny światowej wykazało jednak, że obydwa systemy drewnianych dźwigarów Town'a i Lembke posiadają jedną kardynalną wadę, mianowicie mają znaczną powierzchnię wzajemnego przylegania desek, niedostępną dla przewietrzania, i wskutek tego — przy działaniu wilgoci — ulegają prędkiemu gniciu. Wada ta w systemie Lembke jest znacznie spotęgowana przez brak odstępów między deskami, przez które mogłyby się odbywać przewietrzanie,

Wobec tego, że z powodu pośpiesznego wykonywania dźwigarów z konieczności używano często budulca niedostatecznie wysuszonego, lub nawet świeżo ściętego, a czasem nie sprawdzano, czy budulec nie jest zarażony grzybkim drzewnym (merulius lacrymans), lub innymi zarazkami, powodującymi gnicie — nastąpił w Rosji podczas wojny cały szereg katastrof z drewnianymi mostami kolejowymi.

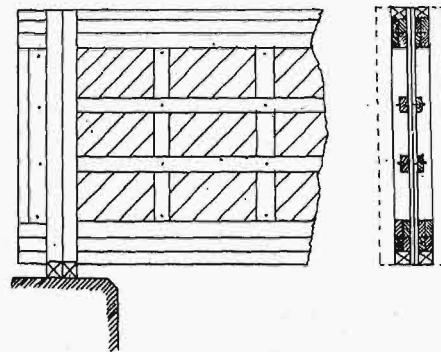
Możemy tu zacytować załamanie się dźwigarów Lembke (most na rzece Aa), dźwigarów Town'a na drogach żelaznych Północno-Zachodniej, Moskiewsko-Kazańskiej i innych.

W systemach dźwigarów Lembke i Town'a, wskutek samej ich konstrukcji, nawet znaczne uszkodzenie poszczególnych części mostu przez gnicie może

nie być zauważone przy zewnętrznym oglądaniu dźwigarów.

Wskutek tego Rada Techniczna w Rosji, na wniosek autora tego artykułu, postanowiła:

1) Unikać wogóle zastosowania dźwi-



Rys. 28. Schemat dźwigara Lembke.

garów systemu Lembke, z wyjątkiem wypadków konieczności szybkiego naprawienia przerwanej komunikacji, i to w charakterze tylko budowli prowizorycznej, na czas nie dłuższy niż 2—3 lata, kiedy ten system wskutek prostej konstrukcji i prędkości montażu przedstawia znaczne korzyści.

Jednakże w tych wypadkach należy używać suchego zdrowego budulca i stosować obicie dźwigarów deskami poziomymi (według typu kołei Murmańskiej).

2) Wzamin systemu Lembke stosować system Town'a, w którym znajdują się otwory dla dostępu powietrza, pozwalające na naturalne osuszanie drzewa, zarówno między krzyżulcami, jak i między deskami pasów. Jednakże i system Town'a, jako składający się z desek, t. j. z elementów małej grubości, łatwiej ulegających uszkodzeniu przez gnicie, należy stosować pod warunkiem użycia tylko suchego budulca.

3) Uznać za więcej odpowiednie stosowanie takich systemów dźwigarów drewnianych, których części składają się z masywnych bali, tworzących

rzadką stosunkowo kratę, t. j. dostępną dla dobrego przewietrzania (a wskutek tego i wysychania) ze wszystkich stron.

Do takich systemów należy przede wszystkim system Howe'a, z żelaznymi ściągaczami pionowymi. W razie zaś trudności dostania żelaza okrągłego, można polecić systemy typu Howe'a, lecz wyłącznie drewniane, z zastosowaniem klinów do wywołania naprężeń, które to systemy są używane w Małopolsce, mianowicie inżynierów: prof. Rychtera, Pintowskiego i Ibjajńskiego.

Co się tyczy stopnia suchości drzewa, to długoletnia praktyka amerykańskich dróg żelaznych wykazała, że dla dobrej służby mostów drewnianych, termin suszenia drzewa powinien być nie mniejszy, niż  $1\frac{1}{2}$  do 2 lat.

Jeśli zastosować pokrycie pasów i innych zasadniczych części ustroju osobnymi deskami, z występami w formie gzymsów, i obicie tych desek blachą żelazną, to okazuje się, że mosty drewniane, wybudowane z suchego budulca, z takim pokryciem i przy należytem odprowadzeniu opadów atmosferycznych, mogą służyć trzydzieści i więcej lat.

4) W razie, jeżeli dla potrzeb nagłych okresu wojennego, konieczną jest natychmiastowa budowa mostów drewnianych systemu Howe'a, albo systemów analogicznych, z drzewa znajdującego się na miejscu, niewysuszonego lub surowego, to takie mosty należy uważać za krótkotrwałe, podlegające zamianie w niedługim terminie (nie później niż 3 do 5 lat) i to pod warunkiem zorganizowania specjalnego stałego ich dozoru, oraz przy zastosowaniu następujących środków ostrożności:

Powinien być przygotowany zapasowy komplet dźwigarów z suchego drzewa dla zamiany dźwigarów podlegających usunięciu oraz materiału na klatki z podkładów, dla możliwości urządzenia dodatkowych podpór (filarów, jarzm) pod dźwigarami. Należy zarządzić okresowe badania za pomocą świdra szwedzkiego, czy nie gniją drewniane części. Oprócz tego, należy urządzać nie rzadziej niż raz na rok próbne obciążenia mostu i odbywać nie rzadziej niż co cztery miesiące rewizje mostu. W razie zastosowania niedostatecznie wysuszonego, lub surowego budulca, nie należy dopuszczać ani pokrycia smołą, ani smarowania kreozotem, ani malowania drewnianych części, ponieważ wszystkie te środki wprowadzają nowe ilości wilgoci do drzewa i przeszkadzają naturalnemu jego wysychaniu.

Nawet wysuszony budulec drewniany powinien być, stosownie do warunków technicznych, opracowanych przez Międzynarodowy Kongres badania materiałów budowlanych, zbadany na wilgotność, która nie powinna przekraczać 20%.

Wreszcie należy zwrócić uwagę na prawidłowe odprowadzenie wody, na pozostawienie potrzebnych dla odpływu wody otworów, na pokrycia w formie gzymsów dla ochrony podstawowych części mostów drewnianych od bezpośredniego działania na nie deszczu i śniegu.

Z zacytowanego wyżej punktu 3-go postanowienia rosyjskiej Rady Technicznej widać, że polskie systemy mostów drewnianych znalazły w Ro-

sji należyte uznanie, podobnie jak w Austrii i w Niemczech.

Dążenie do jaknajekonomiczniejszego użycia materiału doprowadziło do analizy wyzyskania materiału w dźwigarach systemu Howe'a, z jazdą dolną, przyczem okazało się, że przez:

1) powiększenie stosunku wysokości dźwigarów do ich rozpiętości od  $\frac{1}{8}$  do  $\frac{1}{6}$ , lub do  $\frac{1}{5}$ , a nawet i więcej (do 4,5) i użycie w każdym razie górnych wiatrownic między pasami;

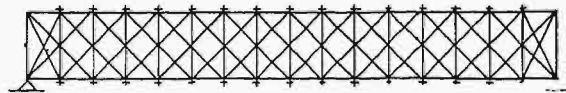
2) zastosowanie pojedynczego systemu kraty, zamiast podwójnego;

3) zniesienie kontr-krzyżulców w skrajnych polach i pozostawienie ich tylko w części środkowej dźwigara, gdzie siły tnące zmieniają znak;

4) ścięcie skrajnych pól górnego pasa i

5) zastosowanie zmiennego przekroju pasów, można było osiągnąć oszczędność, przy starannym projektowaniu, od 10% do 15%.

Tak zmieniony system dźwigarów Howe'a, przy jeździe dołem, zaproponował w Rosji autor niniejszego artykułu. Porównawcze rysunki zwykłego i zmienionego systemu Howe'a widoczne są na rys. 29 i 30.

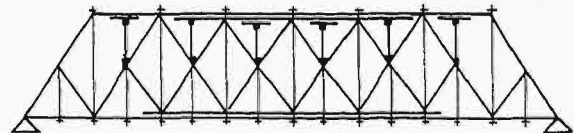


Rys. 29. Schemat pierwotnego syst. Howe'a.

Podparcie na rys. 30 środków pól pasów górnych, przez dodatkowe drewniane słupki z siodełkami, ma na celu zmniejszenie wolnej długości górnego pola, ulegającej wyboczeniu; otrzymuje się układ w rodzaju dźwigarów Petit'a.

Podobnie do tego, jak drewniane dźwigary kratowe posłużyły za pierwowzór dla żelaznych dźwigarów kratowych, widzimy obecnie wpływ odwrotny, mianowicie dźwigary żelazne służą za wzór dla projektowania nowych dźwigarów drewnianych.

Powojenne zaś warunki odbudowy, wymagające zastosowania możliwie największej oszczędności, wywołują często stosowanie drzewa, jako materiału względnie taniego.

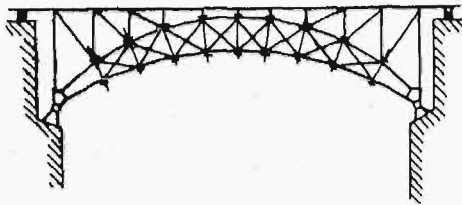


Rys. 30. Schemat zmienionego syst. Howe'a.

Łuki trój i dwuprzegubowe żelazne (ewentualnie z zaciągami) posłużyły za pierwowzór dla nowych łuków drewnianych. Kratę w takich łukach z dobrym skutkiem można zastosować według systemu Howe'a.

W ten sposób powstał np. zaproponowany w Rosji przez autora niniejszego artykułu dwuprzegubowy łukowy drewniany kratowy dźwigar mostowy w kształcie sierpa (rys. 31), z kratownicą systemu Howe'a. Łuki tego rodzaju odznaczają się lekkością przy znacznej sżywności.

Mówiąc o pracach inżynierów Polaków w dziedzinie mostownictwa drewnianego, wspomnieć należy jeszcze o systemie inż. St. Rechniewskiego połączeń węzłowych w kratownicach drewnianych zapomocą wkładek żelaznych i betonu, t. zn. zapomocą węzłów drewniano-żelazo-betonowych. Według tego systemu wykonano już w Polsce most drogowy na rzece Warcie, pod Kołem, o rozpiętości 40 m.



Rys. 31. Schemat drewnianego mostu łukowego, 2-przegubowego, wedł. projektu autora.

W mostach kolejowych system ten nie znalazł dotychczas zastosowania i wzbudza pewne wątpliwości, ze względu na możliwe gnicie drzewa pod wpływem wilgoci, zawartej w betonie, oraz ze względu na możliwość kruszenia się betonu pod wpływem uderzeń i wstrząszeń przy obciążeniach ruchomych.

Przy tej sposobności należy zaznaczyć, że pierwotną ideę drzewo-betonu zawdzięczamy także Polakowi, inżynierowi wojskowemu, gen. Ignacemu Zarako-Zarakowskiemu, który zastosował drzewo-beton w pokryciach schronów fortyfikacyjnych w Rosji i w Rumunii, podczas wojny światowej (1914-1917) i wykonał szereg prób z tym materiałem w Kiszyńowie w r. 1914.

Drewniane deski w tych budowlach zastępowały armaturę żelazną (wskutek braku żelaza dla budowlę podczas wojny); połączenie zaś desek drewnianych z warstwą betonu, leżącą na nich, odbywało się zapomocą gwoździ wbijanych w deski i przechodzących w głąb warstwy betonu.

Z powyższego zarysu rozwoju drewnianego budownictwa mostowego widać, że na kolejach żelaznych pierwszorzędного znaczenia mosty drewniane są obecnie używane przeważnie jako budowle prowizoryczne, przy rozpiętościach zwykle nie większych niż 40 m, gdyż współczesne warunki co do obciążeń ruchomych oraz zmniejszone wymiary przekroju budulca, znajdującego się obecnie w sprzedaży w większych ilościach, nie pozwalają na zastosowanie mostów drewnianych większych rozpiętości, nawet przy naprężeniach dopuszczalnych powiększonych o 25% powyżej zwykłych norm.

## Koleje żelazne a drogi wodne.

Od dłuższego czasu jesteśmy świadkami żywej wymiany zdań na temat racjonalnej — z punktu widzenia gospodarczego — rozbudowy polskiej sieci komunikacyjnej.

Porównywa się przytem zozwyczaj drogi wodne z drogami żelaznymi i, wypowiadając słuszne zresztą poglądy o konieczności naprawy zaniedbanych dróg wodnych w Polsce, ujmuje się nieraz rzecz jednostronnie, jeżeli zapomina się o możliwościach technicznych współczesnej komunikacji kolejowej oraz o rzeczywistych czynnikach kształtowania się kosztów przewozu drogami żelaznymi.

Przytaczając w związku z tem poniższe wywody, sądzimy, że będą one interesującym i pożytecznym przyczynkiem do należytego rozwiązania wspomnianej sprawy.

Wywody te są oświadczeniem, złożonym przez p. Inż. J. Eberhardta w Komitecie Rzecznawców, powołanym przez Komisję Komunikacyjną Ligi Narodów do zbadania sprawy przewozów na Renie i Dunaju, w związku ze skargą, złożoną przez towarzystwa żeglugowe obu tych rzek (umiędzynarodowionych), która to skarga podnosi, iż koleje (niemieckie) prowadzą szkodliwą dla gospodarstwa powszechnego politykę taryfową, przewożąc — z własną rzekomo szkodą — towary według nadmiernie obniżonej taryfy, ażeby tylko odbić przewozy żegludze rzecznej. Tymczasem żegluga na tych rzekach, mogąca korzystać z opieki Ligi Narodów, powinna być odpowiednio chroniona od niewłaściwej konkurencji, jako poważny dział przemysłu, dający zarobek licznej rzeszy pracowników.

Powołany w celu rozpatrzenia tej skargi Komitet Międzynarodowy składa się z 3-ch osób: Komandora L. Dillona z Wiednia, Anglika, jako znawcy żeglugi rzecznej, Inż. J. Eberhardta z Warszawy — jako znawcy kolejnictwa i (przewodniczącego) ekonomisty, Szweda, Prof. E. Hekschera ze Sztokholmu.

REDAKCJA.

Rozpowszechnione jest mniemanie, że przewóz wewnętrzny wodny jest z samej natury rzeczy tańszy od kolejowego. Skutkiem tego, polityka taryfowa kolei, polegająca na obniżeniu stawek do poziomu umożliwiającego współzawodnictwo z wodą, poczytywana bywa za nieuzasadnioną i niezgodną z wymogami zdrowego gospodarstwa społecznego. Takie przekonanie opiera się na doświadczeniach przeszłości, kiedy drogi wodne zdołały już uwolnić się od obowiązku opłaty kosztów swego kapitału budowlanego, pobieranych pod postacią różnego rodzaju myta, natomiast zdolność przewozowa pociągów kolejowych nie przewyższała jeszcze 500 t.

Od tego czasu warunki przewozu na wewnętrznych drogach wodnych nie uległy poważniejszym zmianom. Natomiast koleje nie ustawały w powiększaniu wagi szyn, siły pociągowej lokomotyw i po-

jemności wagonów. Nawet na tak młodych kolejach, jak polskie, ładowność węglarek dochodzi do 35 t, a pojemność netto pociągu — do 1 400 t, a w Niemczech cyfry te stanowią odpowiednio: 50, a nawet 60 t, i więcej niż 2 000 t. Ponadto koleje, zmuszone z uwagi na konieczność sprostania nieregularności przewozu i ze względów politycznych utrzymywać znaczne rezerwy taboru i personelu, są obecnie zdolne do wykonywania przewozów nierównie taniej, niż przedtem.

Okoliczność ta zachodzi w szczególności, kiedy dodatkowe przewozy pozwalają kolei zatrudnić wolny od pracy tabor i personel. W tym wypadku, koszt własny przewozu może być doprowadzony niemal do kosztu opału i smaru, oraz dodatkowego wynagrodzenia miłowego personelu. Nawet przewoźne, zredukowane o 40% od najniższej stawki

normalnej, nie będzie w tym wypadku niekorzystne dla kolei, zwłaszcza jeżeli, w dodatku, przewóz wypada w kierunku próżnym. Dla kolei niemieckich, gdzie najniższa stawka normalna wynosi 1,5 fen. za tonnę i kilometr, stanowi to około 0,9 fen. dla innych kolei, np. polskich, jeszcze mniej.

Tak niskie stawki zatem mogą być jeszcze korzystne dla kolei i nie potrzebować kompensaty w podwyższeniu innych taryf. Jeżeli wewnętrzne drogi wodne nie są zdolne do odpowiedniego obniżenia swoich stawek, to nie mogą uniknąć ryzyka oddania części swego ładunku kolejom.

W porównaniu z kolejami, wewnętrzne drogi wodne mają tę przewagę, że nie potrzebują opłacać kosztów kapitału budowlanego, które państwo przenosi zwykle na ogół podatników, mogą również zatrzymywać swoje transporty w dowolnym miejscu drogi, obsługując tym sposobem całą linię biegu ładunku, a nie tylko poszczególne punkty (stacje). Zato komunikacja wodna jest zwykle dłuższa i powolniejsza. Nie gwarantuje też komunikacja wodna czasu przewozu, a w wielu wypadkach — całości ładunku, i nie zawsze może trwać przez cały rok.

Koleje posiadają przewagę prędkiego przewozu i całkowicie gwarantują czas przewozu i całość ładunku. Poza tem koleje dają nadawcy korzyści, wypływające z podziału przesyłki na jednostki mniejsze (wagon), ułatwiając mu przez to dysponowanie swoją własnością. Jeżeli w dodatku do tych korzyści koleje potrafią zapewnić nadawcy jeszcze korzyść niskiej ceny przewozu, to zdolność konkurencyjna ich staje się nieograniczoną.

Wszelka reglamentacja przymusowa, jako niezgodna z zasadą wolnej konkurencji i oprócz tego szkodliwa dla przedsiębiorstwa kolejowego, które tak ściśle jest połączone z pomyślnością gospodarczą Państwa, powinna być tu wobec wywodów powyższych uznana za nieracjonalną.

W warunkach obecnych, koleje zmuszone są do odstępowania stale wzrastającej części swoich przewozów nowym rodzajom komunikacji: automobilom i awiatyce. A interes Państwa wymaga normalnego rozwoju tego procesu bez wszelkich restrykcji przepisowych. Stojąc zatem wobec stopniowej nieuniknionej utraty swych przewozów wysokotaryfowych, zmuszone są koleje do udoskonalenia swej zdolności przewożenia ciężkich ładunków masowych i tym sposobem do konkurowania z komunikacją wodną. Zdrowe zasady gospodarcze zalecają drogą wodną upatrywać w tem bodziec do dalszego doskonalenia ich własnej zdolności przewozowej, to jednak ogranicza się do ulepszania floty i urządzeń przeładunkowych w portach, gdyż ulepszanie samej drogi wodnej prowadzi zwykle do całkowitej jej przebudowy, co w wielu wypadkach może być niewykonalne.

Koleje są pod tym względem w lepszym położeniu, gdyż z samej natury rzeczy zdolne są przez przewalcowywanie szyn, poszerzanie i wydłużanie torów stacyjnych, wzmacnianie mostów i t. d. — do nieograniczonego niemal ulepszenia swego aparatu nieruchomego.

Muszę wobec tego oświadczyć, że według me-

go zdania wszelkie wkraczanie z jakiegokolwiek restrykcjami w wolną konkurencję między drogami wodnymi i kolejami byłoby niewłaściwe i niepożądane.

Państwo we wszystkich krajach utrzymuje w swoim ręku prawo kontroli taryf kolejowych, może zatem przy ustalaniu tych taryf uwzględnić w pewnej mierze żywotne interesy żeglugi wodnej. Musi to być jednak wykonane z należytą oględnością, a może być wykorzystane skutecznie tylko w tym wypadku, kiedy zarówno drogi wodne, jak i koleje należą do jednego i tego samego państwa.

W stosunku do Renu, gdzie tak żegluga wodna, jak i koleje należą do kilku różnych państw, reglamentacja zależałaby od dalszego rozwoju zasady współpracy gospodarczej narodów, co jest sprawą czasu, chociaż pierwsze kroki są już uczynione (Konferencja Ekonomiczna w Genewie).

Na Dunaju położenie jest jeszcze bardziej skomplikowane.

Chciałbym przy tej sposobności przytoczyć świeży przykład konkurencji między koleją a drogami wodnymi, niepozbawiony pewnych cech interesujących.

Westfalja dostarcza rocznie około 20 000 t rur walcowanych dla przemysłu naftowego w Rumunji. Rury te szły Renem do Rotterdamu, morzem do Konstancy i koleją do Ploesti, ośrodka przemysłu naftowego w Rumunji. Inna droga była koleją do Regensburga na Dunaju w Bawarii, stamtąd Dunajem do Giurgiu, z Giurgiu koleją do Ploesti.

W końcu zeszłego roku Związek Wytwórców Rur w Düsseldorfie zwrócił się do kolei niemieckich z propozycją utworzenia bezpośredniego przewozu kolejowego rur do Ploesti. W rezultacie między kolejami niemieckimi, polskimi i rumuńskimi została zawarta w początku maja r. b. umowa, mocą której koleje niemieckie obniżyły swą taryfę do 2,6 fen. za *tkm*, koleje polskie przyjęły tę samą taryfę, a koleje rumuńskie obniżyły swą niezwykle wysoką taryfę — 8 fen., o 47%, t. j. do 4,3 fen. W dodatku, wobec braku taboru w Rumunji, koleje polskie zgodziły się prowadzić pociągi swemi parowozami, węglem, smarem i swemi drużynami parowozowymi od granicy polsko-rumuńskiej na samo miejsce do Ploesti, czyniąc to bezpłatnie, dlatego że koszty dodatkowe tej trakcji mieszczą się z dostatecznym zapasem w różnicy kosztów własnych kolei polskich, w taryfie 2,6 fen. za *tkm*, na odcinku polskim od Chorzowa do Sniatynia. Osiągnięty w ten sposób ogólny koszt przewozu jest wprawdzie jeszcze nieco wyższy od przewozu morzem, ale różnica jest tak nieznaczna, że równoważy się dla nadawców innymi korzyściami przewozu kolejowego.

Przewóz mieszany koleją i Dunajem wypada drożej.

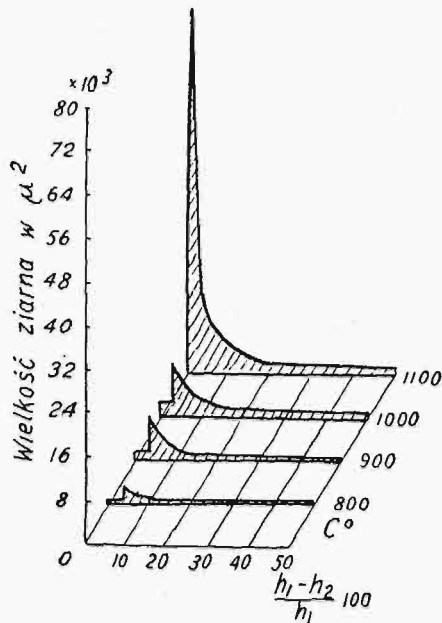
Nie jest wyłączone, że Anglicy, którzy dostarczają do Rumunji do 15 000 t rur stalowych rocznie, pójda za przykładem Westfalji.

Tym sposobem, drogą normalnej konkurencji, koleje odbierają komunikacji wodnej transporty, chociaż daleko nie obniżyły swoich opłat do normalnej stawki najniższej, która na droższych kolejach niemieckich wynosi, jak powiedziano wyżej, 1,5 fen. za *tkm*.

Inż. J. Eberhardt.

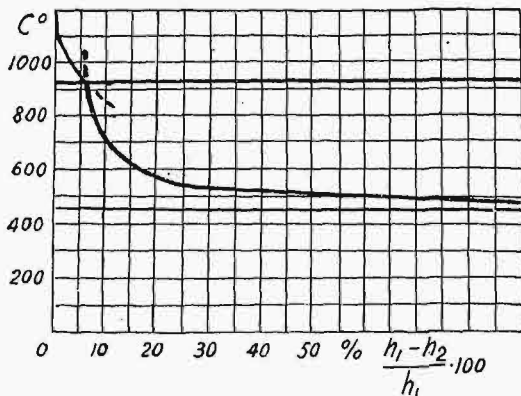
## Rekrystalizacja.\*)

Przez obróbkę — jak wiemy — magazynujemy energię w siatkach przestrzennych metali, co uwydatnia się przez odkształcenie siatek. Im wyższy jest stopień obróbki, tem jednostajniej są w materiale rozłożone miejsca odkształ-



Rys. 6. Rekrystalizacja stali twardej (C=0,49%, Mn=0,67%).

ceń. W wypadku granicznym, przy najwyższym możliwym odkształceniu, zniekształcenia będą w kryształach jednostajne (w każdej siatce przestrzennej). Aby utrzymać ten stan graniczny, nienormalny siatek, konieczne są odpowiednie siły. Ze wzrastającą temperaturą, siły te maleją. Musi być pewna określona, najniższa temperatura, przy której rekrystalizacja się rozpoczyna. Temperatura ta zależy jedynie od właściwości danych atomów. Najniższa temp. rekrystalizacji, podobnie jak temp. topliwości i wrzenia, jest szczególną własnością danego ciała. Im wyższa jest ta t-ra, tem mniejsze zniekształcenie wystarczy, żeby umożliwić rekrystalizację. Granica, przy której następuje rozrost kryształów (Schwellewert) występuje przy tem mniejszym stopniu obróbki, im wyższa jest temperatura.



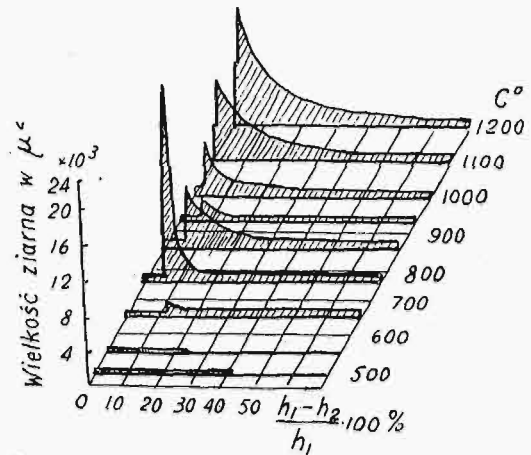
Rys. 7. Krzywa rekrystalizacji stali miękkiej.

Wyżej opisane zjawiska, zbadane na Cu, pozwalają wnioskować, że sprawa podobnie mieć się będzie i przy stali, co też istotnie stwierdzono; na rys. 6 widzimy wykres dla stali twardej. Dla stali miękkiej krzywą rekrystalizacji jest

\*) Dokończenie do str. 676 w zesz. 29—30 z r. b.

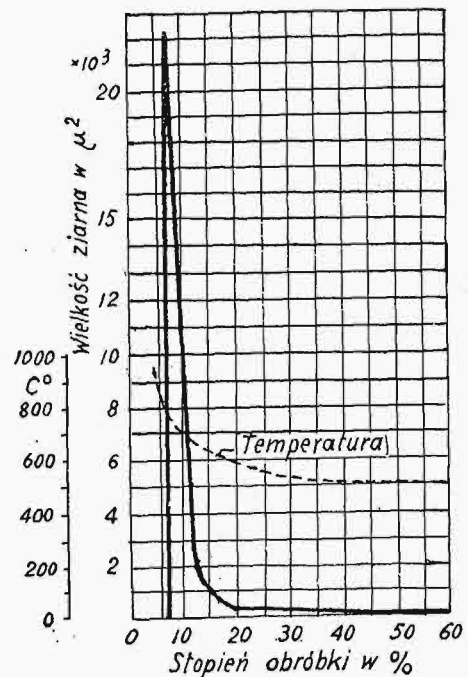
okazana na rys. 7. Ponieważ mamy do czynienia z 2-ma odmianami alotropowymi, przeto widzimy 2 hyperbole. Z tego też powodu obraz rekrystalizacji dla stali miękkiej przedstawi się jak na rys. 8, mianowicie w górnych zakresach temperatur mamy do czynienia z żelazem  $\gamma$ , w niższych temp. z kryształami  $\alpha$ .

Można więc określić wielkość ziarn przy rekrystalizacji po zgnieciu z obrazów rekrystalizacji przy ob.óbce na gorąco. O ile odetniemy na krzywej rekrystalizacji wiel-



Rys. 8. Rekrystalizacja stali miękkiej.

kosci ziarn jako rzędne, a stopnie obróbki jako odcięte — uzyskamy (dla stali) krzywą rys. 9. Dostajemy w ten sposób krzywą podaną przez P o m p'a, z której odczytać można maksymalny wzrost ziarna przy ok. 10% obróbki. Przy-



Rys. 9. Wzrost wielkości ziaren w zależności od stopnia obróbki.

czyną nagłego spadku przy mniejszych stopniach jest nieciągłość krzywej rekrystalizacji z powodu przemiany alotropowej.

Wielkość ziaren po rekrystalizacji, przy danym stopniu obróbki i przy danej temperaturze, można również obliczyć.

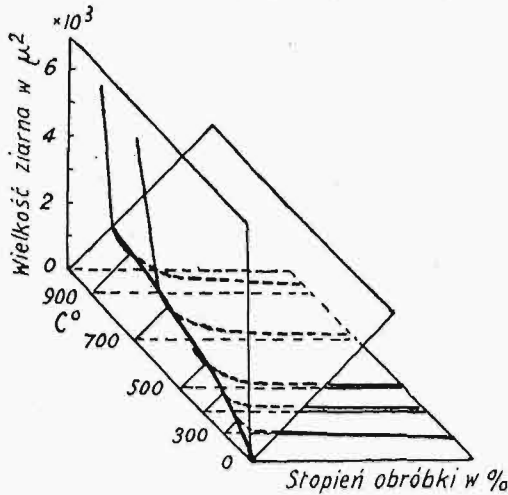


Wstawiając między płaszczyznami spórzędnych płaszczyznę pod kątem 45°, odcinając na niej odpowiednie wielkości ziaren, otrzymamy (dla Cu) elipsę rys. 10, a dla stali proste rys. 11.

Można z tego wyznaczyć wzory do obliczenia powierzchni ziaren w zależności od stopnia obróbki. Dla miękkiej stali, równanie hyperboli dla odmiany  $\alpha$  jest:

$$v \varphi^2 = \frac{p_1^2}{2}, \text{ gdzie } \frac{h_1 - h_2}{h_1} \cdot 100 - 0_0 - \text{wy stopień obróbki,}$$

$$\varphi^2 - \text{powierzchnia ziarna w } \mu^2, p_1 - \text{parametr hyperboli.}$$



Rys. 10.

Dla odmiany  $\gamma$  będzie:  $v \varphi^2 = \frac{p_2^2}{2}$ .

Równania prostych na płaszczyźnie pochylonej o 45° są nast:

$$p_1 = 0,883 (t - 450),$$

$$p_2 = 0,645 (t - 680); \text{ gdzie } t - \text{temperatura w } ^\circ\text{C.}$$

Z równań tych wynika, dla płaszczyzn hyperboli, dla odmiany  $\alpha$ :

$$v \varphi^2 = \frac{1}{2} \times 0,883^2 (t - 450)^2, \text{ w przybliżeniu}$$

$$\varphi^2 = \frac{0,4 (t - 450)^2}{v};$$

dla odmiany  $\gamma$  będzie:

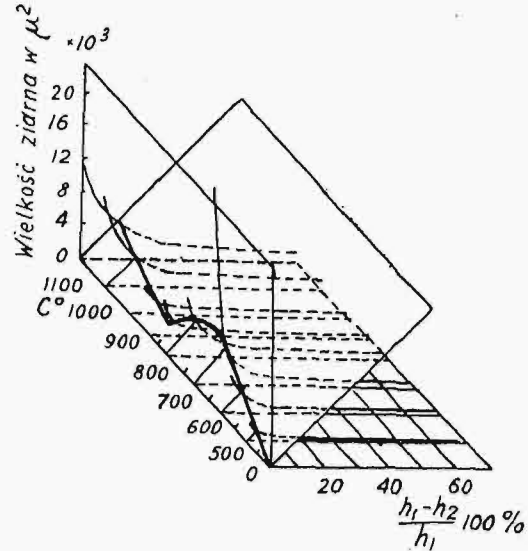
$$\varphi^2 = \frac{0,2 (t - 680)^2}{v}.$$

Ostatnie równanie ma jedynie znaczenie empiryczne. Z powyższego wynika, że wielkość ziarna  $\alpha$  kryształu musi być proporcjonalna do ziarna  $\gamma$  powstałego przez rekryształizację. Można nawet przypuszczać, czego jednak nie stwierdzono dotychczas, że wielkość ziarna  $\alpha = \gamma$ .

**Wnioski praktyczne.**

Podgrzewając metal do temperatury odpowiadającej krzywej rekryształizacji, otrzymamy zarodki kryształów bardzo nieliczne (gdzie było największe odkształcenie) i z tego powodu ziarna bardzo wielkie. Zauważyć zjawisko to można przy prasowaniu.

Gdy odkształcenie dokonywa się w wyższych temperaturach, w których rekryształizacja odbywa się z określoną szybkością, powodującą odzyskanie określonych własności mechanicznych, to wzajemny stosunek utwardzającego działania obróbki przy tej temperaturze, szybkości rekryształizacji i czasu trwania procesu rozstrzyga, czy po dokonaniu odpowiedniego odkształcenia pozostaną jego ślady, czy też nie.



Rys. 11.

Wolno odbywające się prasowanie i tłoczenie większych kawałków metalu może nie spowodować zjawisk utwardzenia,

Walcowanie i kucie przy tych samych temperaturach nadaje metalom znaczne utwardzenie.

Krzywa, dająca zależność wzrostu ziarna od temperatury mechanicznej obróbki na gorąco, przy określonych stałych stopniach obróbki, wykazuje, że słabe stopnie mechanicznej obróbki na gorąco nie są wskazane w praktyce fabrycznej i że dla temperatur powyżej 950 — 1000° minimalnym jednorazowym efektem nie powinien być stopień obróbki mniejszy od 10 — 15%.

**Zakończenie.**

Reasumując, padaje Hanemann nowe sposoby obliczenia szybkości rekryształizacji i wielkości ziarna i dzieli zjawiska pokrewne na:

- 1) rekryształizację, przy której powstaje nowa struktura;
- 2) zwykły rozrost ziarn — zwiększanie istniejących ziarn kosztem kryształów sąsiednich, jednak bez nowych zarodków;
- 3) „Kristallerholung” — materiał traci zyskaną twardość i wytrzymałość, bez zmiany struktury.

Olszak.

# PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

## METROLOGJA, OBRÓBKA METALI.

### Nowe przyrządy miernicze do kół zębatych.

Koła zębate winny być wykonane z możliwie największą dokładnością, aby mogły spełniać warunek cichego i równomiernego biegu. Wielki postęp osiąga się tu przez szlifowanie; to jednak zależy od dokładnego nastawienia maszyny, któreby wykluczało możliwość wszelkich błędów. Z tych najważniejsze są: błędy podziału oraz błędy obry-

su zębów. Tylko znając ich wielkość i położenie, można prawidłowo nastawić maszynę i w ten sposób je usunąć.

Dokładność podziału zębów, zależna od mechanizmów rozrządzących szlifierki, daje się stosunkowo łatwo sprawdzić przyrządem opisanym poniżej.

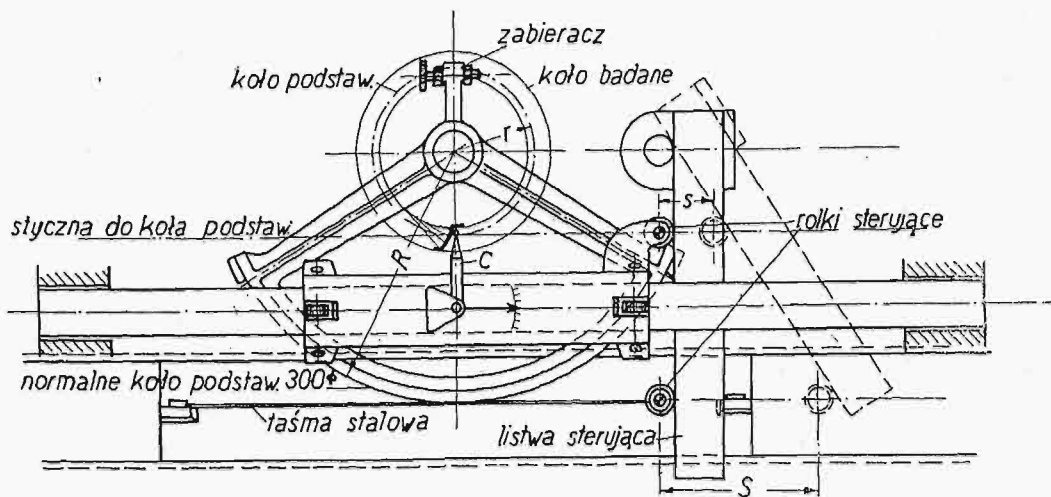
Nierównie więcej trudności sprawia zbadanie obrysu zęba, którego kształt w pierwszym rzędzie decyduje o dobrym biegu kół. Dotyczy to w pierwszym rzędzie szlifowania, ponieważ tu jest najtrudniej nastawić dokładnie me-

chanizmy, np. punkt obrotu dwuramiennej dźwigni, której stosunek przeniesienia jest nastawialny, celem otrzymania różnych wielkości kół podstawowych (Maag).

Badanie kształtu ewolwenty odbywa się na nowym przyrządzie Zeissa na zasadzie następującej: czujnik C o zakończeniu kulistym (styłk punktowy) obrysowuje ba-

miarów, oraz styłk punktowy czujnika, który wyznacza dokładnie miejsce błędu. W zakres pomiarów wchodzi koła zębate do średnicy 400 mm, o module do 10 mm, oraz o każdym praktycznie wyliczalnym kącie zażębienia.

Mechanizmy sterujące (normal. łuk podstawowy, listwy i t.) umieszczone są w osłonie przyrządu, na której są nakielki o

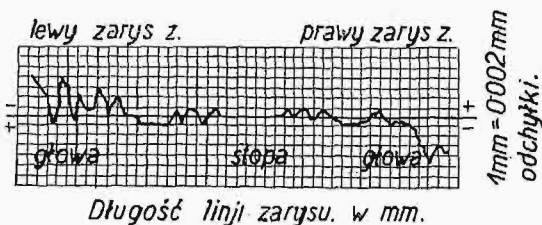


Rys. 1. Nowy przyrząd Zeissa do pomiarów kół zębatych.

dany ząb w ten sposób, że punkt styku pozostaje zawsze na stycznej do koła podstawowego badanego koła zębatego (rys. 1). Znajduje się on na sankach sterowanych tak, aby droga  $s$  (w kierunku stycznej) była równa przynależnemu łukowi koła podstawowego  $r\varphi$ , czyli odwiniętej dla dowolnego punktu obrysu. W tym czasie koło obróci się o kąt  $\varphi$ . Sterowanie tych ruchów odbywa się za pomocą normalnego koła podstawowego o promieniu  $R = 150$  mm i przeniesienia przez listwy sterujące tak, aby dla różnych średnic badanych kół sanki odbywały drogę  $s = r\varphi$ . Dla dowolnego kąta obrotu  $\varphi$ , winno być:

$$\frac{s}{S} = \frac{r}{R},$$

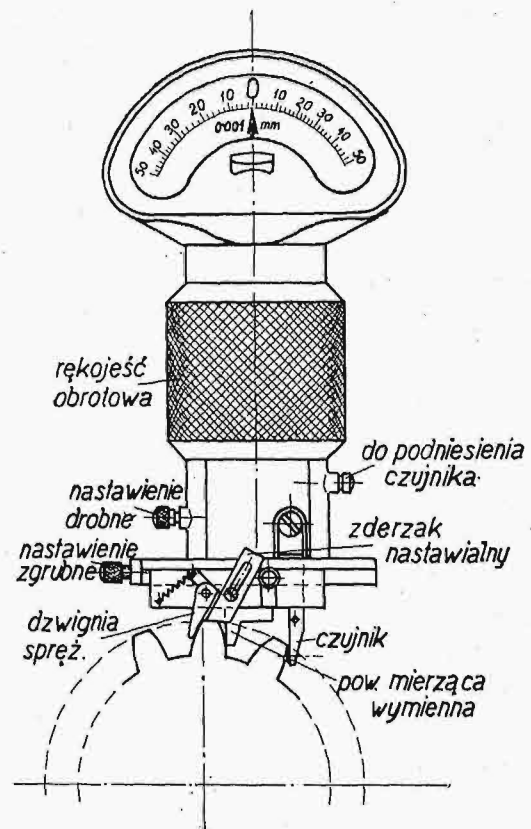
gdzie  $S$  = droga punktu na obwodzie normalnego koła podstawowego, wobec obrotu o kąt  $\varphi$ . Odchylenia od matematycznie dokładnej ewolwenty, mierzone wychyleniem czujnika, podaje wskazówka w 500-krotnym powiększeniu.



Rys. 2. Wykres otrzymywany za pomocą przyrządu rys. 1.

Przyrząd ten wyznacza też nieznaną koła podstawowe, jakie otrzymano z maszyny. Wystarczy przytem szlifować jedną stronę obrysu zęba, aż badanie stwierdzi dokładność nastawienia maszyny. Koło podstawowe znajduje się w ten sposób, że w pewnym położeniu czujnika wskazówka daje najmniejsze wychylenia. Położenie to znajduje się przez przesuwanie suportu z prowadnicą i z sankami czujnikowymi (w kierunku promienia badanego koła). Wielkość promienia odczytuje się mikroskopem z okularum mikrometrycznym z dokładnością najmniej 0,001 mm. Wobec znanej  $\varnothing$  podstawowej, łatwo wyznaczyć nieznaną kąt zażębienia.

Zaletą tego przyrządu jest niewymiennosc żadnych mechanizmów, co mogłoby być źródłem niedokładności po-



Rys. 3. Przyrząd do sprawdzania odstępów dwu obrysów zębów (podziału).

krotnym (rys. 2). Wykres przedstawia prostą, gdy obrys jest matematycznie dokładną ewolwentą. Przy zębach korygowanych należy znać odchylenia od ewolwenty w mm, albo też wyznaczyć na kartce pomiarowej krzywą normalną, jako linię zerową. Prowadnica sanek czujnika posiada podziałkę. Dla przejścia z prawego obrysu na lewy, są na niej umieszczone dwie kreski zerowe, odległe o  $\varnothing$  kulki czujnika.

Sprawdzenie przyrządu na dokładność odbywa się przy pomocy oszlifowanego krążka próbnego o średnicy 150 mm, który zakłada się na miejsce badanego koła. Taśma stalowa (próbna) 0,1 mm grubości, przymocowana do koła próbnego, odwijają się, zabierając ze sobą kulkę czujnika. Saniki czujnika sterowane przez normalny łuk podstawowy poruszają się w tym samym kierunku. Miara dokładności jest to, że droga punktu na taśmie stalowej jest równa drodze sanek, czyli że wskazówka znajduje się przez ten czas w położeniu zerowym. Mikroskopem należy odczytać odległość kulki czujnika od środka krążka próbnego

$$r = 75 + \frac{g}{2} = 75,05 \text{ mm} \quad (g = \text{grubości taśmy}).$$

Rys. 3 przedstawia przyrząd do sprawdzania odstępów dwóch obrysów zębów (podziału na kole podstawowym), którego działanie polega na zasadzie, że wszystkie ewolwenty odwinęte z okręgu tego samego koła podstawowego są do siebie równoległe. Pomiar więc polega na wyznaczeniu odstępów tych ewolwent. Nastawia się odstęp powierzchni mierzanej i czujnika o styku kulistym na wielkość odpowiadającą podziałowi teoretycznemu na kole podstawowym przy pomocy wzorców, do czego przewidziane są specjalne wkładki, i przez lekkie okręcanie przyrządem po założeniu go na zęby mierzonych koła, znajduje się najmniejszą odległość dwóch dowolnych punktów, leżących na obu obrysach. Podziałka przyrządu wskazuje różnicę wartości teoretycznej i zmierzanej, z dokładnością 0,001 mm. Nastawialna i sprężynująca dźwignia powoduje stale dokładne linijowe zetknięcie powierzchni mierzanej i wyklucza mylny odczyt, do czego przyczynia się też symetryczne rozłożenie ciężaru całego przyrządu oraz obrotowa rękojeść. Dzięki wielkiej dokładności odczytu, można w ten sposób wyznaczać też średnicę koła podstawowego przy szlifowaniu, nie zdejmując koła zębatego. (Werkstattstechnik, 1927 r. zes. 6).

Inż. J. Stańko.

## METALoznawstwo.

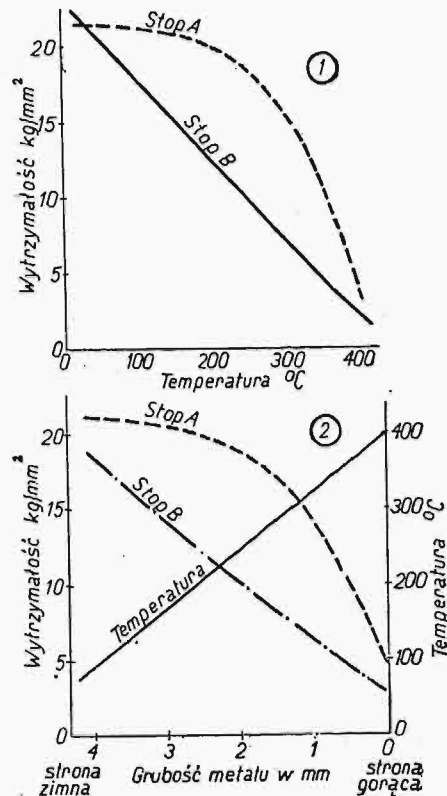
### Stosowanie metali przy wysokich temperaturach.

Znaczenie materiałów, mogących wytrzymywać wysokie temperatury, jest dostatecznie znane, lecz sposób działania wysokich temperatur i zachowanie się metalu w tych warunkach może zasługiwać na bliższe rozważenie.

Gdy kawałek metalu poddany jest trwałemu i jednostajnemu ogrzewaniu ze wszystkich stron, a równocześnie działa na niego stałe obciążenie, nie mamy wątpliwości ani co do warunków jego pracy, ani co do właściwości, które metal musi posiadać, aby nie został zniszczony. W tym wypadku zasadnicze znaczenie ma próba „pełzania” (the „creep” test), ponieważ nawet najbardziej powolne odkształcanie się doprowadzi do pęknięcia i zniszczenia metalu. Przy próbach tego rodzaju, ogromne znaczenie ma dokładne określenie obciążenia i temperatury otoczenia metalu, bo pozornie nieznaczne zmiany tych czynników mogą być przyczyną zupełnego niepowodzenia. W tym tak prostym wypadku występuje jednak jeszcze cały szereg innych zagadnień. A więc przede wszystkim utlenianie, albowiem nawet wysoka wytrzymałość będzie nieużyteczna, gdy metal zostanie zniszczony skutkiem utlenienia. Dlatego musimy szczególnie zbadać również wpływ atmosfery, w której metal ma pracować, a dalej pomyśleć o zabezpieczeniu go, jeżeli gazy zawierają tlen lub siarkę.

Spotykane w praktyce wypadki są daleko więcej skomplikowane. Naogół ani temperatura, w jakiej metal się znajduje, ani obciążenie nie jest jednostajne. Zagadnienie jest stawiane zwykle w ten sposób: czy metal wytrzyma

temperaturę maksymalną? Weźmy np. tłok silnika spalinowego. Tylko górna powierzchnia tego tłoka, będąca w bezpośrednim kontakcie ze spalinami, posiada najwyższą temperaturę. Reszta masy tłoka posiada niższą temperaturę. Skutkiem tego mamy stopniowanie temperatury — mniej lub więcej łagodne, lecz ciągle przejście od wyższych do niższych temperatur. „Nagłość” tego przejścia zależy od konstrukcji tłoka i przewodnictwa cieplnego metalu, z którego tłok wykonano.



Rys. 1 i 2, Zależność wytrzymałości od temperatury, wzgl. od grubości ścianki.

Lecz nie stopniowanie temperatury odgrywa rolę zasadniczą, a związane z nim w pewien sposób stopniowanie wytrzymałości. Objaśni to najlepiej wykres. Rys. 1 przedstawia zależność wytrzymałości od temperatury dla dwu stopów glinowych, stosowanych na tłoki silników. Są to wyniki prób szybkich i nie dają pojęcia o „naprężeniu pełzania” („creep stress”). Rys. 2 przedstawia stosunki panujące w ściance tłoka. Linia ciągła przedstawia spadek temperatury zależnie od grubości ścianki. Krzywe przerywane przedstawiają wytrzymałość stopów A i B. Krzywe te wykreślono przy pomocy wykresu 1. Zarówno w temp. 400° (po stronie gorącej), jak i poniżej 100°, wytrzymałość stopów A i B mało się różni, a nawet w pobliżu zera stop B ma wytrzymałość większą niż A. Lecz jeżeli weźmiemy pod uwagę miejsce leżące na głębokości 1,5 mm od zewnętrznej, gorącej powierzchni, gdzie temp. jest zbliżona do 250°, to wytrzymałość stopu A wyniesie ok. 18  $kg/mm^2$ , podczas gdy dla stopu B głębokość na której taką wytrzymałość znajdziemy wynosi ok. 3,5 mm. Wpływ tego zjawiska jest bardzo prosty: w wypadku stopu A warstwa miękka grubości 1,5 mm jest „podtrzymywana” przez metal mocniejszy (ok. 18  $kg/mm^2$ ). Dla stopu B natomiast miękka warstwa jest znacznie grubsza i „podtrzymywanie” mniej skuteczne.

Stąd wynikają 2 ważne wnioski: 1) dla oceny metalu nie wystarczają próby jedynie w temperaturze najwyższej i najniższej, lecz konieczna jest nadto cała serja prób

w temperaturach pośrednich; 2) gdy metal jest z jednej strony ogrzewany, a z drugiej chłodzony, to strona gorętsza może zawsze znieść większe obciążenie, niż to wykazują próby w tej temperaturze wykonane, dzięki wpływowi „podtrzymywania”.

Zupełnie analogiczne zjawisko mamy w piecach, gdzie ściany są nieraz nagrzone od wewnątrz do temperatury, przy której powinny rozplynać się pod własnym ciężarem, a stoją jedynie dzięki „podtrzymywaniu” przez chłodniejsze warstwy zewnętrzne. Zjawisko „podtrzymywania” zostało dobrze wyzyskane w blokach silników spalinowych, lecz możliwe są jeszcze dalsze jego zastosowania.

Możnaby krytykować użycie „szybkich” prób na rozerwanie do oceny materiału na gorąco. Oczywiście, w przypadku obciążenia jednostajnego, jedynie miarodajną będzie „próba pełzania”. Lecz dla obciążeń zmiennych lub przerywanych sprawa przedstawia się inaczej. Jest wogóle niewyjaśnione, czy szybko po sobie w pewnych przerwach następujące impulsy mogą wpływać podobnie jak małe obciążenie na „proces pełzania”, gdzie pewnego rodzaju lepkość, bezwładność, a przede wszystkim czynnik czasu odgrywa rolę decydującą. A w przypadku obciążeń zmieniających się cyklicznie, gdzie przeciętne obciążenie jest równe lub bliskie do zera, raczej „szybka” próba na rozerwanie, niż „próba pełzania”, może coś wskazać. (Dr. W. Rosenhain, *The Metallurgist*, Jan. 29, 1926).

T. Malkiewicz.

### Teoria fazy bezpostaciowej metali w świetle badań roentgenograficznych.

Według teorii Beilby'ego, przy obróbce na zimno część metalu przechodzi ze stanu krystalicznego w stan bezpostaciowy. Bezpostaciowa faza powstaje w kryształach wzdłuż płaszczyzn krystalograficznych (płaszczyzn spójności) w tem większej ilości, w im większym stopniu materiały był zgniecione.

R. Andersen i J. Norton badali metodą Hüll'a widma roentgenograficzne zgniecionych: glinu (o czystości 98,3% Al), miedzi elektrolitycznej, żelaza elektrolitycznego (92,97% Fe), cynku elektrolitycznego, cyny, ołowiu, stali miękkiej, mosiądzu (33,33% Zn) i duraluminu (4%Cu, 0,8%Mg i 0,6%Mn).

Ponieważ faza bezpostaciowa nie posiada żadnych płaszczyzn krystalograficznych, przeto nie odbija promieni X w żadnym stałym kierunku, a z tego powodu na widmie roentgenowskim nie występują żadne prążki interferencyjne. Wraz z stałymi prążkami na widmie roentgenowskim odpowiadają tylko fazy krystalicznej, a stopień wyrazistości tych prążków musi zwiększać się w miarę rozdrobnienia kryształów, ponieważ w drobnokrystalicznym konglomeracie kryształów zwiększa się liczba płaszczyzn odbijających promienie i większa liczba odbić sumuje się w pewnych miejscach widma. W gruboziarnistym konglomeracie kryształów promienie odbite od małej liczby płaszczyzn krystalograficznych dają linie szersze, lecz mniej wyraźne. Wreszcie w kryształach pojedynczych linie widma muszą osiągać maksymalną szerokość i minimalną wyrazistość.

O ileby w zgniecionych metalach była obecna faza bezpostaciowa, to w odpowiednim widmie zanikałyby prążki wyraziste. Jednak spostrzeżenia wymienionych wyżej autorów były przeciwnie; widma zgniecionych metali były bogate w linie wyraziste i ostre, ostrość tych linii zwiększała się w miarę zwiększenia stopnia zgniotu.

Grubość zgniezionej warstwy w badaniach powyż-

szych autorów wahała się w granicach 500—5000 średnic atomowych; dla glinu wahania te zachodziły w granicach 1800—8800 średnic atomowych.

Na podstawie powyższych badań, autorzy słusznie wnioskują, że metale zgniecione nie posiadają żadnej fazy bezpostaciowej. Przy zgnieciu zachodzi jedynie rozdrobnienie kryształów. (*Trans. Am. Inst. Min. and Met. Engrs.* 71 (1925). 720—742).

I. F. C.

## Bibliografia.

*Mechanische Schwingungen und ihre Messung*, J. Geiger. Str. XIII + 305; rys. 290; tabl. 2. J. Springer, Berlin 1927. Ukazanie się mniejszej książki jest dowodem, że technika drgań poczyniła w ostatnich latach znaczne postępy. Stosowanie coraz to większych prędkości i obciążeń w maszynach i urządzeniach mechanicznych wywołało potrzebę wykrywania przyczyn i zapobiegania szkodliwym drganiom. Równoległe ze wzrostem zainteresowania do teorii, zajęto się udoskonalaniem metod pomiarowych. O ile w zakresie ogólnej teorii drgań, jak i zastosowanej do potrzeb techniki, rozporządzamy oddawna wyczerpującymi monografiami i podręcznikami, o tyle dawał się odczuwać brak książki, traktującej bardziej wyczerpująco o technice mierzenia drgań. Lukę w tym zakresie wypełnia książka autora, zasłużonego konstruktora pierwszorzędnych przyrządów do rejestrowania drgań, a którego bogate doświadczenie praktyczne wyczuwa się niemal na każdej stronie książki.

Już we wstępie teoretycznym autor ilustruje poszczególne zagadnienia przykładami z różnorodnych dziedzin techniki, rozpatrując drgania wałów transmisyjnych, wałów silników spalinowych, łopatek turbinowych, fundamentów maszyn, samochodów i t. d. Poza krótkim i niekiedy niezbyt elementarnym wyłożeniem zasad ogólnych, autor podaje liczbowe przykłady konkretne i techniczne metody ich rozwiązania. Na uwagę zasługuje wykresne wyznaczanie częstości drgań przy bardziej złożonych układach mechanicznych. Daje to możność powierzenia odnośnych obliczeń mniej wykwalifikowanym siłom technicznym, co dla przemysłu jest sprawą ważną.

W następnych rozdziałach autor omawia rolę uderzeń i czynników tłumiących, analizuje charakter sił wywołujących drgania, podaje sposoby określania mas drgających i t. d. Zamieszcza przytem szereg trafnych spostrzeżeń, mogących zainteresować każdego praktyka.

Bardzo pożyteczny rozdział traktuje o zachowaniu się przyrządów mierniczych z punktu widzenia techniki drgań. Podana w nim jest teoria działania wibrografów, torsjografów, przyrządów do mierzenia przyspieszeń oraz szybkozmiennych naprężeń. Podany jest też zwięzły opis najważniejszych znanych w tym zakresie przyrządów, niestety bez uwzględnienia szerszego konstrukcyjnie niemieckich. W zakończeniu autor podaje cenne wskazówki praktyczne, na co należy zwracać uwagę przy przystępowaniu do prób i doświadczeń i wskazuje różne metody badań, niekiedy bardzo pomysłowe.

Autor zaznacza stale, że celem jego pracy było przekonanie ogółu inżynierów, pracujących w przemyśle, że posiadanie rozległego i poważnego wykształcenia matematycznego nie jest warunkiem niezbędnym dla działalności praktycznej w zakresie techniki drgań. To też wszystkie podane dowody i obliczenia utrzymane są w charakterze bardzo popularnym i inżynier nie może wy mówić się nigdzie brakiem przygotowania matematycznego przy czytaniu tej książki. W kilku miejscach ta tendencja autora doprowadza do pominięcia rzeczy ważnych. A więc dowodzenia, dotyczące drgań giętych (str. 56) są bałamutne i nie obejmują całości; przytem do równań wkładły się błędy. Pomimo te usterki i pewną rozwlekłość wykładu, która jest może uzasadniona ze względu na cel założony przez autora, książkę należy uważać za pożyteczny wkład do literatury technicznej.

H. Mierzejewski.

Drukarnia Techniczna, Sp. Akc. w Warszawie, ul. Czackiego 3-5 (Gmach Stowarzyszenia Techników).

Wydawca: Spółka z o. o. „Przegląd Techniczny”.

Redaktor odp. Inż. Czesław Mikulski.