

C

Nr. 2938

Politechnika Warszawska

AURELJUSZ CHRÓSCIELEWSKI  
Inżynier-Mechanik

DR. INŻ. STEFAN BRYŁA  
PROF. POLITECHNIKI LWOWSKIEJ

# ŻELAZNE MOSTY SPAWANE

---

---

*Odbitka z Nr. 51 Wiadomości Drogowych.*

---

---

WARSZAWA  
1931

AURELJUSZ CHRÓŚCIELEWSKI  
Inżynier-Mechanik

DR. INŻ. STEFAN BRYŁA  
PROF. POLITECHNIKI LWOWSKIEJ

25333

# ŻELAZNE MOSTY SPAWANE

---

---

*Odbitka z Nr. 51 Wiadomości Drogowych.*

---

---

W A R S Z A W A  
1 9 3 1

BIBLIOTEKA  
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ  
Warszawa, Pl. Jedności Robotniczej 1

~~C. 2938~~

~~25333~~



nr. 346

BG03P/207-14

## I. Wstęp.

Ogromny rozwój spawania elektrycznego i acetylenowego, jaki zaznaczył się w ostatnich kilkunastu latach, objął niemal wszystkie dziedziny techniki do tego stopnia, że w wielu wypadkach spawanie jest wręcz nie do zastąpienia. W dziale inżynierskich konstrukcyj budowlanych zastosowanie go nastąpiło z pewnem opóźnieniem w stosunku do innych dziedzin techniki, użycie go nie jest tak powszechne; nie mniej lata ostatnie przyniosły ogromny krok naprzód i pod tym względem i z wielkiem prawdopodobieństwem przypuszczać można, że spawanie i tu nietylko stanie się w wielu wypadkach niezbędne, ale, że nawet prędzej — czy później wyprze w przeważnej części wypadków dotychczas stosowane konstrukcje nitowane.

Z jeszcze większem ociąganiem nastąpiło zastosowanie spawania w budowie mostów, — Nic dziwnego. — Obciążenia mostowe dynamiczne mają charakter zupełnie inny niż obciążenia przeważnej części konstrukcyj lądowych. Podobnie, jak obawiano się swego czasu, w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku, stosować żelbet w budowie mostów i tylko zwolna, z ociąganiem się, po wykonaniu wielu doświadczeń i prób wszedł on w mostach w tak szerokie zastosowanie, tak i obecnie istnieje wciąż jeszcze u ogromnej ilości inżynierów obawa, czy nowy sposób budowy konstrukcyj żelaznych okaże taką ilość zalet, iżby zastosowanie go w mostach mogło stać się bezsporne i przez nikogo nie kwestjonowane.

Głównemi powodami obaw są pewnego rodzaju trudności w badaniu dobroci wykonanych spawek, oraz nie w zupełności zbadane zachowanie się spoin pod wpływem wstrząśnień. Jeżeli chodzi o rzecz pierwszą, to istnieje kilka sposobów badania szwów (elektromagnetyczny, promieniami Roentgena, akustyczny), a pozatem przy każdej większej budowlu należy wykonywać próby, podobnie jak wykonywa się próby z kostkami czy też belkami próbnymi żelbetowemi. Co dotyczy zaś zachowania się spoin pod wpływem wstrząśnień, to przy dobrym projekcie i dobrym wykonaniu nie można żywić dziś już żadnej wątpliwości o mosty drogowe; zaś sprawa zachowania się spawanych mostów kolejowych jest obecnie w trakcie badań. Pierwsza w Europie kolejowo-mostowa konstrukcja spawana jest par excellence próbną; co się tyczy zaś pierwszych amerykańskich mostów spawanych, są to wprawdzie mosty kolejowe, jednak zbudowane są na liniach podrzędnych, a pociągi przejeżdżają niemi stosunkowo rzadko.

Wprowadzenie nowej konstrukcji na miejsce starych, wypróbowanych, nie miałoby poprostu sensu, gdyby ta nowa konstrukcja nie przedstawiała większych walorów, specjalnie, gdyby nie przynosiła przy tej samej wytrzymałości zmniejszenie kosztów.

Sprawa wytrzymałości konstrukcyj spawanych omawiana była w literaturze polskiej niejednokrotnie; przy dobrym wykonaniu jest ona większa, nieraz nawet znacznie większa, niż konstrukcyj nitowanych.

Co dotyczy zaś drugiej z wymienionych kwestyj, to na koszt budowlu składa się koszt materiałów i koszt robocizny. Koszt materiału żelaznego zależy wogóle mniej więcej w prostej linii od wagi żelaza, ta zaś przy konstrukcjach spawanych musi być mniejsza z następujących powodów: potrzebne przekroje prętów są znacznie mniejsze z powodu nieuwzględniania dziur na nity, z powodu opuszczenia, lub zmniejszenia blach węzłowych, przykładek i t. p. łączników, wreszcie z powodu zmniejszenia ciężaru własnego konstrukcji. Oszczędność waha się zazwyczaj w granicach od 15 — 50%, przyczem większa jest w mostach kratowych, mniejsza w blaszanych. W moście na rzece Słudwi pod Łowiczem wyniosła przeszło 21%.

O ile chodzi o robociznę, to wogóle cena jej powinna

być niższa, niż nitowanej, ze względu na zbędność dokładnego trasowania konstrukcji, zmniejszenie roboty warsztatowej i t. p.— i wszystkie zakłady, które wprowadziły na większą skalę spawanie, wykazują też zmniejszenie jednostkowych kosztów robocizny: przy ostatnich przetargach w Polsce cena 1 kg. konstrukcji spawanej w stosunku do ceny 1 kg. konstrukcji nitowanej była już tylko o 4 — 5% wyższa. Przy zmniejszeniu wagi tylko o 15% oznacza to już ponad 10% oszczędności. Prawda, że w warsztatach, które świeżo spawanie wprowadzają, które niejednokrotnie pragną już na pierwszej robocie całkowicie lub w przeważnej części zamortyzować koszt nowych instalacyj, koszt robocizny wypadnie jednak zrazu większy nawet o 20 — 30%. Jest to jednak tylko moment przejściowy. Jako dowód przytoczę, że jedna z największych wytwórni mostowych w Polsce obniżyła w okresie od maja do sierpnia 1930 r. koszt 1 kg. konstrukcji spawanej o 15%.<sup>1)</sup>

Uwzględniając oba czynniki, dojść musi się do przeświadczenia, że konstrukcja spawana w normalnych warunkach kalkuluje się taniej od nitowanej, przyczem różnica wynosić winna od 10 — 20%, nawet więcej, na korzyść spawania. W warsztatach jednak, które są konserwatywne, które spawanie wprowadzają niechętnie, pod naporem konieczności, może być wypadek przeciwny. Można być jednak przekonany, że i one będą musiały ustąpić wobec oczywistej konieczności. W Polsce istnieją trzy wytwórnie, w których wykonano już większe konstrukcje żelazne spawane i których wykonaniu można zaufać.

Oczywiście dużo zależy od projektu. Niewidoczne na oko różnice mogą się odbić tak ogromnie na cenie, że od nich zależy może wręcz racjonalność, lub nieracjonalność zastosowania konstrukcji, powiedzmy inaczej: opłacalność, lub nieopłacal-

<sup>1)</sup> Z przykrością należy stwierdzić, że o konstrukcjach spawanych kursują w Polsce legendy, usiłujące je zdyskredytować. Wychodzą one najczęściej z fabryk, które w przeciwieństwie do największych wytwórni, pragnących się zmodernizować, nie chcą nowych prądów uwzględnić, gdyż to im się „nie kalkuluje”. Do tych legend należy twierdzenie, że „niema polskich spawaczy”, podczas gdy wszystkie budowle spawane, z wyjątkiem mostu łowickiego, wykonali spawacze *polscy*. Do tych legend należy też twierdzenie, że most łowicki do dziś dnia „stoi na rusztowaniu”, gdy to rusztowanie zostało usunięte nieomal dwa lata temu, zaraz po zespojeniu połączeń, i t. d.

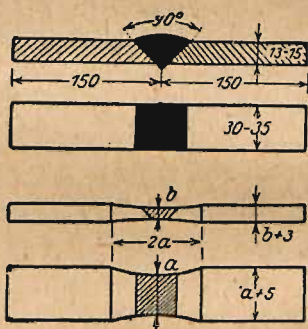
ność budowli. Podkreślić należy z całym naciskiem, że konstrukcje spawane *projektować się musi zupełnie inaczej*, niż nitowane, a ślepe przenoszenie na nie form nitowanych może być nie tylko błędne, ale czasem wręcz zgubne w skutkach.

## II. Przepisy, dotyczące konstrukcji spawanych.

Polskie Ministerstwo Robót Publicznych wydało jeszcze w r. 1928 przepisy, dotyczące spawania. Przepisy te, jako pierwsze oficjalne, znalazły szeroki oddźwięk zagranicą i niejednokrotnie były tam stosowane. Brzmia one w skrócie:

*Materiał elektrod.* Elektrody powinny być wykonane z żelaza zlewne o wytrzymałości 3700 — 4200 kg/cm<sup>2</sup>, zawierającego przynajmniej 0,1% węgla i 0,2% manganu.

Elektrody powinny być poddane następującym próbom:

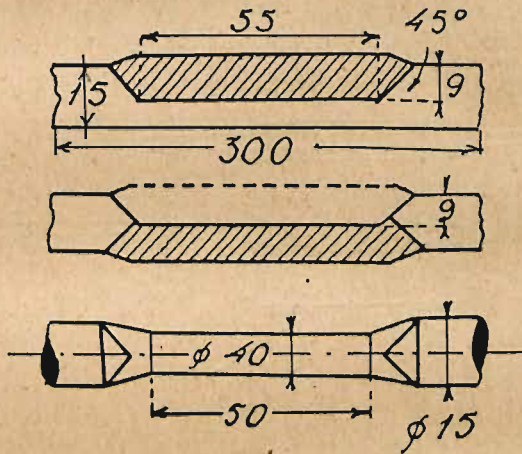


Rys. 1 i 2.

a) Próby na rozerwanie: Próbkę wykonuje się z płaskowników z żelaza zlewne o wymiarach 30—35 × 13—15 mm. o długości 300 mm. (rys. 1) Próbkę taką ma być połączona w środku na styk czołowy V, a następnie obrobiona według rys. 2. Naprężenie rozrywające powinno wynosić conajmniej 80% wytrzymałości materiału konstrukcyjnego, t. j.  $0.8 \times 3700 = 2960$  kg/cm<sup>2</sup>. (Próbek takich należy wykonać 3).

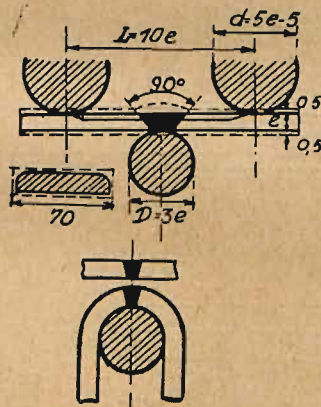
*Próby na wydłużenie.* Na płaskowniku 300 × 60 × 15, wyciętym na 9 mm. według rys. 3, nakłada się materiał elektrody przy pomocy łuku elektrycznego warstwami, aż się uzyska kształt według rys. 4. Następnie odwraca się próbkę, ścina się z drugiej strony również na 9 mm.; a wycięcie wypełnia

elektrodą. Próbkę taką, wykonaną, rozcina się na trzy części, z których robi się próbki, zawierające na długości około 60 mm. wyłącznie materiał elektrody. Próbki te, obtoczone do  $d = 10$  mm. mierzy się następnie na wydłużenie na długości środkowej, wynoszącej 50 mm. Wydłużenie powinno być conajmniej 15% (3 próbki).



Rys. 3 i 4.

c) *Próby na zginanie.* Płaskowniki  $120 \times 70 \times 15$  — 17 mm. wypełnia się w środku materiałem elektrody na V, po-



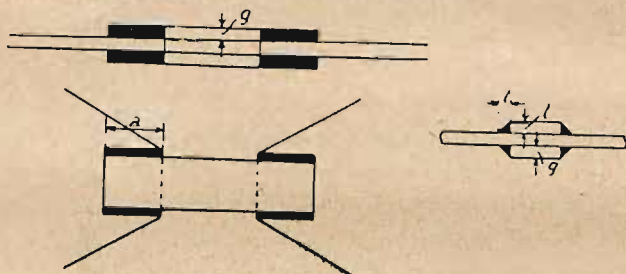
Rys. 5 i 6.

czem obrabia się je tak, aby w środkowej części uzyskać naroża zaokrąglone promieniem 8 mm. (rys. 5). Następnie wygina się je na trzpieniu okrągłym o średnicy, równej potrójnej



grubości płaskownika. Powinny one dać się zgiąć do zupełnej równoległości, t. j. do  $180^\circ$  (rys. 6), przyczem nie powinna się ukazać żadna rysa. Spojenie winno znajdować się podczas zginania osiowo na trzpieniu (3 próbki).

d) *Próby do ścinania.* Próbkę wykonywa się z dwóch płaskowników, połączonych blachami węzłowymi przy pomocy szwów  $5 \times 5$  mm.  $10 \times 10$  mm. i  $15 \times 15$  mm. o długości 5 cm. (rys. 7). Przekrój płaskowników powinien być taki, ażeby z zupełną pewnością wytrzymał siłę S:

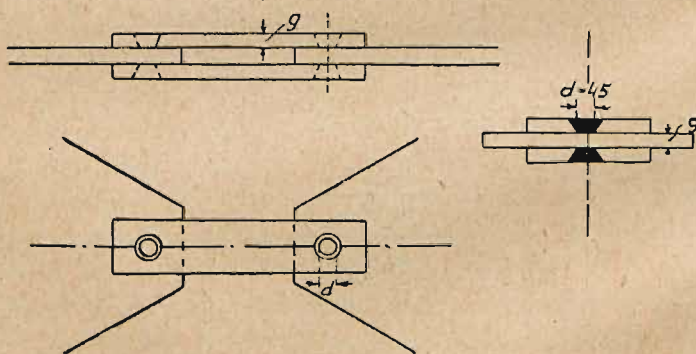


Rys. 7.

Wymiar szwu	$t = 5$ mm.	$S = 12$ t	$W_s = 750$ kg/cm b.
	$t = 10$ mm.	$S = 20$ t	$W_s = 1800$ „
	$t = 15$ mm.	$S = 28$ t	$W_s = 2400$ „

Minimalna wytrzymałość szwów na ścinanie powinna wynosić  $W_s$  kg/cm b. ( $3 \times 3 = 9$  próbek).

e) *Próba na ścinanie spójności otworowych.* Próbkę na ścinanie według rys. 8 powinny unieść naprężenia ścinające



Rys. 8.

z powodu siły S, którą należy wziąć według następującej tablicy:

$g = 8$ mm.	$d = 8$ mm.	$S = 1000$ kg.	$S_s = 750$ kg.
$g = 10$ „	$d = 10$ „	$S = 1400$ „	$S_s = 1100$ „
$g = 12$ „	$d = 12$ „	$S = 2000$ „	$S_s = 2000$ „
$g = 14$ „	$d = 14$ „	$S = 3000$ „	$S_s = 2500$ „

W powyższej tablicy  $g$  jest grubością próbek,  $d$  średnicą otworu w płaszczyźnie zetknięcia z blachą,  $S$  minimalną siłą, jaką wytrzymać powinien przekrój, zaś  $S_s$  minimalną wytrzymałością spoiny w otworze.

*Próby spawaczy.* Każdy spawacz, zatrudniony przy budowie mostu, powinien wykonać trzy próbki na zginanie i trzy próbki na ścinanie i otrzymać przytem dobre wyniki.

Przepisy te są wogóle ostre. W wypadkach, gdy naprężenia w szwach są nieznaczne, można je złagodzić. Mianowicie można dopuścić w próbach na zginanie, wygięcia do kąta  $135^\circ$ . Próby na ścinanie spoeń otworowych są zupełnie zbyt ciężkie i należy je opuścić. Obecnie M. R. P. jest w trakcie przygotowania nowych przepisów dla konstrukcji spawanych.

*Naprężenia dopuszczalne* przyjmuje się w Polsce:

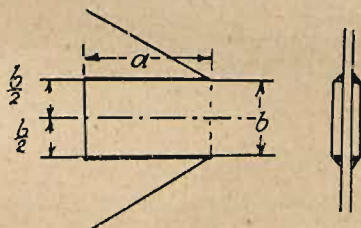
a) na rozciąganie, ściskanie i zginanie —  $0,8 k$ , gdzie  $k$  jest naprężeniem dopuszczalnym materiału konstrukcyjnego.

b) na ścinanie według wzoru:

$k = (k_0 \mu t)$  kg/m<sup>2</sup> (w kilogramach i centymetrach), gdzie  $t$  jest wymiarem szwu; wzór ten uwzględnia, że szew ma tęm mniejszą wytrzymałość na 1 cm<sup>2</sup>, im wymiary jego są większe.

Dla mostu w Łowiczu przyjęto  $k_0 = 640$ ,  $\mu = 80$ .

W województwie śląskiem z racji budowy domu dla województwa zatwierdzono następujące tymczasowe przepisy,

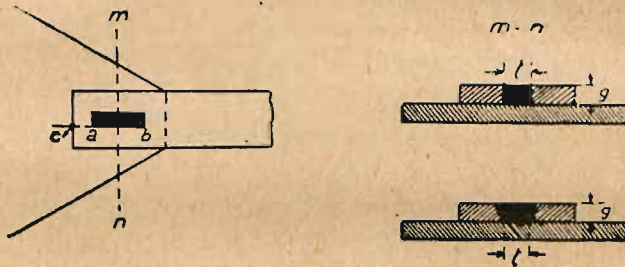


Rys. 9.

które przypuszczalnie stanowią będą podstawę przepisów ogólnopolskich;

§ 1. *Ogólne* Ogólne dane obciążeń i natężeń należy przy obliczaniu przy konstrukcjach spawanych przyjmować według „Przepisów, dotyczących obliczeń statycznych w budownictwie lądowym” N. VII—693 z dn. 2. IX. 1927 r. Ministerstwa Robót Publicznych.

Dopuszczalne jest spawanie łukiem elektrycznym, wzgl. spawanie acetylenem, przyczem należy przyjąć tę metodę, która nie wywołała zjawisk niekorzystnych (odkształceń i t. d.).



Rys. 10.

§ 2. *Naprężenia dopuszczalne.* Naprężenia dopuszczalne dla szwów spawanych należy przyjmować:

Na ścinanie:

Wymiary szwu  $l = 5 \quad 6 \quad 8 \quad 10 \quad 12 \quad 14 \quad 16 \quad 18$  mm.

Naprężenie dop. dla szwów bocznych (rys. 9.) i środkowych (rys.

10.) . . . . . = 240 280 350 420 480 530 570 600 kg cm. b

Dla szwów czołowych (rys. 11.) = 280 320 400 480 550 610 650 690 " "

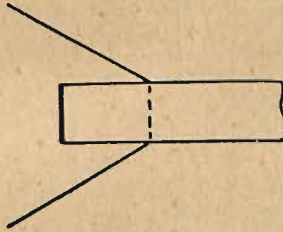
Na rozciąganie i ściskanie  $800 \text{ kg/cm}^2$  ✓

W razie zastosowania naprężenia dopuszczalnego konstrukcji innego, niż  $k=1200 \text{ kg/m}^2$ , należy powyższe cyfry pomnożyć przez współczynnik  $= \frac{k}{1200}$

Szwy ścinane, nachylone pod kątem, (szwy ukośne), traktuje się w obliczeniu albo jako szwy podłużne, jeżeli kąt ich nachylenia do osi pręta jest mniejszy od  $45^\circ$ , albo jako szwy poprzeczne, jeżeli kąt ten jest większy, niż  $45^\circ$  (rys. 12).

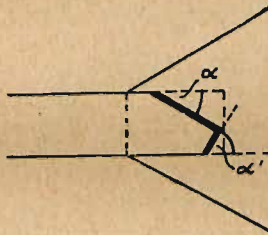
x) W projekcie przepisów z 1927 r. designatora — 300 kg/cm<sup>2</sup> str. 5.

W razie zastosowania szwów sufitowych, należy przyjąć naprężenie dopuszczalne w wysokości 40% naprężeń dopuszczalnych dla szwów normalnych.



Rys. 11.

§ 3. Projektowanie spawania. Przedmiotom spawanym należy zapewnić podczas samego spawania swobodę rozszerzania się i kurczenia, co powinno być uwzględnione w konstrukcji przez nadanie połączeniom spawanym odpowiednich kształtów i ustalenia odpowiedniej kolejności wykonywania poszczególnych połączeń spawanych.



Rys. 12.

Ta kolejność wykonywania poszczególnych szwów, ewentualnie podział dłuższych szwów na krótsze odcinki, oraz kolejność i kierunek wykonywania poszczególnych odcinków muszą być przewidziane z góry w projekcie.

Spoiny powinny być tak rozłożone, żeby pod wpływem sił zewnętrznych pracowały o ile możliwości na ciągnięcie, ściskanie lub ścinanie, nie na zginanie lub skręcanie.

Najmniejsza długość szwu  $l$  musi wynosić 40 mm., przy czym krater nie wchodzi w rachubę; odległości między odcinkami szwu przerywanego, mierzone w świetle, powinny być równe najwyżej 4  $l$ .

Grubość szwu musi wynosić conajmniej 5 mm. (Należy rozumieć, że szwy ścinane muszą być co najmniej  $5 \times 5$  mm. (Przyp. autora).

Przy spawanych połączeniach niesymetrycznych profilów należy rozmieścić długość szwów w ten sposób, ażeby środek ciężkości szwów spawanych, odpowiadał środkowi ciężkości danego pręta.

Jeżeli części łączone na styk są nierównej grubości, jest pożądane doprowadzenie krawędzi grubszej w jakikolwiek sposób do grubości blachy cieńszej.

Dla szwów środkowych szerokość wcięcia  $t$  musi być co najmniej równa grubości szwu  $g$ , zaś co najwyżej równa podwójnej grubości tegoż  $2g$  (rys. 10).

Należy unikać szwów sufitowych (tj. wykonywanych „nad głową” — przyp. autora).

§ 4 *Instalacje.* Przedsiębiorstwa, prowadzące roboty spawalnicze, winny posiadać odpowiednie urządzenia, należycie zainstalowane i utrzymane w dobrym użytkowym stanie, o dostatecznej mocy, ażeby podczas całej pracy nie zachodziły wypadki przerw, z powodu niewystarczalności aparatu lub uszkodzenia.

Przy spawaniu łukiem elektrycznym urządzenie winno dostarczać i przekazywać pałeczce (elektrodzie), w sposób stały i równomierny, prąd, niezbędny do równoczesnego topienia pałeczki i krawędzi części łączonych.

Acetylen, stosowany przy spawaniu acetylenowo-tlenowym, winien być odpowiednio oczyszczony, żeby nie zawierał nieczystości, jak siarkowodór i fosforowodór, w ilości niedopuszczalnej.

§ 5. *Materiały do spawania.* Wszelkie elementy spawanej konstrukcji powinny odpowiadać przepisom M. R. P., dotyczącym żelaza budowlanego.

Pałeczki powinny być podane następującym próbom: (Tu następuje opis prób, tych samych, jakie poleca M. R. P., z tą różnicą, że próby na zaginanie należy prowadzić do  $120^\circ$ , zaś próby spawań otworowych odpadły).

Druty do spawania, pałeczki (elektrody) winne być gładkie, wolne od zendry, rdzy i tłuszczu. W rękach doświadczonego spawacza materiał, przeznaczony do spawania, winien wy-

kazać dobrą spawalność, topić się gładko i równo, bez okazywania nienormalnych własności.

Przy spawaniu łukowym pałeczki (elektrody) winny być pokryte warstwą ochraniającą (pałeczki powlekane), która je izoluje, nadaje łukowi kierunek i tworzy na powierzchni szlakę, ochraniającą metal przed utlenianiem i pochłanianiem gazów. Można używać pałeczek niepowlekanych o odpowiednim składzie, za zezwoleniem władzy budowlanej i po przeprowadzeniu odpowiednich prób.

Przy spawaniu płomieniem acetylenowo-tlenowym należy używać środka redukującego, którym pokrywa się spawane brzegi lub dodawane pałeczki.

§ 6. *Przygotowanie do spawania.* Elementy konstrukcyjne powinny być dokładnie wyznaczone i obcięte na miarę.

W razie użycia szwów stykowych należy zachować następujące pravidła:

a) blachy lub kształtowniki do 4 mm. grubości mogą być spawane bez zukosowania,

b) przy większych grubościach konieczne jest zukosowanie.

Przy zukosowaniu na V lub X krawędzie, zależnie od metody spawania, powinny tworzyć kąt od  $60^{\circ}$  do  $90^{\circ}$  z odstępem najmniej 3 mm. w najwęższym miejscu, w celu złączenia podczas spawania bez zwichrzeń lub odchyień.

Nie odnosi się to do specjalnych metod spawania, lub sposobów, obmyślonych specjalnie dla pewnej roboty.

W wypadku ukosowania przy pomocy palnika, należy linję ukosowaną oczyścić mechanicznie. Również powierzchnie profilów i blach spawanych muszą być dobrze oczyszczone z rdzy, farby i zendrów na odległości dostatecznej, aby nieczystości nie mogły dostać się do spoiny. Do usuwania lekkiej rdzy i zendrów można używać szczotki z drutu stalowego; przy grubszej zendrze trzeba powierzchnię oczyszczać za pomocą szlifierki, ścinaka pneumatycznego lub ręcznego, lub innego odpowiedniego narzędzia.

O ile została nałożona ochrona od rdzy z pokostu lnia-nego (bez farby), można jej nie usuwać.

§ 7. *Przyrządy do spawania.* Uchwyty, imadła, jarzma lub inne odpowiednie przyrządy mogą być używane do należytego

przytrzymywania krawędzi spawanych<sup>1)</sup> jednak zamocowanie części łączonych musi być tego rodzaju, aby w żadnym wypadku nie mogły wynikać z tego powodu naprężenia dodatkowe w spoinie.

Przy szwach krawędziowych nakładane na siebie elementy powinny ściśle do siebie pasować i powinny być dobrze ściśnięte ze sobą w czasie spawania, jednak również z zastrzeżeniem nie wywoływania tym sposobem dodatkowych naprężeń w spoinie.

§ 8. *Wykonywanie spoin.* Spoiny wykonywa się według metod pracy najodpowiedniejszych do połączeń w zależności od ich położenia. Wydajność łuku, wzgl. palnika powinny być dostosowane do grubości spawanych części na zasadzie danych technicznych. Spawane brzegi winny być stopione należycie, równocześnie z dodawanym materiałem na całej głębokości rowka. W razie spawania pod kątem, spoiwo winno przenikać do głębi kąta, utworzonego przez blachy.

Szew spawany powinien posiadać te zewnętrzne oznaki, znane z praktyki, które charakteryzują szew, właściwie wykonany.

Celem wykluczenia wszelkich przesunięć poszczególnych części jednego elementu podczas spawania, można zastosować krótkie szwy, t. zw. punkty zczepne. Mogą one posiadać tylko taką grubość, żeby roztopiły się zupełnie przy nakładaniu szwów, przenoszących siły.

Źle wykonane szwy spawane, zakwalifikowane do usunięcia i zamiany, należy starannie obciąć ostrym dłutem stalowym (ścinakiem).

Jeżeli spawanie z jakichkolwiek powodów ulega przerwie należy zwrócić uwagę na to specjalnie, aby przy ponownem rozpoczęciu spawania otrzymać stopienie materiału na całej powierzchni zetknięcia z materiałem, poprzednio nałożonym. Szczególniej to się tyczy spawania elektrycznego, przy którym łuk przerywa się przy każdej zmianie pałeczki.

Przy spawaniu elektrycznym wielowarstwowem, należy każdą warstwę dokładnie oczyścić do błyszczącego, zdrowego metalu, zanim się przystąpi do nakładania warstwy następnej.

---

<sup>1)</sup> Por. art. autora „Żelazne konstrukcje spawane“, Lwów, 1931.

Podczas powrotnego spawania, na miejscu skrzyżowania się, lub spotkania dwu spoin, metal stopiowy przy pomocy palnika lub łuku, winien być stopiony dość głęboko, aby uniknąć powierzchniowego ulepiania, lub osiadania tlenków w tych miejscach.

Malowanie szwów spawalnych jest dopuszczalne dopiero po odbiorze przez władzę budowlaną (por. § 10).

§ 9. *Próby spawaczy.* Przedsiębiorstwo, podejmujące się prowadzenia robót spawalniczych na podstawie niniejszych przepisów, winno przeprowadzić u siebie próbę spawaczy i tylko spawacze egzaminowani mogą przy należytym dozorze technicznym te roboty wykonywać.

Każdy spawacz, zatrudniony przy budowie mostu, powinien wykonać trzy próbki na spawanie i trzy próbki na ścinanie wg. § 3.

Jeżeli spawacz wykona próbki z dodatnim wynikiem, jest uznany za wykwalifikowanego do danej roboty.

Jeżeli spawacz ma wykonywać szwy sufitowe, lub spawać w innej pozycji, niż normalny, powinien wykonać również tego rodzaju próby, przyczem wyniki dla szwów sufitowych mogą być o 50% niższe, niż przy normalnej próbie.

Sprawozdanie z próby spawacza powinno zawierać dokładne dane o instalacji, z której czerpano energję, o materiale spawanych części, o materiale użytym do spawania, szczegóły dotyczące się samego wykonania i jakości połączenia pod względem dokładnego przetopienia i dokładnego przenikania materiału. Również powinny być zanotowane błędy powierzchniowe, wykończenie, sposób spawania, wielkość wzmocnienia i wygląd połączenia od spodu.

Nazwisko spawacza i wyniki prób są notowane w dzienniku spawania. Jeżeli następuje zmiana w warunkach spawania od ostatniej próby spawacza należy przeprowadzić nową próbę. Oprócz tego, jeżeli od ostatniej próby upłynęło więcej niż 6 miesięcy, należy na żądanie inspektora próbę powtórzyć.

§ 10. *Wewnętrzna kontrola robót.* Wewnętrzna kontrola robót obejmuje czynności przed spawaniem, po spawaniu i podczas spawania.



Kontrola przed robotą obejmuje: zbadanie materiału do spawania i zdolności zawodowych spawacza, spawalności metalu, przeznaczonego do spawania, wartości dodawanego materiału, położenia spoin, sposobu ich przygotowania.

Kontrola podczas pracy obejmuje: sprawdzenie sposobu pracy, siły palnika lub łuku, regularności przebiegu spawania, dobrego stopienia krawędzi.

Kontrola po pracy obejmuje: zbadanie linii stopienia i zewnętrznych oznak, pozwalających na ocenę wartości spawacza i jego metody pracy, zbadanie odwrotnej strony spoiny w celu oceny stopnia przetopienia i wypełnienia szwu.

Przedsiębiorstwa, wykonywujące konstrukcje spawane, winny znać metody sprawdzania spoin, o ile możliwości stosować je.

Przedsiębiorca obowiązany jest w całości udostępnić wgląd w robotę spawania wykonanego w warsztacie organom kontrolującym, wyznaczonym przez władzę budowlaną.

Na miejscu budowy organy nadzorczej władzy budowlanej sprawdzają zgodność szwów spawanych z zatwierdzonym projektem pod względem położenia, długości i wymiaru każdego szwu spawanego.

Przy wykonywaniu konstrukcyj spawanych, powinien być prowadzony, niezależnie od dziennika budowy, specjalny „dziennik spawania”.

W dzienniku spawania zapisuje się systematycznie wykonanie wszystkich szwów spawanych z odniesieniem do projektu, wraz z datami ich wykonania.

Winny być w nim napisane również nazwiska spawaczy, wykonywujących poszczególne szwy.

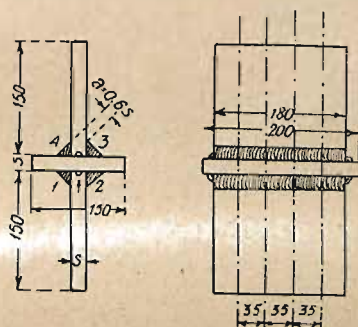
Organy kontrolujące zapisują obowiązkowo w „dzienniku spawania” dopuszczone przez siebie wszelkie zmiany i odstęstwa od projektu, wszelkie zauważone braki wykonania, a także nakazy usunięcia źle wykonanych szwów.

W dzienniku spawania powinien być wreszcie odnotowany: stan pogody, mający wpływ na wykonanie spawania, a więc deszcz, wzgl. śnieg (słaby, silny).

Protokół ostatecznego odbioru przez władzę kontrolującą nad spawaniem, konstrukcji spawanej stanowi zakończenie dziennika spawania.

Pruskie Ministerstwo Opieki Społecznej wydało analogiczne przepisy dopiero w 1930 r. Pozwalają one na zastosowanie spawania łukiem elektrycznym, spawania oporowego i spawania gazowego. Wprowadzają one nieco inne próby, mianowicie, dla elektrod:

a) *Próba na rozerwanie styku krzyżowego*. Dwie blachy podłużne łączy się ze sobą na blasze poprzecznej przy pomocy szwów obustronnych. Grubość szwów ma być równa 0,6



Rys. 13.

grubości blach. Z blachy wycina się 3 próbki o szerokości 35 mm. Wytrzymałość szwu na rozerwanie winna być co najmniej 3000 kg, cm<sup>2</sup> (rys. 13).

b) *Próba na ścinanie* (rys. 14) wzorowana jest na wyżej opisanej (pod d) polskiej.

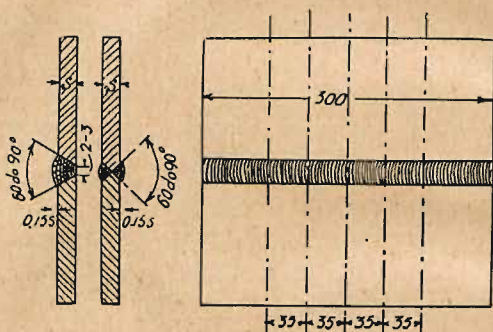


Rys. 14.

c) *Próba na rozerwanie styku czołowego V i X*. (analogiczna do polskiej próby a), wykonywa się z blach spojonych wg. rys. 15. Wycina się z nich 4 próbki o szerokości 35 mm. każda. Wytrzymałość szwu powinna wynieść conajmniej 3000 kg, cm<sup>2</sup>.

d) W specjalnych wypadkach dochodzi *próba na zginanie* analogiczna do próby polskiej c. Średnica trzpienia równa się

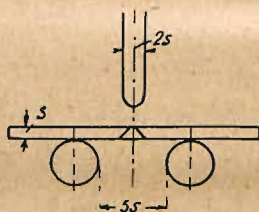
jednak potrójnej grubości blachy. Próby wykonywa się z blach 6 mm. i 12 mm. Muszą one dać wygięcie o  $60^\circ$  bez rysy (rys. 16).



Rys. 15.

*Próba spawacza* obejmuje tylko próbę *a*.

W Niemczech przyjmuje się naprężenia dopuszczalne:



Rys. 16.

na rozciąganie  $720 \text{ kg./cm}^2$ .

na ściskanie  $900 \text{ kg./cm}^2$ .

na zginanie, jak na rozciąganie, wzgl. ściskanie,

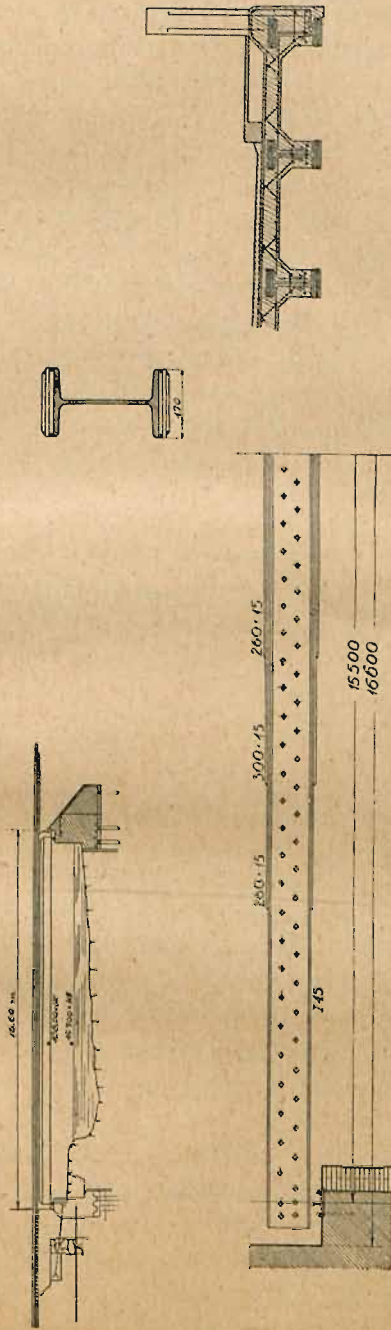
na ścinanie  $600 \text{ kg./cm}^2$ .

### III. Opis wykonanych mostów spawanych.

Ponieważ istniejące dzisiaj konstrukcje spawane mostów mają bardzo różny charakter, przeto opiszę je nie chronologicznie, ani terytorjalnie, ale według systemów konstrukcyjnych, dzieląc je według zastosowanych systemów belek głównych, które można wykonać jako:

- a) dźwigary walcowane wzmocnione,
- b) blachownice,
- c) kratownice.

МОСТ СПАВАНЫ в ЛІПСКВ.

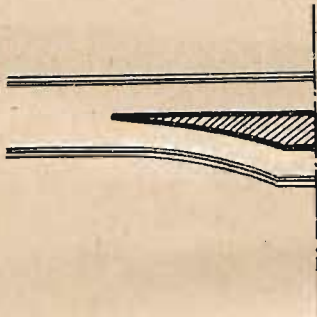


Rys. 17.

A) *Mosty ze wzmocnionych dźwigarów walcowanych.*

Najprostszym sposobem wzmocnienia takich dźwigarów jest *umieszczenie na nich nakładek*, jednej lub kilku. Nakładki takie muszą być albo nieco (o 2 cm.) szersze, albo nieco węższe od stopek dźwigarów, aby szew można było swobodnie na nich umieścić. Do takich mostów należy *most drogowy w Lipsku na rzece Luppe* (rys. 17), wykonany w roku 1929, o rozpiętości w świetle 14,40 m., a teoretycznej 15,50 m., zaś o szerokości 6,24 m., z czego wypada 3,50 m. na jezdnię.

Dźwigary główne są dwuteówkami szerokostopowymi NP, 45, umieszczonemi w odstępach 1,50, względnie 1,65 m.; do ich stopek dospojone są przykładki (w środku trzy) o grubościach po 15 mm., a szerokościach około 300 mm, nieco zmieniają-

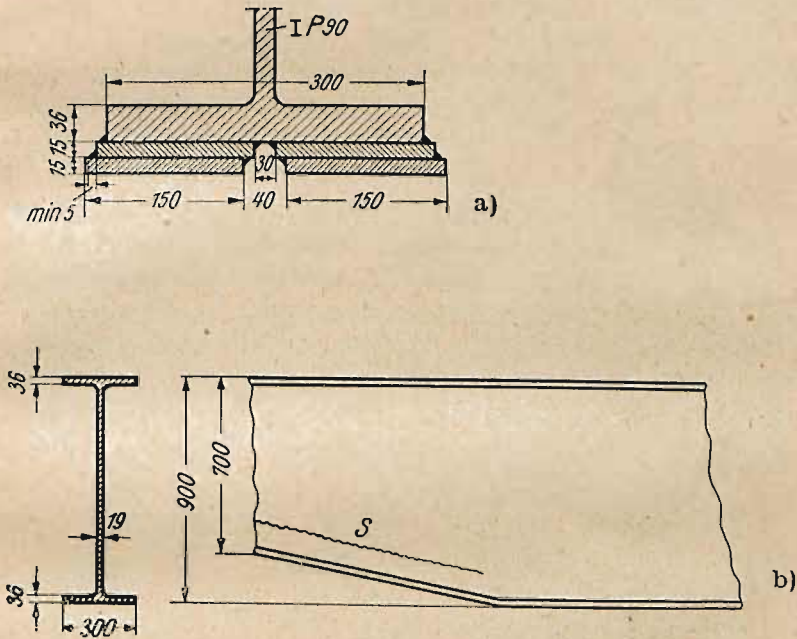


Rys. 18.

cych się, ze względu na umieszczenie szwów. Dźwigary są obetonowane i połączone płytą również żelbetową; dla zapewnienia lepszego połączenia powycinano w ściankach otwory, przez które przeprowadzone zostały krótkie druty dla uzyskania lepszego współdziałania betonu z żelazem.

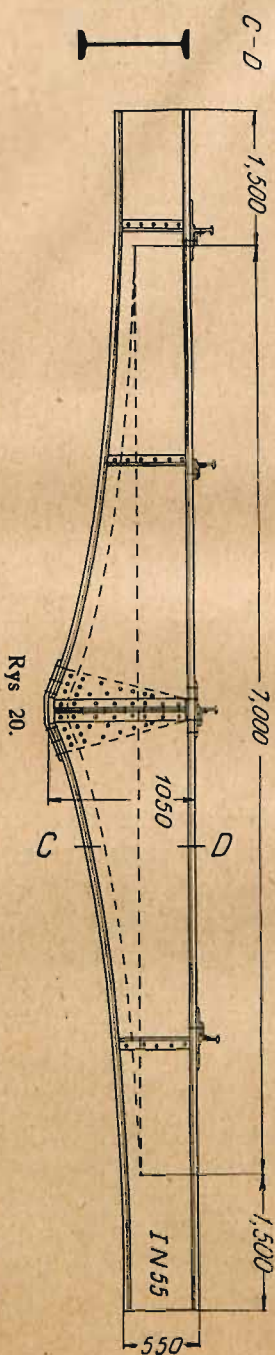
Podobnie wykonany jest *most nad torami kolejowemi w Neufchâtel* o szerokości 9 m. Most składa się z 2 przęseł 25,70 m., dwu 17,20 m. i jednego 16,0 m. Zastosowano w nim jako belki główne dwuteówki szerokostopowe № 90 wzgl. 70. Ponieważ szerokość stopek belek № 90 wynosi 300 mm., a więc jest znaczna, przeto zastosowano tu nakładki z płaskowników 150 × na 15 mm., a tem samym spoiny nie tylko zewnętrzne, ale też środkowe (rys. 19). Przejście z wysokości 90 cm. do 70 cm. wykonano w ten sposób, że z belki I № 90

wycięto odpowiednio długą trójkątną część, odgięto dolny pozostały pas ku górze i następnie spojono łukiem elektrycznym,



Rys. 19.

Drugim sposobem wzmocnienia dźwigarów walcowych jest zwiększenie ich wysokości przez rozcięcie i poziome odgięcie jednej części aż do uzyskania odpowiedniej wysokości, a wreszcie wstawienie i przyspojenie w otrzymane rozwarte rozcięcie blachy o kształcie tego rozcięcia, zaś grubości, równej grubości dźwigara (rys. 18). Ustrój ten zastosowano w kładce dla pieszych w Zurychu, wykonanej w 1926 r. na rzece Limmat przez firmę Pölle & Kern (rys. 20). Most ten ma długość 60 m. przy szerokości 3 m., składa się z trzech przęseł 18,30 m. + 23,40 m. + 18,30 m. = 60,00 m. Belki główne wykonano jako ciągłe na czterech podporach z dźwigarów dwuteowych Nr. 55 więc o wysokości 550 mm., które w opisany powyżej sposób zwiększono na podporach do 1050 mm., po rozcięciu ich na długościach 3,50 m. od podpór środkowych, wygięciu i wstawieniu odpowiednich blach. Przy tej robocie zaoszczędzono około 300 kg. żelaza na każdym przęśle. W innych częściach mo-



stu (filary, wsporniki i t. d.) nie odważono się jeszcze podówczas pójść na spawanie i użyto nitów.

Sposób ten wzmacniania dźwigarów nadaje się w mostach kilkuprzęsłowych, wykonanych jako belki ciągłe— i to wtedy, gdy moment dodatni jest tej wielkości, że przyjąć go może sam dźwigar niewzmocniony, a conajmniej wzmacniony niedużą nakładką, zaś moment podporowy jest znacznie większy. Przy polskich obciążeniach mostów drogowych różnica między momentem dodatnim w środku przęsła, a ujemnym na podporze dla równych rozpiętości przęseł jest stosunkowo nieduża i dlatego też w takich wypadkach ustrój ten w Polsce znajdzie zastosowanie raczej rzadko w budowie mostów drogowych, prędeż w budowie mostów kolejowych lub kładek dla pieszych.

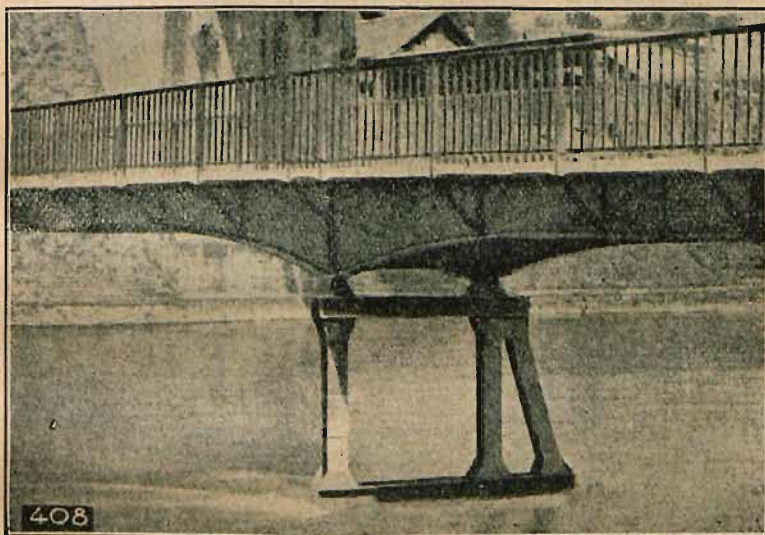
Ten sam ustrój przewidywał projekt na most w Drammen w Norwegii (rys. 21).

### B) Mosty blaszane.

Blachownice spawane wykonywa się o tyle inaczej niż nitowane, że opuścić w nich można kątowniki i zastosować wyłącznie ściankę i nakładki. Żebra, potrzebne, jak w każdej blachownicy, wykształca się poprostu z płaskowników, dawniej umieszczanych obustronnie w jednej płaszczyźnie, dzisiaj przestawianych (por. niżej). Szwy tak pionowe, jak zwłaszcza poziome (żebra) mogą być niekoniecznie ciągłe, ale też przerywane. Nakładki mogą składać się z jednej lub kilku blach.

W takim razie mają nierówne szerokości, ze względu na możliwość umieszczania szwów.

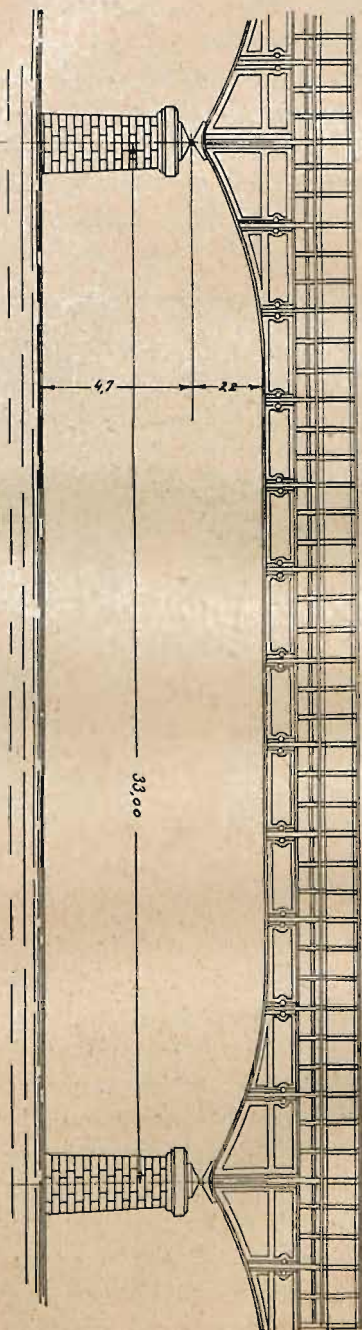
Pierwszym mostem tego typu jest *mość kolejowy w Turtle Creek* (Pensylwanja, St. Zjedn. Amer. Półn.), wzniesiony przez tow. Westinghouse'a (rys. 22). Most ten jest ukośny (pod kątem 60°), o przyczółkach nierównoległych, tak, że rozpiętości obu belek są różne (15,97 m. i 16,29 m.).



Rys. 20-a.

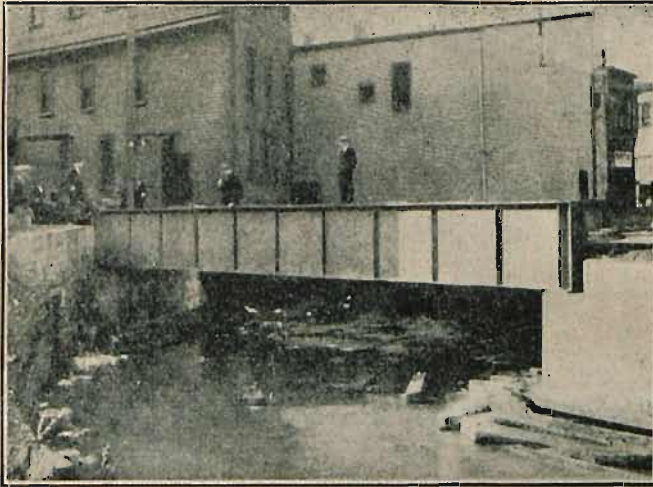
Belki główne składają się wyłącznie z blach: pionowej (ścianki)  $146 \times 10$  i trzech poziomych (nakładek) o grubościach 10 i 25 mm., zaś szerokościach różnych, ze względu na wykonanie spójń. Poprzecznice wykonano z dźwigarów walcowanych o wysokości 640 mm., które zostały przytwierdzone do belek głównych łukiem elektrycznym tak bezpośrednio, jakoteż przy pomocy blach trójkątnych, wzmocnionych żebrem z płaskownika. Podłużnice są również dwuteówkami o wysokości 457 mm.; połączenie ich wykonano tak bezpośrednio przy pomocy szwów, jako też pośrednio przez zastosowanie nakładki, łączącej oba sąsiednie przęsła, przechodzącej przez szczelinę, wyciętą w poprzecznicy, przez co uzyskano ich cią-





Rys. 21.

głość (rys. 23). Żebra belki głównej są z płaskowników <sup>1)</sup>. Budowę wykonały zakłady East Pittsburg Works.



Rys. 22.

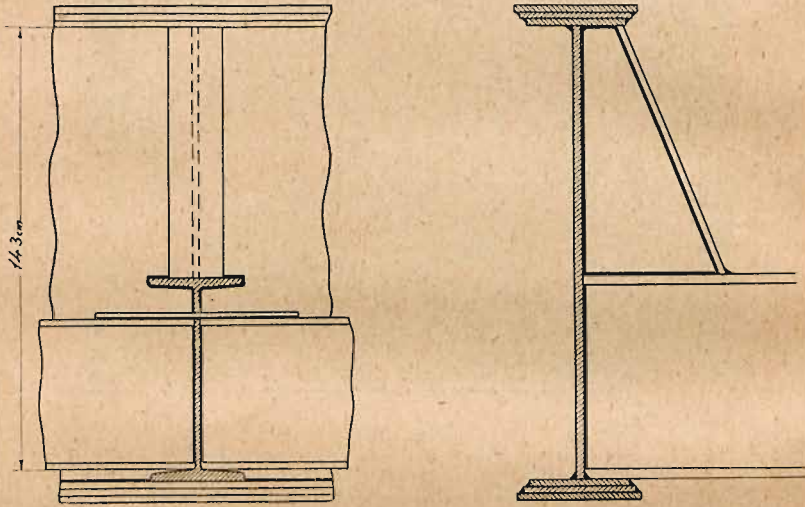
*Most w Weiz (Austria)* jest mostem kolejowym. Założony jest w ukosie  $54\frac{1}{2}^{\circ}$ , przyczem długość belek ukośna wynosi 8,76 m. Obciążenie obliczeniowe wynosi  $6 \times 25 \text{ t} = 150 \text{ t}$ , odstęp osi od siebie 1,50 m. Most założony jest w spadku  $30^{\circ}/_{00}$  i w łuku o promieniu  $R = 90 \text{ m}$ . Belki główne wykonano jako dźwigary blaszane, jednakowoż jeszcze o typie, wziętym z mostów nitowanych (z czterema kątownikami). Wogóle ustrój cały zbliżony jest jeszcze niezmiernie do nitowanych i z tego powodu pod względem samej konstrukcji nic ciekawego nie przedstawia. Może raczej służyć za wzór, jak mostów spawanych wykonywać nie należy (rys. 24).

*Most próbny kolejowy na linii Bienne Souceboz.* Szwajcarskie Koleje Związkowe, pragnąc wypróbować możliwość zastosowania żelaznych konstrukcji spawanych w budowie mostów kolejowych, wykonały z inicjatywy inż. Bühlera, szefa sekcji mostowej kolei szwajcarskich, most próbny na linii

---

<sup>1)</sup> Według doświadczeń Patona lepsze wyniki dały połączenia podłużne, zastosowane w moście łowickim (por. niżej).

Bienne - Souceboz (rys. 25). Most ten jest właściwie raczej elementem wielkiego mostu kratowego (o rozpiętości 52 m) odpowiednio zaprojektowanym, tak, aby o ile możliwości wypróbować konstrukcję spawaną w najważniejszych szczegółach, jakie mogą pojawić się w mostach.



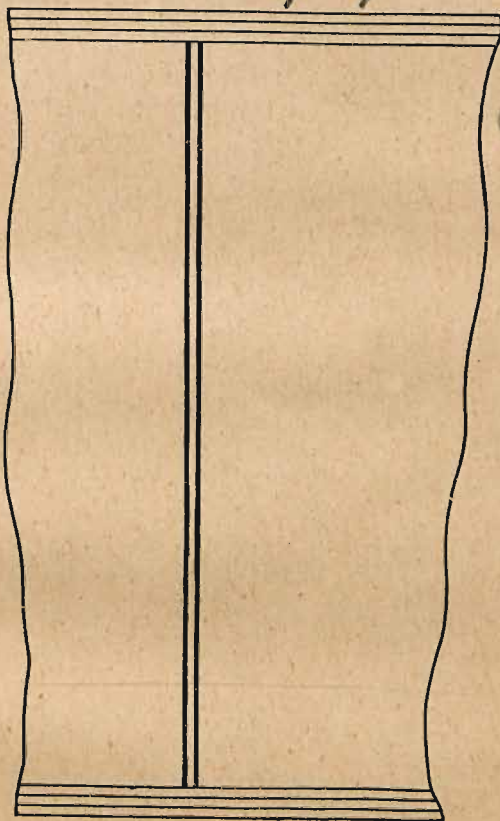
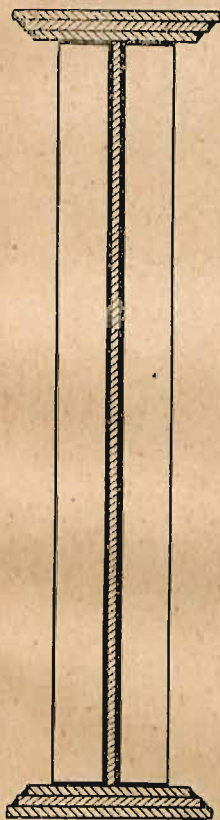
Rys. 23-a.

Podkłady leżą bezpośrednio na pseudo-podłużnicach o teor. długości 5,20 m. Podłużnice te, wykonane jako blachownice spawane, opierają się jednym końcem na łożysku, leżącym na murze przyczółkowym, drugim zaś na poprzecznicy. Poprzecznicą jest również blachownica, spoczywająca na specjalnych podporach, stanowiących do pewnego stopnia elementy belek głównych niewykonanych wprawdzie, ale możliwych w danym razie. Jeden z tych elementów jest kratowy i wygląda jak trójkąt.

Blachownice belek podłużnych wykonane są z blachy  $700 \times 10$  mm. oraz nakładek  $250 \times 20$  mm. wzgl.  $180 \times 20$  mm. (dołem). Rozszerzenia na pasie górnym zastosowane celem utwierdzenia na nim podkładów drewnianych przy pomocy śrub.

Belki te stężone są prostopadłymi do osi mostu tężnikami poprzecznymi z pojedynczych kątówek, wzmocnionych na pod-

porach i w środku blachami, przyspójniami do tychże ką-  
wek. Jako stężeń poprzecznych ukośnych (przekątni kratownic  
poziomych) użyto teówek, umieszczonych na pasie górnym,  
a częściowo i dolnym podłużnic. Niezależnie od tych tężników  
blachownice usztywnione są płaskownikami obustronnymi w od-  
stępach co 575 mm.



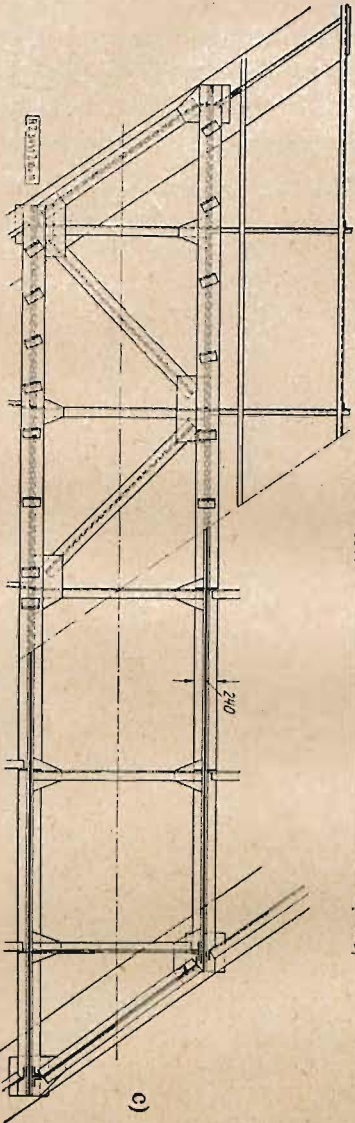
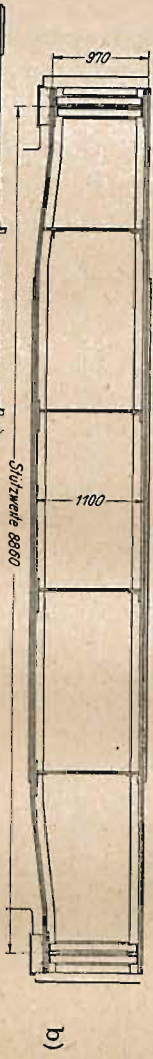
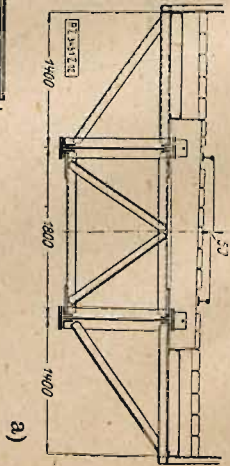
*Most kolejowy w Turtle Creek  
w Penn.  
wanji  
(Stany Zj  
mowane  
(22 i 23)*

Rys. 23-b.

Poprzecznicą jest również blachownica, składająca się  
z blachy pionowej  $860 \times 12$  mm. i z nakładek poziomych  
 $250 \times 25$  mm., wykonaną podobnie, jak w moście w Turtle  
Creek.

Jak z tego opisu widać, nie zastosowano tu w zasadni-  
czych elementach żadnych przekrojów profilowanych, ale wy-  
łącznie blachy.

*Ступица  
с шест болтами в шпоре,  
с лат. массив в опорных частях  
и грав. на металле.*



Rys. 24.

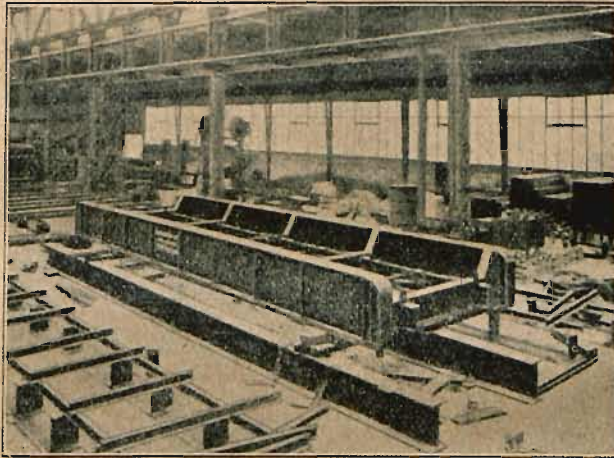


W obliczeniu przyjęto, że spojenia bezpośrednie na styk, są wytrzymałościowo równowarte materiałowi konstrukcyjnemu ( $900 \text{ kg/cm}^2$ ) zaś szwy, narażone na ścinanie mają 70% tej wytrzymałości ( $640 \text{ kg/cm}^2$ ).

Z powodu małej rozpiętości mostu wpływ wstrząśnień jest tem większy i również wzrasta on z powodu spadku 25‰ jaki jest na moście.

Budowę wykonała firma C. Wolf i S-ka w Nidau w r. 1929.

*Niemcy  
Most blaszany  
w Münster*



Rys. 26.

Również niemieckie koleje związkowe zbudowały *spawany blaszany most próbny* o rozpiętości 10 m. w *Monastere (Münster)*. Obliczony jest on na najcięższe lokomotywy. Dźwigary główne są blachownicami, których nakładki mają grubość po 30 mm. Żebra są z płaskowników. Poprzecznice z dwuteówek Nr. 45, podłużnice z dwuteówek NP. 32. Wiatrownice są również z dwuteówek NP. 14 (rys. 26).

W Polsce w wykonaniu jest obecnie most blaszany spawany na rzece Słudwi pod Retkami (dla sejmiku łowickiego). Nadto w projekcie są mosty blaszane spawane: na rzece Łydni w Ciechanowie (sejmik ciechanowski) i most w Równem, (Ministerstwo Robót Publicznych). Projekty tych mostów wykonane są przeze mnie, przy współpracy pp. inż. Bartoszewskiego i Souppera.

Montaż studni pod Orestkami

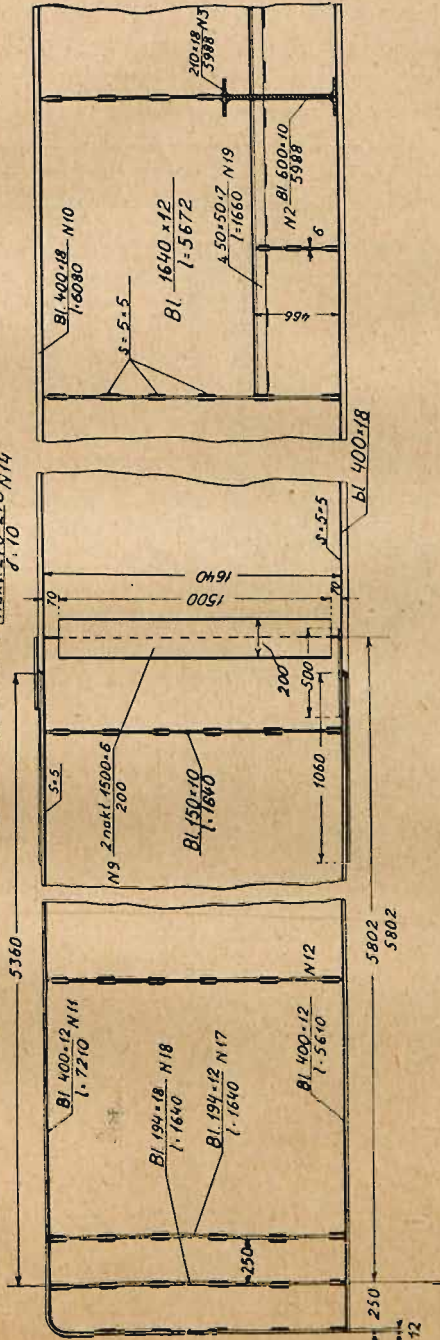
# WIDOK BOCZNY DŹWIGARA

## STYK GÓRNYCH BLACH POZIOMYCH



od zewnątrz.

od wewnątrz.

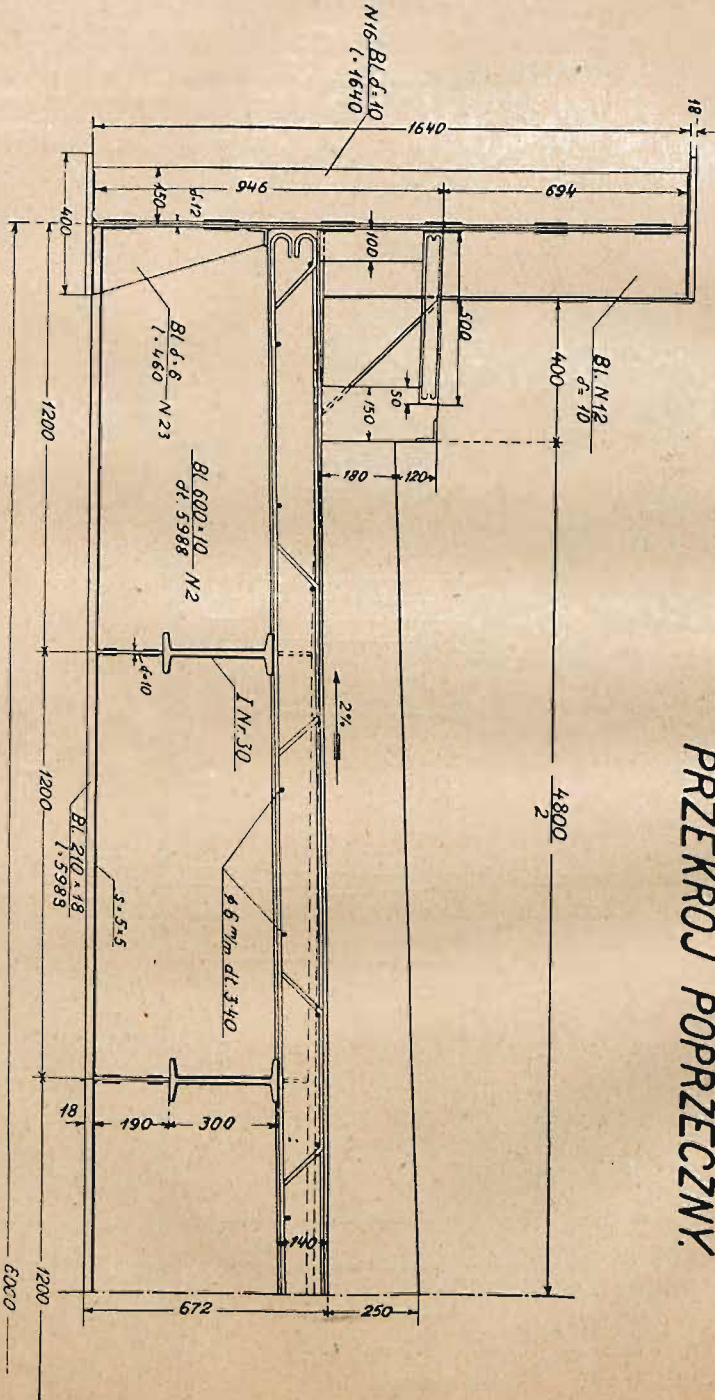


Krys 27.



MOST NA SŁUDWI POD RETKAMI.

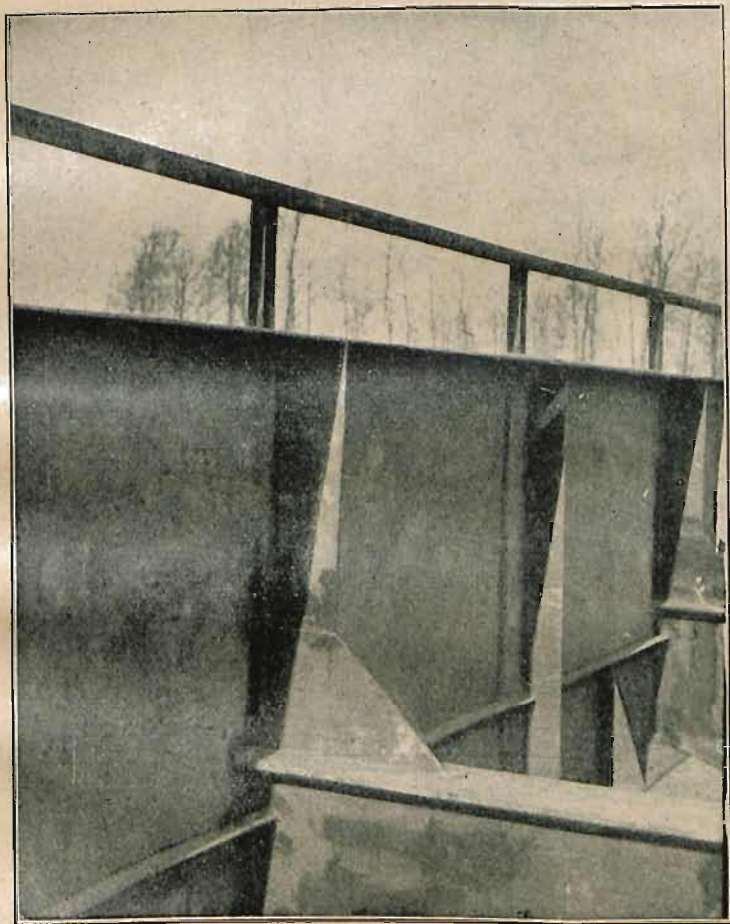
PRZEKRÓJ POPRZECZNY.



Rys. 28.

6000

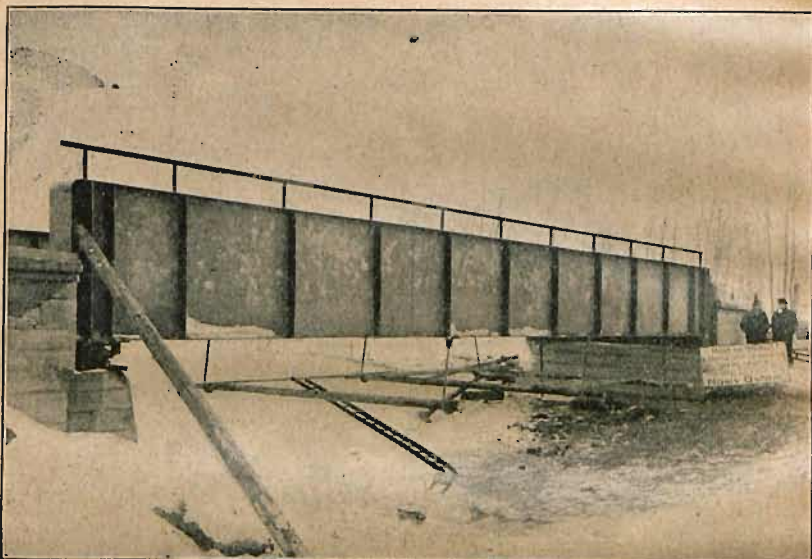
*Most na Słudwi pod Retkami* (prawie wykończony — (rys. 27—30) ma mieć rozpiętość teoretyczną 16,80 m., przy 16,0 m. rozp. w świetle. Belki główne są blachownicami o ścianie  $1640 \times 12$ , o nakładkach  $400 \times 12$  do  $400 \times 18$ ; pomost dołem;



Rys. 29.

poprzecznicę są również blachownicami o wysokości 600 mm. zaś podłużnicę dwuteówkami NP. 30. Utwardzenie podłużnic wykonane ma być przy pomocy blach trapezowych, podobnie, jak w moście pod Łowiczem. Doświadczenia Patona, czynione w utwardzeniu różnych rodzajów, wykazały obecnie, że właśnie to połączenie jest najsilniejsze i najlepsze.

Żebra belek głównych są z płaskowników, zewnętrzne i wewnętrzne w odstępach 1680 mm. Są one względem siebie przestawione, co jest lepsze od zeber obustronnie w jednej płaszczyźnie założonych.



Rys. 30.

Belki główne składać się mają z trzech części, ze stykami blachy i nakładek nieco przestawionemi i krytymi nakładkami. Na podporze są przewidziane trzy żebra, przyczem jedno z nich jest przedłużeniem nakładki pasa górnego.

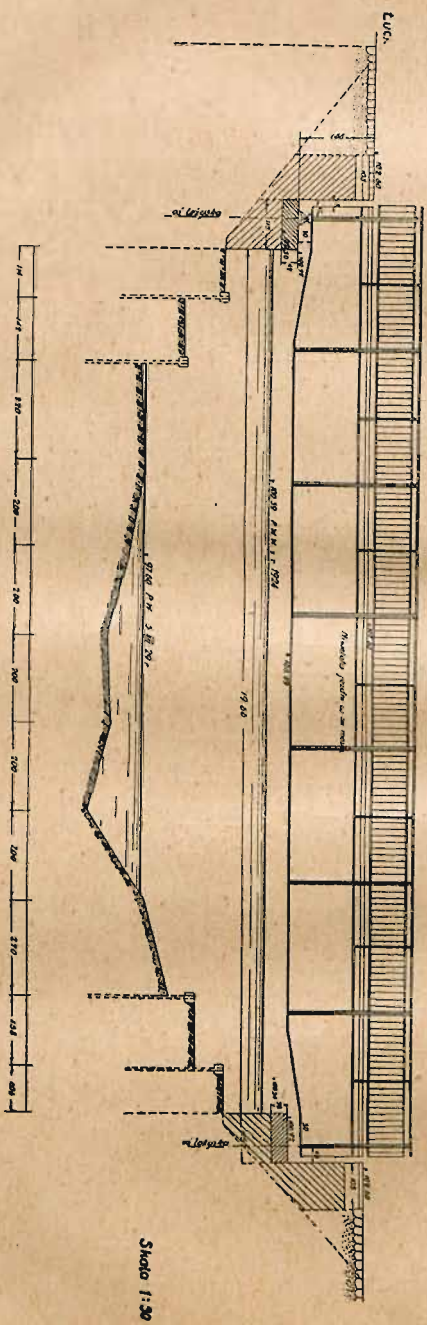
Na podłużnicach i na kątówce przytwierdzonej do ścianki belek głównych ma spoczywać pomostowa płyta żelbetowa. Konstrukcję wykonała Huta Pokój (Nowy Bytom).

*Most na rzece Łydyni w Ciechanowie*, projektowany jest jako most trójprzęsłowy o rozpiętościach  $12,80 + 13,16 \times 12,80$  m. Belki główne mają być blachownicami o wysokości 800 mm. w prętach skrajnych, zaś 640 mm. w przęśle środkowem. Ustrój mostu zbliżony jest wogóle do ustroju mostu w Równem (por. rys. 32 i nast.). Wsporniki są wyjątkowo duże ze względu na to, że zrazu most miał mieć mniejszą szerokość. Szczegóły połączeń spawanych przedstawia rys. 31. Na rys. a widać utwierdzenie tężników poprzecznych (tężniki są zębami blachownicy



Most przez rz. Ujście w Równem

WIDOK BOCZNY

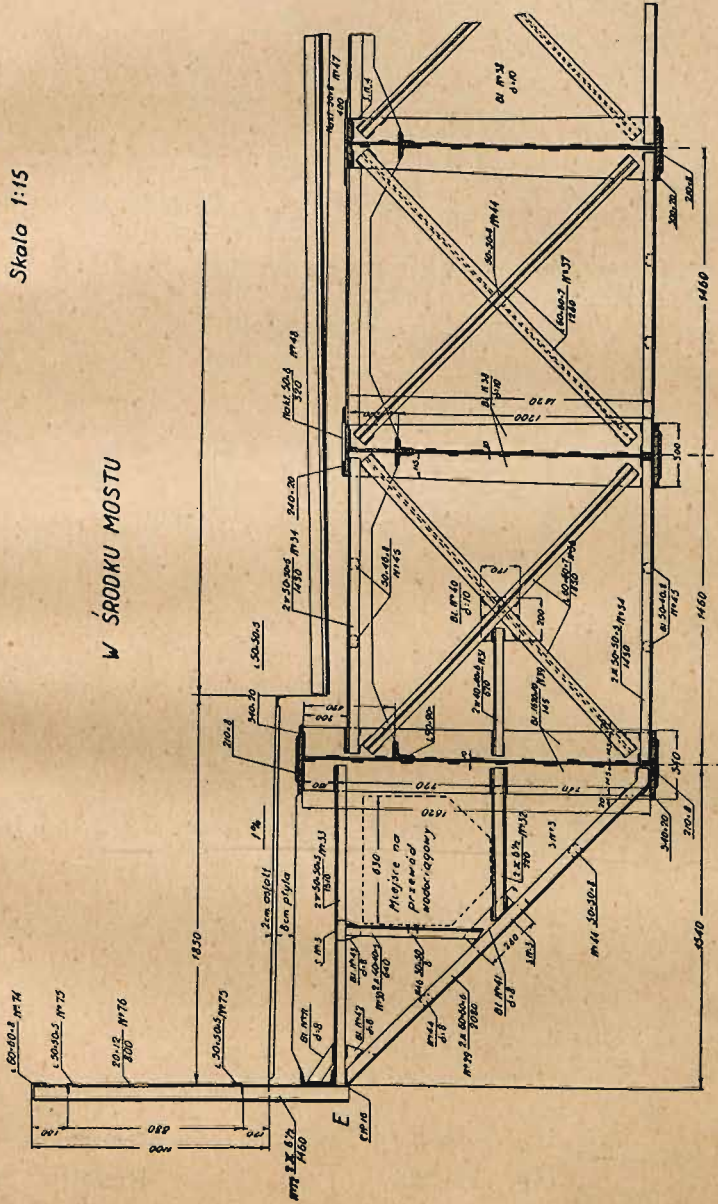


Rys. 32a

# Most przez rz. Ujście w Równem

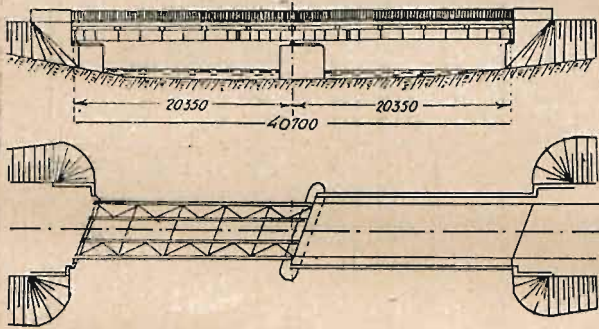
PRZEKROJ POPRZECZNY  
Skala 1:15

W ŚRODKU MOSTU

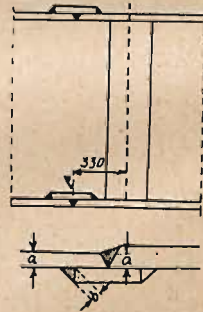
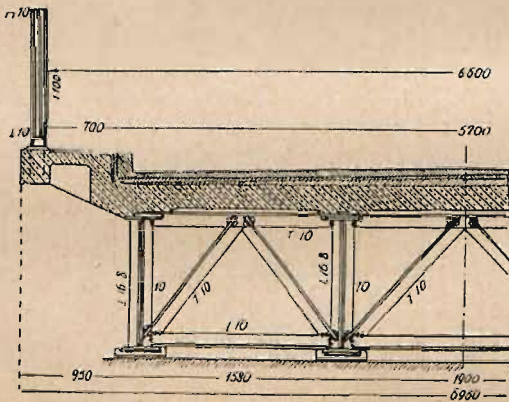


Rys, 32b

Blachownice są projektowane z powodu małej wysokości konstrukcyjnej. Blachy mają mieć wymiary  $1450 \times 12$  mm, jednakowoż na podporach są podcięte i tam wysokość ich spada do 1150 mm. Nakładki mają mieć wymiary  $320 \times 12$  względnie  $320 \times 20$  mm. Żebra z wstęg żelaznych. Pomost ma być żelbetowy, ponieważ jednak wysokość konstrukcyjna jest bardzo mała, przeto płyta żelbetowa częściowo przechodzi nad nakładkami, grubością 8 cm., wraz z wkładkami, częściowo zaś



*Most na rzecze  
dawn w  
Eckelshausen*



Rys. 33

oparta jest na kątówkach poziomych, umieszczonych na ścianie, przyczem przyjęto ją, jako współdziałającą z belkami głównymi żelaznymi. Stężenie poprzeczne wykonano z teówek  $60 \times 60 \times 7$  mm. Waga konstrukcji żelaznej spawanej mostu przy zastosowaniu pomostu żelbetowego wyniosła tu 50 tonn,

waga konstrukcji spawanej przy pomocy nieckowym 63,4 t., waga konstrukcji nitowanej przy pomocy nieckowym 73,8 tonn.

*Most na rzece Lahn w Eckelshausen* ma dwa przęsła blaszane o rozpiętości po 20,35 m każde, wykonane jako belka ciągła. Wysokość dźwigarów 1,00 m, odstęp ich 1,90. wzgl. 1,58 m. Pomost żelbetowy. Szczegóły por. rys. 33.

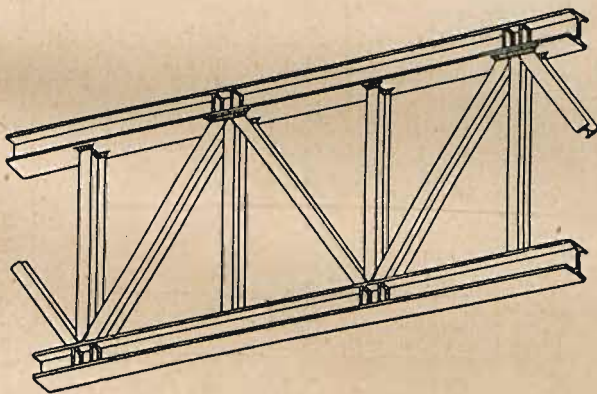
Podkreślić należy, że w Austrii jest w budowie obecnie sześć mostów blaszanych spawanych o rozpiętości po 22 m.

### C) Mosty kratowe.

Połączenia spawane w belkach kratowych mogą być wykonane bardzo różnie i niemal każda z dotychczasowych wykonanych w ten sposób konstrukcyj mostowych przedstawia inne szczegóły konstrukcyjne.

Podstawowe są połączenia, działające na ścinanie, podobnie jak w konstrukcjach nitowanych; mogą to być:

a) szwy boczne, przebiegające równoległe do osi pręta, wzdłuż jego krawędzi (por. rys. 9 i rys. 41, — most na Słudwi pod Łowiczem),



Rys. 34

b) szwy poprzeczne, prostopadłe do osi pręta, na jego końcowej krawędzi (rys. 11),

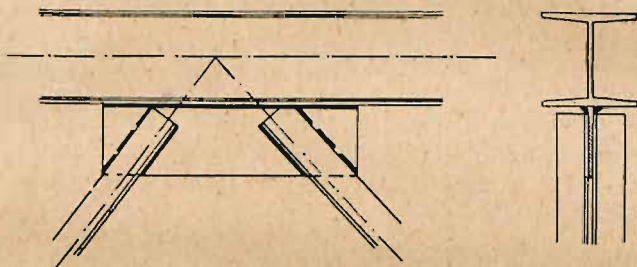
c) szwy środkowe, czyli szczelinowe, w odpowiednich wcięciach (por. rys. 10 i most na Chicopee Falls).

Prócz połączeń ścinanych mogą być:



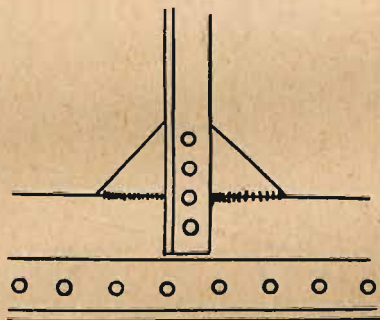
d) połączenia na styk bezpośredni, w których pręty przytykają czołem do przekroju; połączenia te w mostach kratowych dotychczas nie były stosowane, są jednak możliwe (rys. 34).

Ponieważ połączenie spawane wymaga znacznie mniejszej długości, niż nitowane, przeto blachy węzłowe, najczęściej potrzebne w konstrukcjach nitowanych, mogą w mostach spawanych odpaść albo zupełnie, albo przynajmniej bardzo się zre-



Rys. 35

dukować. Mogą też zostać zastosowane blachy węzłowe cząstkowe, polegające na tem, że do blachy ścianki pasa, lub też innego przekroju pasa przyspaja się potrzebną blachę (rys. 35). Ustrój ten, patentowany w Polsce, można zresztą zastosować i do mostów nitowanych (rys. 36).

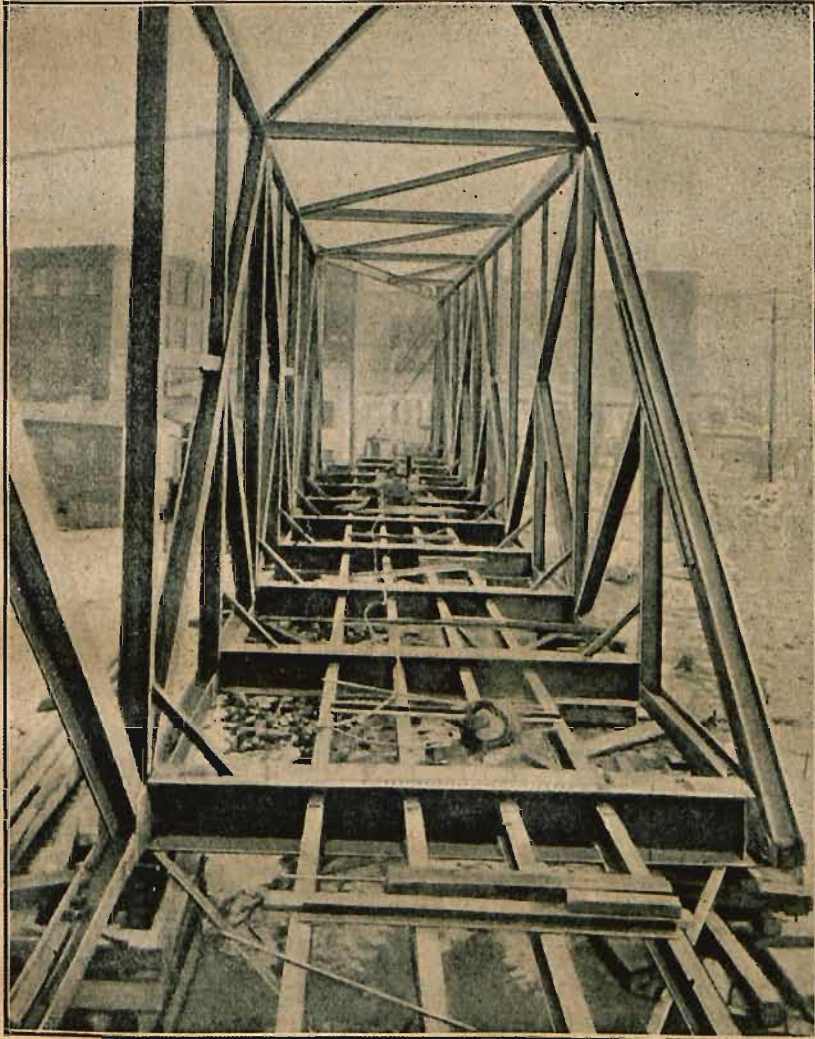


Rys. 36

Należy wreszcie wspomnieć o możliwości zastosowania przekrojów rurowych, które w prętach narażonych na ściskanie i wyboczenie mogą dać dobre rezultaty (rys. 39 i 40).

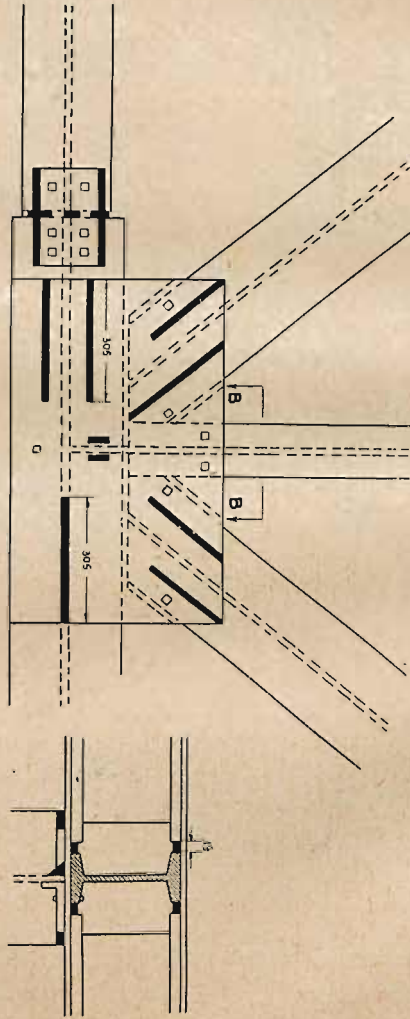
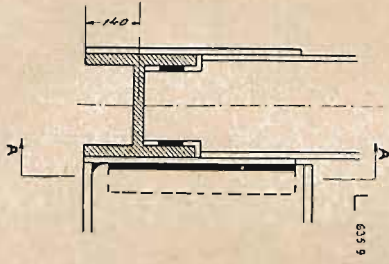
Pierwszy kolejowy most kratowy spawany został wzniesiony w Ameryce, pierwszy drogowy — w Polsce.

*Most w Chicopee Falls* (stan Masschusetts) jest pierwszym amerykańskim mostem kratowym spawanym. Jest on wzniesiony na bocznicę linii kolejowej Boston-Maine (sys. 37 i 38).



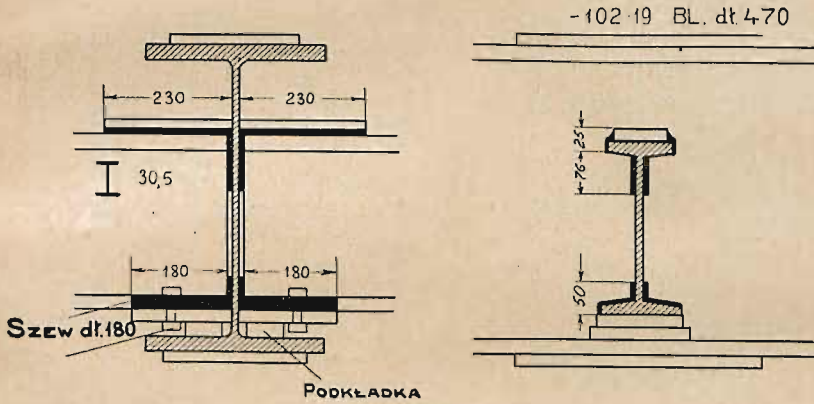
Rys. 37

Most prowadzi przez kanał o szerokości 15 m.; wskutek jednak znacznego ukosu ( $18^\circ$ ) rozpiętość obu belek głównych wynosi po 40 m. przy odstępach 3,5 m., a wysokości kraty 7,5 m.



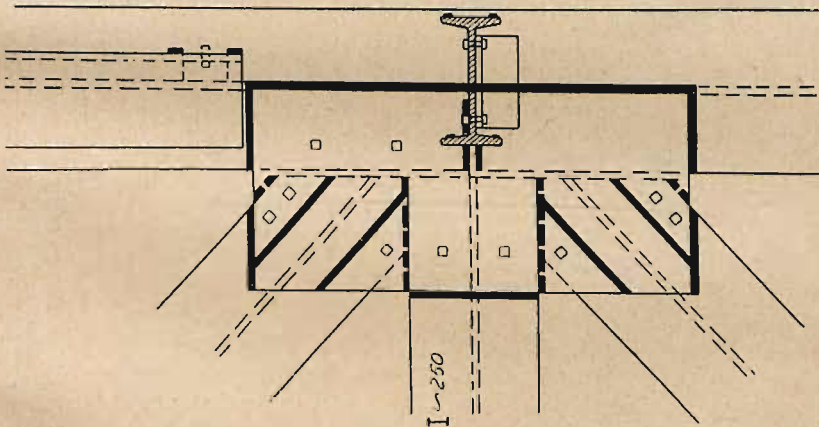
Rys. 38a

Wszystkie pręty wykonano z dźwigarów szeroko-stopowych. Połączenia prętów wykonano częściowo na styk bezpośredni, częściowo zaś na blachy węzłowe, przy czym zastosowano oprócz



Rys. 38b.

szwów bocznych także i środkowe podłużne (szczelinowe), osiągając przez to lepsze osiowe przeniesienie sił. Wielkość blach węzłowych uległa w stosunku do projektu nitowanego bardzo



Rys. 38c.

znaczному zmniejszeniu, gdyż długość połączenia spawanego wynosi około 25% potrzebnej długości nitowanego. Styki wykonano bezpośrednio. Poprzecznice i podłużnice są z dwuteówek przy czym ciągłość podłużnic zapewniono, podobnie, jak i w mo-

ście w Turtle Creek przez zastosowanie płaskownika poziomego, jako nakładki górnej, łączącej oba dźwigary podłużnicy, a przechodzącej przez odpowiedni otwór, wycięty w ścianie poprzecznicy. Ciężar mostu spawanego wyniósł tylko 75% ciężaru mostu nitowanego, koszt zaś 15.000 dolarów, wobec 19.000 dol. konstrukcji nitowanej.

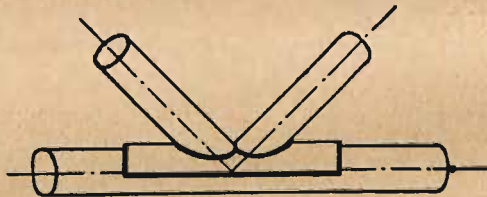
Most wykonały zakłady Westinghouse Electric and Manufacturing Co.

*Most na rzece Słudwi pod Łowiczem* (rys. 41-42) jest pierwszym mostem spawanym w Europie, a pierwszym mostem dro-



Rys. 39

gowym na świecie. Prawie wszędzie inicjatywa prywatna wprowadza nowe metody konstrukcji, a instytucje oficjalne i państwowe przyjmują ją dopiero z wolna i po długim czasie. Na chlubę polskiego Ministerstwa Robót Publicznych można zapi-



Rys. 40

sać, że ono właśnie, dzięki ministrowi Moraczewskiemu i dyrektorowi Departamentu Drogowego inż. Nestorowiczowi, wzięło inicjatywę w swoje ręce, zdecydowało się zbudować most spawany i skłoniło w konsekwencji polskie zakłady budowy mostów do pójścia w tym kierunku. Projekt został wykonany przez autora.

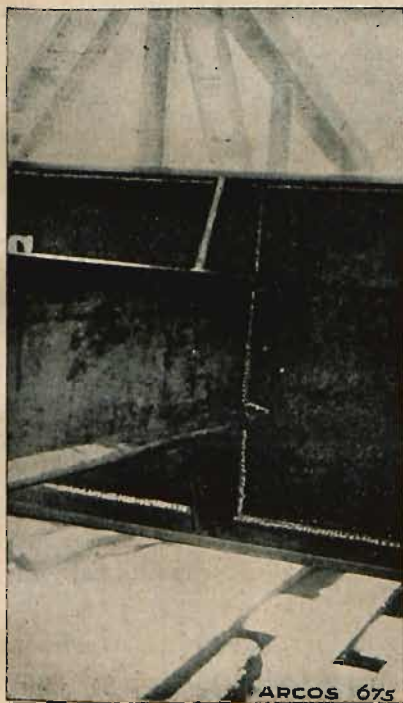
Rozpiętość mostu na Słudwi w świetle wynosi 26,0 m., rozpiętość teoretyczna 27,0. Szerokość mostu przyjęto 6,20 m. w świetle między belkami, t. j. 6,76 m. od osi do osi dźwigarów. Po obu stronach mostu są chodniki o szerokości 1,50 m. każdy.





Przekroje przyjęte składają się z blach, kątownek i ceówek. Pasy są dwuteowe i składają się prawie wyłącznie z blach (rys. 42). Odstęp ścianek jest 300 mm. w świetle, wysokość ich wynosi 370 mm., grubość 12 mm. Pas górny ma jedną blachę poziomą o wielkości zmiennej od  $500 \times 20$  aż do  $560 \times 29$  mm. Pas górny wzmocniony jest 2-ma kątownkami  $90 \times 90 \times 11$  mm. w pasie dolnym są dwie blachy poziome od  $100 \times 12$  do  $250 \times 18$  mm.

Przekątnie wykonane są z ceówek NP. 20, zwróconych na zewnątrz. Połączono je blachami  $200 \times 10$ . Słupy skonstruowano z czterech kątowników  $80 \times 80 \times 8$  mm. Jedyne węzły podporowe posiadają blachy węzłowe; wzmocniono je pionowymi żebrami z kątownek  $80 \times 80 \times 10$  mm. Poza to połączenia krzyżulców z pasami wykonano na zakładkę. W węzłach w których zagina się pas górny, krzyżulce stanowią częściowo przykładki blach zetkniętych.



Rys. 43

Poprzecznice wykonano jako blachownice, złożone wyłącznie z blach, przy czym ścianka ma wymiary  $700 \times 12$  mm., zaś nakładki  $350 \times 20$  mm. Na podporach umieszczono blachę trapezową, uzbrojoną u góry nakładką  $250 \times 12$  cm.

Podłużnice wykonano z dwuteówek NR 30, które przytwierdzono do poprzecznicy na styk czołowy i utwierdzono przy pomocy 2 blach trapezowych nad i pod podłużnicą (rys.

43). Konstrukcja ta pozwoliła obliczać podłużnice jako belki ciągłe na podporach sprężystych, przez co uzyskano oszczęd-

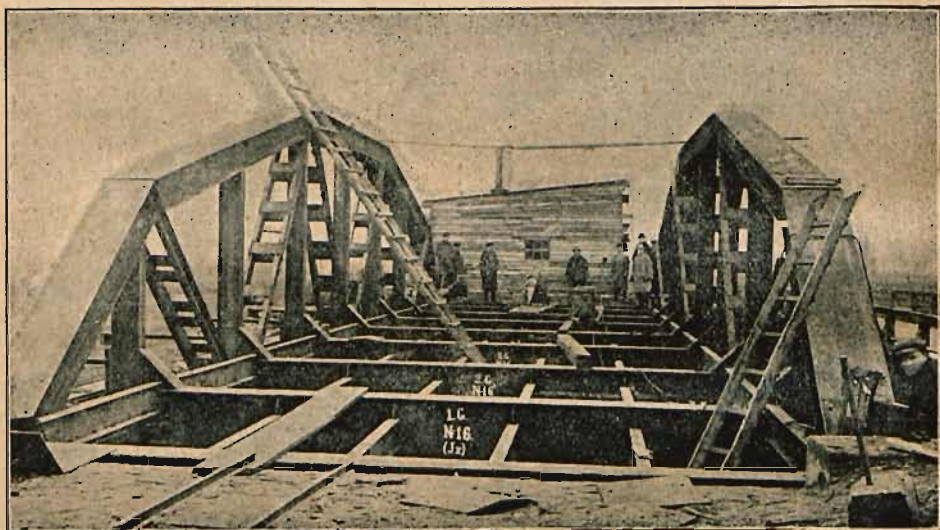


dności w pomoście, wynoszące do 12% (por. też wyżej — most pod Retkami.) Widok na pomost w trakcie wykonywania, przedstawia rys. 44.

Tężniki poziome wykonane są z kątowników  $70 \times 70 \times 7$  mm. połączonych blachami węzłowymi poziomymi, które utwierdzone są do pasa dolnego, poprzecznic i belek głównych.

Pomost wykonany jest z żelbetu.

Ciążar ogólny konstrukcji spawanej wyniósł 55 tonn, podczas gdy przewidywany ciężar konstrukcji nitowanej miał wynieść 70 tonn. Oznacza to oszczędność na wadze wynoszącą 21,4%.



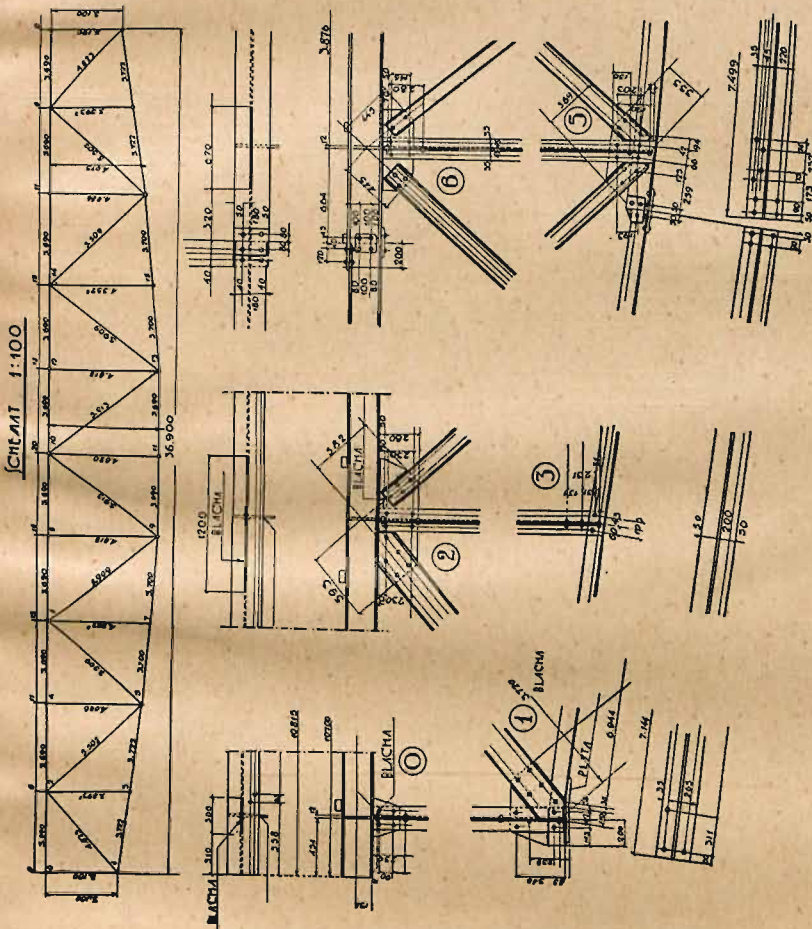
Rys. 44

Most wykonała firma K. Rudzki, przy współudziale firmy Electricque Autogène z Brukseli.

*Most na Rodanie w la Souste* (rys. 45-46) jest drugim mostem kratowym w Europie, wykonanym przy pomocy spawania. Jego rozpiętość wynosi 36,90 m., zatem więcej niż mostu łowickiego, wysokość w środku 4,50 m. Kształt jest dolnoparaboliczny o belkach niezbieżnych (wysokość podporowa wynosi 3,10 m.). Szerokość jezdni wynosi 5,00 m. z obustronnymi krawężnikami po 0,30 m. każdy. Most przeznaczony jest dla drogi

II klasy; ma zatem obciążenie rachunkowe znacznie mniejsze niż most łowicki, to też całkowita waga konstrukcji żelaznej wynosi tylko 40 tonn, wobec 55 tonn mostu w Łowiczu.

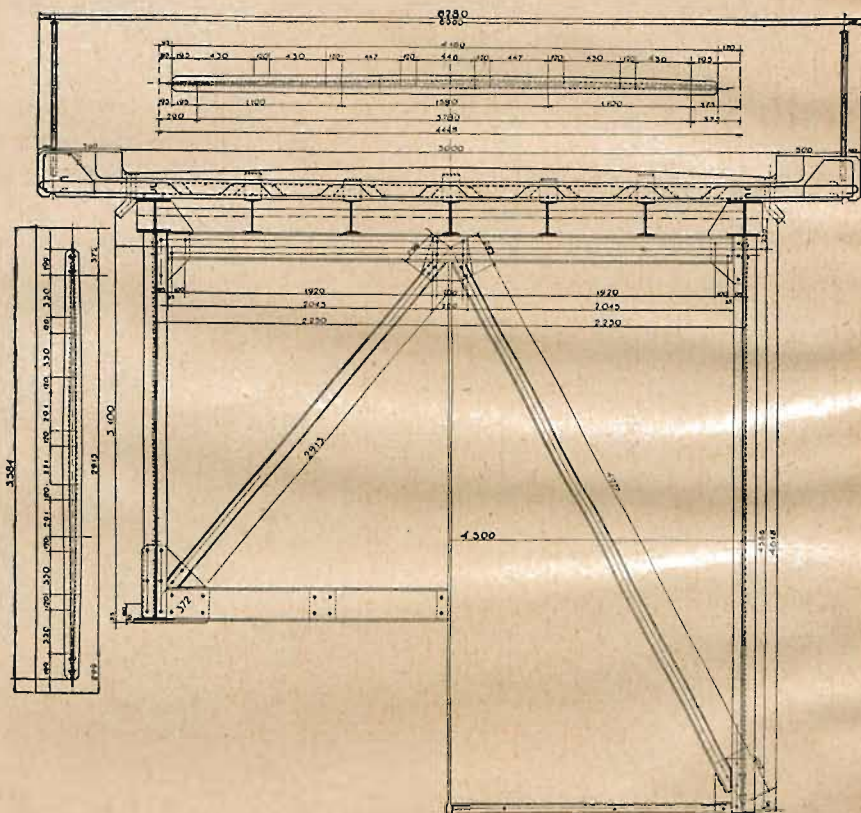
*Most na podwoju w Łowiczu*



Rys. 45

Pomost spoczywa na płycie żelbetowej, która wspiera się na podłużnicach, wykształconych jako dwuteówki NR. 26 i utwierdzona jest do nich za pomocą krótkich dźwigarów I NR. 20. Poprzecznice kratowe są zarazem tężnikami poprzecznymi; pasy ich składają się z dwu korytek NP. 20, pomiędzy które wchodzi blacha węzłowa. Pas dolny podwieszony jest na podwieszce z żelaza okrągłego 20 mm.

Belki główne są o kracie trójkątnej. Pas górny tworzy dwuteówka szerokostopowa NP. 28, w części środkowej, zaś NP. 26 w częściach skrajnych; pas dolny teowy, wykonany został z połowy teówki szerokostopowej NP. 42 $\frac{1}{2}$ , względnie NP. 40.



Rys. 46

Styk pasa górnego przedstawiony jest na rys. 45; wykonano go w ten sposób, że NP. 28 przecięte przez jedną stopkę i ściankę, pozostawiając drugą stopkę wysuniętą na długość 200 mm. Dosunięty profil I NP. 26 przytwierdzony jest tak przy pomocy bezpośrednich szwów, jakoteż nakładek i przykładek pasa dolnego, wykonano przy pomocy przykładek i nakładki. Blachy węzłowe przytwierdzone są do pasów przy po-

mocy szwów: bocznych ścinanych na pasie górnym, zaś czołowych na dolnym.

Słupy składają się każdy z dwu kątówek, przekątnie z dwu ceówek; przyczem wzajemny odstęp tych profilów zwiększa się ku środkowi. To samo wykonano również w przekątniach tężników poprzecznych (poprzecznic). Wiatrownice poziome znajdują się na obu pasach (dolnym i górnym).

Most ten miał zastąpić dawniejszy most kratowy o belkach równoległych, który wobec wzmagającego się coraz bardziej ruchu był już za słaby. Belki główne nowego mostu (o rozstawie 4,50 m. od osi do osi) obejmują niejako most stary, którego szerokość wynosiła 3,00 m. Na podporach wspierają się na tym samym poziomie, co stary most; jednakowoż są odeń już na podporach wyższe, nadto zaś zwiększają i dołem swą wysokość ku środkowi przez zastosowanie kształtu parabolicznego. Celem utrzymania nieprzerwanego ruchu na moście podczas montażu podniesiono na starym moście drewniany pomost o 85 cm. na drewnianych belkach poprzecznych, t. j. tak wysoko, że pod nim można było wykonać cały pomost (wraz z płytą i żwirówką) nowego mostu. Prowizoryczne połączenie wykonano przy pomocy nitów, poczem dopiero wykonano właściwe szwy.

Konstrukcję zaprojektowała i wykonała firma Giovanola Freres w Monthey. Wykonanie nastąpiło w r. 1930.

*Most na rzece Drance dla kolei zębatej w Martigny* w Szwajcarii (rys. 47) ma rozpiętość 19,260 m. Belki główne są równoległe o kracie trójkątnej z zakończeniem dolno trapezowem. Wysokość ich wynosi 1,60 m. odstęp 1,50 m. Most założony jest w spadku 1 : 19. Ustrój jego jest ogromnie zbliżony do ustroju mostu na Rodanie w La Souste. Pas górny stanowią dwuteowniki szerokostopowe № 14. Pas dolny wykonany jest z dwuteowników № 26. Tężniki na moście są poprzeczne oraz poziome na pasie górnym. Rozpory poziome wykonane są z teówek № 12, częściowo zaś z teówek  $60 \times 60 \times 7$ ; przekątnie wiatrownic są z kątówek.

Przekątnie są z kątówek podwójnych, słupy z teówek.

Belka wykonana została zupełnie symetrycznie, t. j. bez uwzględnienia spadku, po ułożeniu zatem na miejscu słupy nie są pionowe, ale nieco pochyłe. Uprościło to w wysokim stopniu wykonanie konstrukcji w warsztacie.





Do montażu użyto prowizorycznych nitów, obliczonych wyłącznie na ciężar własnej konstrukcji, po zmontowaniu wykonano szwy. Połączenia na pasie górnym wykonano na blachy dospojone, na pasie dolnym na szwy boczne i czołowe.

Konstrukcję wykonała również firma „Giovanola Frères w Monthey.

Obecnie jest w Czechosłowacji w budowie most spacerowy o rozpiętości 50 m.

Wspomnieć też należy o moście żelbetowym systemu Melana w Laufen (rys. 48). Jest to most łukowy o rozpiętości 30,00 m. i strzałce 3,75 m. zaś szerokości 9,00 m. Uzbrojenie jest sztywne i stanowią je łuki bezprzegubowe w ogólnej ilości 13 w odstępach 6,90 m, od siebie. Pasy tych łuków składają się z kątówek  $75 \times 75 \times 8$ ., rozsuniętych na szerokość 72 mm. w którym to odstępie mieszczą się słupki, wykonane z płaskowników  $70 \times 6$ , oraz przekątnie z teówek  $70 \times 35$ , przyspojone do pasów od wewnątrz. Łuki tak wykonane byłyby oczywiście zbyt mało sztywne same w sobie, jednak mają tu one znaczenie prowizoryczne, po wykonaniu betonowania poczynają działać jako uzbrojenie betonu. Niezależnie od tego powiązано je ze sobą kratowemi złączeniami poprzecznymi, połączone mi na miejscu budowy na śruby do niewielkich kwadratowych blach dospojonych do kratowych łuków. Dołem pod łukami, w kilkumetrowym odstępnie, utwierdzono do nich prowizorycznie ceówki NP. 6 do podtrzymania szalowania. Usunięto je po wykonaniu betonu. Wszystkie połączenia warsztatowe wykonano przy pomocy spawania, połączenia na montażu przy pomocy śrub.

Z tego krótkiego przeglądu widać dobitnie, że żelazne mosty spawane wyszły już poza granicę teoretycznych rozważań i stosowane są w bardzo szerokiej gamie systemów budowy. Jeżeli zaś zważymy, że mają one poza sobą wszystkiego około trzech lat i że zastosowanie ich w ciągu tych trzech lat stale się wzmacnia, tempem szalenie szybkim, dojdziemy do przekonania, że stoimy przed nową fazą żelaznych konstrukcyj mostowych. Nasi inżynierowie zaś drogowi i mostowi, którzy muszą wobec ogromu naszych potrzeb budować dobrze i tanio, powinni zwracać uwagę na spawania, które przy należytem wykonaniu właśnie pozwoli budować mosty żelazne dobrze i tanio.



nr. 346

