

Prof. Inż. Dr. STEFAN BRZYŁA

Stalowe mosty spawane.

Spawanie, które w ostatnim dziesięcioleciu zaczęło wprowadzać w dziedzinę konstrukcji stalowych, zrobiło tak niezmiernie postępy, że zdołało rozwinąć się w odrębną zupełnie gałąź budownictwa stalowego. Stworzyło ono metodę połączeń najekonomiczniejszą i, przy należytem wykonaniu i dozorze, najwytrzymalszą, choćby dlatego, że miejsce styku, które zawsze było słabym punktem konstrukcji, można przy spawaniu wykonać tak, że będzie ono miejscem najmocniejszym.

W tym krótkim szkicu nie będę mówił ani o systemach spawania, ani o szczegółach, ani o przyczynach jego ekonomji. Powołam się tu na to, co mówiłem w wykładzie o spawanych konstrukcjach stalowych. Podkreślić jednak muszę, że postęp spawania jest niezmiernie szybki, w dziejach techniki budowlanej wręcz bezprzykładny. Niemcy, którzy dość późno zajęli się spawaniem konstrukcyjnym, zmieniali od roku 1930 dotyczące przepisy trzykrotnie, aby choć w części temu postępowi nadażyć. Konstrukcje nitowane rozwijają się od lat stu, konstrukcje żelbetowe od lat pięćdziesięciu, spawane od mniej więcej ośmiu i przyjęły w swym rozwoju odpowiednio szybkie tempo. Dlatego też, rezultaty otrzymane przed 6, czy nawet czasem 4 laty bywają dzisiaj tak samo nieaktualne, jak rezultaty otrzymywane z betonem w latach dziewięćdziesiątych XIX wieku, a ktoś powołujący się na nie, popełnić może zupełny anachronizm.

To, co mówię, ma tem większe znaczenie, że ilość najrozmaitszych doświadczeń, przeprowadzonych we wszystkich kulturalnych państwach świata z połączeniami spawanymi, jest napewno znacznie większa, niż ilość doświadczeń przeprowadzonych z konstrukcjami nitowanymi, które na skutek swego długoletniego istnienia, stały się już do pewnego stopnia rzemiosłem. Rozkład naprężeń i sposób działania w połączeniach spawanych jest dzisiaj znany conajmniej tak samo, jak w nitowanych.

O ile chodzi o spawanie w mostownictwie, to budziło tu wątpliwości zachowanie się spoin wobec silnych wstrząsów i działań dynamicznych,

jakie zachodzą zwłaszcza w mostach kolejowych. Doświadczenia wykonane przy pomocy metod stosowanych dawniej, oraz zwykłych drutów, dawały rzeczywiście rezultaty niezbyt korzystne. Spoina była podówczas najsłabszą częścią konstrukcji. Doświadczenia Schapera wykonane przed 4 lata dały rezultaty nie ze wszystkim zadowalniające. Jednak nawet już w tym czasie nie brakło i rezultatów bardzo pomyslnych, które zaczęły się pojawiać coraz mocniej i stały się regułą w latach ostatnich. Zawdzięczać to należy ogromnemu ulepszeniu metod wykonania i materiałów pomocniczych. Wspomnieć tu można o licznych badaniach w Niemczech, o wielu doświadczeniach w Belgji, Ameryce, S. S. S. R. Most próbny spawany, zbudowany w Niemczech w r. 1930 przeniesiony na linię dalekobiezną i poddany stałym badaniom rentgenologicznym, zachowuje się też doskonale i w budowie jest most kolejowy koło Stralsundu o rozp. 53 m. Ciekawe zwłaszcza były doświadczenia Patona w Kijowie, który w roku ubiegłym przeprowadził badanie dwu mostów o rozpiętości 12 m, spawanego i nitowanego; doświadczenia te wykazały wyższość mostu spawanego, na skutek czego Sowiety wykonują most kolejowy spawany o rozpiętości 45 m, który będzie wkrótce oddany do użytku.

Drugim z zarzutów, jakie wysuwa się przeciw spawaniu w mostownictwie, jest wątpliwość co do dobroci spawania na montażu. Jakość tego spawania zależy jednak od odpowiednich materiałów a zwłaszcza należytego wykonania, co uzależnione jest w konsekwencji od dobrania poważnej i odpowiedzialnej firmy. Mnóstwo konstrukcyj spawanych w całości (dzisiaj jest to regułą; — rzadko spotyka się konstrukcje nitowo-spawane) z najlepszymi rezultatami, świadczy o tem, że dziś obaw tych można zupełnie nie żywić.

Na zarzuty, że w konstrukcjach spawanych występują odkształcenia termiczne, odpowiem: Nie będę się martwił, jeżeli w poprzecznicy mostu lub w tężniku dachowym, będzie odkształcenie niewielkie, które nic nikomu nie szkodzi. — Tam zaś, gdzie one szkodzą, należy zastosować taki sposób wykonania, aby ich uniknąć, oraz

odpowiednie przyrządy i uchwyty, które w zupełności mogą zapewnić wymagane kształty po wykonaniu.

Ostatnim wreszcie argumentem przeciwników spawania w mostownictwie jest jakoby wyższa cena mostów spawanych. Jest to chyba grube nieporozumienie. Co innego jest cena jednostkowa, co innego koszt całej konstrukcji. Most spawany na Słudwi, zbudowany w roku 1928, przyniósł oszczędności na wadze, a nie przyniósł oszczędności w koszcie w stosunku do analogicznych mostów nitowanych. Było to zresztą wiadome ze wszystkich licznych publikacji o nim. Ale wnioskować z tego o późniejszych konstrukcjach jest błędem. Każdy nowy system, stosowany po raz pierwszy musi powodować wyższe koszty z uwagi na instalacje nowonabywane przez budującą firmę, szkolenie pracowników, w danym wypadku nawet sprowadzenie spawaczy z zagranicy dla wyszkolenia. Było jednak również jasne, że koszt jednostkowy spawania musi prędzej czy później

przy ostatnio zbudowanym w Niemczech moście spawanym zastosowano identycznie takie same uchwyty, jakie zostały zastosowane przy spawaniu tego mostu. Niestety most na Słudwi pod Łowiczem pozostał u nas nieomal odosobnionym przykładem, gdyż następcy min. Moraczewskiego, który zdecydował się na budowę mostu na Słudwi, nie docenili walorów spawania. Natomiast zagranica poszła w tym dziale niezmiernie naprzód i dzisiaj mamy już mnóstwo mostów spawanych, niestety nie u nas.

I aczkolwiek mosty spawane datują się dopiero od siedmiu lat, przecież wyrobiły się już pewne zasady ich konstruowania. Ustroje statyczno-konstrukcyjne pozostały w znacznym stopniu te same, co w mostach nitowanych, aczkolwiek spawanie wniosło mnóstwo zupełnie nowych elementów. Spotykamy to już w najprostszych ustrojach, mianowicie w mostach o ścianie pełnej.

Belki główne mostów spawanych mogą być wykonane:



Ryc. 103.
Kładka w Zurychu.

spaść do kosztu jednostkowego nitowania, a w dalszym ciągu i niżej. Tezy tej broniłem również w całym szeregu prac, a słuszności jej dowiodło życie. Gdy w roku 1929, koszt 1 kg konstrukcji spawanej był wyższy do 30% od takiegoż kg konstrukcji nitowanej, dzisiaj koszt własny jednego kg konstrukcji przy spawaniu jest przeważnie niższy, niż przy nitowaniu, a cena rynkowa jest niewiele wyższa. W każdym razie — już spowodu znacznie mniejszej wagi własnej — każda konstrukcja spawana wypaść musi taniej, niż analogiczna nitowana — i to jest wszędzie regułą, od której odstępstwa mogą wynikać li tylko ze złego zaprojektowania lub nie należytego postawienia warsztatu konstrukcyjnego, jednym słowem nieumiejętności.

Było to wszystko wiadome, lub do przewidzenia, gdy Ministerstwo Robót Publ. zdecydowało się w roku 1928/29 wznieść pierwszy na ziemi most spawany drogowy na Słudwi pod Łowiczem. O znaczeniu jego w historii mostów spawanych, może świadczyć choćby fakt, że dzisiaj jeszcze,

a) jako dźwigary walcowane wzmocnione (nakładkami, żebrami, lub blachami wstawionymi),

b) jako blachownice,

c) jako kratownice (trójkątowe lub bezprzekątniowe).

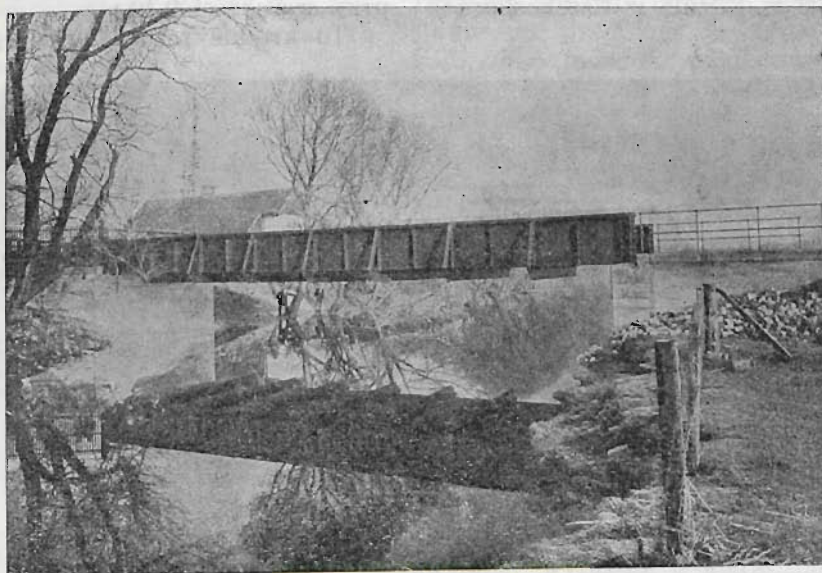
Mogą być przytem stosowane belki wolno podparte, ciągłe (z przegubami lub bez), ramowe, łukowe i wiszące.

a) Belki walcowane wzmocnione nakładkami nie były wogóle stosowane w wykonaniu nitowanym, gdyż trudno je wykonać, poza tem zaś dziury na nity powodują bardzo duże osłabienie przekroju belek. W konstrukcji spawanej spotykamy je natomiast bardzo często, przyczem wykonanie nie następuje żadnych trudności. Jak wykazują doświadczenia, belki tego typu są wytrzymałsze od blachownic i dlatego powinny znaleźć szerokie zastosowanie, tak w wykonaniu konstrukcji mostów nowych, jakoteż przy wzmacnianiu istniejących. Przy małych rozpiętościach

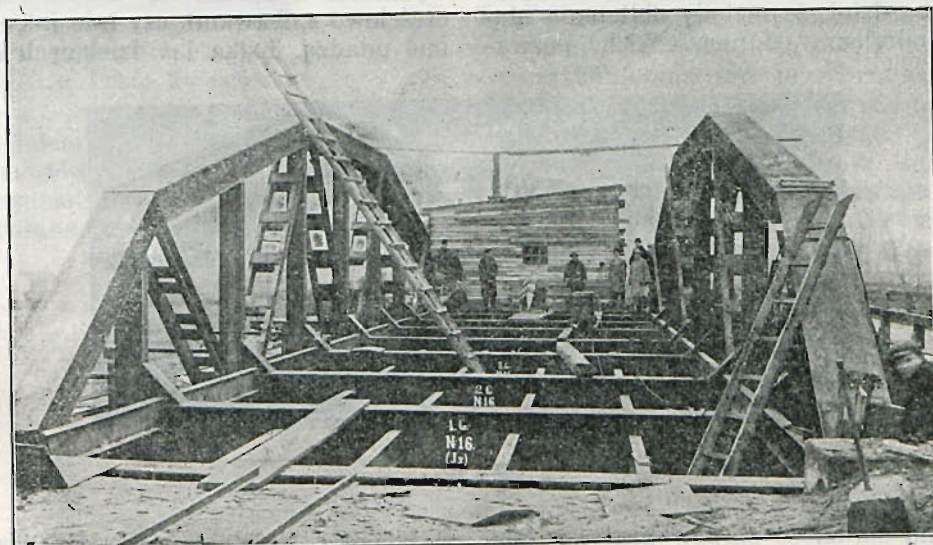
pozwalają one na znaczne zmniejszenie wysokości konstrukcyjnej. W razie otulenia betonem można w nich podnieść naprężenie dopuszczalne dla stali, podobnie, jak w innych analogicznych konstrukcjach o $\frac{1}{3}$. Poza walorami konserwacyjnymi takiej konstrukcji, utrudnia ona zwichrzenie ścianek, a nadto — dla większych wysokości — lokalny zgniot w miejscu działania siły skupionej.

podporach, w ramach na narożach), w granicach stosowności prawa Hooke'a. Jeżeli dźwigar przetniemy przez pół i blachę o tej samej wysokości wstawimy na całej jego długości, otrzymamy właściwie już blachownicę.

Wszystkie wspomniane tu ustroje są przy stosowaniu nitowania albo niemożliwe, albo bardzo trudne do wykonania.



Ryc. 104.
Most w Houston.



Ryc. 105.
Most pod Łowiczem w trakcie budowy.

Belki walcowane niebetonowane można wzmocnić na te same wpływy przez zastosowanie żeber z płaskówek dospojonych do ścianek i stopek dźwigarów.

Trzecim wreszcie sposobem wzmocnienia dźwigarów przy pomocy spawania jest rozcięcie ich na odpowiedniej części nowej blachy z zespojeniem krawędzi styku, a tem samem znaczne zwiększenie wysokości belki (ryc. 103). Ustrój ten nadaje się specjalnie dla belek ciągłych i ramowych, w miejscach, gdzie lokalnie moment zgięcia się zwiększa (a więc w belkach ciągłych na

b) Blachownice spawane składają się zazwyczaj z blachy pionowej i blach poziomych o odpowiedniej szerokości i grubości (ryc. 104). Usztywnia się je przy pomocy żeber z płaskówek. Mostów spawanych tego typu jest już bardzo dużo, o rozpiętościach dochodzących do 30 m. Są one stosowane tak w mostach drogowych, jakoteż i kolejowych. Kongres mostowy paryski już w r. 1932 wypowiedział się za stosowaniem tego rodzaju konstrukcji spawanych w budownictwie mostowym. W Niemczech blaszane mosty kolejowe dochodzą do 53 m rozpięto-

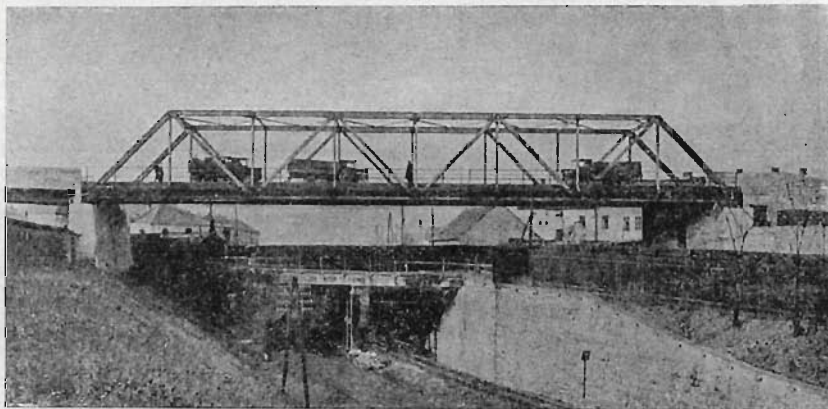
ści. W Polsce drugi most pod Łowiczem o rozpiętości 17,0 m został zbudowany jako blaszany o dwu belkach głównych (w roku 1931).

c) Belki kratowe trójkątowe widzimy i w mostownictwie drogowym i kolejowym. Buduje się je już od 25 m rozpiętości w górę. Konstrukcje takie spotykamy prawie we wszystkich państwach, w których spawanie silnie się rozwinęło (por. ryc. 105, most pod Łowiczem, oraz ryc. 106, most w Pilźnie w Czechosłowacji o rozpiętości 49,20 m).

jów rurowych (kładka w Trisanna, most w Kho-daung w Indjach, oraz projekt mostu łukowego inż. Nechaya).

Z mostów innych typów wymienię most łukowy o rozpiętości 40 m, również niedaleko Pilzna, oraz kładkę wiszącą w Ponte Valentino (Szwajcaria) o rozpiętości 52 m (ryc. 108). Wreszcie z mostów ruchomych most obrotowy w Gandawie o rozpiętości $21,79 + 13,85 = 35,64$ m przy szerokości 9,40 m.

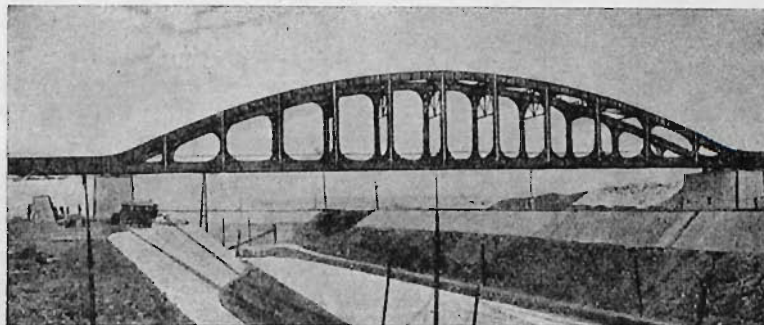
To krótkie zestawienie świadczy, że prawie



Ryc. 106.
Most w Pilźnie.

W Belgji stosuje się raczej kratę bezprzekątniową (ryc. 107), która zdaniem inżynierów tamtejszych daje ładniejszy wygląd mostom, tem bardziej, że metody obliczenia stosowane tam (odmienne od niemieckich) pozwa-

wszystkie ustroje statyczne zostały już wprowadzone w zakres spawania konstrukcyj mostowych. Na wszystkie te zastosowania patrzano częściowo z obawami, czy i do jakiego stopnia się one udadzą. Kilka lat dzielących nas od chwili



Ryc. 107.

lają na znaczną smukłość słupów kraty, a tem samem czynią ją lekką i zbliżoną wyglądem do łuku ze ściągami. W ostatnich dwu latach zbudowano w Belgji 24 mostów tego typu o rozpiętości od 34 m do 68 m, usuwając kolejno prawie w zupełności stosowanie nitów w budowie nowych mostów drogowych.

Który z typów mostów kratowych rozwinie się więcej, nie można dzisiaj stawiać horoskopów. Zdaje się, że zależnie od regionów. U nas, podobnie, jak w przeważnej części Europy i Ameryce uważane są mosty o kracie trójkątowej za korzystniejsze, gdyż łatwiej i pewniej można je obliczyć i są ekonomiczniejsze.

Jako zupełnie odrębny, ciekawy dział, wymienię mosty wykonane przy zastosowaniu przekro-

wykonania, daje pewność twierdzenia, że się udały.

Cóż jest zresztą lepszym kryterjum wartości danej konstrukcji, jeżeli nie rozpowszechnienie jej w świecie i szybkość tego rozpowszechnienia, bazowana na odpowiednich doświadczeniach. — Spójrzmy już nie w odległą Amerykę czy Australję, ale dookoła nas, w najbliższe nasze sąsiedztwo.

Administracja belgijska wykonując program budowy na lata 1933 i 1934 miała do wyboru: 20 mostów nitowanych czy 24 spawanych; po długim namyśle i gruntownem zbadaniu wybrała mosty spawane. W Niemczech buduje się obecnie kolejowe mosty spawane o rozpiętości do 53 m i wykonywa się już typy kolejowych mo-

stów spawanych do 11 m rozpiętości. Koło Duisburga buduje się spawany most drogowy o rozpiętości 103 m. W Czechosłowacji buduje się mosty spawane o rozpiętości do 50 m. W Jugosławii każdy rok przynosi nowe mosty spawane; buduje się je w Austrii, na Węgrzech, w Szwecji (i tu i tu już ponad 50 m rozpiętości). W Rosji Sowieckiej mosty kolejowe spawane będące w budowie dochodzą do 45 m rozpiętości, a w przygotowaniu jest most o rozpiętości 100 m na skutek wyżej wspomnianych korzystnych doświadczeń.



Ryc. 108.

Kładka w Ponto Valentino.

W bezpośrednim sąsiedztwie tych państw, które w dziale mostów spawanych z roku na rok postępują ogromnymi krokami, jest Polska dzisiaj dziwnie zacofana. Z poziomu państwa, które

pierwsze umiało powziąć decyzję na budowę mostu spawanego, spadliśmy do ostatniego rzędu — do rzędu Litwy i Albanji. Traci na tem państwo, gdyż za tę samą cenę może więcej stalowych konstrukcyj mostowych, albo niejednokrotnie mogłoby mieć most stały zamiast drewnianego za niewiele wyższą cenę. Tracą na tem warsztaty konstrukcyjne, którym utrudnia się przez to modernizację odpowiednio do postępów techniki. — Traci na tem siła obronna państwa, gdyż przystosowanie produkcji do spawania podczas pokoju, daje możliwość użytkowania tego podczas wojny, przy ogromnie rozciągłej gamie zastosowań. I to wszystko pomimo, że spawanie jako takie stoi u nas bardzo wysoko!

Jedynie departament drogowy Ministerstwa Komunikacji w roku bieżącym buduje blaszany most spawany pod Spałą, oraz zatwierdził ewentualną budowę mostu spawanego pod Mosiną.

Konserwatyzm w technice jest wygodny. Postęp wymaga nie tylko wysiłku mózgu, ale i mnóstwa energii na zwalczanie szablonu i uprzedzeń. Instytucje są wogóle konserwatywne, nieraz nawet bardzo. W swym referacie o mostach kolejowych, zaznaczył p. Szelągowski, że polskie kolejowe budownictwo mostowe trzyma się tych samych zasad, jakich trzymało się przed 25 laty. Ta w możliwie uprzejmej formie podana krytyka, świadczy wyraźnie o konieczności zmiany tego stanu rzeczy. Ileż postępu przyniosło to ćwierćwiecze w innych krajach Europy!

Wobec postępów naszych sąsiadów trzeba, abyśmy wprowadzili budownictwo mostowe na nowe tory. We wszystkich pracach technicznych bowiem konieczna jest przezorność, by nie być lekkomyślnym, ale potrzebna jest i oparta na odpowiednich badaniach odwaga. Kraj, który w technice nie postępuje, cofa się. Postępowi musi towarzyszyć wiedza, rozważa i przezorność, lecz prowadzić go musi odwaga i śmiałość.