

STALOWE KONSTRUKCJE SPAWANE

[NA

**II MIĘDZYNARODOWYM KONGRESIE MOSTÓW
I KONSTRUKCJI INŻYNIERSKICH W BERLINIE**



Odbitka z czasopisma „Przegląd Budowlany” nr. 11/1936 r.

STALOWE KONSTRUKCJE SPAWANE

NA

II MIĘDZYNARODOWYM KONGRESIE MOSTÓW
I KONSTRUKCJI INŻYNIERSKICH W BERLINIE



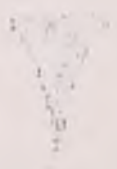
624.2(063)(43)<19>

STANOWISKO KONSTRUKCJE
BIAŁYSTOK

WYDZIAŁ ARCHITEKTURY I INŻYNIERSTWA
BIAŁYSTOK

BIBLIOTEKA
WYDZ.
ARCHITEKTURY

6285



STEFAN BRYŁA.

KONSTRUKCJE STALOWE NA II MIĘDZYNARODOWYM KONGRESIE MOSTÓW I KONSTRUKCJI INŻYNIERSKICH W BERLINIE 1936 r.

Przedmiotem zainteresowań Międzynarodowych Kongresów Mostów i Konstrukcji Inżynierskich są oczywiście wszelkie konstrukcje inżynierskie jako takie. Jednakowoż pomiędzy temi konstrukcjami na pierwszy plan wybijały się i wybijają stale dwa wielkie działy, t. j. konstrukcje stalowe i konstrukcje żelbetowe. Każdorazowy Kongres omawia postępy poczynione w tych działach w ostatnim okresie czasu, tak w kierunku teoretycznym, jakoteż i konstrukcyjnym, robi ich przegląd i stara się wysnuć wnioski i konsekwencje.

Rezolucje uchwalone przez te Kongresy są najpoważniejszą dokumentacją w dziale konstrukcji inżynierskich, najpoważniejszą, gdyż ustalone przez areopag najwybitniejszych inżynierów, z całego niemal świata. Tak było na Kongresie Paryskim w r. 1932, tak było też obecnie na Kongresie odbytym w dniach od 1 do 10 października br. w Berlinie.

Na tle wszystkich sprawozdań, wszystkich referatów, z których najważniejsze podane są poniżej w streszczeniach, i całej dyskusji da się stwierdzić bezspornie, że zwłaszcza w dziedzinie konstrukcji stalowych postęp i rozwój był ogromny, tak w kierunku teoretycznym, jak zwłaszcza w kierunku konstrukcyjnym.

Konstrukcjom stalowym poświęconych było pięć posiedzeń. Na pierwszym z nich omawiano sprawy teoretyczne: sprawę plastyczności stali i obliczeń na podstawie tej zasady konstrukcji stalowych, zwłaszcza hyperstatycznych. Jedno posiedzenie poświęcone zostało w całości konstrukcjom spawanym. Trzecie zaś badaniom, jakie wykonywane były w ostatnich latach z budowlami stalowymi, lub z elementami tychże. Oddzielnie omawiano sprawę zastosowań stali w mostownictwie i budownictwie, czyniąc niejako przegląd tego, co ze stali wzniesiono w poszczególnych państwach. Wreszcie na jednym posiedzeniu omawiano także zastosowanie stali w budownictwie wodnym. Prócz powyższych posiedzeń, poświęconych kwestjom w zakresie zastosowania stali były też posiedzenia poświęcone

„komunikatom wolnym”, na których przeważnie przedstawiano konstrukcje wzniesione w ostatnich latach.

Syntetycznie można ująć rezultaty i wnioski z posiedzeń i dyskusji w sposób następujący: obliczanie konstrukcji stalowych na podstawie plastyczności materiału uzyskało już prawo obywatelstwa i stosowane jest niejednokrotnie. Wprawdzie w poszczególnych państwach przepisy nie akceptują tego jeszcze w zupełności, jednakowoż znaczenie tej zasady, dzisiaj uznanej i przyjętej, jest już tak wielkie, że niesposób jej pomijać, tembardziej, że nietylko jest ona uzasadniona teoretycznie, ale także w praktyce dać może niejednokrotnie znaczne oszczędności materiału, co przy zachowaniu odpowiedniej pewności konstrukcji jest przecież celem każdego inżyniera-konstruktora. Istnieją już nawet starsze i nowsze teorie, dotyczące tej sprawy, która na gruncie polskim jest jednak stosunkowo bardzo mało znana i poruszana była w literaturze polskiej wyłącznie w nieznacznej ilości prac i przez bardzo małą ilość autorów. Jest w konsekwencji rzeczą wysoce wskazaną, ażeby na tę zasadę zwrócili uwagę w wybitniejszym stopniu polscy inżynierowie, tak badacze, jakoteż konstruktorowie.

Pod względem metod konstrukcji przegląd prac przedstawionych na Kongresie opisów konstrukcji, oraz odwiezienie budowli spawanych w Niemczech, wykazał, że spawanie w bardzo szybkim tempie, zwłaszcza w niektórych dziedzinach staje się metodą już dominującą. Tempo to jest tak szybkie, że niejednokrotnie warsztaty mu nawet nadążyć nie mogą.

Gdzie jak gdzie, ale właśnie w tej dziedzinie okazało się, jak w wysokim stopniu barjery graniczne, uniemożliwiające nieraz zwiedzenie sąsiednich krajów, utrudniają jednolity i systematyczny rozwój pewnej metody, która jest bezspornie słuszną i celową, ale której rozwój w rozmaitych krajach postępuje rozmaitemi drogami, niejednokrotnie nawet rozbieżnymi drogami, a w poszczególnych — zresztą wyjątkowych wypadkach prowadzi nawet do

rozmaitych wniosków. Dopiero na międzynarodowych zjazdach dają się, i to nieraz z trudem, wysnuć pewne syntetyczne wnioski, jednakowoż o charakterze raczej ogólnym. Z drugiej strony jednakowoż mimo tych granic, utrudniających wzajemne poznanie się, pęd do udoskonalenia konstrukcji i do wykorzystania nowych metod pracy jest niezmiernie wybitny. Tu wreszcie daje się przede wszystkim zrozumieć, jakie znaczenie mają przykłady dawane przez poszczególne państwa i narody. Takim przykładem, zapłodniającym twórczą myśl inżyniera była przed kilku laty Polska. Przykładem takim jest dzisiaj np. Belgia, w której zbudowano cały szereg mostów spawanych bezprzekątniowych (Vierendeel'a), albo Niemcy, w których wzniesiono szereg dużych mostów spawanych blaszanych o rozpiętości, zbliżającej się do 100 m. Zwłaszcza przykład belgijski jest charakterystyczny: Rezolucje Kongresów nie mówią tego wprawdzie, jednakowoż cały szereg głosów i referatów z państw, w których ani jednego mostu bezprzekątniowego nie zbudowano, powołuje się na przykład belgijski, uznając na wiarę Belgijczykom, że właśnie te konstrukcje nadają się najlepiej jako nowy typ mostów. Jednak, pomijając nawet przykłady te, widzimy wszędzie, w całym świecie szybko i ujednostajniającą się falę skierowaną konstrukcje stalowe w kierunku spawania.

Pragnę zaznaczyć, że motyw tego jest nie tylko ekonomiczny. Zwiedzenie warsztatów niemieckich daje jasno poznać, że wybitną rolę w tym przechodzeniu na spawanie, odgrywa tu również i moment inny, mianowicie moment obrony państwa. Walory spawania, jako metody łączenia prętów stalowych (i wogóle metalowych) nie dają się porównać nawet z walorami nitowania podczas wojny, gdzie trzeba budować w niezmiernie szybkim tempie niejednokrotnie bez szczegółowych planów i rysunków łączyć, nieraz niszczyć elementy i konstrukcje tak, jak to jest najwygodniejsze i najprostsze. Ten właśnie moment jest drugą z przyczyn, dla których spawanie w warsztatach zagranicznych prowadzone jest na coraz większą skalę, w tempie bardzo szybkim, pod opieką i dyrektywami rządu.

Trzecią ze spraw stalowych omawianych na Kongresie dotyczyła badań i doświadczeń czynionych z temi konstrukcjami. Trudno tutaj mówić o jakiejś syntezie, gdyż badania samą siłą faktu musiały być bardzo rozstrzelone. Wynioskować można tylko jedno, że dzisiaj, u schyłku konstrukcyj nitowanych, zaczyna się badać je na większą skalę przypuszczalnie pod wpływem ogromnego rozwoju badania kon-

strukcyj spawanych, które pomimo swego krótkiego czasu trwania, pod względem swego działania doświadczalnie zostały zbadane napewno lepiej, niż konstrukcje nitowe znane setkę lat.

Przegląd konstrukcyj stalowych, mostowych, a zwłaszcza budowlanych przedstawiony na jednym z posiedzeń, wykazał także, że stal wchodzi coraz częściej w użycie w najrozmaitszych budowach. Rozwiązania są niejednokrotnie najzupełniej różne od stosowanych dotychczas. Jeżeli weźmiemy jako przykład Anglię, to ogromne zainteresowanie wzbudziły hale stalowe, wykonane jako utwory o cienkich stalowych pokryciach, co pozwala na bardzo dobre wykorzystanie materiału i na znaczną ekonomię. Również w wielu krajach w szybkim tempie wchodzi w życie połączenia betonu ze stalą w mostach, w ten sposób, że płyta pomostowa żelazo-betonowa współdziała integralnie z dźwigarami stalowymi mostowymi. Przykłady takie mamy już i w Polsce i np. typ mostów stalowych spawanych, opracowany przez Radę Stalową, tę właśnie nowoczesną konstrukcję wziął za podstawę projektu. Wreszcie w budownictwie wodnym zaznaczył się ogromny wzrost zastosowania stali. Konsekwencje rdzewienia są dzisiaj zwalczane w rozmaite sposoby. Na tę ostatnią sprawę, zwrócił specjalnie uwagę Kongres, zalecając zbieranie doświadczeń rozmaitych państw i rozmaitych budowli.

Udział Polaków w Kongresie zaznaczył się właśnie w znacznym stopniu w dziedzinie budownictwa stalowego. Trzy referaty, jakie były zgłoszone na Kongres przez Polaków dotyczyły: jeden — zastosowanie plastyczności stali do obliczeń konstrukcyj, drugi i trzeci — spawania. Również kilka razy zabierali Polacy głos w dyskusji nad konstrukcjami stalowymi. Wszystko świadczy, że zainteresowanie konstrukcjami stalowymi w Polsce wzmagają się coraz bardziej wobec zwiększającego się zastosowania stali w konstrukcjach inżynierskich, nie tylko w mostach, wysokich domach, hangarach, budynkach przemysłowych, ale także w dziedzinie tej, w której dotychczas dominowała cegła, jako zasadniczy materiał konstrukcyjny, a więc w budowie domów szkieletowych o średnich wysokościach. Wskazuje się to niejednokrotnie nie tylko racjonalne dostosowanie się do warunków budowy, ale także względem obronę przeciwlotniczą. Tembardziej pilnie powinniśmy śledzić to, co zbudowane zostało i co buduje się zagranicą, tembardziej zwrócić uwagę należy na rezultaty i wnioski, do których w metodach swej pracy dochodzi zagranicą.

DR. INŻ. V. PONIŻ.

SPAWANE KONSTRUKCJE NA II-GIM MIĘDZYNARODOWYM KONGRESIE MOSTÓW I KONSTRUKCYJ INŻYNIERSKICH W BERLINIE

Spawane konstrukcje stalowe wykazują ostatnio coraz większy rozwój. Najlepszym tego wyrazem jest księga zjazdowa w Berlinie, w której konstrukcje spawane zajmują prawie $\frac{1}{4}$ objętości. Referaty objęte księgą zjazdową zajmują się głównie wpływem obciążeń dynamicznych na spawane konstrukcje, wpływem spawania na naprężenia wewnętrzne oraz podaniem sposobów przy pomocy których można te naprężenia zmniejszyć lub ograniczyć do minimum (Bryła, Bierett). Dalej podane są wykonane

w szeregu państw konstrukcje spawane oraz wyniki badań naprężeń skurczowych (Sarasin).

Szczególnie to ostatnie zagadnienie zajmuje w tej chwili najbardziej inżynierów i badaczy konstrukcji spawanych: Przyczyną naprężeń skurczowych jest rozgrzewanie się a następnie kurczenie się strefy nagrzanej; ponieważ jednak swobodne kurczenie się spoiny podczas stygnięcia jest hamowane przez metal znajdujący się w bliskości spoiny a nie nagrzany wogóle lub przynajmniej w mniej-

szym stopniu, powoduje to powstanie dodatkowych naprężeń wewnętrznych — naprężeń skurczowych.

Jak wykazują doświadczenia, naprężenia skurczowe są znaczne. Należy więc jaknajbardziej unikać gromadzenia spoin w jednym miejscu a oprócz tego dbać również o to, aby jaknajbardziej zmniejszyć ilość spoin i ich przekrój. Najprostszą drogą ku temu byłoby podwyższenie naprężeń dopuszczalnych dla spoin, co przy dzisiejszym stanie fabrykacji elektrod krajowych nie jest znowuż niemożliwe, jeżeli się zważy, że niektóre wyroby krajowe elektrod przewyższają znacznie elektrody zagraniczne. Należy zwrócić uwagę na to, że z przepisów oficjalnych pierwsze przepisy polskie uwzględniły zmniejszenie wytrzymałości spoiny przy wzrastającej jej grubości forytując w ten sposób spoiny cienkie przed grubymi. Profesor Bryła wykazywał w kilku swoich pracach na fakt, że przyczynę zmniejszenia wytrzymałości spoiny przy zwiększającej się grubości należy się doszukiwać w mniejszym stosunku wtopienia do grubości spoiny oraz w kilkakrotnym nakładaniu warstw. Do powyższych przyczyn dochodzą jeszcze naprężenia skurczowe. Przepisy polskie zmuszały więc konstruktora do stosowania spoin cienkich, które są tak pod względem kosztów jak i pod względem wytrzymałości lepsze od grubych.

Gromadzenie spoin zachodzi też przy styku wykonanym z nakładkami i przykładkami. Styk taki lepiej jest wykonać wprost za pomocą spoin stykowych bez żadnych blach a wykonać go należy w miejscu, gdzie spoina stykowa jest wystarczająca do przeniesienia momentu i siły poprzecznej. Rozumie się, że końce dźwigarów powinny być w miejscach styku obrobione na x lub v .

Żądanie, aby spoina była lekko wypukła, obecnie już upada. Szczególnie w miejscach, gdzie występuje połączenie elementu prostopadle do elementu głównego (podłużnica do poprzecznic itp.) należy uważać na to, aby przejście z jednego elementu na drugi było łagodne, czyli, że spoina powinna być lekko wklęsła (według Bieretta: spoina o przekroju trójkąta równobocznego z lekkim zaokrągleniem przeciwprostokątnej). Rozumie się samo przez się, że najmniejszy przekrój spoiny nie powinien być mniejszy aniżeli przekrój wymagany przez obliczenia statyczne.

Zdanie, jakoby naprężenia skurczowe znikają częściowo lub w całości po obciążeniu konstrukcji, jest wręcz fałszywe. Z powodu naprężeń skurczowych mogą powstać w konstrukcji miejscowe niepożądane lub nawet niepokojące odkształcenia, które mogą spowodować tworzenie się rys na spoinach lub obok spoin.

Zdaniem Bieretta większe naprężenia termiczne występują w spoinach bocznych aniżeli czołowych.

Bryła podnosi, że doświadczenia rozmaitymi sposobami dążącymi do ulepszenia spoin dają raczej wyniki ujemne, głównie z tego powodu, że nakład pracy przy nich wogóle nie oplaca się. Sztuczne zmniejszanie naprężeń skurczowych jest stosunkowo nieznaczne i zdaniem prof. Bryły bezcelowe. Wobec tego, że dotychczas nie było jeszcze wypadku, by naprężenia skurczowe okazały swoją złośliwość, przeto nie ma powodu dążyć do ich zmniejszenia.

Ogólnie występuje przekonanie, że należy stosować ra-

czej spoiny cienkie, które mają w dodatku jeszcze tę zaletę, że są dużo tańsze od grubych.

Podstawowe tezy wypowiedziane na Kongresie odnośnie konstrukcji spawanych, brzmią w streszczeniu w sposób następujący:

- a) Wyrazem rozwoju konstrukcji spawanych w ostatnich czterech latach jest cały szereg wzniesionych kolejowych i drogowych mostów spawanych. Cały szereg państw wprowadziło już przepisy dotyczące konstrukcji spawanych.
- b) Pod względem estetycznym uzyskać można przy pomocy spawania ładne formy konstrukcji.
- c) Zmniejszenie wagi stali wynosi przy stosowaniu spawania około 15 — 20%. Silnie obciążone słupy, ramy itp. dają się znacznie lepiej wykonać w spawaniu.
- d) Spawanie wymaga wielkiej ostrożności tak w warsztatach jak i na budowie. Na budowie należy zwracać wielką uwagę na naprężenia skurczowe przy spawaniu styków montażowych.
- e) Wytrzymałość spoin stykowych jest przy odpowiednim ich wykonaniu przynajmniej równa wytrzymałości odpowiednich połączeń nitowanych. Wytrzymałość styków spawanych dźwigarów walcowanych jest równa przy odpowiednim wykonaniu spawania wytrzymałości samego dźwigara.
- f) Przy spoinach stykowych należy zwracać uwagę na łagodne przejście przekroju elementu łączonego w spoinę. Przy konstrukcjach narażonych na obciążenie dynamiczne należy unikać spoin przerywanych jak i szczelinowych. Zaleca się dobre wtapianie elektrod u nasady spoin bocznych i pachwinowych, przy pomocy elektrod o grubości 3 — 4 mm.
- g) Naprężenia skurczowe występujące przy spawanych konstrukcjach są dość znaczne, o ile konstrukcja nie może dowolnie się rozszerzać. W żadnym wypadku spoiny te nie są niebezpieczne dla konstrukcji, tym bardziej, jeżeli weźmie się pod uwagę plastyczne zachowanie się materiału. Aby jaknajbardziej zmniejszyć naprężenia skurczowe należy wymiarować spoiny o małym przekroju, oprócz tego dbać o to, aby naprężenia skurczowe znalazły ujście w odpowiednim przesunięciu łączonych elementów. Naprężenia skurczowe można zmniejszyć do minimum przez nadanie konstrukcji formy odpowiadającej najbardziej spawaniu oraz przez odpowiedni porządek wykonania spoin.
- h) Zamiast kilku nakładek przy pełnościennych blachownicach odpowiedniejsze jest użycie jednej grubszej nakładki.
- i) Do badania dobroci spoin używa się obecnie poza miejscowymi nawierceniami (Schmukler) najchętniej prześwietlenia (Rentgen). Sposób pierwszy używany jest do badania spoin bocznych, drugi do spoin stykowych. Mechanicznych sposobów badania spoin obecnie prawie się już nie używa.

BUDOWLE I DOŚWIADCZENIA OSTATNICH LAT Z ZAKRESU KONSTRUKCYJ SPAWANYCH W OŚWIETLENIU KONGRESU BERLIŃSKIEGO

Wielka doniosłość kongresów międzynarodowych dla postępu techniki staje się oczywistą dla każdego, kto zestawi i porówna prace różnych narodów z jednej dziedziny opisane w referatach kongresowych. Narody rozdzielone dzisiaj dość trudnymi do przebycia barierami granicznymi kroczą własnymi drogami, którym nadają kierunek warunki geograficzne, ekonomiczne i odrębne cechy charakteru narodowego. Dopiero na zjazdach naukowych dzielą się zebrańi zdobytymi doświadczeniami i albo stwierdzają pokrzepiającą zgodność wyników osiągniętych różnymi drogami albo prostują wnioski zbyt jednostronnie wysunięte albo wreszcie oryginalnymi odkryciami wzbogacają wiedzę innych narodów.

Takie refleksje nasuwa przegląd referatów o pracach spawalniczych w Europie w ostatnich kilku latach. Krótki wyciąg z tych referatów zamieszczamy poniżej w porządku alfabetyczno - geograficznym:

1) *Austria*. (Referat inż. C. G. Thorborga). Pierwsze próbnie przepisy spawalnicze ukazały się w r. 1934. Wkrótce po tym wydano stałe normy oparte już na doświadczeniach nabytych przy stosowaniu pierwszych przepisów. Te nowe normy są znacznie liberalniejsze i dopuszczają w spoinach ściskanych do 100% naprężeń macierzystych a w spoinach rozciąganych mostowych do 80%.

Z ciekawych budowli wymienić należy:

a) Pierwszy w Europie kolejowy most spawany pod Weiz. Jest to mały mostek blachownicowy o rozp. 9.70 m. znamienny tylko swą rangą starszeństwa wśród mostów kolejowych.

b) Garaż opery w Gracu o konstrukcji noszącej już wybitne piętno nowoczesnej techniki spawalniczej.

c) 7-piętrowy dom szkieletowy w Wiedniu. Powierzchnia planu wynosi zaledwie 4.80 m × 24 m. Dom jest jednotraktowy. Górne kondygnacje są wysunięte wspornikowo o 2 m przed linię frontu. Stąd konieczność zastosowania konstrukcji stalowej w tym niewielkim budyneczku.

2) *Belgia*. (Referat inż. de Cuypera). W ciągu paru ostatnich lat wybudowano około 30 mostów całkowicie spawanych. Są to mosty drogowe przeważnie systemu Vierendeela lub rzadziej blachownicowe.

W blachownicach żebra usztywniające nie są połączone spoinami z pasem rozciągającym, ponadto zaś mają wycięcia przy środku belki (fig. 1). W belkach Vierendeela stosowane są następujące przekroje: pas dolny — dwuteownik walcowany, pas górny wedle fig. 2 (2 b gdy nie ma tężników górnych), słupki z dwuteówek wedle fig. 3, przy czym zamiast przekrojów spawanych z blach stosuje się w miarę możliwości walcowane w myśl zasady: *jak najmniej spoin w konstrukcji*.

Blachy węzłowe mają kształt luków kołowych, aby przejście od słupka do pasa było płynne (fig. 4). Koło nie jest wprawdzie linią idealną lecz jest znacznie lepsze od prostej a dogodniejsze dla warsztatu niż inne krzywe.

Stopki słupków łączy się z pasami za pośrednictwem klinowych przystawek, aby do minimum ograniczyć niekorzystny wpływ uskoków (karbów). Styki pasów wykonywa się zapomocą spoin stykowych V lub X. Kratery wyrzuca się na zewnątrz na małe blaszki montażowe, które się po tym usuwa.

3) *Dania*. (Referat inż. C. G. Thorborga). Stosują tu wyłącznie spawanie łukiem elektrycznym. Deformacje termiczne albo się usuwa przez drugostronne nagrzanie, albo się im zapobiega przez sztuczne naciągi prętów. Do kontroli spoin stosuje się najczęściej metodę Schmucklera, w mostach wprowadza się metodę Roentgena. Wielką wagę przykładają do gruntownego usuwania żużla i innych zanieczyszczeń (szorowanie prądem piaskowym). Wysiłki warsztatów zmierzają do posiadania urządzeń ułatwiających najdogodniejsze ustawianie przedmiotów spawanych. Blachownice (fig. 5) wykonywa się z niemieckich walcowanych profili z garbem (fig. 10).

4) *Finlandia*. (Referat inż. F. L. Lehtinena). W Finlandii jako kraju przemysłu papierniczego przeważają konstrukcje takie jak śluzy, turbiny, zbiorniki kwasów (fig. 6) i t. p. Stosowane jest spawanie łukowe i gazowe. Kolejce stosują spawanie oporowe do łączenia szyn. Na montażu używa się najczęściej połączeń nitowanych, gdyż surowy klimat nie sprzyja wykonywaniu spoin w otwartych miejscach.



Fig. 1.

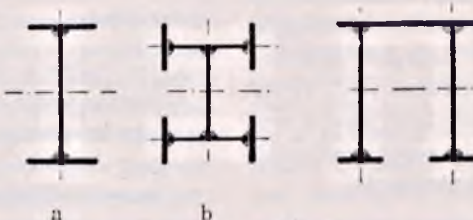


Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 5.

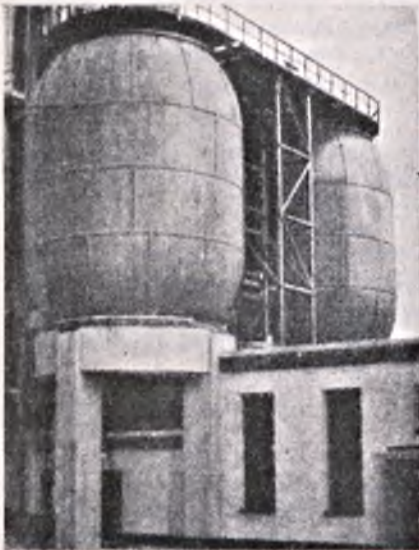


Fig. 6.

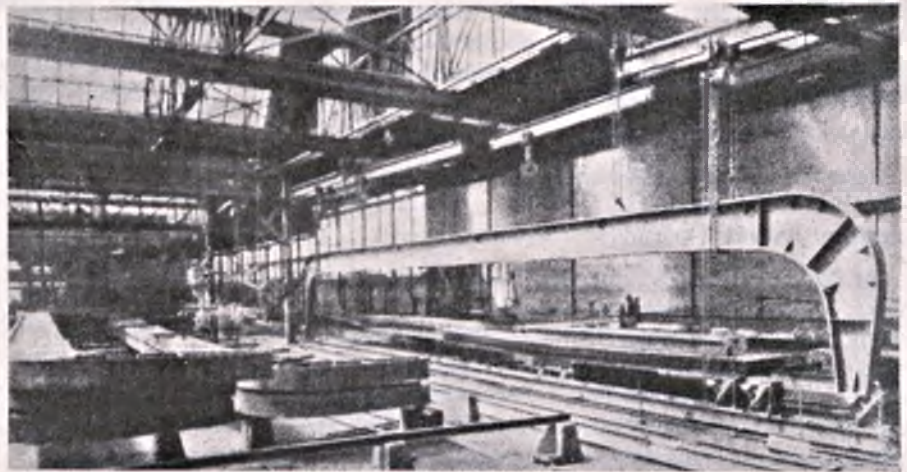


Fig. 8.



Fig. 7.

5) *Francja.* (Referat A. Goelzera). Spawanie rozpowszechniło się tu bardzo szybko. Wykonano już bardzo wiele całkowicie spawanych budynków mieszkalnych i fabrycznych, garaży, dachów peronowych, dźwigarów, mostów. Stosowano również spawanie do wzmacniania mostów istniejących.

Na specjalną wzmiankę zasługuje most kolejowy w Saint - Denis (fig. 7) o długości 63 m (waga 165 t). Dźwigary główne blachownicowe mają wysokość 2.40 m. Most wykonano w warsztacie w dwóch częściach. Każdy dźwigar był połączony z połówkami poprzecznic. Montaż polegał na łączeniu tych połówek.

6) *Holandia.* (Referat dra. inż. Joostinga). W ostatnich latach zaznaczył się duży rozwój konstrukcji spawanych. Istnieje jeszcze dużo uprzedzeń do spawania. Ale uprzedzenia te jedne po drugich upadają wobec oczywistych walorów konstrukcji spawanych. Utrzymują się jeszcze powątpiewania co do trwałości połączeń spawanych przy obciążeniach zmiennych i dynamicznych. Robione są liczne badania połączeń spawanych za pomocą pulsatorów. Wyniki doświadczeń są jak dotąd bardzo pomyślne. Mimo to jednak Holandia nie zdecydowała się jeszcze na budowę mostu kolejowego a mostów drogowych buduje stosunkowo niewiele. Figura 8 przedstawia ramownicę dwuprzegubową nowego mostu w Hadze. Most ma rozpiętość 19 m a szerokość 31.50m. Ramownice są rozstawione co 0.9 m.

Z robót budowlanych najciekawsze są magazyny Lloyd'a w Rotterdamie (fig. 9) o rozpiętości 25 m i długości 110 —

170 m. Wieżary są wykonane jako ramy trójprzegubowe. Rozstaw wieżarów wynosi 9.90 m.

Wykonane budowle dostarczyły następujących spostrzeżeń:

Oszczędność na wadze dochodzi do 30%.

Konstrukcje kratowe wypadają czasem taniej w wykonaniu nitowym natomiast zawsze spawanie opłaca się w blachownicach i dźwigarach ramowych.

Korzystne są przekroje rurowe, zwłaszcza spawane z blach.

Niepogoda ma ujemny wpływ na wykonanie spoin.

Spoiny stykowe wykazują większą odporność na zmiany naprężeń niż pachwinowe.

7) *Jugosławia.* (Referat inż. N. Laucosa). Rozwój konstrukcji spawanych datuje się dopiero od r. 1931. Przyczynił się do niego swymi artykułami w czasopiśmie „Te-

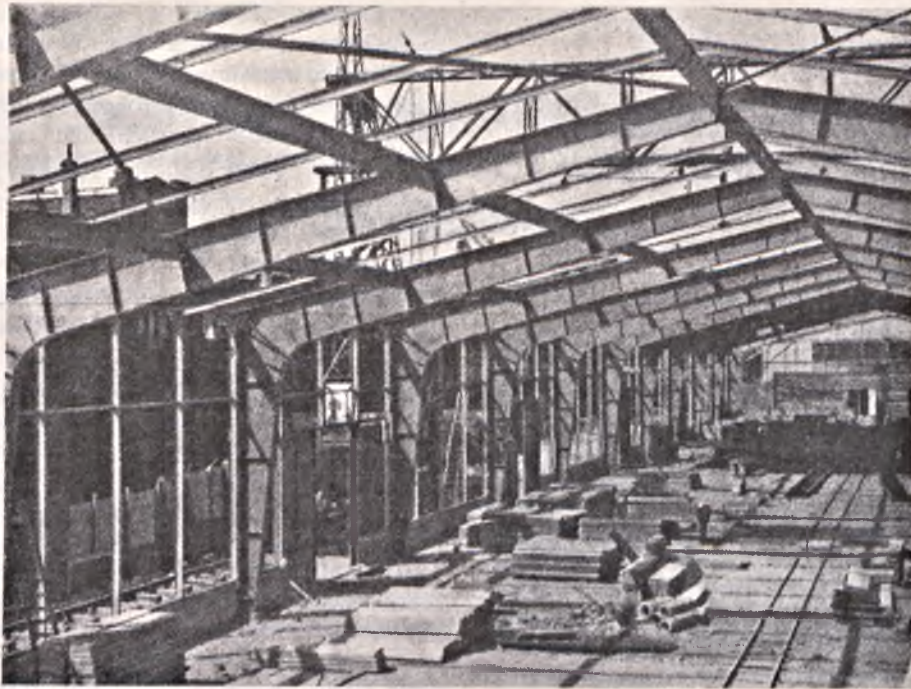


Fig. 9.

hnicki list" prof. Bryla, który jest również współautorem jugosłowiańskich przepisów spawalniczych.

Dziś Jugosławia może się już poszczycić szeregiem wykonanych budowli spawanych z różnych dziedzin jak: dachy do 25 m rozp., kotły, zbiorniki, maszty, rurociągi i mosty drogowe. To ostatnie zaczęło stawiać w r. 1932 ministerstwo budowli kierując się względami oszczędnościowymi, gdy się okazało, że spawanie daje dużą ekonomię na wadze i kosztach.

Jako konstrukcja całkowicie spawana został wykonany również wielki prom na Dunaju o pojemności 755 m³ mogący przewieźć ponad 60 wagonów.

8) Niemcy. (Referat dra inż. Kommerella). Żywiłowy rozwój spawania rozpoczął się w r. 1931 z chwilą wydania urzędowych przepisów dla konstr. spawanych. Równoległe z wykonywaniem budowli idą liczne prace badawcze. W budownictwie mostowym rozpowszechniły się konstrukcje blachownicowe, które w wykonaniu spawanym oplacają się przy znacznie większych rozpiętościach. W Niemczech wykonano już blachownice o rozp. 54 m. Konstrukcja blachownic przechodzi przy tym dużą ewolucję. Spoiny stykowe wypierają coraz bardziej spoiny pachwinowe, ponieważ są bardziej odporne na znużenie przy zmiennych naprężeniach. W tym celu wprowadzono nowe profile dla pasów blachownic, które dają możliwość łączenia pasów ze środkami na spoiny stykowe V lub X (fig. 10).

Z tego samego powodu spoiny przerywane zastępuje się ciągłymi. Chodzi o to, że wszelkie nierówności powierzchni czyli karby wpływają ujemnie na trwałą wytrzymałość połączeń. Z właściwą sobie pedanterią stosują Niemcy nawet wygladzanie szmerglem krawędzi spoin, aby otrzymać możliwie płynne zetknięcie spoiny z materiałem.

Nakładki warstwowe wyszły z użycia, dzisiaj stosuje się wyłącznie pojedyncze blachy pasowe przy czym grubość ich dochodzi czasami do 80 mm.

Zmianę przekroju blachownicy osiąga się niekiedy przez zmianę grubości środka przy niezmiennym przekroju pasów. Koniec grubszej blachy zrównuje się z blachą cieńszą przez odpowiednią obróbkę i połączenie wykonywa się normalną spoiną x (fig. 11).



Fig. 11.

Bardzo ważne dla trwałej wytrzymałości spoin jest dobre wtopienie u nasady. Dlatego nie należy stosować zbyt grubych elektrod. Ponieważ jednak natężenie prądu maleje proporcjonalnie do przekroju drutu przeto Dörnen stosuje elektrody o przekroju prostokątnym lub owalnym.

Przy spoinach stykowych x ważne jest dobre stopienie obu połówek spoiny. Dlatego po zaspojeniu jednej strony należy przedmiot obrócić, usunąć żużel i niepewną warstwę spoiwa i materiału, a dopiero po tym przystąpić do spawania drugiej strony. Przy grubych blachach wskazane jest postępować wedle fig. 12: a) wykonać około 1/3 spoiny z jednej strony, b) obrócić przedmiot i oczyścić nasadę, c) wykonać spoinę z drugiej strony, d) obrócić przedmiot i dokończyć pierwszą część spoiny. W etapach b) i d) stosuje się prześwietlanie Roentgenem. Używanie zbyt cienkich elektrod w tym wypadku nie jest celowe. W żebrach usztywniających stosują Niemcy znanymi sposo-

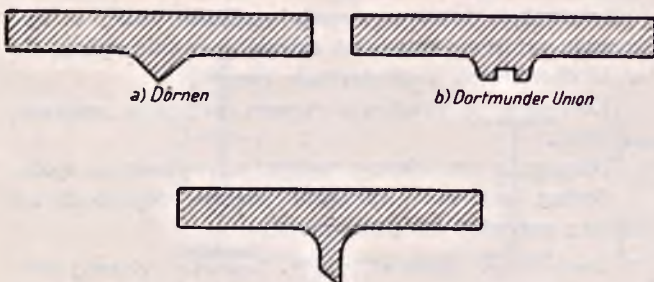


Fig. 10.

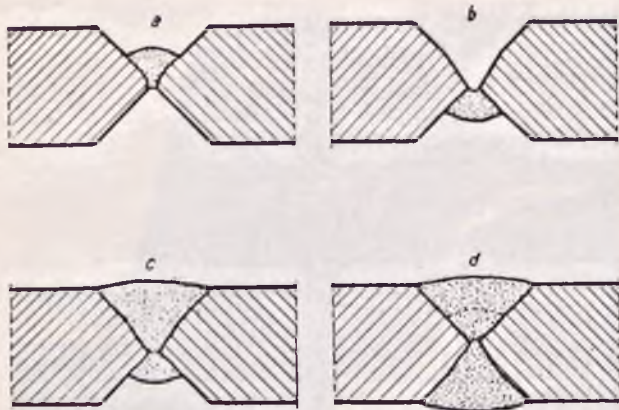


Fig. 12.

bami mijanie spoin przeciwnych. Żeber nie łączą spoinami z pasem rozciągającym uważając, że takie poprzeczne spoiny pachwinowe obniżają znacznie odporność konstrukcji na znużenie.

9) *Norwegia*. (Referat inż. A. Ledanga). Przepisy o spawanych konstrukcjach są dopiero w opracowaniu. Dotychczas trzymano się przepisów niemieckich. W wykonywanych konstrukcjach widać wyraźny wpływ techniki niemieckiej.

Most na rzece Namsen ma przęsło główne łukowe nitowane, a wiadukt spawany blachownicowy. O wyborze konstrukcji spawanej zdecydował wynik przetargu, który wykazał oszczędność 20% w stosunku do konstrukcji nitowanej.

10) *Polska*, (Referat prof. St. Bryły). Spawanie zostało wprowadzone do robót konstrukcyjnych stosunkowo wcześniej bo już w r. 1917 i od tego czasu zaznacza się stały i szybki postęp w tej dziedzinie. Jedynie w budowie mostów po wykonaniu słynnego mostu łowickiego nastąpił aż do ostatnich czasów niezrozumiały zastój.

Szerszemu rozpowszechnieniu się konstrukcji spawanych stoi na przeszkodzie słaby stan elektryfikacji kraju, która stawia dopiero swoje pierwsze kroki. Mimo to w budownictwie dziś już prawie wyłącznie stosuje się

konstrukcje całkowicie lub przynajmniej częściowo spawane.

Na montażu stosuje się jeszcze czasem nitowanie zwłaszcza tam gdzie niema na miejscu prądu lecz ten stan rzeczy zmienia się coraz bardziej na korzyść konstrukcji czysto spawanych.

Odrębny charakter połączeń spawanych znajduje wyraz w odmiennych formach konstrukcyjnych. Wprawdzie specjalnych profili w Polsce jeszcze niema, ale wśród zwykłych nastąpiły znaczne przesunięcia.

Tak np. kątowniki wychodzą coraz bardziej z użycia, a miejsce ich zajmują teówki względnie przecięte na pół dwuteówki. Szerokie zastosowanie mają przekroje zamknięte złożone z dwóch teówek lub teówek, dwuteówek i blach, które przy pomocy nitowania nie dałyby się wykonać. W pewnym stopniu znajdują zastosowanie rury. Stopy słupów wykonywa się z grubych blach (do 60 mm i więcej) bez żeber. Blachy takie łączone spoinami ze słupem bywają stosowane także przy słupach nitowanych (fig. 13a).

Spawanie daje możliwości rozwiązywania tego samego szczegółu konstrukcyjnego w bardzo rozmaity sposób. Z tego powodu nie ustalili się dotychczas sztywne typy połączeń takie jak w konstrukcjach nitowanych.

Co do rodzaju spoin to przeważa dążenie raczej do spoin cienkich a ciągłych niż grubszych przerywanych. Warsztaty przykładają dużą wagę do udoskonalenia urządzeń, zapobiegających odkształceniom i ułatwiających obracanie przedmiotu spawanego. (Fig. 13b) przedstawia jedno

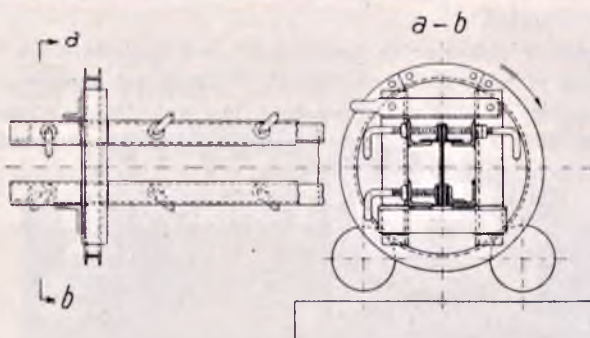


Fig. 13b.

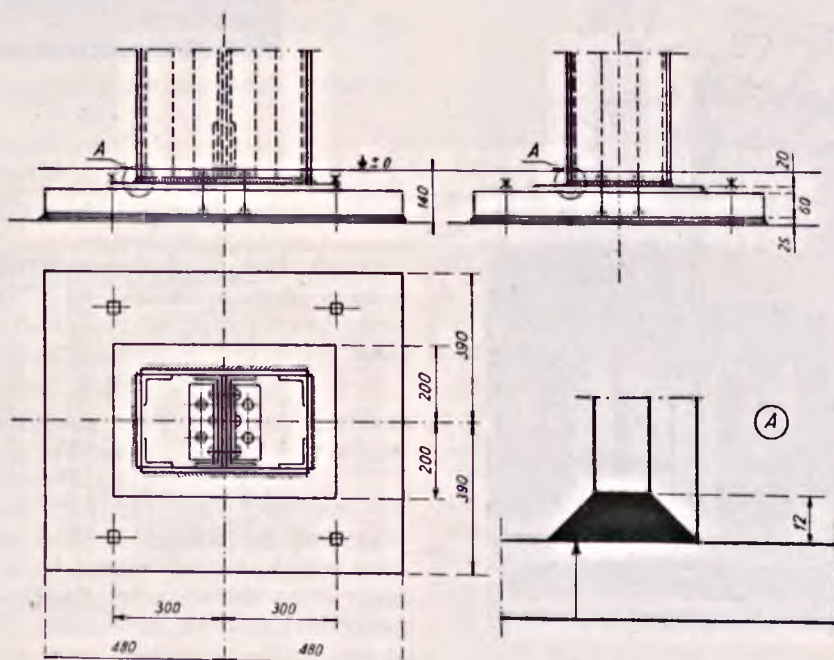


Fig. 13a.

z takich urządzeń, zastosowane przy spawaniu podciągów biblioteki Jagiellońskiej.

Nowe polskie przepisy dają pewne przywileje warsztatom postawionym na wysokim poziomie, nie zamykają jednak dostępu nowym warsztatom które chcą wejść na drogę doskonalenia swojej produkcji.

W ostatnich latach wykonano następujące większe budowle spawane całkowicie lub częściowo:

B u d y n e k	Miejscowość	R o k budo- wy	Tonaż konstr.
P. K. O.	Warszawa	1933	700 t
Prudential	"	"	1100 "
F. K. W.	"	1934	500 "
Urząd Celny	Gdynia	"	280 "
Marynarka Wojenna	Warszawa	1935	200 "
Bibl. Jagiellońska	Kraków	"	500 "
Hala Targowa	Katowice	"	400 "
K. K. O.	Chorzów	1936	180 "
P. K. O.	Poznań	"	400 "
Dworzec pocztowy	Warszawa	"	500 "

11) *Rumunia*. (Referat dra. C. Miklósi). Spawanie rozpowszechnienia się od kilku lat coraz bardziej i pokonywa zwycięsko uprzedzenia, które powstały na tle błędów konstrukcyjnych. Tak np. spawane styki szyn tramwajowych pękały, dopóki nie zastosowano racjonalnej konstrukcji, która zapewnia przynajmniej częściowo bezpośrednie przeniesienie sił bez przeskoków powodujących trójwymiarowy stan naprężeń.

Jedną z ciekawszych konstrukcyj jest kotłownia w Timisora przedstawiona na fig. 13. Szkielet jej stanowią 3 ramownice dwuprzegubowe o rozp. 14 i wys. 16 m i wsparte na nich 3 ramy kolankowe, które widać na fotografii w momencie ustawiania.

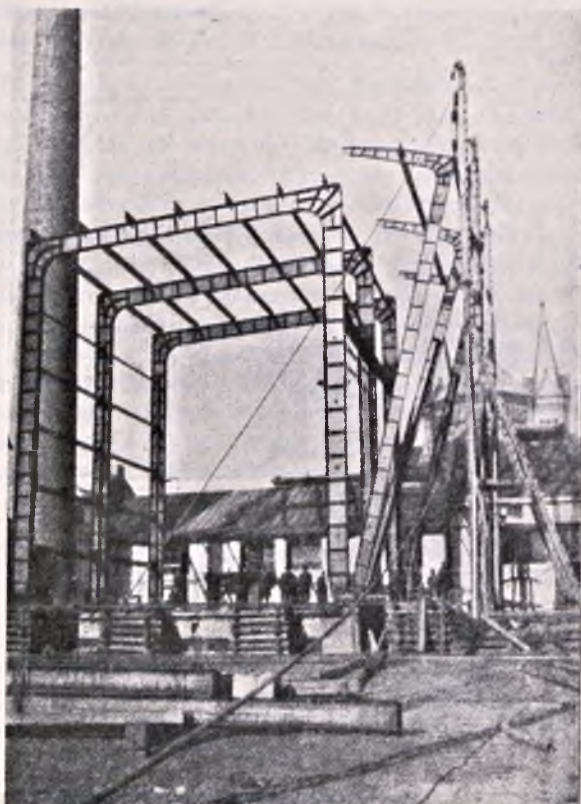


Fig. 13.

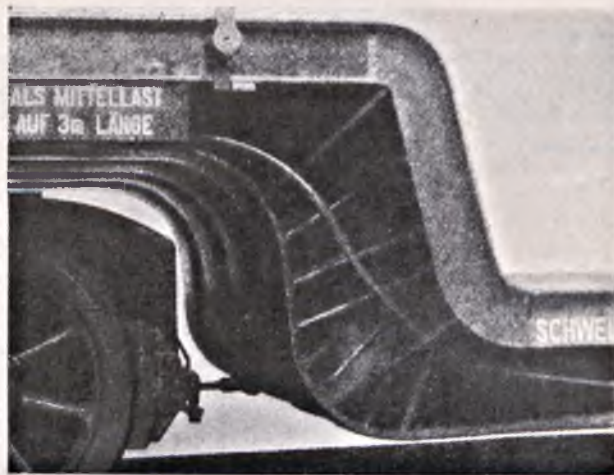


Fig. 14.

12) *Szwajcaria*. (Referat P. Sturzeneggera). W poszukiwaniu form odpowiednich dla spawania zwrócili się Szwajcarzy podobnie jak Niemcy do belek pełnościennych i im poświęcili największą uwagę. Początkowy rozwój konstrukcyj spawanych został zahamowany przez zbyt rygorystyczne przepisy, ułożone pod kątem obaw o naprężenia skurczowe i wytrzymałość na zmęczenie. Zapomniano, że dźwigary walcowe mają jeszcze większe naprężenia termiczne. Nowe przepisy z r. 1935 już są bardziej liberalne.



Fig. 15.

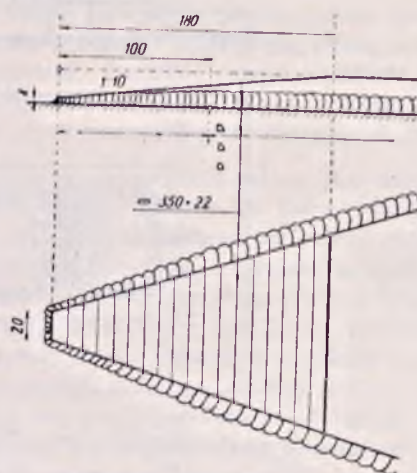


Fig. 16.

KONSTRUKCJE STALOWE NA KONGRESIE BERLIŃSKIM ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM KONSTRUKCJI SPAWANYCH

na podstawie referatów zjazdowych opracował inż. A. CHMIELEŃSKI.

DR. INŻ. STEFAN BRYŁA,
Profesor Politechniki Warszawskiej.

PROJEKT I WYKONANIE KONSTRUKCJI SPAWANEJ O NAPRĘŻENIACH TERMICZNYCH W POŁĄCZENIACH SPAWANYCH.

W konstrukcji spawanej naprężenia drugorzędne, występujące zresztą w każdej konstrukcji, są na ogół bardzo małe i praktycznie nie mają znaczenia. Wyjątek należy zrobić dla naprężeń termicznych, spowodowanych wysoką temperaturą w czasie spawania. Występują one w spoinie i materiale rodzinnym konstrukcji. Naprężenia w spoinie, zwane skurczowymi, spowodowane są skrępowaniem swobodnego kurczenia się spoiny po spawaniu przez mało rozgrzane otaczające strefy metalu rodzimego. W metalu rodzimym występują natomiast naprężenia t. zw. konstrukcyjne, czyli montażowe, naskutek unieruchomienia elementów spawanych za pomocą uchwytów. Im większa jest powierzchnia strefy podgrzanej tem mniejsze będą naprężenia w samej spoinie, a większe naprężenia konstrukcyjne. Dla tego też przy spawaniu acetylenowym występują większe naprężenia konstrukcyjne, przy elektrycznym naprężenia skurczowe.

Wielkość naprężeń wewnętrznych określa się przy pomocy pomiaru odkształceń (wylimitować należy odkształcenia stałe wytworzone przy stanie plastycznym materiału). Najlepsze wyniki daje metoda Mathar'a, określająca oprócz wartości samych naprężeń, wielkości naprężeń głównych. Naprężenia te dochodzące czasem do granicy plastyczności są największe w kierunku podłużnym, a najmniejsze w poprzecznym, maksymalne w środku spoiny.

Naprężenia skurczowe zależne są od grubości spawanych elementów oraz długości spoin. Jak wykazały doświadczenia naprężenia skurczowe w spoinach są największe na ich końcach, a najmniejsze pośrodku, co ogranicza praktycznie ich długość, jak zresztą i w połączeniach nitowanych. Naprężenia skurczowe sumując się z konsekwencjami sprężystościowymi połączenia, dochodzą czasem do granic plastyczności, są jednak mało niebezpieczne, zważywszy, że działają one trójkierunkowo, gdy siły działają jednokierunkowo, poza tym nawet gdy dochodzą do granic plastyczności, następuje ich wyrównanie. Zresztą doświadczenia doprowadzające do zerwania wykazały doskonale zachowanie się dobrze wykonanych połączeń, a większy wpływ miało wadliwe wykonanie spoin.

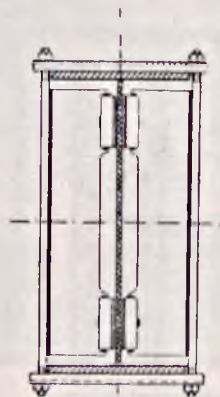
Spoina winna być zrobiona możliwie z materiału zbliżonego swymi własnościami do materiału rodzimego, dla tego też duże zwiększenie wytrzymałości elektrod bez zwrócenia uwagi na własności materiału rodzimego nie jest wskazane, natomiast poleca się stosowanie elektrod powlekanych. Różne sposoby ulepszania spoin celem uniknięcia naprężeń skurczowych należy uważać za mało celowe, gdyż rezultaty są znikome, a walka z tymi naprężeniami mało szkodliwymi jest niepotrzebna.

Naprężenia wewnętrzne powstające w materiale konstrukcyjnym podczas procesu spawania nazywamy naprężeniami konstrukcyjnymi lub montażowymi. Powstają one na skutek utwierdzenia części spawanych w uchwytach zapobiegających ich odkształceniom, spowodowanych roz-

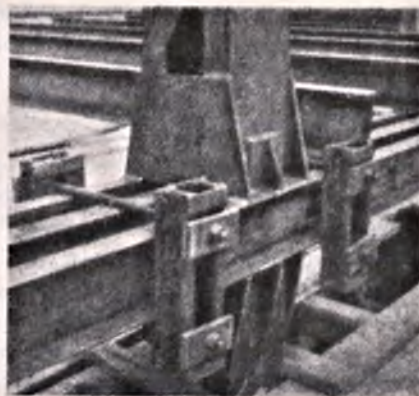
grzaniem. Naprężenia te będą większe dla większych części spawanych i większej powierzchni nagrzanej.

Naprężenia konstrukcyjne odróżniają się tem, że nie mają charakteru przestrzennego i tworzą układy płaskie, lub nawet jednokierunkowe. Nie ma też przy nich zjawiska podwyższania granicy plastyczności, a wartości ich są znacznie mniejsze od naprężeń skurczowych.

Kształt i wielkość spoiny ma rozumie się wielkie znaczenie dla zredukowania naprężeń termicznych, nie mniej trudno określić jest, czy lepsze będą spoiny grube i krótkie, czy długie i cienkie. Zdania inżynierów w tej kwestji są podzielone. Na podstawie szeregu doświadczeń autor przychylił się raczej do stosowania spoin cienkich i długich. Ważną jest także wyżej już poruszona sprawa jednorodności elektrod i metalu rodzimego, zwłaszcza pod względem sprężystościowym. Wreszcie trzecią wytyczną jest możliwe łagodzenie spoin i unikanie zbyt gwałtownych zmian przekroju.



Rys. 1.



Rys. 2.

Ważniejszą może sprawą od walki z naprężeniami termicznymi jest zapobieganie odkształceniom w konstrukcji, występującym przy spawaniu. Stosuje się do tego uchwyt-

ty, które zresztą są konieczne przy łączeniu samych części spawanych. Połączenie np. blaszaka nitowanego nie wymagało specjalnych uchwytów, gdyż duża ilość kątówek i otworów na nity ułatwiała wydatnie montaż. Spawanie dążące do maksimum wyzyskania materiału odrzuca te części pomocnicze i stwarza konieczność stosowania specjalnych uchwytów. Uchwyty te muszą być dobrze dopa-

sowane do części łączonych i umożliwiające ich łatwe założenie. Wyżej zamieszczono dwa przykłady uchwytów stosowanych przez autora w szeregu konstrukcji spawanych.

Część tego artykułu pod tytułem: „O naprężeniach termicznych w połączeniach „spawanych” ukazała się w „Czasopiśmie Technicznym” we Lwowie w r. 1936.

PROF. O. GRAF, Stuttgart.

WPLYW KSZTAŁTU POŁĄCZEŃ SPAWANYCH NA ICH WYTRZYMAŁOŚĆ

Zapatrywania na rodzaj połączeń spawanych, szczególnie w wypadkach obciążeń często powtarzanych, uległy od 1931 r. poważnym zmianom. Wpłynęła na to konieczność zmiany narzędzi oraz opracowania wskazówek dla konstruktorów.

Najważniejsze zagadnienia ująwszy można w następujących 4 punktach:

1. Jak ma być wykonane spawanie (spoiny boczne, czolowe i stykowe), o ile znosić ma ono obciążenia często powtarzane, lub obciążenia stałe doprowadzone do granic obecnie możliwych.
2. Który rodzaj połączeń spawanych najlepiej znosić będzie obciążenia często powtarzane (rozciąganie, ściskanie, rozciąganie i ściskanie, gięcie, ścinanie).
3. Jak należy zastosować w praktyce wnioski z punktów 1 i 2 (do połączeń prętów, belek, poprzecznie do belek głównych itd.).
4. Ile uwagi poświęcić należy naprężeniom tworzącym się w czasie i po spawaniu.

Na pytania powyższe odpowiedzieć można jedynie w ogólnych zarysach, ze względu na zbyt małą jeszcze w tej dziedzinie ilość doświadczeń.

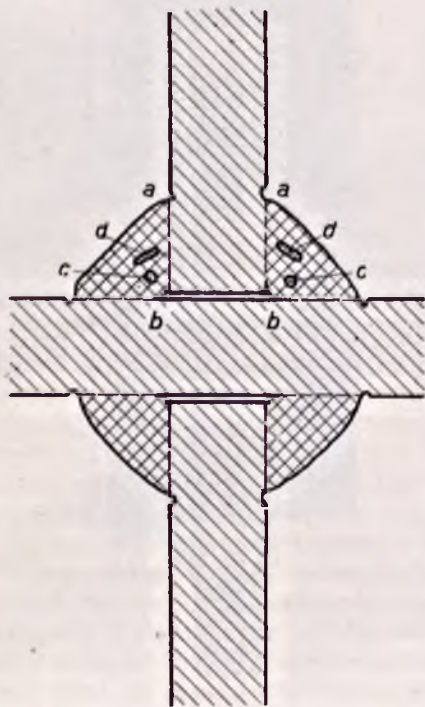
a) Doświadczenia wykazały, że połączenia zlagodzone rozłożeniem na kilka sekcji i wykonane bez porów i nierówności po brzegach połączeń o wiele lepiej odpowiadają pracy na zmęczenie.

Dobre wykonanie spoin pachwinowych ma też nie być jakie znaczenie (rys. 1 i 2).

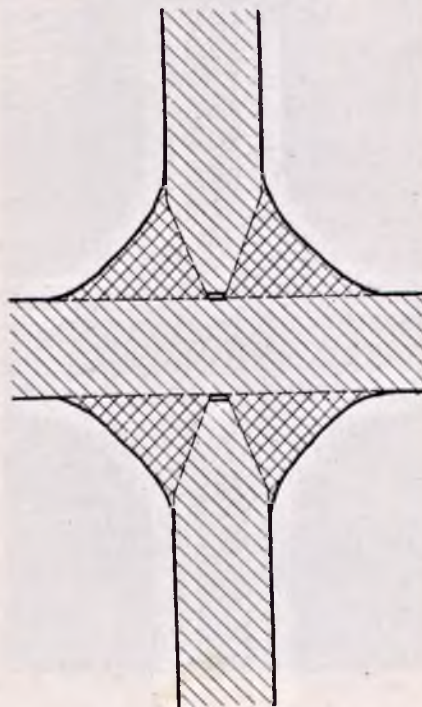
Dla tego też pierwszorzędnym warunkiem dobroci połączenia spawanego jest podanie ścisłych wytycznych wykonawcy, jaki ma być materiał części spawanych, elektrod, oraz jak ma być wykonane spawanie, poza tym należy przeprowadzić dokładne badanie wykonanych spoin. Do tego celu nie wystarczają już doświadczenia w warsztacie, lecz konieczną jest możliwość sprawdzenia połączenia przyrządami kontrolnymi do prześwietlenia spoin promieniami X.

b) Dawniejsze zapatrywania na rodzaj połączeń dały pierwszeństwo spoinom bocznym przed spoinami stykowymi, kierując się tym, że niedokładności spawania były bardziej szkodliwe w spoinach stykowych, oraz że samo wykonanie spoin bocznych było o wiele łatwiejsze. Jednakże okazało się, że o ile spoiny boczne są zupełnie zadowalające dla obciążeń stałych, o tyle dla obciążeń często powtarzanych są one o wiele mniej odpowiednie niż spoiny stykowe, ze względu na gwałtowne zmiany naprężeń na ich krawędziach. Jeżeli zauważymy, natomiast, duży postęp w wykonaniu połączeń spawanych, jak transformatory do spawania, specjalne elektrody, pojawienie się dużo lepszych instrukcyj dla spawaczy i inżynierów, oraz postęp w metodach dobrej kontroli, to musimy przyznać pierwszeństwo spoinom stykowym.

Należałoby obecnie ustalić, czy wpływ obciążeń często



Rys. 1.



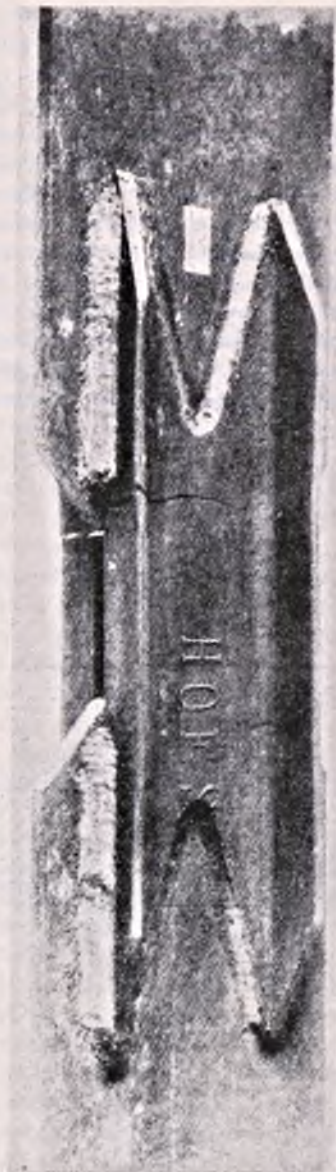
Rys. 2.

powtarzanych spotykanych w rzeczywistości, odpowiada doświadczeniom dokonywanym w laboratoriach. Przechylnie wnioski wyciągnięte z tych prób dały możliwość ustalenia prostych wytycznych:

1. Granica plastyczności jest miarodajna dla obciążeń stałych.
2. Dla obciążeń zmiennych oprzeć się trzeba na krzywej, odpowiadającej wytrzymałości na zmęczenie w odniesieniu do 0 (obciążenie które może być jeszcze przeniesione po 2-ach milionach okresów).

Możnaby stąd ułożyć dla inżynierów konstruktorów tablice, uwzględniające naprężenia dopuszczalne na rozciąganie dla obciążeń zmiennych, a następnie naprężenia maksymalne dla rozciągania przy siłach stałych i zmiennych.

Co się tyczy połączeń ściskanych, to należy przypuszczać, że spoiny stykowe będą na ogół lepsze od innych. W każdym razie granica wytrzymałości spoin stykowych, poddanych obciążeniom często powtarzanym, schodzi się dla stali na ogół używanej w Niemczech St 37 z granicą wytrzymałości na zgniatanie. Powyższe rezultaty, jak wykazały doświadczenia, stosują się do profili walcowanych.



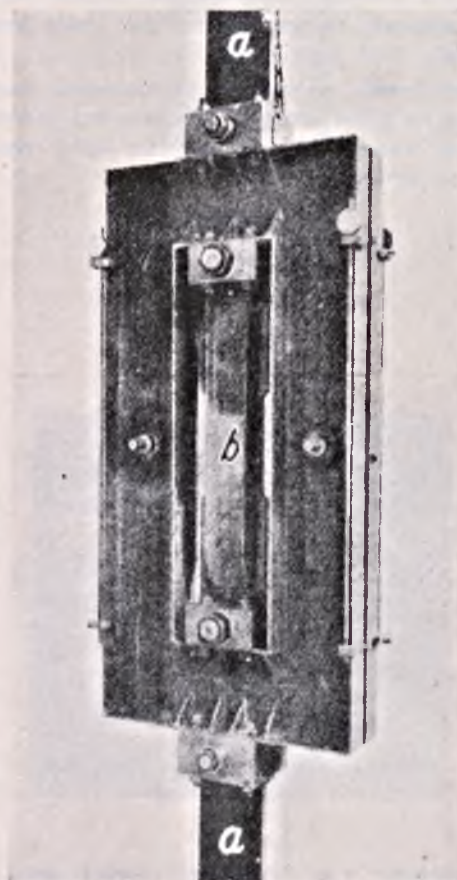
Rys. 3.

Jeżeli zbadamy teraz spoiny boczne, gdzie występują naprężenia ścinające, to doświadczenia poddające je obciążeniom często powtarzanym, wykazały, że chociaż możnaby zmniejszyć wydatnie ich wymiary, na przeszkodzie stoi tu zależność gwałtowności zmiany naprężeń na ich skrajach do ich wymiarów.

c) Odpowiedź na trzecie pytanie może być dana jedynie w formie wytycznych ogólnych, gdyż projektowanie konstrukcji ograniczone jest jeszcze obecnie warunkami technicznymi i ekonomicznymi. W obecnych warunkach trzeba często zadowolić się stwierdzeniem, że dane połączenie na spoiny boczne nie pracuje na naprężenia szybkozmiennie, lub też obniżając dla nich naprężenia dopuszczalne. Przeprowadzono także szereg prób mających na celu zmniejszenie gwałtowności zmiany naprężeń w spoinach bocznych, naogół bez większych rezultatów. Najlepsze wyniki dało doświadczenie, w którym zamiast płaskowników łączących zastosowano dwie ceówki z zastosowaniem spoin czołowych, jako głównych, zostawiając spoinom bocznym rolę drugorzędną (rys. 3).

Z powyższych rozważań wynika, że dla dobrze wykonanych spoin stykowych może być przyjęta granica wytrzymałości na rozerwanie 18 kg/mm^2 , przy spoinach bocznych jedynie 12 kg/mm^2 (dla obciążeń często powtarzanych w odniesieniu do 0).

Nieumiejętne początkowo wykonywanie spoin stykowych zmuszało do pokrywania ważniejszych połączeń blachami stykowymi, które będąc zupełnie wystarczające dla obciążeń stałych, nie wiele pomagały przy zastosowaniu do obciążeń często powtarzanych. Dla tego też zaczęto stosować później nakładki możliwie szerokie i łączone spoinami czołowymi, pozostawiając rolę drugorzędną spoinom bocznym.



Rys. 4.

Badając konstrukcje spawane, robiono w Dreźnie doświadczenia na dużych modelach. Doświadczenia te dały kilka wytycznych:

1) przy łączeniu poprzecznie do belek głównych pasy należy spawać spoiną stykową, gdyż pracują one na rozciąganie, a środnik zwykłą spoiną pachwinową.

2) unikać należy spawania poprzecznie do pasów belek głównych, gdyż tworzą się gwałtowne naprężenia, które poważnie zmniejszają wytrzymałość połączeń dla obciążeń często powtarzanych.

3) zwrócić należy także uwagę na naprężenia powstałe w środnikach belek głównych.

d) naprężenia które tworzą się w związku ze spawa-

niem można podzielić na lokalne, które można dość łatwo zredukować, i na naprężenia powstające w połączeniach o spoinach stykowych na skutek kurczenia się spoiny pod wpływem sił działających na pręt oraz w czasie ochładzania. Będą one większe dla prętów krótkich i mocno zamocowanych. Nie należy także lekceważyć naprężeń, jakie tworzą się przez zbyt szybkie ich ochładzanie przed całkowitym wykonaniem danego działu.

Celem określenia naprężeń wynikających ze skurczu w połączeniu, autor zastosował w r. 1934 aparat przedstawiony na rys. 4, na którym literą a oznaczono pręty spawane, a literą b ceówki łączące pręty. Dane dotychczasowe ustalają dla spoin stykowych naprężenia od skurczu na 250 kg/cm².

INŻ. B. LAFFAILE, Paryż.

ZASTOSOWANIE CIENKICH BLACH NOŚNYCH DO KONSTRUKCYJ STALOWYCH

W układzie statycznym, mającym obecnie prawo obywatelstwa, przenoszenie obciążeń odbywa się przy pomocy szeregu belek, beleczek, poprzecznik, konsolek, pociągów itd. Zasada natomiast dobrego układu winna być: przenoszenie obciążeń przy minimum materiału, z zachowaniem dostatecznego bezpieczeństwa.

Autor zastanawia się, czy nie możnaby uprościć nieco tych skomplikowanych układów. Najprostszym rozwiązaniem przekrycia pewnej powierzchni układem nośnym, będzie zastosowanie powierzchni gibkiej. Powierzchnia taka, by była stateczna, odpowiadać musi po pierwsze warunkom równowagi geometrycznej, a następnie odkształcenia miejscowe, utworzone pod wpływem czynników zewnętrznych, nie mogą zachwiać równowagi układu. Aby dać równowagę przestrzenną gibkiej powierzchni nośnej, należało ją ograniczyć z dwu stron ramami kratowymi (rys. 1).



Rys. 1.

Przenoszenie sił następowało bezpośrednio przez całe skraje powierzchni gibkiej na ramy podpierające. Dało to, rozumie się, dużą oszczędność na materiale. Aby ustalić najlepszy kształt układu zrobiono szereg prób na modelach o różnych kształtach geometrycznych. Dało to możliwość sprawdzenia, czy nie tworzą się siły ściskające (np. od wiatru), mogące zakłócić równowagę układu. Poza tym zastosowanie tylko np. systemów cylindrycznych, mogłoby pociągnąć za sobą rozbieżność wypadkowej naprężeń i osi

układu i spowodować duże odkształcenia powierzchni gibkiej. Jako najlepszy układ przyjęto hyperboloide, złożoną z szeregu jednakowych elementów konstrukcyjnych z blachy cienkiej. Jednakowoż okazało się, że system ten jest mało stateczny i zaszła konieczność dodania poprzecznych usztywnień, zrobionych z wycinków blachy (rys. 2).



Rys. 2.



Rys. 3.

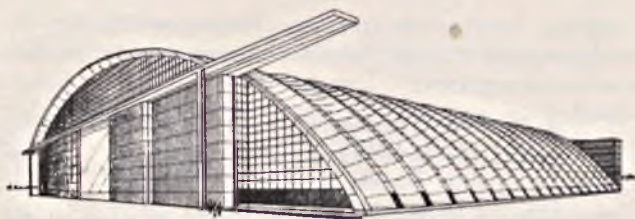
To usztywnienie nasunęło myśl zrobienia układu samonośnego co też zostało z powodzeniem dokonane. Układ taki o wadze 13 kg/m^2 rzutu obciążony do 70 kg/m^2 nie dał odkształceń widocznych.

Obliczenia statyczne, oraz doświadczenia na ściskanie i zginanie ze ściskaniem dały możliwość wykonania dużych obiektów o rozpiętości 32 m i 75 m (rys. 3).

Ryc. 4 jest przykładem śmiałego projektu hangaru o rozp. 90 m, opartego na tym układzie konstrukcyjnym.

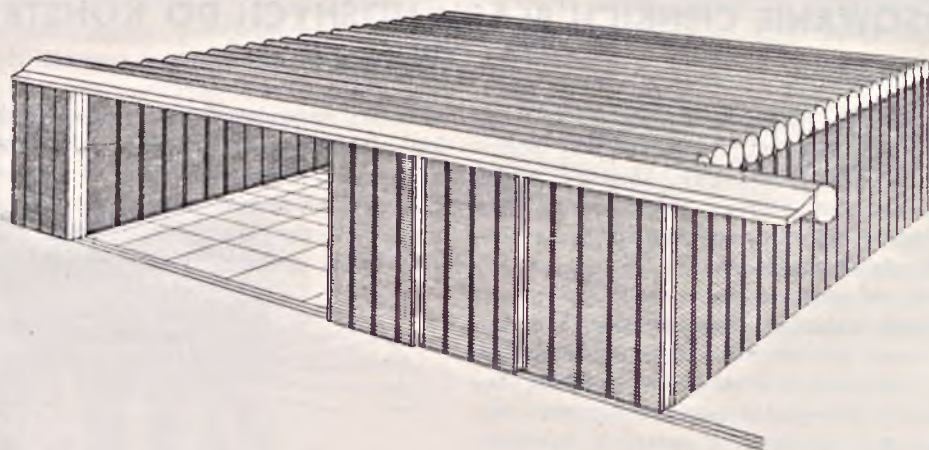
Interesujące doświadczenia zrobiono w Italii nad rurami z blachy, jako elementu budowlanego, w warunkach np. wojskowych, dały podstawę do zastosowania ich, jako elementów nośnych, a przy tym bardzo szybkich w montażu (ryc. 5).

Blachy cienkie jako element konstrukcyjny, otwierają



Rys. 4.

konstruktorowi i architekcie pole do tworzenia nowych form i rozwiązań. Sposób ten, w wielu wypadkach ekonomiczniejszy od konstrukcyj dotychczas stosowanych, jest od nich znacznie prostszy i lepiej dopasowany do właściwości materiału (rozciąganie) oraz pozwala na tworzenie form bardziej nowoczesnych.



Rys. 5.

DR. INŻ. S. MORTADA, Kair.

ODKSZTAŁCENIA DŹWIGARÓW KRATOWYCH SPAWANYCH

Spawanie pewnego układu może spowodować w metalu ogrzewanym a następnie gwałtownie chłodzonym odkształcenia, wyrażające się w efekcie jako wydłużenie, skręcenie, lub sfalowanie konstrukcji. Ten rodzaj odkształceń, które mają być pozostałością spawania jest specjalnie niebezpieczny dla belek kratowych, narażonych często na obciążenie dynamiczne. Celem zbadania tych odkształceń wykonano szereg doświadczeń nad kratownicą, która została przed tym zbadana z punktu widzenia statycznego i dynamicznego na Politechnice w Zurychu. Ustalono następnie rodzaj oraz wielkość odkształceń, które pozostawiło po sobie spawanie. Połowa kratownicy była złączona na spoiny stykowe V, a druga na spoiny czołowe albo boczne. Spoiny były naogół duże w porównaniu do prętów kratownicy, co dawało obawy dość dużych odkształceń, powstałych przy ochładzaniu.

Wykonanie spawania:

Połączenie kratownicy było w ten sposób wykonane, że części spawane mogły swobodnie się rozszerzać, i w ten sposób uniknięto naprężeń od wpływów zewnętrznych. Było to naturalnie niemożliwe dla krzyżulców wewnętrznych. Belka spawana była ze środka, aby dać kolejno swobo-

dę częściom przyspawanym, mimo to wpływ kurczenia dawał się poważnie odczuwać. Szczególnie silny wpływ miały długie spoiny, w układzie górnym, gdzie zauważono silne skręcanie w kątownikach oraz zmniejszenie się ich wzajemnej odległości ze 100 na 96 mm. Aby utrzymać odległość 100 mm, założono specjalne wstawki o wysokości 100 mm, które następnie z trudnością usunięto, przy czym dwa z nich miały środniki sfalowane i trzeba było je wycinać palnikiem.

Pomiar odkształceń.

Pomiar odkształceń wykonany został aparatem Huggenberger'a na szeregu podwójnych punktów rozmieszczonych w różnych częściach kratownicy, różnica odległości tych punktów przed i po spawaniu dała odkształcenia w danej części konstrukcji. Przy każdym połączeniu dwu profili zrobione były pomiary po obu stronach i po środku. Takich punktów pomiaru zrobiono 212, przy czym każdy z nich mierzono 4 razy.

Rozpiętość otrzymanych liczb jest bardzo znaczna i trudno jest doszukać się w nich jakiegoś prawa. Blisko spoin tworzą się bardzo silne wydłużenia, które powodują wichrowanie się profili spawanych. Naprężenia nie są co prawda proporcjonalne do tych wydłużeń, gdyż tworzy-

ły się one pod wpływem wysokiej temperatury. Niemniej duże odkształcenia pociągają za sobą naprężenia dochodzące miejscami do granic plastyczności. Próba na zmęczenie wykonana normalnym obciążeniem (bez nadwagi) w odniesieniu do 0 dała pęknięcie kratownicy po 1,4 milionach okresów.

Powyższe doświadczenie pozwala na następujące wnioski:

1. Odkształcenia tworzą się zupełnie dowolnie i nie można wyprowadzić stąd żadnego prawa.

2. Odkształcenia te mają duże znaczenie dla kratowni-

cy o małych profilach i grubych spoinach, powodują bowiem silne skrócenie profili i przepon.

3. Naprężenia wewnętrzne są dość silne, by doprowadzić materiał do stanu plastyczności.

4. Wytrzymałość na obciążenia często powtarzane kratownicy spawanej, może ulec zmniejszeniu przez naprężenia występujące po spawaniu. Wytrzymałość materiału na zmęczenie w odniesieniu do 0 — jest przekroczona pod wpływem obciążenia rzeczywistego.

Należy za tym zachować duże ostrożności, jeżeli ma się do czynienia z obciążeniami często powtarzanymi.

INŻ. M. PINCZON, Saint Nazaire.

METODY BADAŃ W LABORATORIUM I NA PLACU BUDOWY

Treścią tego referatu jest przedstawienie czytelnikowi urządzeń zainstalowanych w warsztatach Saint Nazaire, mających na celu jak najdokładniejsze badanie materiału spawanego, elektrod, metod spawania, jak i kontroli spoin gotowych, aby osiągnąć dostateczną pewność i gwarancję konstrukcji wypuszczanych z warsztatów. Wszystkie poniżej opisane metody odnoszą się do spawania elektrycznego.

1. Badanie metalu części łączonych.

W czasie spawania wytwarzają się trzy strefy: metal elektrody, o temperaturze mniej lub więcej wysokiej; metal części spawanych, rozegrzany do pewnej temperatury niższej i gwałtownie ochłodzony; oraz strefa pośrednia, będąca połączeniem obu powyższych metali. To ogrzanie, a następnie gwałtowne ochłodzenie stali części spawanych może zmienić na niekorzyść jej własności, będące w zwykłych warunkach zupełnie dostateczne. Aby móc zbadać dokładnie warunki wszystkich trzech stref, należałoby je rozdzielić od siebie, co — łatwe dla metalu elektrody — nie jest praktycznie wykonalne dla stref pozostałych. Badanie np. strefy pośredniej wymagałoby bardzo małych próbek i specjalnych maszyn. Takie badanie byłoby w warsztatach zbyt długie i kosztowne, zastosowano za tym metodę mniej dokładną, a pozwalającą na szybki sposób określenia czy dana stal jest czy też nie jest spawalna.

Z metalu poddawanego próbom wycina się próbkę normalnego kształtu o grubości 10 mm przy elektrodzie p. 38 mm, wzdłuż jej osi nakłada się szew, a następnie metal elektrody zdejmuje się na toczydle. Pozostają za tym w próbce w ten sposób pozostałe dwie strefy bada się na wytrzymałość, elastyczność, wydłużenie i przewężenie. Wyniki otrzymane porównuje się następnie z danymi otrzymanymi z podobnej próbki metalu bez poddania go działaniu elektrody. Podobnie wykonywane są równoległe próby porównawcze na rozciąganie w strefie pośredniej i próby na udatność.

2. Metal spawający (elektroda).

Obserwacje te sprowadzają się do badania elektrod, których na rynku pojawia się coraz więcej oraz dopasowania odpowiedniej elektrody do stali łączonej.

Próby są następujące:

1. dla metalu elektrody:

a) próba na rozciąganie próbki cylindrycznej,

b) próba udatności na próbkach Mesnager'a,

c) „ „ na złamanie,

d) pomiar gęstości.

2. dla spoiny stykowej:

a) próba na rozciąganie próbki prostokątnej,

b) „ „ złamanie.

3. w obu wypadkach praktyczna szybkość spawania oraz straty na promieniowanie i ulatnianie.

3. Wykonanie:

a) *Personel.*

Pozostało obecnie jedynie przedstawić organizację kontroli wykonania spawania oraz spoiny gotowej. Sprawa ta jest niezmiernie ważna, gdyż na nic zdadzą się wszelkie wysiłki prób wyżej opisanych, o ile spawanie zostanie źle wykonane i o ile nie będziemy mieli możliwości dobrej kontroli roboty wykonanej. A jest to tym bardziej konieczne, że jak wiemy wykonanie spawania zależy w dużej mierze od zdolności i umiejętności indywidualnych robotnika.

Aby wyszkolić dobrych spawaczy, którym można by powierzać odpowiedzialne części konstrukcyjne nie można opierać się na dyplomach szkół spawalniczych, lecz konieczna jest dłuższa praktyka pod kontrolą. Dobry nawet spawacz, będący przez pewien czas bez pracy, zatraci swe umiejętności i musi je na nowo odzyskać. Dla tego też warsztaty w Saint Nazaire założyły własną szkołę spawalniczą, wypuszczającą uczniów po 6 do 8 tygodniach, z tym że jest on używany jeszcze przez cały rok do prac podrzędnych, przy czym prace jego są stale kontrolowane oraz wymagane pewne minima.

Nie każdy ze spawaczy, robiący dobre spoiny poziome, nadawać się będzie do spoin pionowych lub sufitowych. W każdym razie rok praktyki i ciągłej kontroli jest konieczny.

b) *Narzędzia.*

Następnie koniecznym jest, aby dobry spawacz dostał dobre i będące pod stałą kontrolą narzędzia. Najważniejszą chyba sprawą będzie dobry rozdział prądu i kontrola stałości jego natężenia. Dla tego też na każdej elektrodzie zastosowano amperomierz i woltomierz, albo też zastosowany został układ, w którym jeden biegun złączony jest z masą wykonywanych konstrukcyj, a drugi jest siecią, do której w dowolnym miejscu włączyć się

może spawacz z przyrządem, który jest tylko regulatorem natężenia i pozwala na zapalenie łuku. System ten dał doskonałe rezultaty.

4. Wnioski.

Z powyższego rozumowania wynika, że spawanie elektryczne, przy użyciu dobrych materiałów i zachowaniu dobrej kontroli, jest tak samo bezpieczne, jak i inne sposoby konstrukcyjne (nitowanie, czy żelbeton), z tym zastrzeżeniem, że próby robione dotychczas w warsztatach Saint Nazaire nie obejmują badań zmęczenia materiału. Badanie spoiny systemem promieni X daje wielkie usługi

przy kontroli połączeń, jednakże zauważyć należy, że aparat jest ciężki i nie wygodny, a przy tym niebezpieczny dla obsługi, ze względu na promienie wtórne, poza tym przy blachach grubszych obraz staje się nie wyraźny. Zastosowano wobec tego do blach grubych promienie γ , jednakże wielkie niebezpieczeństwo obsługi wyklucza ich praktyczną użyteczność.

Bardzo ciekawy i wyczerpujący artykuł prof. Bryły pt. „Badanie jakości połączeń spawanych” opublikował „Przełęcz Techniczny” w r. 1934.

DR. INŻ. G. WORCH,
Profesor Politechniki w Monachium.

ROZWÓJ KONSTRUKCYJ METALOWYCH

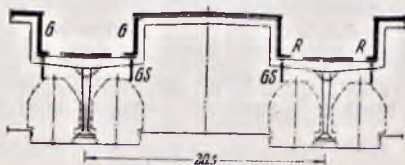
Artykuł ten daje pogląd na rozwój konstrukcji metalowych w Niemczech (prócz mostów) z punktu widzenia historycznego.

1. Hale dworcowe.

Pierwsze hale dworcowe (r. 1880) projektowane były w formie układów prostych, opartych na kolumnach utwierdzonych; były to albo belki kratowe, albo łuki pełne ze ściągami. Słupy podporowe były wykonane z muru lub żeliwa. Rozpiętości hal były małe 20 — 40 m. Jednakże już poczynając od 1881 r. zaczęto budować hale wielkich rozmiarów: wysokości (19 — 35 m) i rozpiętości (19 — 35 m). Hale te dające podróżnemu pierwsze monumentalne wrażenia miasta, do którego przyjeżdżał, były jednak bardzo kosztowne z racji swej wielkości, rusztowań i konserwacji.

Dla tego też już w początku XX w. zaczęto budować hale małych i średnich rozpiętości (20 i 40 m). Są one przeważnie wykonane z blaszaków, a belki kratowe zdarzają się tylko wyjątkowo. Kształt hal zmieniał się stopniowo z łuków na ramy o dachu płaskim dwuspadkowym. Kształt ten lepiej odpowiadał obrysowi pociągów niż łuki, które pozostawiały wielkie przestrzenie niewykorzystane.

Dawne wielkie hale oświetlone były przy pomocy świetlików poprzecznych, lub podłużnych, przy czym wentylacja odbywała się przez otwarcie części świetlików lub dachu. Ponieważ świetliki brudziły się bardzo szybko w miejscu wentylacji, w nowszych konstrukcjach zastosowano świetliki w ścianach pionowych, a dym usuwano przy pomocy otworów nad torami, przy czym dla ochrony peronów od deszczu zastosowano ochraniacze ze szkła (rys. 1).

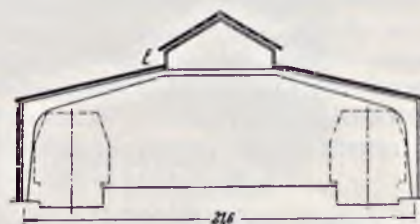


Rys. 1.

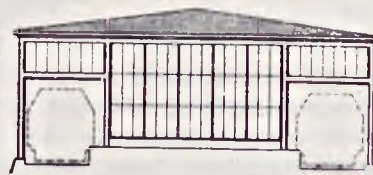
G i GS = części oszklone.

2. Hale dla dworców elektrycznych.

Z wprowadzeniem elektryczności kwestia wentylacji przeszła na plan drugi, a oświetlenie zostało wykonane albo przez okna w ścianach bocznych i frontowych, albo przy pomocy wzniesionego po środku dachu świetlika (rys. 2 i 3).



Rys. 2.

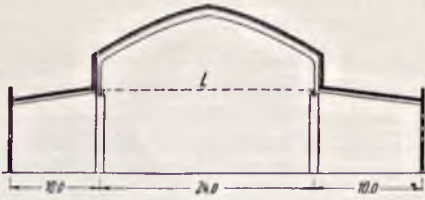


Rys. 3.

Wentylacja nie nastęrczała żadnych trudności, gdyż świeże powietrze wprowadzić można było bardzo łatwo przez otwarcie części dachu, lub okien w ścianach bocznych czy frontowych.

3. Hale wystawowe i fabryczne.

Rozwój tych hal był zmienny z racji wielu czynników nie mających nic do czynienia z konstrukcją, a wpływających nań wydatnie, jak wielkość terenu, kredyty przyznane itd. W epoce wielkich hal dworcowych budowano także wielkie hale wystawowe w kształcie łuków trójprzegubowych, dochodzące rozpiętością do 111 m (Wystawa w Paryżu 1889 r.) i większych (Chicago 1892 r.), a także wysokością do 22 m (budynek niemiecki na wystawie w Brukseli 1910 r.). Hale te były często po tym użytkowane jako hale fabryczne. Jak i w wypadku dworców i tutaj zbyt duże rozmiary okazały się nie wygodne. Po wojnie można podzielić ten rodzaj hal na dwa typy: a) duże hale bez słupów pośrodku, oraz b) hale małych rozpiętości, przeważnie złożone z trzech części, przy czym środkowa szersza i wyższa od dwu bocznych. Kwestia dobrego oświetlenia nabiera tu specjalnego znaczenia. Zwyczajne okna są umieszczone wzdłuż hal bocznych, dość wysoko, by zużytkować części dolne ściany na ekspozycje,



Rys. 4.



Rys. 5.

w hali środkowej w ścianach wysuniętych ponad hale boczne (rys. 4).

Inne rozwiązanie daje hala wystawowa w Berlinie, gdzie całe oświetlenie jest górne (rys. 5).

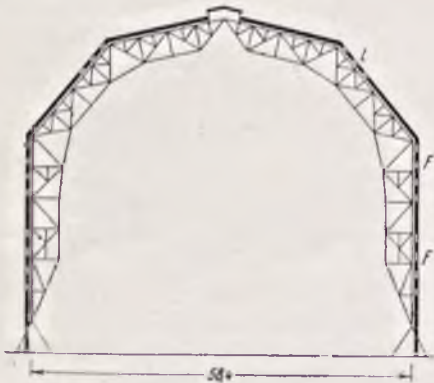
Przy wielkiej rozpiętości dachach płaskich należy pamiętać o umożliwieniu rozszerzania od temperatury.

Przy halach wysokich dodaje się specjalne usztywnienia przeciwwiatrowe.

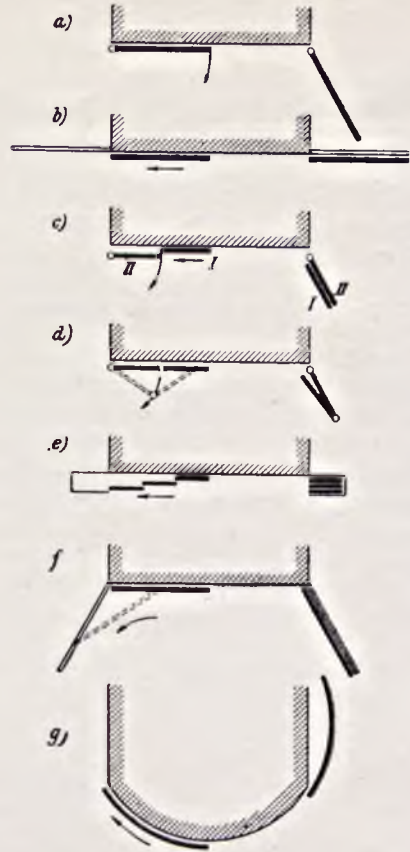
4. Hangary sterowców.

Rozwój ich zależny był od wielkości sterowców. Mają one zwykle w planie kształt wydłużonego prostokąta o konstrukcji łuków trójprzegubowych kratowych. Dawniej przy mniejszych rozmiarach sterowców budowano hangary dla kilku sterowców, co było zresztą nie wygodne, obecnie buduje się tylko pojedyncze (rys. 6). Rozmiary ich dochodzą do 358 m długości, 99 m szerokości i 59 m wysokości (U. S. A.).

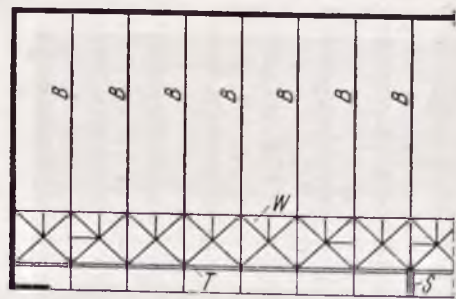
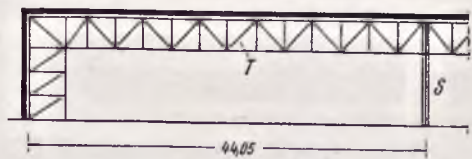
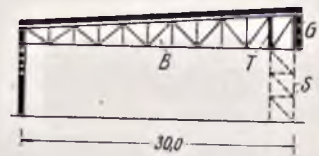
Hangary były dawniej oświetlone oknami bocznymi i świetlikami pośrodku dachu, obecnie przeważnie oświetla się światłem sztucznym. Wentylację robi się specjalną, lub przez częściowe otwieranie okien. Bardzo ważną jest kwestia dobrych bram do hangarów; niżej zamieszczony rysunek pokazuje kilka takich systemów (rys. 7).



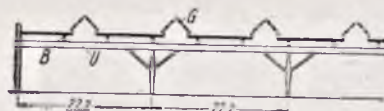
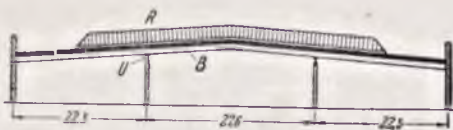
Rys. 6.



Rys. 7.



Rys. 8.



Rys. 9.

5. Hangary dla samolotów.

Dawniej, gdy samoloty były małe i było ich nie wiele, hangary robiono pojedyncze. Obecnie robi się duże hangary dla szeregu aparatów. Hangary te są wykonane z ram kratowych, o dachu płaskim, o spadku jednostro-
nym ku tyłowi. Charakterystyczna jest przednia belka podłużna mająca usztywnienia przeciwwiatrowe i kierownicze dla łam (rys. 8).

6. Remizy tramwajowe i autobusowe.

Rozwój miast po wojnie stworzył konieczność budowy wielkich remiz tramwajowych. Konstrukcja ich jest bardzo prosta. Na słupach rozmieszczonych pomiędzy torami (zwykle w odległości > 20 m) leżą belki podłużne, a na nich belki dachowe, rozstawione co — 20 m. W kierunku poprzecznym umieszczone są świetliki jak widać na rysunku 9.

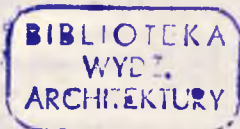
Remizy autobusowe, aby uzyskać maksimum miejsca, mają hale bez słupów wewnętrznych.

7. Budynki mieszkalne o konstrukcji szkieletowej.

Ojczyzną budownictwa szkieletowego mieszkaniowego jest Ameryka. Pierwszy drapacz chmur zbudowano w Chicago w 1885 r., a najwyższym jest Empire State o 86 piętrach skończony w 1931 r. w Nowym Yorku. W Europie chociaż znane były przed wojną konstrukcje o szkielecie stalowym wewnątrz budynku, budynki typowe o pełnym szkielecie żelaznym nie były stosowane.

O ile w budynkach masywnych wysokie nawet budynki nie były liczone na wiatr, gdyż siłę wiatru przenosiły stropy i masywne mury poprzeczne, o tyle w konstrukcji szkieletowej sił tych nie należy lekceważyć. Stosuje się zwykle albo ramy poprzeczne, albo obciążenie wiatru skupia się na pewnych punktach np. klatkach schodowych przy pomocy sztywnych stropów żelazobetonowych, lub specjalnych usztywnień przeciwwiatrowych poziomych.

W połączeniach szkieletu widać też duży postęp idący w kierunku uproszczenia, do czego przyczyniło się bardzo silnie spawanie.





K O N S T R U K C J E

S T A L O W E

Sp. z ogr. odp.

W a r s z a w a, u l. W a r e c k a 1 1 a

tel. centr. 5.68-40 ● adres teleg. „STALMOST“

**prowadzą wspólne biuro sprzedaży wszelkiego rodzaju konstrukcji stalowych,
wykonywanych przez:**

Górnośląskie Zjednoczone Huty Królewska i Laura,
Spółka Akcyjna Górn. - Hutnicza
K a t o w i c e

**Zjednoczone Fabryki Maszyn, Kotłów i Wagonów
L. Zieleniewski i Fitzner — Gamper,**
K r a k ó w

K. Rudzki i S-ka, Towarzystwo Przemysłu Metalowego
Spółka Akcyjna
W a r s z a w a

Huta Pokój, Śląskie Zakłady Górniczo-Hutnicze
K a t o w i c e

Towarzystwo Akc. Przemysłu Metalurgicznego w Polsce
R a d o m s k o

Sp. Akc. Wielkich Pieców i Zakładów Ostrowieckich
W a r s z a w a

H. Cegielski Sp. Akc.
P o z n a ń

P r e d s t a w i c i e l e:

Gdynia, Świętojańska 122, tel. 12-86. Inż. Sakowicz Piotr
Inowrocław, Nowe Ogrody 2a, Inż. Butenko Jan
Kielce, Majkowski Benedykt

Łódź, Przędzalniana 32, tel. 180-33 Dom Handlowy Otton Wihan
Katowice, Gen. Zajączka 18, tel. 326-46, Inż. Skrypczejko
Aleksander

Łuck, Zakopiańska 10 m. 4. Turowski Marian
Poznań, Ratajczaka 18, tel. 17-77 Dr. Hohenauer Kazimierz
Sosnowiec, Pierackiego 3, tel. 6-21, Kulesza Jan
Wilno, Wilkomierska 5 a, tel. 24-23, Inż. Styliński Stefan