

Tężniki wiatrowe spotykamy tu tylko przy dachach dwu — i cztero — spadkowych bez stropu górnego (co rzadko się zdarza), używane w tym celu dotychczas belki poziome kratowe zastępujemy dziś tężnikami w postaci dachu. Tężniki te, łącznie z elementami pokrycia (pasem górnym więzarów i płatwiami) tworzą ustrój belek kratowych w przestrzeni, który także, jak się okazało, może spełnić należycie swoje zadanie (rys. 20). Na zakończenie wypadałoby nadmienić, że wobec dużych obciążeń, jakie w dzisiejszym budownictwie szkieletowym przypadają elementom konstrukcji, zwłaszcza słupom, zaznacza się i tutaj — nie tylko w mostach — dążenie do stosowania stali wysokowartościowych i byłoby bardzo pożądane, ażeby i nasze huty przystąpiły do odnośnej produkcji, zwłaszcza, że z tą sprawą łączy się kwestja zabezpieczenia

żelaza od rdzy (patent „Nirosta“ Kruppa i stal miedziana). Do budującego się obecnie największego „drapacza chmur“ w Ameryce, o którym wspominałem — zamówiono 700 tonn stali nierdzewiącej Kruppa.

Sprawa ta dla nas ma znaczenie szczególne wobec propagandy drobnego budownictwa żelaznego mieszkaniowego, gdzie w większości istniejących dziś systemów tego budownictwa ze względu na drobny wymiar profilów tam stosowanych używa się powszechnie stali nierdzewiącej.

Byłby to najlepszy sposób zapewnienia długotrwałości konstrukcji żelaznej, która tutaj zwłaszcza wobec drobnych wymiarów szkieletu budzi pod tym względem uzasadnione obawy, działające na szkodę tak pożądanego jej rozpowszechnienia.

Stefan Bryła.

Żelazne konstrukcje spawane. Zasady obliczenia i elementy połączeń.

Zastosowanie spawania w konstrukcjach żelaznych datuje się właściwie od paru lat. Wprawdzie jeszcze w początkach budownictwa żelaznego chciano je wprowadzić w użycie. Dawne jednak, kowalskie metody, stosowane na domiar do znacznie gorszych niż dzisiaj materiałów, nie mogły dawać i nie dawały rzeczywiście wyników korzystnych. To też nic dziwnego, że dotychczasowe przepisy najczęściej zabraniały używania spawania, albo — jeżeli nawet pozwalały, — to przy takiej redukcji naprężeń dopuszczalnych, że opłacać się ono wogóle nie mogło.

Ostatnie lata przyniosły przecież pod tym względem duże zmiany, dzięki zastosowaniu do spajania metali elektryczności i acetyleny. W r. 1917 użyto po raz pierwszy na większą skalę spawania w Ameryce do naprawy internowanych okrętów niemieckich, zatopionych i uszkodzonych przez załogę. Od tego czasu znaczenie jego wzrosło ogromnie, zrazu w zakresie budowy maszyn, zbiorników, przewodów, okrętów i budownictwa wodnego. (Np. w zakładzie wodnym Terni we Włoszech zastosowano spawanie do ciągów turbinowych o średnicy 4 m i grubości ścianki 10 do 32 mm.

Stosunkowo najwolniej wchodziło spawanie w zastosowanie w budownictwie i mostownictwie. Pierwsze większe budowle spawane zostały wzniesione dopiero przed 4-ma laty. A przecież i dzisiaj nie można mówić, że spawanie konstrukcyj żelaznych mieści się jeszcze wyłącznie w dziedzinie prób i doświadczeń, ale stwierdzić trzeba, że wchodzi ono tu w zastosowanie w wyjątkowo szybkim tempie i coraz bardziej wypiera konstrukcje nitowane. Ilość budowli fabrycznych, wysokich budynków szkieletowych, mostów spawanych rośnie ustawicznie i coraz szybciej. Jeżeli jeszcze przed paru laty zastosowanie spawania było wprowadzane wyłącznie przez zakłady, którym zależało bezpośrednio na rozpowszechnieniu zwłaszcza aparatów do spawania elektrycznego czy acetylenowego, to dzisiaj wartość tej nowej metody budowania pojęły również warsztaty konstrukcyj żelaznych i mostowych wogóle, zaczynając rozumieć, że jest to jedyna droga, na którą wejść musi konstrukcja żelazna, ażeby wogóle się opłacać.

Koszt konstrukcji żelaznej składa się z kosztów materiału i robocizny. Jak przedstawia się pod tymi względami stosunek konstrukcyj spawanych do nitowanych?

Ilość materiału żelaznego w konstrukcji spawanej musi być mniejsza niż w konstrukcji nitowanej. Przede wszystkim bowiem potrzebne przekroje prętów są znacznie mniejsze, tak z powodu nieuwzględniania dziur na nity, jakoteż z powodu zmniejszenia ciężaru własnego konstrukcji. Powtóre zaś łączniki, jakich w konstrukcji

nitowanej jest bardzo wiele, (blachy węzłowe, przykładki, kątowniki i t. d.) w przeważnej części odpadają zupełnie, jeżeli zaś są potrzebne — to o znacznie mniejszych wymiarach. Oszczędność na wadze zależy oczywiście od charakteru konstrukcji, wogóle jednak waha w granicach od 10 do 30%, dochodząc w poszczególnych wypadkach nawet i jeszcze wyżej (por. poniżej przykłady).

O ile chodzi o robociznę, to w zasadzie oszczędność jej powinna być duża i — zagranicą już dzisiaj — jest duża. Odpada bowiem dokładne trasowanie konstrukcji w warsztacie, przyczem części spajane mogą nie przystawać do siebie; robota warsztatowa zmniejsza się bardzo, gdyż niema tu wiercenia otworów na nity i t. d. Szybkość wykonania jest znacznie większa; zaś do spawania wystarcza mniejsza ilość ludzi niż do nitowania (ale wykwalifikowanych).

Z innych walorów należy zaznaczyć, że spawanie można wykonać nieraz w warunkach, w których nitowanie jest utrudnione lub nawet niemożliwe z powodu braku dostępu, (tylko zupełnie wyjątkowo zająć może wypadek przeciwny) a także, że wzmocnienie konstrukcji spawanych nie nastęrcza żadnych trudności. Zaznaczą też, że niejednokrotnie zastosować można — zwłaszcza przy mniejszych konstrukcjach, oraz przy cięciu blach i przekrojów walcowatych — także palnik acetylenowo-tlenowy, co bardzo przyspiesza robotę.

Z drugiej strony spawanie wymaga bardzo dobrych i sumiennych spawaczy, należytej kontroli i dobrych palniczek (elektrodów), pod względem zaś konstrukcji należytego zaprojektowania. Podkreślić należy z naciskiem, że konstrukcje spawane musi się projektować najzupełniej inaczej, zwłaszcza w szczegółach połączeń, niż konstrukcje nitowane a także zważać, aby przy wykonywaniu nie powstały odkształcenia wskutek zmian termicznych.

Powody powyższe sprawiają, że robocizna jednostkowa powinna być w konstrukcji spawanej również tańsza. U nas tak dotychczas nie jest. Cena jednostkowa konstrukcji spawanej jest przeważnie wyższa od takiejże ceny konstrukcji nitowanej. Niema to zresztą właściwie żadnego uzasadnienia, prócz tego, że urządzenia do nitowania w warsztatach istnieją oddawna, natomiast urządzenia do spawania dopiero się instaluje, a amortyzację ich pragnie się najczęściej przeprowadzić przy pierwszej robocie oraz, że brak jest jeszcze odpowiedniego doświadczenia. Z powodów poprzednio podanych wynika bowiem, że w normalnych warunkach pracy i amortyzacji, cena jednostkowa musi być niższa właśnie przy konstrukcji spawanej. Do tych rezultatów dochodzą wszystkie warsztaty zagraniczne, w których wprowadza się spawanie, a za nimi i nasze. Nie zmienia zaś ich w żadnym wy-

bitniejszym stopniu fakt, że u nas przemysł elektrotechniczny jest znacznie mniej rozwinięty, niż zagranicą.

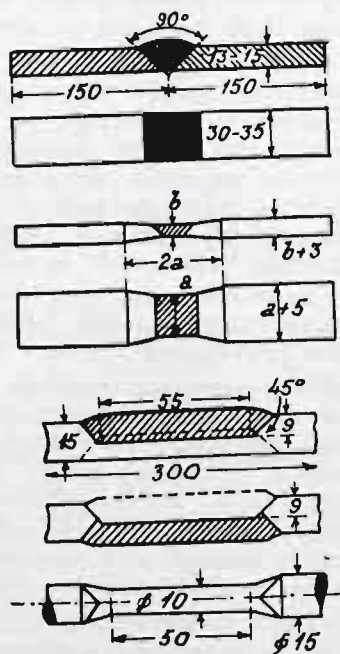
W konsekwencji pierwsze konstrukcje spawane nasze wogóle nie kalkulowały się, albo kalkulowały się w bardzo małym stopniu. Stan ten rzeczy jednakowoż zmienia się bardzo szybko, nieomal z dnia na dzień w miarę jak powstają nowe spawalnie, coraz bardziej dostosowane do potrzeb budownictwa żelaznego. Budowle spawane wzniesione w latach 1929 i 1930 w Polsce zbudowane już zostały jako konstrukcje tańsze od nitowanych, a stosunek cen przechyla się coraz bardziej na ich stronę.

Jedną z głównych przeszkód stawianych przez inżynierów wprowadzeniu spawania na szeroką skalę są wątpliwości co do sposobów badania spoięń. Wątpliwości te dzisiaj już są niesłuszne; z jednej strony bowiem w trakcie wykonania budowli spawanych należy przeprowadzać w określonych odstępach czasu odpowiednie próby, (zresztą mamy tu zupełną analogję konstrukcjami żelbetowymi, gdzie również inaczej się nie postępuje), z drugiej zaś strony istnieje dzisiaj już kilka sposobów badania szwów. W Polsce przepisy prób spawania zostały zatwierdzone przez Ministerstwo Robót Publicznych jeszcze w r. 1928 z racji wykonywania mostu pod Łowiczem. Są one następujące w (skrócie):

Materiał elektrod. Elektrody powinny być wykonane z żelaza zlewne, o wytrzymałości $3.700-4.200 \text{ kg/cm}^2$, zawierającego przynajmniej $0,1\%$ węgla i $0,25\%$ manganu.

Elektrody powinny być poddane następującym próbom:

Próby na rozzerwanie: Próbkę wykonywa się z płaskowników z żelaza zlewne o wymiarach $(30-35) \times (13-15) \text{ mm}$, o długości 300 mm (rys. 1). Próbka ta ma być połączona w środku na styk czołowy V, a następnie

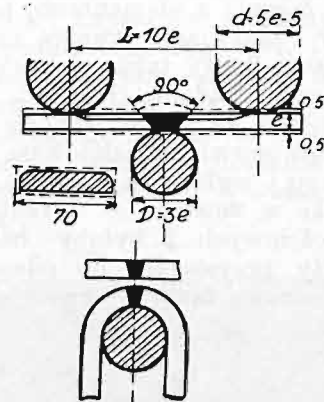


Rys. 1, 2, 3, 4.

obrobiona wedle rys. 2. Naprężenie rozrywające powinno wynosić conajmniej 80% wytrzymałości materiału konstrukcyjnego, t. j. $0,8 \times 3700 = 2960 \text{ kg/cm}^2$. (Próbek takich należy wykonać trzy).

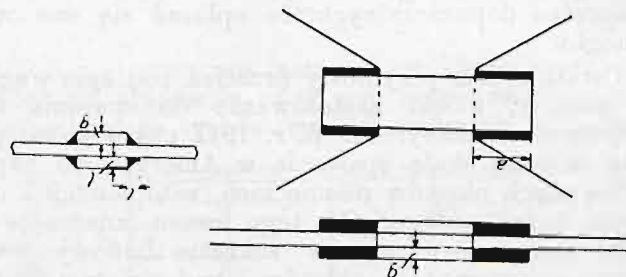
Próbki na wydłużenie: Na płaskowniku $300 \times 60 \times 15$, wyciętym na 9 mm wedle rys. 3 nakłada się materiał elektrody przy pomocy łuku elektrycznego warstwami. Następnie odwraca się próbkę, ścina się z drugiej strony również na 9 mm , wycięcie wypełnia znowu elektrodą. Próbkę tak wykonaną rozcina się na trzy części, z których robi się próbki zawierające na długość ok.

60 mm wyłącznie materiał elektrody. Próbki te obtoczone do 10 mm (rys. 4), mierzy się następnie na wydłużenie na długości środkowej, wynoszącej 50 mm . Wydłużenie powinno być conajmniej 15% (3 próbki).



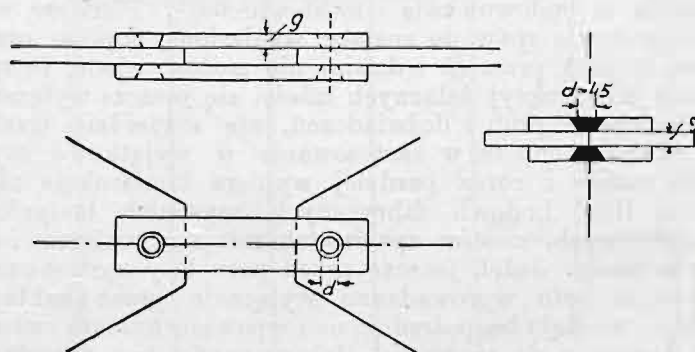
Rys. 5, 6.

Próby na zginanie: Płaskowniki $120 \times 70 \times 15 - 17 \text{ mm}$ wypełnia się w środku materiałem elektrody na V, poczem 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° (rys. 6) przyczem nie powinna się ukazać żadna rysa.



Rys. 7.

Spojenie powinno znajdować się podczas zginania osiowo na trzpieniu (3 próbki).



Rys. 8.

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

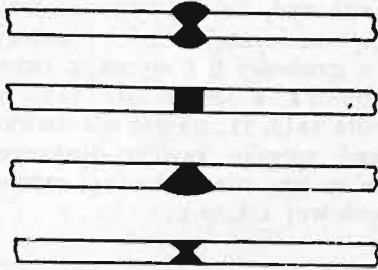
Wymiar szwu	$t = 5 \text{ mm}$	$S = 12 \text{ t}$	$W_s = 1000 \text{ kg/cmb}$
	$t = 10 \text{ mm}$	$S = 20 \text{ ,,}$	$W_s = 1800 \text{ ,,}$
	$t = 15 \text{ mm}$	$S = 28 \text{ ,,}$	$W_s = 2400 \text{ ,,}$

Minimalna wytrzymałość szwów na ścinanie powinna wynosić $W_s \text{ kg/cmb}$ ($3 \times 3 = 9$ próbek).

Próby na ścinanie spójności otworowych: Próbkę wykonaną wedle rys. 8 powinny unieść naprężenie ścinające z powodu siły S , którą należy wziąć wedle nast. tablicy:

$g = 8 \text{ mm}$	$d = 8 \text{ mm}$	$S = 1000 \text{ kg}$	$S_s = 750 \text{ kg}$
$g = 10 \text{ "}$	$d = 10 \text{ "}$	$S = 1400 \text{ "}$	$S_s = 1100 \text{ "}$
$g = 12 \text{ "}$	$d = 12 \text{ "}$	$S = 2000 \text{ "}$	$S_s = 2000 \text{ "}$
$g = 15 \text{ "}$	$d = 14 \text{ "}$	$S = 3000 \text{ "}$	$S_s = 2500 \text{ "}$

W powyższej tablicy g jest grubością próbek, d średnicą otworu w płaszczyźnie zetknięcia z blachą, S minimalną siłą, jaką wytrzymać powinien przekrój, S_s minimalną wytrzymałością spoiny w otworze. Próby spawaczy: Każdy spawacz, zatrudniony przy budowie mostu, powinien wykonać trzy próbki na zginanie i 3 próbki na ścinanie i otrzymać przy tym dobre wyniki.



Rys. 9, 10, 11, 12.

Sposoby badania dobroci szwów — prócz badania zewnętrznego wyglądu okiem inżyniera fachowca — są następujące: przy pomocy pomiaru oporu elektrycznego szwu, przy pomocy fal głosowych i stetoskopu, przy pomocy promieni Roentgena, oraz badanie magnetyczne. Specjalnie ostatnie dwa sposoby w ostatnim roku postąpiły bardzo naprzód.

W pierwszych latach stosowano prawie wyłącznie spawanie łukiem elektrycznym; obecnie coraz częściej używa się także spawanie acetylenem, które, mając znaczne niedogodności termiczne, dają przecież nie gorsze rezultaty wytrzymałościowe.

Zasady obliczenia połączeń spawanych.

A) Na rozciąganie i ściskanie.

Niech będzie F przekrój elementu konstrukcji, R_r wytrzymałość tego materiału na rozciąganie, przekrój poprzeczny spoiny F_s , wytrzymałość materiału elektrody (na rozciąganie) $R_{r,s}$, to wytrzymałość spoiny będzie $F_s \cdot R_{r,s}$, zaś siła jaką spoinie bezpiecznie może przynieść przy n -krotnej pewności

$$S = F_s k_{r,s} = F_s \frac{R_{r,s}}{n} \dots \dots \dots (1)$$

gdzie k oznacza naprężenie dopuszczalne.

Niech $k_{r,s} = \alpha k_r$, to może być $\alpha \geq 1$. Dla wszelkiej pewności, należy przyjmować $\alpha < 1$, o ile wszystkie próby nie dadzą lepszego wyniku. Przyjąć można średnio w naszych warunkach $\alpha = \frac{2}{3} - \frac{3}{4}$, czemu odpowiada $k_{r,s} = 800 - 1000 \text{ kg/cm}^2$, przy mniej wprawnych spawaczach — jeszcze mniej. Decydować powinny próby, które należy wykonać przed każdą budową.

Ażby móc wyzyskać cały przekrój prętów łączonych, należy albo osiągnąć $\alpha = 1$, albo, oprócz styku czołowego, dać przykładki albo zwiększyć F_s , tak, aby $F k_r = F_s k_{r,s}$, więc, aby $F_s = \frac{1}{\alpha} F$.

¹⁾ Ta ostatnia kategoria prób jest mniej potrzebna i może wogóle odpaść.

Pierwsze rozwiązanie ($\alpha = 1$) jest dopuszczalne przy bardzo dobrem spawaniu (rys. 9); należy przedtem przeprowadzić szereg prób spawacza i spawania, któreby dać mogły dostateczną podstawę do takiego przyjęcia, t. j. przerwały się poza szwem. Niemniej zastosowano je w kilku, nawet dość znacznych konstrukcjach (np. most próbny kolejowy kolei Bienne-Souceboz w Szwajcarii), — i w miarę udoskonalenia spawania będzie to sposób najwłaściwszy.

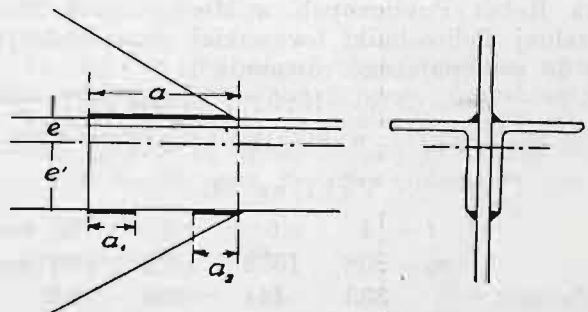
Rozwiązanie drugie (z przykładkami) jest dzisiaj najczęściej stosowane. Np. przy budowie mostu w Łowiczu przyjęto, że 75% siły przenosi się przez spoinę, zaś reszta (25%) przez przykładki; przy moście w Chiocopee Falls analogiczne cyfry wynosiły 81% i 19%.

Wspomniane doświadczenia wykazały, że przy połączeniach na rozciąganie należy końce ściać ukośnie (zukośować) wedle rys. 9 (ścięcie X) lub wedle rys. 10 (ścięcie V); wtedy przy normalnym wykonaniu spawania przyjąc można $\alpha = 0,75$. O ile ścięcia takiego nie wykonano (rys. 11), dostęp elektrody jest trudniejszy, połączenie gorsze — i co najwyżej można przyjąc $\alpha = 0,50$.

Rozwiązanie trzecie (zwiększenie przekroju w spoinie) nie jest wogóle stosowane w konstrukcjach żelaznych, natomiast dopuszczalne i dobre w żelbetowych (rys. 12). Zastosowano je np. przy budowie Domu Akademickiego w Warszawie przy przedłużeniu prętów ściać belki, dźwigającej 7 pięter, o rozpiętości 12,30m z bardzo dobrym skutkiem.

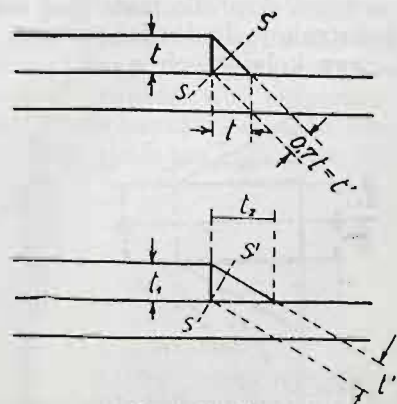
B) Na ścinanie.

Połączenie prętów można wykonać również przy pomocy spoin narażonych na ścinanie. Połączenia takie mogą być: 1. podłużne — i to: a) boczne lub b) środkowe (szczelinowe); 2. poprzeczne, najczęściej czołowe, c) otworowe, używane wogóle b. rzadko.



Rys. 13 i 14.

1. a. Połączenia podłużne boczne wykonywa się, stapiając paleczkę wzdłuż brzegów pręta łączonego (fig. 13 i 14).



Rys. 15, 16.

Dla zniszczenia połączenia wedle rys. 13 i 14, muszą ulec ścięciu szwy na długości $(a + a_1 + a_2) = A$ i to — przy-

mując nałożenie metalu wedle trójkąta — najprawdopodobniej w płaszczyznach ss' o wymiarze poprzecznym $t'=0,7t$ (rys. 15). Wtedy, — przy wszystkich szwach równych — naprężenie dopuszczalne 1 *cmb* szwu prostokątnego symetrycznego na ścięcie

$$w_s = t' k_{ss} = 0,7 t k_{ss} \dots (2)$$

zaś najw. siła:

$$S = (a + a_1 + a_2) w_s = A \cdot 0,7 t k_{ss}, \dots (3)$$

a stąd

$$A = \frac{S}{0,7 t k_{ss}} = \frac{S}{w_s} \dots (4)$$

Za podstawę przyjmuje się zazwyczaj k_{ss} od 600—750 kg/cm^2 zależnie od jakości robotnika i wyniku prób, które przed przystąpieniem do robót należy wykonać. Dla naprężeń w obrębie tych granic otrzymujemy nast. naprężenie dopuszczalne w kg/cm^2 :

Tablica I.

$t =$	4	6	8	10 mm
$k_{ss} = 600$	168	252	336	420 kg/cm^2
650	182	273	364	455 "
700	196	294	392	490 "
750	210	315	420	525 "

Podany powyżej sposób obliczenia jest najprostszy i najbardziej rozpowszechniony, niezupełnie jednak racjonalny. Doświadczenia wykazały bowiem, że szwy mniejsze, t. j. o przekroju mniejszym, posiadają wytrzymałość (kg/cm^2) większą, niż szwy większe, i że wytrzymałość zmienia się mniej więcej wedle linii prostej, o ogólnym kształcie

$$w_s' = (w_0 - \varphi t) \text{ kg/cm}^2 \dots (5)$$

a więc na 1 *cmb* szwu

$$w_s = (w_0 - \varphi t) 0,7 t \text{ kg/cm} \dots (6)$$

przyczem doświadczenie wykonane przezemnie dla Ministerstwa Robót Publicznych w Mechanicznej Stacji Doświadczalnej Politechniki Lwowskiej doprowadzają ostatecznie do następującego równania¹⁾:

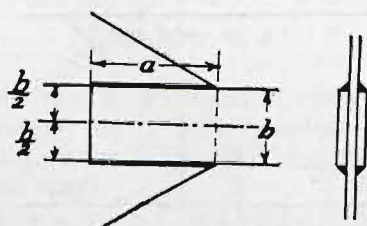
$$w_s = (3025 - 1325 t) t \text{ kg/cm} \dots (7)$$

Dla tych danych wynikają następujące wartości:

Tablica II.

$t =$	4	6	8	10 mm
$w_0 = 998$	1332	1572	1700 kg/cm^2	
k_s dla $n = 3$	333	444	524	567 "
k_s " $n = 3,25$	307	401	484	524 "
k_s " $n = 4$	250	333	393	425 "
k_s " $n = 5$	200	266	314	340 "
k_s " $n = 6$	167	222	262	283 "

Zazwyczaj można przyjmować w budowlach o obciążeniu stałym $n = 3$, przy nieznacznie zmiennym, zależnie od przyjęcia naprężeń dop. dla materiału konstrukcyjnego $n = 3,25 - 4$ (konstrukcje budowlane), przy mostach drogowych $n = 5$, przy kolejowych $n = 6$.



Rys. 17.

Jeżeli szew nie jest prostokątny symetryczny, to za podstawę wytrzymałości i naprężenia dopuszczalnego na

¹⁾ Spółczynnik 0,7 wprowadzono pod nawias.

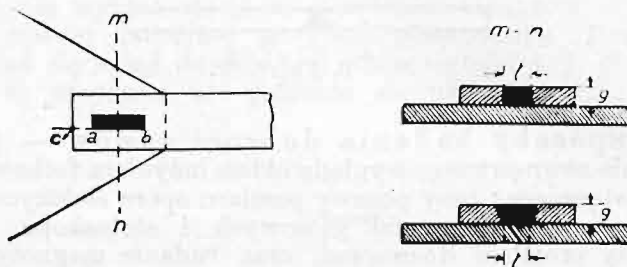
1 *cmb* wziąć należy odpowiednią najmniejszą grubość szwu t' , por. rys. 16.

Przy przekrojach, których oś ciężkości leży w środku szerokości pręta, np. płaskownika, należy robić połączenie również symetryczne (rys. 17), a więc obustronnie przerywany. Przy przekrojach, których oś ciężkości odchyła się od środka szerokości pręta, należy długości szwów po obu stronach dostosować do położenia osi ciężkości. Weźmy pod uwagę np. kątownik (rys. 13), to długość a powinna być $a = \frac{e'}{e}(a_1 + a_2)$, albo

$$a = A \frac{e'}{b} = \frac{(a + a_1 + a_2)e'}{e + e'}, a_1 + a_2 = A \cdot \frac{e}{b},$$

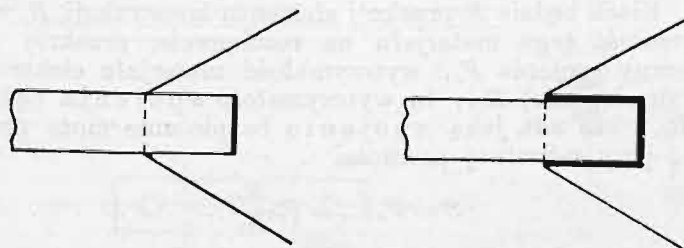
zaś dla $a_1 = a_2$ mamy $a_1 = \frac{1}{2} A \frac{e}{b}$.

Należy zaznaczyć, że najwygodniejsze są szwy małe, gdyż wymagają mniejszej ilości materiału elektrody i prądu. Szew o grubości 2 *t* wymaga cztery razy więcej niż szew o grubości *t*, a jest wedle tabl. dwukrotnie silniejszy, zaś wedle tabl. II. nawet nie dwukrotnie. Dlatego też lepiej używać wogóle szwów dłuższych, a cieńszych (4—6 mm), o ile w grę nie wchodzi momenty inne (długość blachy węzłowej i t. d.).



Rys. 18, 19.

1. b. Połączenie podłużne środkowe (szczelinowe) wykonywa się w ten sposób, że w przytwierdzonym przekroju wycina się podłużne wcięcie i w niem umieszcza materiał elektrody (rys. 18). Może ono dochodzić do a lub do c . Wedle przepisów amerykańskich szerokość wcięcia t musi być conajmniej równa grubości szwu g , ale conajwyżej równa podwójnej grubości tegoż $2g$. Należyte spojenie da się jednak wykonać tylko przy zastosowaniu zukosowania brzegów wcięcia wedle rys. 19,



Rys. 20, 21.

można wtedy stosować k_s . W tych warunkach obliczenie szwu następuje według wzorów 2—7. Szew więc o długości l przenieść może siłę $S = t l k_s$.

O ile brzegi nie zostały zukosowane, należy naprężenia te zmniejszyć o 25%.

Szwy szczelinowe są znacznie kłopotliwsze w wykonaniu od bocznych.

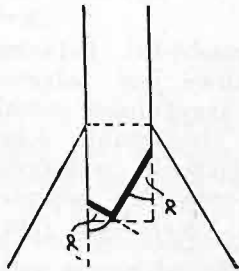
2. a. Połączenia poprzeczne wykonywa się najczęściej jako czołowe, to jest stapiając pałeczkę wzdluz końcowej krawędzi poprzecznej pręta łączonego (rys. 20).

Połączenie to oblicza się na tej samej podstawie co połączenie boczne podłużne, zatem według wzorów: 2—4. Zaznaczyć należy, że połączenie to ma wytrzymałość

większą, tak że można je obliczać na naprężenia dopuszczalne od 700 do 800 kg/cm^2 przyczem cyfry te odpowiadają naprężeniom 600 względnie 750 kg/cm^2 . Natomiast wykazuje ono mniejszy współczynnik wydłużenia.

Najczęściej połączenie to używane jest w połączeniu ze szwami bocznymi, wtedy mianowicie, gdyby długość szwów bocznych wypadła zbyt wielka, aby ją można było wygodnie umieścić w węźle (rys. 21).

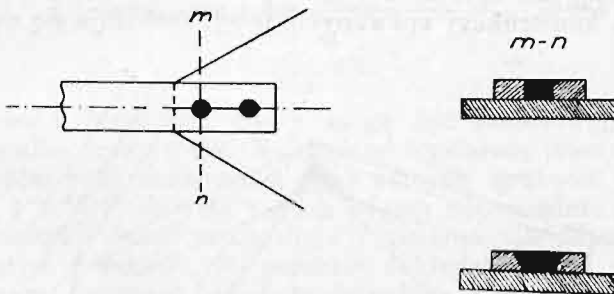
2. b. Połączenia poprzeczne szczelinowe używane są również, jednakże wyjątkowo, nie dają one bowiem takich walorów, jaki przedstawia szew środkowy podłużny (najracjonalniejsze umieszczenie szwu ze względu na rozdział naprężeń), ani też tej łatwości roboty jakie daje szew czołowy.



Rys. 22.

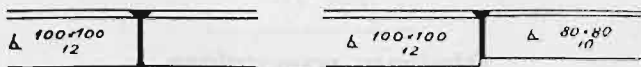
Szwy nachylone (rys. 22) pod kątem traktuje się w obliczeniu albo jako szwy podłużne, jeżeli kąt α jest mniejszy od 45° albo jako szwy poprzeczne, jeżeli kąt α jest większy niż 45° .

W razie zastosowania szwów podłużnych i poprzecznych równocześnie, liczy się je najczęściej na to samo naprężenie dopuszczalne, mianowicie na mniejsze, t. j. do którego odpowiada szwom bocznym.



Rys. 23, 24.

3. Połączenia otworowe (rys. 23) stosowane są wogóle rzadko, najczęściej wtedy, gdy konstrukcja była przygotowana już na połączenia nitowane, a w ostatniej chwili zdecydowano się na zastosowanie spawania. Połączenia takie wykonane są na zwykłych otworach na nity, umieszczonych bezpośrednio na pełnych blachach węzłowych lub prętach. Ponieważ dostęp elektrody jest w takim otworze dosyć utrudniony, przeto połączenie jest raczej słabe i zazwyczaj przy przeciętnym wykonaniu nie posiada więcej wytrzymałości aniżeli połowa wytrzymałości odpowiedniego nitu. Wytrzymałość ta uzależniona jest zresztą w wysokim stopniu od średnicy otworu. Otwory o średnicy większej pozwalają na osiągnięcie większej wytrzymałości, gdyż dostęp elektrody jest tutaj lepszy.



Rys. 25, 26.

Wytrzymałość spoin otworowych można bardzo zwiększyć przez zastosowanie z ukosowania krawędzi otworu

wedle rys. 24. W tych wypadkach wytrzymałość ta może wzrosnąć o 50%.

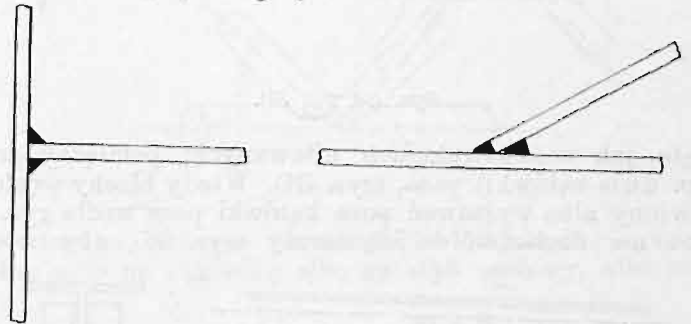
Spoiny otworowe można spotkać także przy zamykaniu otworów montażowych w większych belkach kratowych, których poszczególne elementy spawa się na montażu. Takie spoiny otworowe mają jednak raczej znaczenie drugorzędne. Wykonuje się je bowiem ze względu na lepszy wygląd czy na możliwość lepszej konserwacji. Połączenia na szwy boczne wykonać można jako ciągle albo jako przerywane.

Szwy działają mogą na ścinanie również w belkach zginanych np. w blachownicach, lub dźwigarach wzmoconionych.

Wreszcie w konstrukcjach żelaznych spawanych spotyka się szwy, których zadaniem jest nie przeniesienie siły z jednej części przekroju na drugą, ale wzajemne połączenie poszczególnych elementów konstrukcji, złożonych we wspólny pręt, lub belkę. Dotyczy to np. słupów lub pasów belek kratowych. Najczęściej mamy tu do czynienia ze szwami bocznymi, rzadziej ze szwami szczelinowymi (we wcięciach).

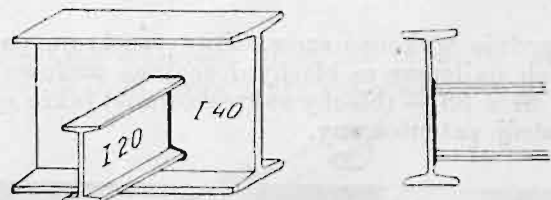
Elementy połączeń spawanych.

Połączenia tak prętów, jakoteż i belek (zginanych) można wykonać a) bezpośrednio, czyli na styk czołowy, b) na zakładkę, c) na przykładki.



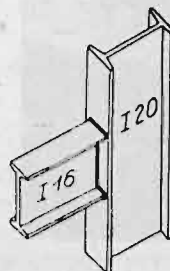
Rys. 27, 28.

Połączenia na styk (bezpośrednie) wykonywa się przez spajanie części łączonych, przytkniętych do siebie. Należy je obrobić (zukosować) na V lub na X, o ile profile łączone są mniej więcej grubością sobie równe (por. rys. 9—12, oraz 25—26). Obliczenie por. wz. 1.

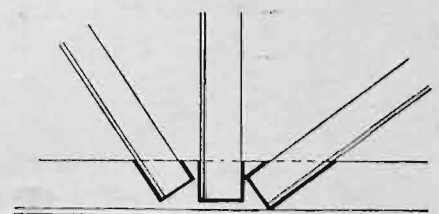


Rys. 29.

Połączenie bezpośrednio do przekroju o większej powierzchni można wykonać bez zukosowania, gdyż tu zawsze można zwiększyć warstwę nałożonego materiału elektrody, do takiej grubości, aby połączenie było zupełnie mocne. Dotyczy to zwłaszcza połączeń bezpośrednich pod kątem prostym, czy ukośnym (por. rys. 27—30).



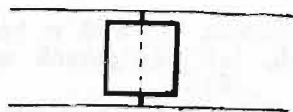
Rys. 30.



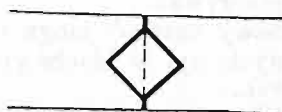
Rys. 31.

Połączenie na zakładkę jest w konstrukcjach budowlanych dopuszczalne tylko, jeżeli pręt dany jest podwójny, (ze względu na konieczność osiowego przeniesienia siły). Często stosowane w belkach kratowych (rys. 13, 17–24, 31).

Połączenia na przykładki stosuje się, gdy nie chce się przyjąć dla styku bezpośredniego $\alpha \leq 1$. Przykładki mogą być wedle rys. 32, podobnie jak w kon-



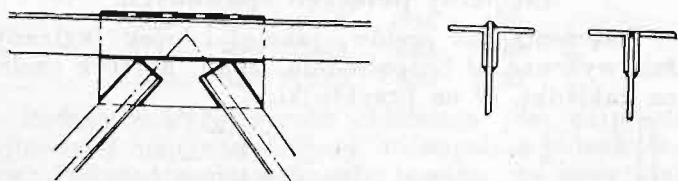
Rys. 32.



Rys. 33.

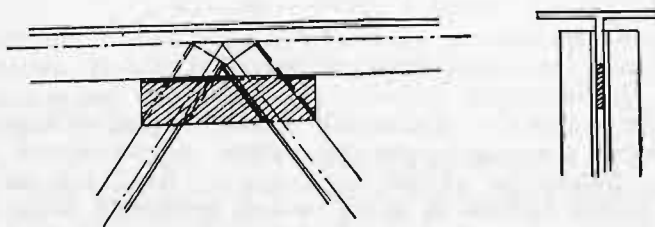
strukcjach nitowanych, lub też wedle rys. 33, co jest wygodnym w wykonaniu, gdy się je dospaja na montażu.

Połączenia na blachy węzłowe stosowane są niekiedy w konstrukcjach kratowych, przyczem pręty łączy się zwykle na zakładki. Blachy węzłowe mogą być



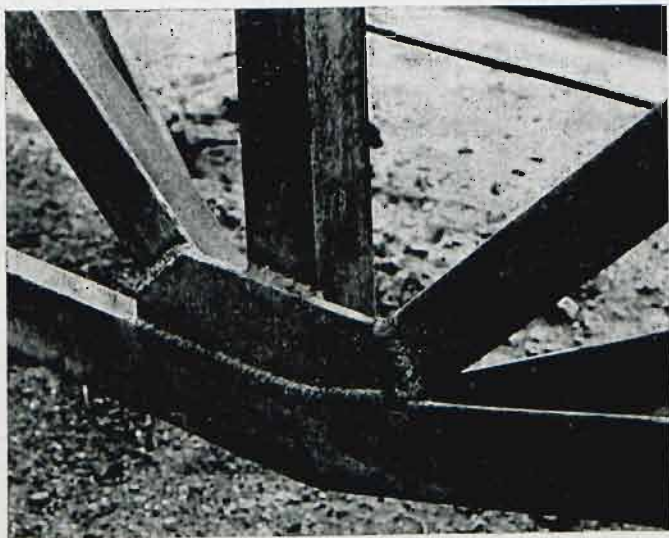
Rys. 34, 35, 36.

ujęte, jak w konstrukcjach nitowanych, pomiędzy pręty (np. dwie kątowniki) pasa, (rys. 34). Wtedy blachy węzłowe powinny albo wystawać poza kątowniki pasa wedle rys. 35, albo nie dochodzić do ich naroży (rys. 36), aby można



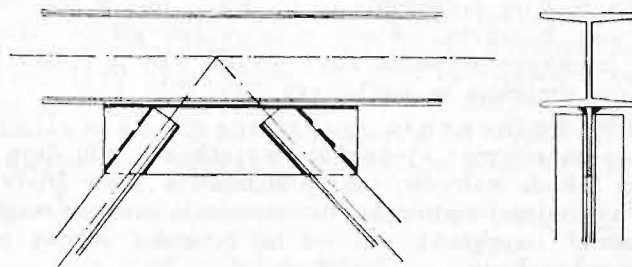
Rys. 37.

było wygodnie wykonać szew. Przy przekroju pasów pojedynczych najlepsze są blachy dospajane czołowo do pasa por. rys. 37 i 38 — (blachy zakreskowane) także ryc. 37 a. Jestto ustrój patentowany.



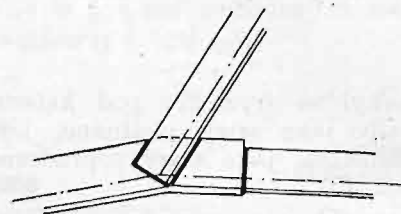
Ryc. 37 a.

Wymienione połączenia nie wyczerpują jednakże wszystkich sposobów możliwych połączeń. Możliwe są bowiem czy to połączenia wedle rys. 39, na którym zastosowano (częściowo na zakładkę, częściowo zaś) połą-



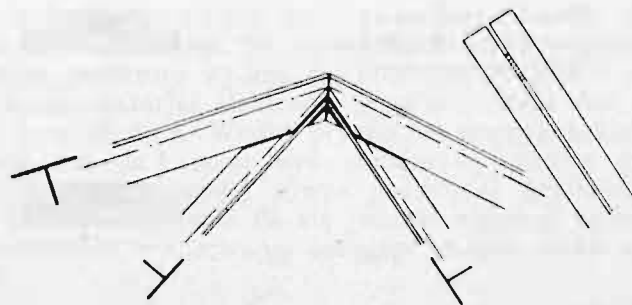
Rys. 38.

czenie na styk bezpośredni, jednakowoż poza obrębem węzła. Również możliwe jest połączenie wedle rys. 40, na którym teowniki krzyżulców zostały wycięte, tak, że ich stopki obejmują obustronnie ściankę pasa górnego. Możliwe też jest połączenie, w którym pas górny zostaje wycięty i na styk częściowo poprzeczny, częściowo podłużny połączony z krzyżulcem (rys. 41). Przykłady te



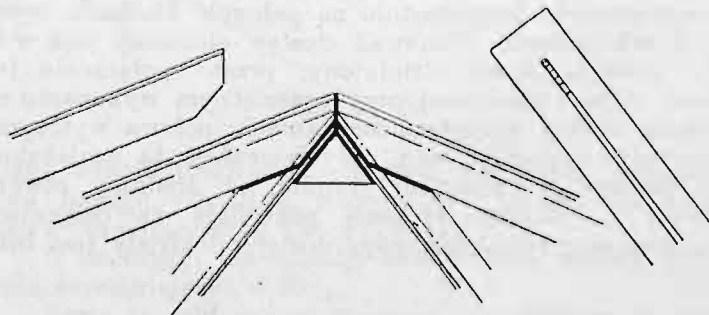
Rys. 39.

świadczą, jak ogromnie bogata jest skala różnorodności połączeń konstrukcyj spawanych, jeżeli zastosuje się zwłasz-



Rys. 40.

cza palnik acetyleno-tlenowy. Przykłady innych połączeń por. niżej.



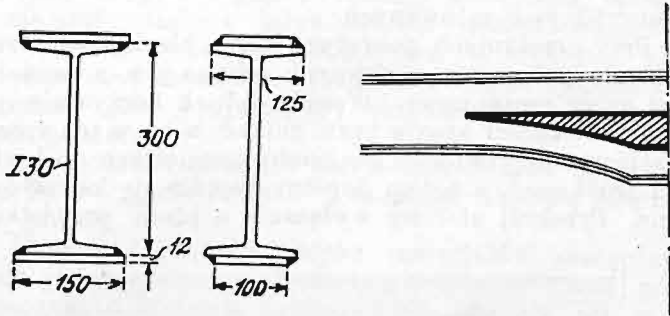
Rys. 41.

Dźwigary wzmocnione.

Mogą być wykonane w dwojaki sposób:

Dźwigary wzmocnione nakładkami (rys. 42 i 43). Można zastosować jedną lub więcej nakładek. Szerokość sąsiadujących z sobą poszczególnych nakładek

(a także i stopek dźwigara) musi być różna przynajmniej na szerokość spoiny. Przy jednej nakładce musi ona być zatem szersza lub węższa, ale w żadnym razie równa szerokości stopki. Przy paru nakładkach można zastosować ustrój podany np. na rys. 46.



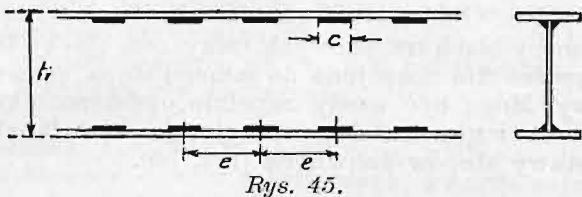
Rys. 42, 43.

Rys. 44.

Dźwigary o podwyższonej ściance wykonywa się w ten sposób, że dźwigar walcowany rozcina się poziomo na potrzebnej długości, wygina w pożądanym kształcie np. wedle rys. 44, a w powstały otwór wstawia odpowiednio wyciętą blachę (zakreskowaną), którą przy pomocy spawania łączy się ze ścianką.

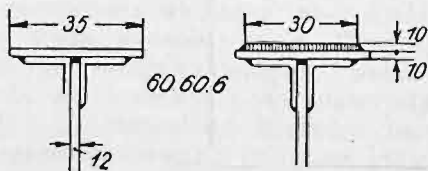
Blachownice.

Wykonywa się zasadniczo wyłącznie ze ścianki i nakładek (rys. 45), bez kątownek, które w blachownicach nitowanych grają raczej rolę łączników, aniżeli istotnych



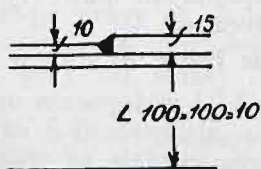
Rys. 45.

elementów przekroju. Szwy mogą być zastosowane albo ciągle albo przerywane. Najczęściej wystarczą przerywane, przyczem przy zachowaniu tych samych grubości i długości c szwów zmienia się ich odstęp odpowiednio do siły poprzecznej. Jeżeli mianowicie T oznacza siłę poprzeczną w danym przekroju, F_n przekrój nakładek ponad szwem badanym, I moment bezwładności całego przekroju (w przybliżeniu jest $I = 2 F_n \left(\frac{h}{2}\right)^2$), $S = \frac{h}{2} F_n$ moment statyczny



Rys. 46.

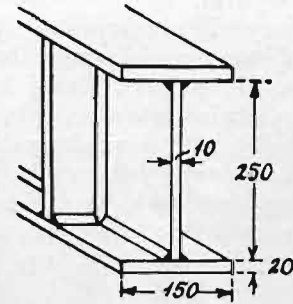
nakładek F_n ze względu na oś ciężkości przekroju, to siła ścinająca na długości e musi być przeniesiona przez szwy,



Rys. 47.

zatem $\frac{TS}{I} e = \frac{T e}{h} = 2 w c$. Zazwyczaj przyjmuje się grubość i długość szwu, a oblicza ich odstępy, $c = \frac{T e}{2 w h}$

Wzmocnienie blachownicy wykonywa się przez dodawanie nakładek, przyczem każda następna nakładka powinna być nieco szerszą lub też nieco węższą od pierwszej (rys. 46). Zwiększenie grubości nakładek przy bardzo dobrem

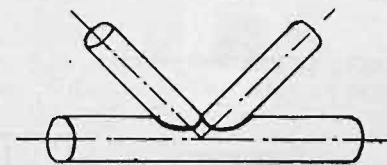


Rys. 48.

spawaniu można też wykonywać wedle rys. 47. Inne sposoby zwiększenia tej grubości, por. w przykładach most pod Retkami. Żebra blachownicy wykonywa się z płaskowników (rys. 48).

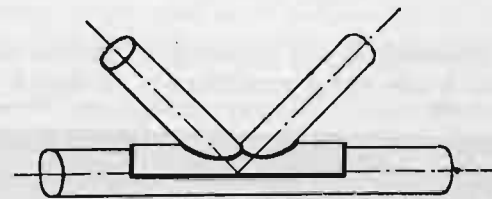
Kratownice.

Wykonanie belek kratowych przy pomocy spawania polega na zastosowaniu powyżej podanych reguł oraz na



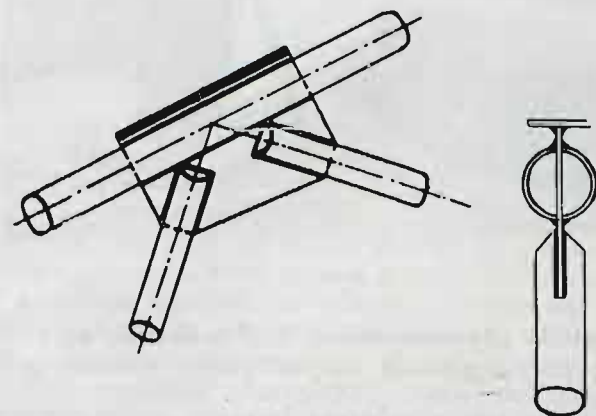
Rys. 49.

odpowiednim doborze przekrojów. Połączenia wykonać można albo na zakładkę albo na styk czołowy, albo wre-



Rys. 50.

ście na blachy węzłowe, które czy to wedle rys. 34 czy wedle rys. 37 i 38, będą miały znacznie mniejszy przekrój



Rys. 51.

aniżeli blachy w konstrukcjach nitowanych. Stąd nadzwyczajna lekkość kratownic spawanych.

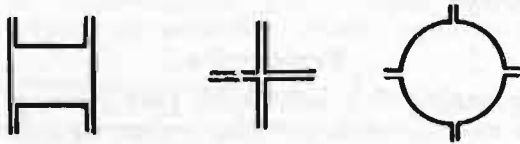
W poszczególnych wypadkach stosowano w belkach kratowych przekroje okrągłe (rurowe), co specjalnie nadaje się do przekroju ściskanego, a zatem narażonego na

wyoboczenie. Połączenia przekrojów rurowych wykonywa się na styk bezpośredni (rys. 49) z ewentualnem wzmocnieniem (rys. 50); można też zastosować blachy węzłowe (rys. 51). Modele takich konstrukcyj obciążone aż do złamania dały dobre wyniki.

Najwygodniejszymi przekrojami pasów kratownic mniej obciążonych, np. mniejszych dachów, są teówki wysokościenne (rys. 37, 40, 41). Mniej korzystne są przekroje podwójne (np. dwie kątowniki), gdyż tu trudno obejść się bez blach węzłowych. Dla większych wymiarów i obciążeń można zastosować dwuteówki, przyczem pręty kraty można dołączyć na styk bezpośredni, albo na blachy węzłowe wedle rys. 38; dla jeszcze większych stosuje się przekroje złożone (por. np. most na Słudwi w Łowiczu).

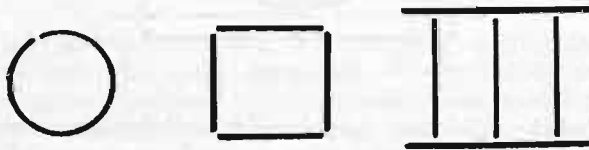
Słupy.

Przekroje słupów spawanych mogą być wogóle te same co w konstrukcjach nitowanych, przyczem należy



Rys. 52.

oczywiście wybierać przedewszystkiem te przekroje, które są dogodne do spawania, a więc takie, w których do



Rys. 53 a, b, c.

połączenia poszczególnych przekrojów można zastosować szwy boczne, a nie szwy szczelinowe. Wskutek tego nie-



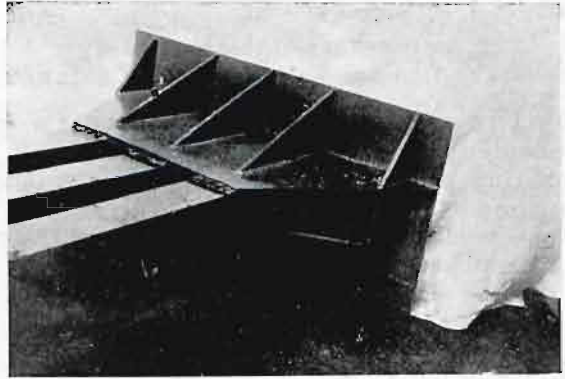
Ryc. 54.

które kształty używane dzisiaj bardzo chętnie np.: rys. 52 stają się przy spawaniu niepraktyczne podczas gdy ko-

rzystne będą przekroje wedle rys. 53. Korzystne będą tutaj również przekroje okrągłe, rurowe.

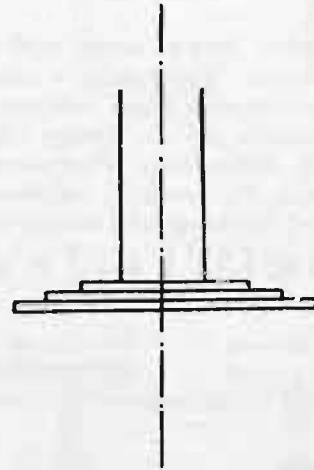
Przy słupach wedle ryc. 54 połączenia następują przy pomocy szwów bocznych pełnych lub przerywanych. Przy przekrojach (por. ryc. 55) najwygodniejsze są połączenia przy pomocy blach i przykładek, podobnie jak w konstrukcjach nitowanych.

Przy przekrojach pokrytych pełną blachą zastosować można do połączenia niektórych przekrojów z temi blachami szwy szczelinowe. Wogóle jednak korzystniej jest w miarę możliwości szwów tych unikać, a to w ten sposób, że najpierw przytwierdzi się blachy zewnętrzne do kształtówki środkowej, a potem dopiero dosunie się kształtówki boczne. Przekrój złożony wyłącznie z blach przedstawia



Ryc. 55.

rys. 53 b i c. Podstawy i głowice słupów usztywnia się przy pomocy blach trapezowych, przyczem blachy te mogą być bezpośrednio dospojone do samego słupa oraz do jego podstawy. Mogą być wtedy zupełnie opuszczone kątowniki, a podstawa i głowica słupa przyjmuje kształt zbliżony do podstawy słupów żeliwnych (rys. 55).



Rys. 56.

Korzystniej jeszcze jest zastosować płyty podstawowe bardzo grube (kilkadziesiąt milimetrów) lub też złożone z kilku zespojonych blach (rys. 56), gdyż wtedy żebra stają się zbyteczne.

Przytwierdzenie belek do słupów por. rys. 30.

Inż. Jerzy Nechay.

Materiały zastępcze przy budowie ścian i stropów.

Od czasu, kiedy pojawiły się pierwsze materiały zastępcze w Polsce, upłynęły zaledwie trzy lata. Mimo jednak tak krótkiego czasu zdołały te materiały wskutek

rzeczywistych potrzeb budownictwa i dzięki silnej reklamie zdobyć sobie u nas prawo obywatelstwa i dać się poznać technikom, śledzącym postępy w dziedzinie ma-