

SPAWANE KONSTRUKCJE STALOWE W BUDOWNICTWIE

- I. Uwagi ogólne.
- II. Naprężenia dopuszczalne.
- III. Rodzaje spoin używanych w połączeniach spawanych.
- IV. Połączenia prętów.
 - A. Łączenia prętów na długość.
 - 1. Połączenia stykowe.
 - 2. Połączenia na zakładkę.
 - 3. Połączenia na przykładki.
 - B. Łączenie prętów pod kątem.
 - 1. Przy pomocy spoin pachwinowych.
 - 2. Na zakładkę.
 - 3. Na blachy węzłowe.
- V. Obliczenie połączeń spawanych.
 - A. Spoiny stykowe.
 - B. Spoiny pachwinowe.
 - C. Spoiny brózdowe.
 - D. Styk belek zginanych.
- VI. Główne elementy konstrukcji spawanych.
 - A. Dźwigary wzmocnione przy pomocy spawania.
 - 1. Dźwigary z przypojonowemi nakładkami.
 - 2. Dźwigary podwyższone.
 - 3. Dźwigary wzmocnione żebrami.
 - B. Blachownice.
 - C. Słupy.
 - D. Belki kratowe.
- VII. Połączenia dźwigarów ze sobą i ze słupami.
- VIII. Konstrukcje rurowe.

SPAWANE KONSTRUKCJE STALOWE W BUDOWNICTWIE

I. - Uwagi Ogólne

Zastosowanie spawania w budownictwie datuje się dopiero od kilku lat. Zrazu używano spawania tylko przy wykonywaniu niewielkich konstrukcyj, albo też do naprawy konstrukcji zniszczonych. Mniej więcej przed pięciu laty zaczął się jednak rozwój ich na większą skalę.

Powstanie budowli spawanych umożliwione zostało dzięki wielu doświadczeniom nad wytrzymałością połączeń spawanych, jakie wykonywano w wielu krajach. Doświadczenia te zbudowały silne podstawy pod należyte obliczenie konstrukcyj spawanych, które dziś oblicza się przynajmniej równie pewnie, jak konstrukcje nitowane. W kilku państwach istnieją już przepisy dotyczące wykonywania tych konstrukcyj: w r. 1928 wydano pierwsze przepisy w Polsce, w r. 1929 w Stanach Zjednoczonych, w r. 1930 w Niemczech, w r. 1933 wydano nowe przepisy w Niemczech i w Polsce.

Tak szybki rozwój tych konstrukcyj został spowodowany dużymi ich walorami. W stosunku do nitowanych są one przede wszystkim lżejsze, a to z następujących powodów: potrzebne przekroje prętów są znacznie mniejsze, gdyż nie trzeba odtrącać dziur na nity a zmniejszenie ciężaru własnego konstrukcyj pociąga dalsze zmniejszenie tych przekrojów; powtórne łączniki, jakich w konstrukcjach nitowanych jest bardzo wiele, odpadają nieraz zupełnie, jeżeli zaś są potrzebne, to o znacznie mniejszych rozmiarach, wreszcie dalsze zmniejszenie wagi własnej uzyskuje się przez to, że połączenia spawane łatwiej zapewniają sztywność konstrukcji niż nitowane. Oszczędność na wadze zależy od charakteru konstrukcji, wogóle jednak waha w granicach od 10 % do 30 %, dochodząc w poszczególnych wypadkach nawet jeszcze wyżej.

O ile chodzi o robociznę, to w zasadzie oszczędności jej osiągnane dzięki spawaniu są poważne, odpada bowiem dokładne trasowanie konstrukcji w warsztacie, a robota warsztatowa wogóle znniejsza się znacznie, — zwłaszcza, gdy stosujemy cięcie palnikiem acetylenowym.

Szybkość wykonania jest znacznie większa, wystarczy tu mniejsza ilość pracowników niż przy nitowaniu. Z drugiej strony spawanie wymaga dobrych i sumiennych spawaczy, należytej kontroli i dobrego materiału pałeczek, a także należytych urządzeń. Ponieważ czynniki te w różnych krajach grają różnaitą rolę, przeto nie można podać jednolitych danych co do kosztu robocizny. Wogóle jednak powinien on być na 1 kg niższy od kosztu 1 kg konstrukcji nitowanej. Jednak nawet tam, gdzie konstrukcje spawane nie osiągnęły jeszcze tego stopnia rozwoju, by cena ich jednostkowa była niższa niż przy nitowaniu — koszt ich jest niższy niż nitowanych już tylko z powodu zmniejszenia wagi. W miarę rozwoju konstrukcji spawanych, różnica ta przesuwaa się w coraz większym stopniu na ich stronę.

Niezależnie od swej taności, posiadają konstrukcje spawane jeszcze następujące zalety: spawanie można wykonać nieraz w warunkach, w których nitowanie jest utrudnione, albo wręcz niemożliwe, opracowanie projektu jest daleko prostsze, a nawet czasem konstrukcje spawane można wykonać bez rysunków szczegółowych; tak np. wykonano część konstrukcji P. K. O. w Warszawie; konserwacja ich jest łatwiejsza i tańsza, wreszcie zaś urozmaicenie ich nie nastęrcza żadnych trudności.

Zwrócić jednak należy uwagę nato, że projektowanie i wykonywanie konstrukcyj spawanych wymaga specjalnego przygotowania i doświadczenia. Projektuje się je bowiem zupełnie inaczej niż nitowane. Znalezienie właściwej drogi było zrazu trudne; jednakże zasady projektowania zwnolna się ustalają. Wydawnictwo niniejsze na podstawie wykonanych budowli ma ją wskazać inżynierom i architektom.

II. Naprężenia dopuszczalne

Przepisy dotyczące stalowych konstrukcyj spawanych, określają zawsze wysokości naprężeń dopuszczalnych dla spoin. Poniżej podajemy zestawienie tych naprężeń dopuszczalnych, przepisanych przez poszczególne państwa, przy czym za podstawę przyjęto naprężenia dopuszczalne materiału macierzystego 1200 kg/cm².

Zestawienie naprężeń dopuszczalnych w kg/cm² w poszczególnych państwach dla zasadniczego naprężenia dopuszczalnego 1200 kg/cm².

	Polska 1933			Prusy	Ver. Deutsch Ingenieure 1933	Am Weld Society	Szwajcaria
Na rozciąganie k_r	1000			720	850	900	840
Na ściskanie k_c	1000			900	1100	1050	840
Na zginanie k_g	1000			1)	850	1)	840
Na ścinanie k_s	S	W_s	k_s				
	5 $\frac{m}{m}$	350	1000				
	8 $\frac{m}{m}$	480	860				
	12 $\frac{m}{m}$	600	715	600	750	790	670
	16 $\frac{m}{m}$	700	625				
	20 $\frac{m}{m}$	800	570				

1) Naprężenie dopuszczalne na zginanie ma granice równe naprężeniom dopuszczalnym na ściskanie wzgl. rozciąganie.

III. Rodzaje spoin używanych w połączeniach spawanych

W konstrukcjach stalowych używane są następujące typy spoin :

1. **Stykowe**, w których dodany materiał umieszcza się w rowkach utworzonych przez krawędzie :

- a) rozsunięte jak na fig. 1. przy prętach do 4 mm grub ;
- b) ścięte jednostronnie na V jak na fig. 2. ;
- c) ścięte obustronnie na X, jak na fig. 3.

Przekrój ich poprzeczny dostosowany jest do przekroju części łączonych.

2. Pachwinowe (fig. 4), w których materiał nanosi się w kącie utworzonym przez płaszczyzny nachylone do siebie, najczęściej prostopadle. Są one zazwyczaj nieco wypukłe, jednakowoż w obliczeniu przyjmuje się przekrój trójkątny, najczęściej równoramienny.

Rozróżniamy :

- a) spoiny pachwinowe podłużne (boczne), równoległe do kierunków działania siły (fig. 5). ;
- b) spoiny pachwinowe poprzeczne (czołowe) prostopadle do tego kierunku (fig. 6).

3. Brózdowe (szczelinowe) (fig. 7) w jednej z części łączonych znajduje się wcięcie, zazwyczaj podłużne, w którym umieszcza się materiał dodatkowy. Należy go można, albo tylko wzdłuż obwodu wcięcia (fig. 8), albo wypełnić całe wcięcie (fig. 9). Niekiedy w jednym połączeniu spotykamy rozmaite rodzaje spoin, n.p. na fig. 10 widzimy spoiny podłużne, poprzeczne, a częściowo i brózdową.

Na fig. 11 widzimy spoiny otworowe, t. zw., « nity spawane », stosowane wogóle rzadko, najczęściej wtedy, gdy konstrukcja była przygotowana do nitowania, albo gdy do montażu stosowane były połączenia na sworznie.

Wszystkie te rodzaje połączeń poddawane były już wielokrotnie w wielu miejscach badaniom, co do ich wytrzymałości i na podstawie tychże określono z potrzebną dokładnością sposoby ich obliczania.

IV. Połączenia prętów

A. Łączenie prętów na długość

Połączenia prętów na długość można wykonać :

1) stykowe, 2) na zakładkę, 3) na przykładki.

1. **Połączenia stykowe** (fig. 12) należą jeszcze dzisiaj do tych, które niechętnie są używane bez dodatkowych wzmocnień, aczkolwiek w nich właśnie przeniesienie sił jest najbardziej bezpośrednie. Naprężenia dopuszczalne w nich przyjmowane są — we wszystkich istniejących dotąd przepisach — niższe niż naprężenia dopuszczalne dla materiału macierzystego, chociaż przy pomocy materiałów do spawania używanych, można dzisiaj niejednokrotnie połączenie takie wykonać z wystarczającą pewnością. Istnieją konstrukcje, wykonane wyłącznie za pomocą połączeń stykowych. Najczęściej jednak dzisiaj połączenie stykowe wzmocnia się przy pomocy dodatkowych elementów w rodzaju nakładek, przykładki i t. p.

2. **Połączenia na zakładkę** (fig. 13) są wogóle racjonalne wyłącznie wtedy, gdy jeden z prętów łączonych jest podwójny, drugi pojedynczy, aby przeniesienie siły było osiowe.

3. Najczęściej używane są dzisiaj **połączenia na przykładki** (fig. 14). Dotyczy to tak prętów narażonych na siły osiowe, jakoteż i belek zginanych.

B. Łączenie prętów pod kątem

Istnieją następujące sposoby połączeń prętów pod kątem :

1) Połączenie przy pomocy spoin **pachwinowych** (fig. 4, 15).

2) Połączenie na zakładkę wykonać można albo wtedy, gdy pręt jest podwójny, a zachodzi na pojedynczą blachę (lub naodwrot fig. 16), albo też gdy pręty są wycięte przy pomocy palnika tlenowo-acetylenowego (fig. 17). Połączenia wykonać tu można bardzo różnie, zależnie od kształtu prętów łączonych ze sobą.

Są to połączenia typowe ; wogóle spawanie pozwala jednak na ogromną różnorodność połączeń - bezporównania większą niż nitowanie.

3) **Połączenie na blachy węzłowe** jest właściwie również połączeniem na zakładkę. Blachy węzłowe mogą być ujęte między pręty pasa (fig. 18), o ile ten jest podwójny, wtedy powinny one albo wystawać poza kątówkami pasa (fig. 19) albo nie dochodzić do ich naroży (fig. 20), aby było można wygodnie umieścić spoinę. Przy pojedynczym przekroju pasów, blachy despawa się na styk do pasów (fig. 21).

V. Obliczanie połączeń spawanych

A. Spoiny stykowe

Niech będzie F przekrojem poprzecznym pręta łączonego, F_s — przekrojem spoiny, k — naprężeniem dopuszczalnym materiału konstrukcji na rozerwanie wzgl. ściskanie, k_s — materiału spoiny, to siła jaką przenieść może dany pręt, wynosi $S = Fk$, zaś siła jaką przeniesie bezpiecznie spoina

$$S_s = F_s k_s$$

Jeżeli uzyskamy spoinę, dla której $k_s = k$, to wtedy spoina o tym samym przekroju, co pręt $F_s = F$, przeniesie całą siłę bezpiecznie. Jeżeli jednak, jak przyjmujemy zwykle, $k_s < k$, to wtedy różnicę sił $\Delta S = F(k - k_s)$ przeniesić musi się przez przykładki. Wedle przepisów polskich dla normalnej spoiny mamy $\Delta S = 0,17S$, wedle niemieckich $S = 0,25 S$. Przepisy polskie pozwalają jednak na uzyskanie $k_s = k$, to jest na spawanie stykowe bez przykładek, pod warunkiem, że przy badaniu pałeczek uzyska się jako wytrzymałość średnią na rozerwanie $3700 \cdot 1,2 = 4440 \text{ kg/cm}^2$, co jest zupełnie do osiągnięcia przy dobrych elektrodach i dobrym wykonaniu.

B. Spoiny pachwinowe

Spoiny pachwinowe stosuje się tak celem połączenia prętów narażonych na siły osiowe (n.p. w belkach kratowych), jakoteż celem połączenia ze sobą belek zginanych. Za podstawę ich obliczania przyjmuje się, że zniszczenie spoiny nastąpi przez jej ścięcie w tej płaszczyźnie, w której posiada ona najmniejszą powierzchnię przekroju. Przyjmuje się przytem dla uproszczenia, że powierzchnia zewnętrzna spoiny jest płaska (fig. 22), więc n.p. ab , wzgl. $ac'b$, ale nie aob ; wtedy powierzchnia ścięcia będzie pł. cc' . Przyjęcie prost. ab zamiast aob zwiększa pewność obliczenia. Dla najczęściej spotykanych spoin równoramiennych $ac = cb = s$, wtedy $c'c' = s' = 0,707 - 0,7 s$.

Dla spoin nierównoramiennych przyjmuje się jako miarodajny wymiar c' , przyczem c' jest prostopadłe do ab .
Spoina o wymiarach poprzecznych $s \times s$, a o długości l przeniesie zatem może siłę

$$P = s'l k_s = 0,7 slk_s$$

gdzie k_s jest naprężeniem dopuszczalnym na ścinanie.

Najczęściej przyjmuje się, że naprężenie dopuszczalne k_s na cm^2 jest niezależne od grubości spoiny. W rzeczywistości spoiny cieńsze posiadają wytrzymałość (na jednostkę powierzchni) większą niż spoiny grubsze. Uwzględniają to Przepisy Polskie, przepisując naprężenia dopuszczalne dla spoin bocznych w zależności od ich wymiarów poprzecznych, przyczem dla zasadniczego naprężenia dopuszczalnego dla materiału macierzystego 1200 kg/cm^2 , przepisują one :

Wymiary spoiny, m/m	5×5	6×6	8×8	10×10	12×12	14×14	16×16	18×18	20×20
Napr. dopuszcz : $k_s \text{ kg/cm}^2$	1000	950	860	775	715	650	625	590	570
$w_s \text{ kg/cmb}$	350	400	480	550	600	650	700	750	800

Dla zniszczenia połączenia wedle fig. 23 muszą uleść zniszczeniu spoiny łącznej długości $(a + a')$.

Wtedy dla spoin o tych samych wymiarach poprzecznych $S = (a + a') w_s$.

Wzór ten oparty jest na założeniu, że naprężenie rozkłada się równomiernie na całej długości spoiny. Nie odpowiada to ściśle rzeczywistości, jest jednak ogólnie przyjmowane i wystarczająco pewne.

Przy przekrojach symetrycznych należy oczywiście zastosować obustronnie spoinę o tych samych wymiarach (fig. 5.) Natomiast przy przekrojach niesymetrycznych, których oś ciężkości odchyła się od środka szerokości pręta, należy długość spoin po obu stronach dostosować do położenia osi ciężkości (por. § 4 przepisów). Weźmy pod uwagę n.p. kątówkę (fig. 23), to przy tych samych wymiarach poprzecznych spoiny otrzymujemy :

$$ae = a'e', \text{ czyli } a = \frac{e'}{e} a'$$

Dla $e = e'$ mamy $a = a'$, czyli spoiny symetryczne.

Jeżeli z jednej strony umieścimy spoinę o naprężeniu dopuszczalnym w_s , z drugiej o naprężeniu dopuszczalnym w'_s (w kg/cmb), to dla przekroju symetrycznego musi być

$$w_s a = w'_s a'$$

natomiast dla przekroju niesymetrycznego

$$w_s ae = w'_s a e'$$

W tym ostatnim wypadku możemy zastosować spoiny o równej długości (fig. 4), jeżeli przyjmiemy $w_s e = w'_s e'$.

Spoiny czołowe obliczamy na tej samej zasadzie, co spoiny boczne, aczkolwiek naprężenia występujące w nich mają charakter bardziej złożony ; występuje tu bowiem ścinanie i rozciąganie.

Spoiny czołowe wykazują większą wytrzymałość (o 10 do 20 %) od bocznych, natomiast przy tem samym obciążeniu wydłużają się mniej niż spoiny boczne ; dlatego o ile w jednym i tem samym połączeniu są spoiny boczne i czołowe, to w tych ostatnich występują naprężenia wyższe i przy zniszczeniu połączenia spoiny czołowe pękają pierwsze.

Przy obliczaniu takich kombinowanych spoin, nie uwzględnia się przeto większej wytrzymałości spoin czołowych i przyjmuje dla obu rodzajów spoin jednakowe naprężenia dopuszczalne, a mianowicie mniejsze — jak dla spoin bocznych. Zaznaczyć należy, że niektórzy uważają, że i to jest nie dość bezpieczne i biorą do obliczenia tylko połowę długości spoin bocznych. Ten sposób obliczania nie ma jednak uzasadnienia teoretycznego i w wielu wypadkach może dać wyniki zanadto niekorzystne.

Wogóle można powiedzieć, że sprawa ta nie jest jeszcze całkowicie wyjaśniona i stoi otworem dla dalszych badań.

C. Spoiny brózdowe (szczelinowe)

Spoiny brózdowe mogą być wykonane w dwojaki sposób, albo wycięcie w blasze będzie stosunkowo szerokie, a spoina rozmieszczona będzie wzdłuż całego jego obwodu (fig. 25 i 8), albo wycięcie będzie wąskie i w całości wypełnione materiałem pałeczki (fig. 7 i 26).

Przy wycięciu szerokim mamy do czynienia ze spoiną pachwinową, którą oblicza się normalnie według wzorów, przyczem długość jej przyjmuje się równą długości obwodu wycięcia. Jeżeli obwód ten wynosi a_0 , to siła, jaką może bezpiecznie przenieść spoina brózdowa wynosi :

$$P = w_s a_0 \text{ kg}$$

względnie naprężenie T_s

$$T_s = \frac{P}{a_0} \text{ kg/cmb}$$

Jeżeli brzoza wypełniona jest w całości materiałem elektrody, to może ona zostać ścięta albo według linii o szerokości m , albo według płaszczyzn ab i $a'b'$ (fig. 26). Spoina musi być przeto przeliczona dla dwu wypadków. Dla pierwszego mamy $P = n w_{sm}$, gdzie n jest długością brzozy, a w_{sm} dopuszczalnym naprężeniem na 1 cmb., które przyjmujemy w wysokości takiej, jak dla dwu spoin pachwinowych, każdej o grubości $s' = \frac{m}{2}$ czyli $s = 0,7 m$. Dla wypadku drugiego mamy :

$P = 2 n w_{st}$, gdzie w_{st} przyjmujemy w wysokości takiej, jak dla spoiny pachwinowej o grubości $s' = t$, względnie $s = 1,4 t$. Z porównania obu tych równań widać, że dają jednakowe wyniki gdy $w_{sm} = 2 w_{st}$ a więc, gdy $m = 2 t$.

Jest to zatem najodpowiedniejszy stosunek szerokości spoin brzozdowej do jej grubości. Dla $m < 2 t$ należy liczyć na w_{sm} , dla $m > 2 t$ na w_{st} . Niemieckie przepisy nakazują przekrój użyteczny liczyć po odtrąceniu przekroju spoiny brzozdowej, dlatego spoiny wedle fig. 7 i 26 są w Niemczech niewskazane. W przepisach polskich tego zastrzeżenia niema, zatem jako przekrój użyteczny uważać można cały przekrój pręta łączącego.

Pozwala to u nas na uzyskanie większej oszczędności i racjonalnego wykorzystania połączenia, oczywiście przy dobrej robocie. Dlatego też ustrój brzozy wedle fig. 7 i 28 jest u nas właściwszy od ustroju wedle fig. 25 i 8.

D. Styk belek zginanych

Styk belek zginanych oblicza się na moment zgięcia występujący w danym przekroju. Jeżeli przekrój belki ma w miejscu styku moment wytrzymałości W , to i spoina będzie miała ten sam moment wytrzymałości $W_s = W$. Jednakowoż naprężenie dopuszczalne na zginanie dla spoiny jest mniejsze niż dla materiału macierzystego $k_s < k$, przyczem różnica jest unormowana przez przepisy. Niech $k_s = \alpha k = k(1 - \varphi)$, to wedle przepisów polskich $\alpha = 0,83$ (wzgl. $\varphi = 0,17$) wedle niemieckich $\alpha = 0,75$, wzgl. $\varphi = 0,25$. Jest wskazane zatem odsunąć styk od miejsca największego momentu. Jeżeli moment M_s w ten miejscu jest mniejszy od max. M o ilość większą niż φ %, to można styk wykonać bez żadnych elementów dodatkowych. Przeważnie da się to osiągnąć :

Przy bardzo dobrych elektrodach i bardzo dobrem wykonaniu przepisy polskie pozwalają osiągnąć $\alpha = 1$, por. wyżej, a tem samem styk wykonać bez żadnych przykładek i nakładek nawet w miejscu max. M , czego się zresztą zazwyczaj unika.

Jeżeli to się osiągnąć nie da, to musimy zastosować przykładki (z boku) lub nakładki (górną i dolną). Czasem bywa stosowany t.zw. styk poprzeczny z blachą wstawioną poprzecznie między końcami zetkniętych dzwigarów (fig. 28 a).

Jeżeli zastępujemy przykładki (fig. 27), to wysokość belki łączącej w miejscu styku nie ulegnie zmianie. Niech moment bezwładności przykładek wynosi I_p , to będziemy mieli :

$$M = \alpha k W + k \frac{2 I_p}{h} = k \left(\alpha W + \frac{2 I_p}{h} \right), \text{ gdzie}$$

h jest wysokością belki w miejscu styku, zaś $\alpha = \frac{k_s}{k}$

Stąd możemy znaleźć potrzebny moment bezwładności przykładek : $I_p = \frac{1}{2} h \left(\frac{M}{k} - \alpha W \right) \text{ cm}^3$

Jeżeli stosowane zostaną nakładki (fig. 28), to wtedy wysokość belki w miejscu styku, zwiększy się o grubość nakładek. Musimy wtedy w obliczeniu wprowadzić dla przekroju belki nie

$$W = \frac{2 I}{h}, \text{ ale } W' = \frac{2 I'}{h'}, \text{ zaś dla nakładek (i ewentualnie przykładek) } W_n = \frac{2 I_n}{h'}$$

Będziemy mieli wtedy :

$$M = \alpha k W' + k W_n = k \left(\alpha W' + W_n \right) = \frac{2}{h'} k \left(\alpha I' + I_n \right),$$

a stąd potrzebny moment bezwładności nakładek.

$$I_n = \frac{1}{2} \frac{h'}{k} M - \alpha I'$$

W miejscu, gdzie siła poprzeczna jest znaczna, należy ją uwzględnić przy obliczeniu styku.

Obliczenie połączenia na moment zginający M i na siłę poprzeczną T skutecznia się w następujący sposób :

Niech powierzchnia spoiny, łączącej dany przekrój wynosi F_s , moment wytrzymałości jej W_s , to w takim razie naprężenie od momentu zginającego :

$$N_g = \frac{M}{W_s}$$

naprężenie od siły poprzecznej (w grubym ale wystarczającym, przybliżeniu) : $n_t = \frac{T}{F_s}$

Wtedy naprężenie wypadkowe :

$$n_{max} = \sqrt{n_g^2 + n_t^2} = \sqrt{\left(\frac{M}{W_s}\right)^2 + \left(\frac{T}{F_s}\right)^2}$$

Wielkość n_{max} nie może być większa od naprężenia dopuszczalnego na ściskanie k_s .

Jako grubość spoiny przyjmuje się jej grubość rachunkowa, a więc $s' = 0,7 s$.

Jeżeli np. przytwierdziliśmy dźwigar przy pomocy dwu spoin, leżących na zewnętrznej stronie stopek dźwigara (fig. 29) o grubości s' , a długość a , to otrzymujemy :

$$F_s = 2 a s'$$

$$W_s = \frac{a}{6} \frac{(h + 2s')^3 - h^3}{h + 2s'}$$

Zamiast wzoru powyższego można użyć z najzupełniej wystarczającą dokładnością wzoru

$$W_s = as'h$$

VI. Główne elementy konstrukcji spawanych

A. Dźwigary wzmocnione przy pomocy spawania

Wytrzymałość dźwigarów walcowanych można zwiększyć przy zastosowaniu spawania w następujące trzy sposoby :

1. Dźwigary z przyspojonemi nakładkami

Wielkość nakładek należy tu dostosować do największego momentu zginającego. Ze względu na wygodę i pewność spawania należy unikać spoin sufitowych. Jeżeli przeto dospojenie nakładek odbywa się w warsztacie, gdzie dźwigar można umieścić w dowolnym położeniu, to i szerokość nakładek może być szersza lub węższa niż szerokość stopki dźwigara (fig. 30 i 31). Najlepiej wtedy obie nakładki wykonać równo szerokie i równo grube. Jeżeli natomiast mamy dźwigar, którego obracać podczas spawania nie można, to wskazane jest górną nakładkę wykonać węższą od stopki dźwigara, zaś dolną szerszą (fig. 32) — tak, by spoinę można było umieścić wygodnie i w odpowiedniej wielkości (min $m = 5 \text{ m/m}$). Oczywiście pole przekroju obu nakładek powinno być równe $b'g = b''g$. Jeżeli szerokość stopki dźwigara jest znaczna (w Polsce $b > 25 \text{ g}$, w Niemczech $b > 30 \text{ g}$), to należy w środku umieścić jeszcze dodatkowe spoiny brózdowe (fig. 33), lub też zastosować nakładki złożone z dwu części (fig. 34 i 35).

Grubość potrzebnych nakładek oblicza się na moment zginający. Spoiny łączące są zazwyczaj przerywane (fig. 36), rzadko ciągle, aczkolwiek te ostatnie przedstawiają większe walory konserwacyjne. Oblicza się je, jak w blachownicach, por. niżej.

Jako największy dopuszczalny odstęp spoin uważa się należy $e = 5c$.

Najmniejsza długość spoiny c może wynosić 40 m/m (przyczem nie uwzględnia się kraterów).

Jeżeli zachodzi potrzeba, to można na dźwigarze umieścić dwie lub więcej nakładek, wtedy jednak szerokości ich powinny być na tyle różne od siebie, by można było wygodnie umieścić spoiny (fig. 37). Można też przerwać w odpowiednim miejscu nakładkę cieńszą i zastąpić ją na potrzebnej długości nakładką grubszą (fig. 38). Sposób ten dopuszczalny jest przy bardzo dobrym spawaniu. O ile się chce zachować najzupełniejszą pewność, to można przeprowadzić spoinę nie w płaszczyźnie prostopadłej do osi belki (fig. 38 a) ale ukośnej (fig. 38 b i c) tak, by w przekroju poprzecznym znajdował się tylko jeden punkt danej spoiny. Wymaga to oczywiście większej długości spoiny i obu nakładek grubszej i cieńszej.

Wogóle lepiej jest stosować mniejszą ilość nakładek grubszych niż większą cieńszych. Niejednokrotnie nie można umieścić nakładek na stopkach dźwigarów, t.j. nazewnątrz ich, gdy np. niedopuszczalne jest zwiększenie wysokości. Wtedy można dospoić je 2 boku w poziomie stopek dźwigarów (fig. 39). Ponieważ jednak wtedy zwiększa się w wybitnym stopniu szerokość stopek, przeto należy zastosować tu żebra, jak niżej podano w p. 3.

Można wreszcie dospoić przykładki także od wewnątrz (fig. 40). Należy tu bacznie uważać, aby spoina w miejscu s była dobra ; jest ona bowiem dość trudna do należytego wykonania. Wskazaniem jest tu zukosowanie nakładki w krawędzi wsuniętej w kąt między stopką a ścianką.

2. Dźwigary podwyższone

(o zwiększonej wysokości) wykonywa się w ten sposób, że rozcina się dźwigar, rozsuwa obie części rozcięte i łączy się je ze sobą (fig. 41). Najczęściej wstawia się pomiędzy obie części dźwigara blachę o grubości równej grubości ścianki dźwigara i o odpowiedniej wielkości i kształcie. Jeżeli wzmocnienie ma być tylko lokalne, np. na podporze belki ciągłej, to zachodzi potrzeba odpowiedniego wygięcia jednej części rozciętego dźwigara.

Np. na fig. 42 i 43 dźwigar rozcięty i wygięty został tylko na pewnej części. Rozcięcie dźwigara na całej długości i wstawienie blachy pomiędzy obie uzyskane w ten sposób połówki używane jest stosunkowo rzadko, jako stosunkowo drogie. Zazwyczaj lepiej poprostu zastosować tu dźwigar walcowany o większej wysokości. Można ten dźwigar przeciąć wedle linii lamancji i przesunąć obie części względem siebie, uzyskując potrzebną wysokość. Dźwigar taki posiada w ściance otwory.

Fig. 44 przedstawia przecięcie dźwigara, fig. 45 nowy dźwigar wzmocniony i spojony w środku wysokości spoinami poziomymi.

3. Dźwigary wzmocnione żebrami

(Fig. 46) stosować można wtedy, gdy z jakichkolwiek powodów nie można stosować wzmocnień opisanych wyżej, albo gdy na dźwigar działają siły skupione. Sposób ten daje dobre rezultaty, szczególnie przy wzmocnianiu profilów stosunkowo wysokich, których wytrzymałość zależna jest w wysokim stopniu od sztywności ścianki. Zwiększenie wytrzymałości wskutek zastosowania żeber w profilach niskich jest stosunkowo nieznaczne. Żebra usztywniające wykonywa się najczęściej z płaskowników, czasem z teówek. W ten sposób można zwiększyć wytrzymałość na zginanie o 15 do 25 % (sposób w Polsce patentowany). Usztywnienia takie powinny być stosowane bezwzględnie zawsze, gdy na belce (podciągu) spoczywają ciężary skupione, belki, słupy i t.p.

* * *

Dźwigary wzmocnione w powyższe sposoby mogą być użyte w nowej konstrukcji, gdy trzeba użyć profilu stosunkowo niskiego, a jednak bardziej wytrzymałego niż profil walcowany o odpowieniej wysokości. Jeszcze częściej dadzą się one zastosować przy wzmocnianiu istniejących konstrukcyj, które z jakichkolwiek powodów są zbyt słabe.

Do nowych konstrukcyj nadają się właściwie wszystkie trzy wyżej podane typy. Pierwszy, gdy chodzi o zwiększenie wytrzymałości przy zachowaniu mniej więcej tej samej wysokości. Drugi, gdy można swobodnie zwiększać wysokość belki. Trzeci powinien być stosowany zawsze, gdy na dźwigarze spoczywają ciężary skupione.

Do wzmocniania istniejących konstrukcyj natomiast nadaje się sposób pierwszy i to wedle fig. 30 i 36, gdy można na dźwigarach dospoić nakładki od zewnątrz, zaś wedle fig. 39 i 40, gdy tylko od wewnątrz. Sposób trzeci, t.j. dospojenie żeber usztywniających nadaje się, gdy dźwigary obciążone są górami, gdy więc ich ścianka nie jest usztywniona przy pomocy czy to żeber istniejących, czy to dźwigarów drugorzędnych. Jeśli nie wystarcza dźwigar pojedynczy, to można obok siebie umieścić kilka dźwigarów. Jeżeli będą to dźwigary walcowane, to należy je od czasu do czasu połączyć ze sobą przykładkami, aby zapewnić ich należyte współdziałanie ze sobą (A1). Wspólne nakładki na belkach stanowią oczywiście połączenie najlepsze.

B. Blachownice

Blachownice spawane składają się z blachy stojącej (ścianki) i blach poziomych (nakładek), połączonych ze sobą spoinami poziomymi (fig. 47) Zwiększenie momentu wytrzymałości na długości belki uzyskuje się albo przez zwiększenie ilości nakładek, albo przez pogrubienie ich. Spoiny te oblicza się na siłę ścinającą poziomą, jaka występuje w miejscu połączenia daną spoiną. Na podporach i w ich pobliżu, gdzie siły ścinające są zazwyczaj największe, umieszcza się spoiny mocniejsze, najczęściej dłuższe, ku środkowi zmniejsza się ich długość, a zwiększa odstęp. Jeżeli siła ścinająca jest znaczna, daje się spoiny ciągłe.

Siła ścinająca t na długości e cm, a występująca w miejscu zetknięcia blachy pionowej z poziomymi wynosi :

$$t = \frac{TS}{l} e \text{ kg} = 2c w_s$$

we wzorze tym oznacza :

T — siła poprzeczna w samym przekroju belki w kg.

S — moment statyczny przekroju nakładki (blachy poziomej) ze względu na środek ciężkości przekroju, (środek wysokości

belki) w cm^3 — $S = \frac{h}{2} F_n$ (w przybliżeniu).

l — moment bezwładności całego przekroju w cm^4 ; w przybliżeniu $l = 2 F_n \left(\frac{h}{2}\right)^2$

e — odległość środków poszczególnych spoin od siebie.

c — długość spoin.

F_n — przekrój nakładki.

w_s — naprężenie dopuszcz. dla spoiny w kg/cmb .

Zazwyczaj przyjmuje się grubość i długość spoin, a oblicza się ich odstęp :

$$e = \frac{2 c h w_s}{T}$$

O ile z obliczeń wypadnie $e > 5c$, przyjmujemy $e \leq 5c$. Spoiny ciągle stosuje się, jeżeli $e < 2c$. Wtedy otrzymamy, przyjmując $e = c = 1 \text{ cm}$

stąd dobierzemy spoinę o wytrzymałości $\geq w_s$

$$w_s = \frac{T}{2h} \text{ kg/cmb.}$$

Według przepisów niemieckich $w = s'k_s$, a wtedy $s = 1,4 s' = \frac{0,7 T}{h k_s} \text{ kg/cm}^2$

Zwiększenie grubości nakładek można wykonać podobnie, jak w dźwigarach wzmocnionych w następujący sposób, zmieniając cieńszą blachę na grubszą, przy pomocy styku poprzecznego prostego lub ukośnego (por. wyżej). Można też przykryć ten styk specjalną nakładką stykową, która umieszcza się po stronie blachy.

Styk ścianki (średnika) blachownicy wykonywa się najczęściej w ten sposób, że niezależnie od spoiny stykowej, naniesionej na zukosowane stykające się krawędzie, stosuje się przykładki obustronne (fig. 48). Zazwyczaj przykładki te są stosunkowo wąskie, gdyż spoiny umieszcza się wzdłuż nich, równoległe do krawędzi styku (pionowo).

Przykładki takie mogą być wykonane z teówek (fig. 49), a wtedy stanowią one zarazem żebro, wzmocniające blachownicę. W niskich blachownicach dobre są przykładki przekątne (rombowe) wedle fig. 50, które są znacznie wygodniejsze do wykonania na budowie.

Ścianka blachownicy powinna być należycie usztywniona przy pomocy żeber, które wykonywa się tu zazwyczaj z płaskowników, rzadziej z teowników.

C. Słupy

Słupy spawane wykonuje się najczęściej z kształtówek I lub kątówek i z blach, rzadziej z kształtówek innych.

Słupy, które muszą posiadać znaczną wytrzymałość na wyobczenie przy małych wymiarach poprzecznych można wykonać z samych blach. Można wykonać je także z rur (por. ustęp przekroje rurowe), albo też z dwu dźwigarów I zesuniętych do siebie. Słupy z dwu dźwigarów na krzyż prostopadle do siebie ustawionych posiadają w obu kierunkach ten sam moment bezwładności.

Jeżeli kształtówki, z których składa się słup są rozsunięte, to łączy się je ze sobą przy pomocy przewiązek z blach, które albo łączy się z kształtówkami na styk (fig. 5), albo umieszcza się na nich (A-2 i A-3). Jeżeli zaś kształtówki te przylegają do siebie, to łączy się je ze sobą spoinami najczęściej przerywanymi. O ile połączenie takie jest niemożliwe lub trudne, można zastosować obok nich też spoiny brózdowe. Podstawę słupa wykonać można zasadniczo w dwojaki sposób :

a) Można wykonać płytę poziomą z blachy stosunkowo cenniejszej, podobnie jak w słupach nitowanych, i usztywnić ją za pomocą blach trapezowych lub trójkątnych (A4). Jeżeli blacha podstawowa ma duże wymiary poziome, to ilość tych blach usztywniających można zwiększyć, rozstawiając je tak aby zabezpieczyć jak największą sztywność podstawy (A4). Można to uzyskać przez umieszczenie blach w dwu prostopadłych do siebie kierunkach (grubości i szerokości słupa, albo też rozstawiając je promienisto A5), podobnie jak to się wykonywa w słupach żeliwnych. Wreszcie też można umieścić dodatkowe usztywnienia z płaskowników (A4) lub małych dźwigarów (A6, A7), najlepiej C, pomiędzy blachami usztywniającymi. Blachy takie przytwierdza się spoinami do trzonu słupa i do płyty podstawowej. Celem wygodnego utwierdzenia nie nadaje się blach kształtu dokładnego trójkąta, ale ścina się je na narożach wedle fig. 52 tak, aby wymiar a odpowiadał mniej więcej grubości spoiny.

Jeżeli zależy na tem, by usztywnienie podstawy było stosunkowo niskie, można zamiast blach stosować dźwigary najlepiej U lub I, (porównaj np A3), tworząc przy ich pomocy ruszt usztywniający. O ile kształtówki trzonu słupa są względem siebie bardzo rozstawione, dodać można jeszcze usztywnienie w środku między nimi (A7).

b) Można też wykonać podstawę słupów przy pomocy płyty (A8), której grubość jest znaczna i dochodzi do 100 mm. Grubość tę należy obliczyć na zginanie. Nie potrzeba tu żadnych blach usztywniających. Kształtówki trzonu słupa przyspajają się bezpośrednio do płyty podstawowej.

Głowicę słupów nakrywa się najczęściej blachą poziomą dołączoną do trzonu słupa (A9). O ile wymagana jest znaczna jej szerokość, usztywnia się ją przy pomocy blach trójkątnych (A9) lub też innych wsporników (A3, A10).

W budowlach t. zw. szkieletowych stosuje się celem ułatwienia montażu zazwyczaj słupy, których poszczególne części przechodzą przez dwa lub trzy piętra (A11). Styk takich słupów może być wykonany następująco :

a) Styk poprzeczny polega na tem, że dolna część słupa kończy się głowicą, na której spoczywa płyta podstawowa b górnej części słupa, nieco mniejsza od płyty głowicowej a , aby można było je zespoić ze sobą (fig. 53). Celem ułatwienia montażu rozstawia się w płytach odpowiadające sobie otwory, przez które przeprowadza się sworznie okrągłe, lub też dospawa do płyty głowicowej a małe płaskowniki, ustalające położenie płyty b .

Można też na głowicy słupa dolnego umieścić podciąg i dźwigary stropowe, a na nich dopiero podstawę słupa górnego. Jest to sposób mniej korzystny, gdyż montaż jest tu trudniejszy, a nadto dźwigary mogą mieć niezupełnie równą wysokość, ale czasem b. wygodny (A1)

b) Styk podłużny (fig. 54) polega na tym, że do głowicy słupa dolnego przytwierdza się przykładki, które wystają górą. Słup górny wstawia się między te przykładki i łączy z nimi spoinami. Zazwyczaj kształtówki słupa górnego spoczywają bezpośrednio na kształtówkach dolnych. Słup górny ma zwykle przekrój mniejszy od dolnego; jeżeli różnica jest nieduża, to na styku dospawamy do niego podkładki wyrównawcze. O ile profile walcowane z których słupy są złożone różnią się w części górnej bardzo znacznie od siebie, można wykonać styk wedle fig. 54 a. wycinając odpowiednio dźwigary słupa i wyginając następnie stopki do szerokości słupa górnego.

D. Belki kratowe

Specjalnie w konstrukcjach belek kratowych spawanie wprowadziło ogromne bogactwo połączeń, o jakim nie można było nawet marzyć przy zastosowaniu nitów, (por. rozdz. IV B). Jest to konsekwencją dwu czynników: wprowadzenie znacznie większej ilości profili, oraz możliwości ich połączenia ze sobą. Możliwe są np. także połączenia kombinowane (fig. 55) gdzie w jednym węźle widzimy połączenia na zakładkę i na styk bezpośredni (odsunięty nieco od środka węzła).

Wykonanie belek kratowych spawanych polega na zastosowaniu reguł podanych wyżej przy odpowiednim doborze przekrojów.

Najwygodniejszymi przekrojami pasów kratownic mniej obciążonych są teówki wysokościenne, lub też przecięte przez pół dwuteówki (A12). Mniej korzystne są przekroje podwójne (np. dwie kątowniki), tembardziej, że tu trudno obejść się bez blach węzłowych. Oczywiście można zastosować też i inne przekroje, np. rury (głównie na pasy ściskane), płaskowniki (na pasy rozciągane).

Dla większych wymiarów i obciążeń można stosować dwuteówki, przyczem pręty kraty można dołączyć na styk bezpośredni lub na blachy węzłowe, wedle fig. 56, 57.

Dla jeszcze większych obciążeń (mosty) stosuje się przekroje złożone z blach i kształtówek.

Pręty kraty wykonywa się z kształtówek, które najczęściej wycina się odpowiednio w miejscu połączenia z pasami. Zwykle będą to teówki lub kątowniki dla kratownic mniejszych. Rury stosuje się, gdy chodzi o możliwe zmniejszenie wymiarów poprzecznych pręta, np. gdy chodzi o to, aby dach rzucał jak najmniej cienia na witraż zawieszony dołem na nim (A12) (por. niżej). Dla więcej obciążonych kratownic stosuje się na krzyżulce dwuteówki, dla jeszcze większych (mosty) przekroje złożone z kształtówek i blachy.

Osobnego omówienia wymagają węzły szczytowe wiązarów dachowych. Są one trudniejsze do rozwiązania, gdyż styka się w nich znaczniejsza ilość prętów, które trzeba połączyć i kąty między osiami prętów są zazwyczaj bardzo ostre. Na fig. 58 i 59, pokazano dwa przykłady konstrukcji węzła szczytowego, w których widać wyraźnie uniezależnienie się od wzorów konstrukcji nitowanych

Na fig. 58 teówki krzyżulców wycięto w ten sposób, że obejmują obustronnie ściankę pasa. Na fig. 59 obcięto ukośnie ścianki pasów, a pomiędzy krzyżulce wstawiono blachę trójkątną. Węzeł podporowy dachu kratowego wykonywa się najczęściej przy pomocy dodanej blachy węzłowej, teówki lub blachy poziomej i poprzecznych usztywnień i płaskowników.

Łożyska belek blaszanych i kratowych można też wykonać przy pomocy spawania. Jako przykład przytoczę tu łożysko dachu w Skarżysku, gdzie łożysko wykonane zostało z kilku blach, coraz to mniejszych, leżących na sobie i połączonych spoinami. Można też zastosować blachy grubsze i przy ich pomocy wykonać łożyska nawet dużych konstrukcyj, jak mosty i t. d.

VII. Połączenie dźwigarów ze sobą i ze słupami

Połączenie dźwigarów ze sobą wykonywa się przy pomocy spoiny wedle A13. O ile wystarczy połączenie wedle fig. 59 a, jest ono wygodniejsze, gdyż niema w niem spoin sufitowych.

Utwierdzenie podciągów i dźwigarów stropowych do słupów wykonywa się najczęściej na spoiny stykowe (fig. 60) obliczając je jak wyżej podano. Celem stworzenia należytego oparcia umieszcza się nieraz pomiędzy kształtówkami słupa — lub na nich — blachę, przypojoną do nich, fig. 60 a. Montaż ułatwiają ogromnie krótkie kątowniki lub dźwigary przypocone do słupa w warsztacie, na których od razu umieścić można stopkę dźwigara (fig. 60 b). Można też wykształcić taką podstawę, przy pomocy krótkich teówek lub w dowolny inny sposób. Dźwigary przechodzące nawskroś słupa dwudzielnego podeprzeć można na dźwigarze wstawionym w środek słupa lub też na blachach (fig. 61).

Przy dźwigarach rozstawionych szerzej można przyspoić do słupa bezpośrednio ich ściankę, przyczem stopki wycina się również i przypaja do słupa (A14 i fig. 62). Jeżeli na słupie spoczywa kilka dźwigarów obok siebie, to można ich połączenia wykonać rozmaicie. Liczne przykłady widać w konstrukcji P. K. O. (A10, A15, A16, A14).

Belki jednoprzęsłowe można wykształcić jako utwierdzone zaś spoczywające na kilku podporach jako ciągłe, a przez to zmniejszyć znacznie ich wymiary, jeżeli zastosujemy połączenia, które zagwarantują ciągłość lub utwierdzenie. Do takich połączeń należą następujące:

- 1) Przeprowadzenie belek górą jako ciągłe (A17).
- 2) Utwierdzenie dźwigara przy pomocy blach trójkątnych lub trapezowych (fig. 63).

3) Zastosowanie przykładki przechodzącej górą lub też przez wcięcie w blasze dźwigara głównego wedle (A17). Wielkość tej przykładki powinna być tak obliczona, aby mogła ona przejść wygodnie całą siłą rozciągającą.

Utwardzenie płatwi na pasie górnym więzara dachowego wykonywa się najczęściej w następujące sposoby :

- a) Połączenie bezpośrednio przy pomocy dwu spoin pachwinowych (przy niewielkim odchyleniu dachu) (fig. 64).
- b) Podparcie przy pomocy odpowiednio wygiętych blach (fig. 65).
- c) Podparcie przy pomocy blach trójkątnych (fig. 66 i 67).
- d) Przy pomocy odpowiednio przyciętych kształtówek (fig. 68).

O ile pas górny dachu wykonany jest z przekrojów rurowych, umieszcza się płatwie albo na blachach węzłowych i poprzecznych wedle fig. 69, albo na siodelkach, najlepiej wyciętych z teówki lub przyciętej dwuteówki (fig. 70).

VIII. Konstrukcje rurowe

Rury są elementem, który pojawił się w konstrukcjach stalowych dopiero dzięki zastosowaniu spawania. Mogą one być wykonane jako ciągnięte bez szwów, jako spawane podłużnie i jako spawane spiralnie.

Zalety rur, jako elementu konstrukcyjnego są następujące :

Najekonomiczniejszy kształt elementów ściskanych, tem samem zaś najmniejszy ciężar. Moment ten czasem ogrywa rolę sam dla siebie, częściej jednak chodzi o koszt ogólny, a tu sprawa się komplikuje ze względu na wyższą cenę jednostkową rur bez szwu. Oszczędność na przekrojach niższych w przeważnej ilości wypadków nie dochodzi tu do wyrównania ceny. Przy rurach spawanych różnica jest bezporównania mniejsza i tu nieraz zastosowanie ich może się zupełnie skalkulować.

Ładny wygląd, zwłaszcza w małych konstrukcjach, znacznie ładniejszy niż np. kątówek i t. p. profilów. Dotyczy to np. **skoczni, masztów, mostków** i t. p. Zresztą nieraz momenty architektoniczne wymagają przekrojów okrągłych.

Brak ostrych krawędzi, co odgrywa rolę tam zwłaszcza, gdzie łatwo można się skaleczyć, lub gdzie chodzi o konstrukcję możliwie łagodną w dotyku. Dlatego też skocznie, poręcze i t. p. wykonywa się często z rur.

Małe wymiary poprzeczne, wskutek czego konstrukcje rurowe rzucają stosunkowo mało cienia. Ważne to jest przy świetlikach i t. p. konstrukcjach. Dlatego krzyżulce dachu nad salą operacyjną P. K. O. w Warszawie wykonano z rur.

Mniejsze powierzchnie zewnętrzne konstrukcji niż przy przekrojach innych. Zmniejszenie to dochodzi w wypadkach normalnych do 20-30 %, a czasem podnosi się nawet do prawie 50 %. Wskutek tego mamy tu dozwolenia z mniejszą ilością potrzebnej powłoki.

Brak miejsc zakrytych, a więc łatwiej ulegających zniszczeniu. Odplyw wody jest znacznie łatwiejszy i pewniejszy.

Ciśnienie wiatru jest tu mniejsze, tak z powodu mniejszej powierzchni, jako też z powodu wpływu okrągłości.

W poszczególnych zresztą rzadkich wypadkach można wreszcie użyć pasów i innych elementów z rur na rozmaite przewody.

Na przeszkodzie słowaniu rur stoi natomiast **ich wyższa cena jednostkowa**, co omówiono wyżej. Tam, gdzie chodzi wyłącznie o koszt ogólny, rzadka tylko oplaca się konstrukcja z rur. Bywają jednak wypadki, że się oplaca, przedewszystkiem zaś często decydują względy inne, wyżej podane.

Wyrażone obawy trudności **konserwacji** od wewnątrz nie odgrywają dziś roli. Zastosowanie bowiem cementu (betonu) na wewnątrz rur chroni je zupełnie od rdzy, aczkolwiek nieco zwiększa ciężar własny konstrukcji. Ponadto rury zamyka się i zespaja na stykach, co też zabezpiecza od rdzewienia. Połączenie rur wykonać można na styk lub na blachy węzłowe. Połączenie na styk może być uskutecznione albo bez wzmocnienia, albo ze wzmocnieniem przy pomocy siodelka.

Blachy węzłowe mogą być łącznikiem w dwu wypadkach, raz przy połączeniach wyłącznie rurowych, powtóre także przy połączeniach złożonych z rur i przekrojów innych np. teówek. Blachy węzłowe pozwalają bowiem na zwiększenie długości spoin łączonych, ewentualnie na wyrównanie ich długości. Można też je umieścić dwojako : albo pomiędzy rurami, albo wsuwając je w szczeliny wycięte w rurach (A12).

Szczegóły słupów rurowych podane są na (fig. 71).

Powyższe zasady projektowania konstrukcji spawanych ujęte są oczywiście zupełnie szkieletowo — i to tylko w zakresie najczęściej spotykanych konstrukcji budowlanych. Pominięto tu natomiast konstrukcje mostowe, oraz te konstrukcje budowlane, które spotyka się rzadziej, np. wieże wodne, suwnice.

Budowle wykonane w ostatnich latach w Polsce, stanowią dobitny przykład zastosowań spawania w konstrukcjach stalowych. Między niemi można wzmiankować różne konstrukcje wykonane w Warszawie, jak np. konstrukcja gmachu P. K. O. — Niniejszy album podaje opis tej konstrukcji oraz fotografie elementów i montaż najcharakterystyczniejszych.

Stefan BRYŁA, Profesor Politechniki Lwowskiej.