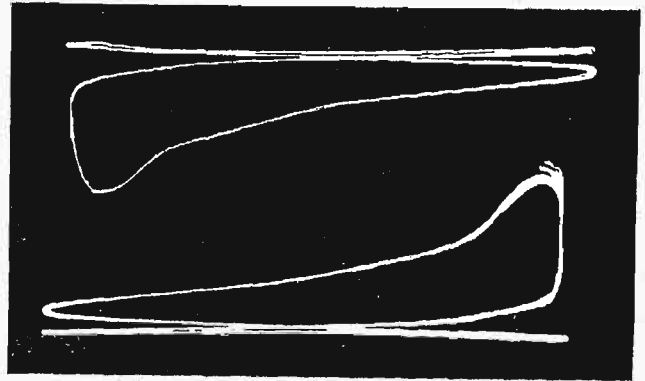


wtedy wydajność pracy z jednostki ciepła mieszanki musi być wyższą. Silniki Dodge i Ford dały dobre wyniki pod względem mocy i rozchodu paliwa, wykazały bowiem mniejszy, względnie ten sam rozchód mieszanki, jak i benzyny. Jednak w silniku czołgowym Renault różnica na korzyść benzyny wynosi od 10 do 20%, t. j. że objętościowo rozchód mieszanki jest o taki procent wyższy. Wynik osiągnięty jest zupełnie niespodziewany, przypisać go należy niekorzystnym warunkom, w jakich silnik ten pracował (ręczne podtrzymywanie regulatora przy pracy, dławienie mieszanki, zbyt ni luź w tłokach, powodujący nieszczelności i zmniejszający wysokość sprężania, oraz karburator niedokładnie wyregulowany dla mieszanki). Próby te muszą być jeszcze powtórzone. Silnik Forda pracował na mieszance bardzo dobrze, zwłaszcza przy niepełnym obciążeniu, wykazując o 4 — 12% mniejszy rozchód mieszanki niż benzyny, przy pełnym zaś obciążeniu wykazał większy rozchód. Szczególnie korzystną okazała się mieszanka D — 2, nawet przy pełnym obciążeniu. Ponieważ silnik w biegu obciążony jest stale mniej aniżeli wynosi jego moc maksymalna, którą silnik wydobywa jedynie przy

dużej szybkości i złych drogach, lub na dużych wzniesieniach, więc też przypuszczalny rozchód mieszanki w samochodach powinien być nie więk-



Rys. 4. Wykres ind. silnika Renault zasilanego mieszanką spirytusową, przy całkow. obciążeniu.

szy niż benzyny, a nawet może nieco mniejszy. Doświadczenia szosowe i raidowe potwierdziły te przypuszczenia najzupełniej.

(d. n.)

Spawanie elektryczne żelaza w budownictwie i mostownictwie.¹⁾

Napisał Stefan Bryła.

IV. Zasady obliczenia połączeń spawanych.

a) Na rozciąganie i ściskanie.

Niech przekrój poprzeczny spoiny ma powierzchnię F_s , wytrzymałość materiału na rozciąganie R_r , wytrzymałość materiału elektrody (na rozcz.) R_{rs} , to wytrzymałość spoiny będzie $F_s R_{rs}$, zaś siła, jaką spoinie bezpiecznie może przenieść (przy 4-krotnej pewności)

$$S = F_s k_{rs} = F_s \cdot \frac{R_{rs}}{n} = \frac{F_s R_{rs}}{4}$$

gdzie k oznacza naprężenie dopuszczalne.

Niech $k_{rs} = \alpha k_r$, to może być $\alpha \geq 1$. Dla wszelkiej pewności, należy przyjmować $\alpha < 1$, o ile wszystkie próby nie dadzą lepszego wyniku. Przyjmając można średnio w naszych warunkach $k_{rs} = 800 \text{ kg/cm}^2$, czemu odpowiada $\alpha = \frac{2}{3} = 0,67$, przy mniej wprawnych spawaczach — jeszcze mniej. Decydować mogą jedynie próby, które należy wykonać przed każdą budową.

Ażeby móc wyzyskać cały przekrój prętów łączonych, należy albo osiągnąć $\alpha = 1$ (bardzo dobre spawanie), albo oprócz styku czołowego dać przykładki (por. niżej), albo zwiększyć F_s talk,

aby $F k_r = F_s k_{rs}$, więc aby $F_s = \frac{1}{\alpha} F$. Dla $\alpha = \frac{2}{3}$ otrzymamy zatem $F_s = 1,5 F$, co oznacza odpowiednie zgrubienie szwu, stosowane zresztą niechętnie. W każdym z tych wypadków będzie wyzyskany cały przekrój.

Tak samo przeprowadza się obliczenie na ściskanie.

Przy połączeniu nitowanym, mamy zawsze osłabienie przekroju nitami, a więc $\alpha' < 1$, przyczem α' waha się w granicach 20 — 30%, czasem nawet do 40% i wyżej.

b) Na ścinanie.

Dla zniszczenia połączenia wedle rys. 7 i 8, muszą ulec ścięciu szwy na długości $(a + a_1 + a_2) = A$, i to — przyjmując nałożenie metalu wedle trójkąta — najprawdopodobniej w płaszczyznach m' . Wtedy, — przy wszystkich szwach równych — naprężenie dopuszczalne 1 cm b. szwu prostokątnego, symetrycznego na ścięcie

$$w_s = m' k_{ss} = 0,7 m k_{ss}$$

zaś najw. siła:

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

a stąd

$$A = \frac{S}{0,7 m k_{ss}} = \frac{S}{w_s}$$

Przyjmając można, co potwierdzają doświadczenia:

$$k_{ss} = 0,8 k_{rs}$$

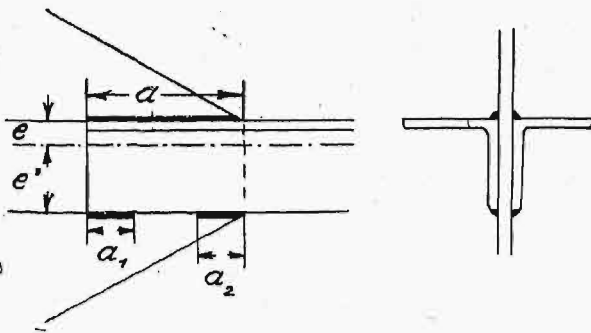
więc dla

$k_{rs} = 950 \text{ kg/cm}^2$	$k_{ss} = 750 \text{ kg/cm}^2$	(Belgijczycy)
$k_{rs} = 875$	$k_{ss} = 700$	"
$k_{rs} = 800$	$k_{ss} = 650$	(Humphrey ¹⁾)
$k_{rs} = 750$	$k_{ss} = 600$	(McKibben i Blenus ²⁾)
$k_{rs} = 625$	$k_{ss} = 500$	"

¹⁾ Railway Age, 1922.

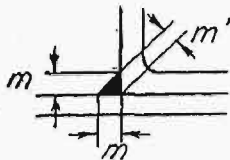
²⁾ The Welding Engineer.

^{*)} Dalszy ciąg do str. 175 Nr. 9 z r. b.



Rys. 7.

Cyfry najniższe przyjmować należy przy robotniku niedostatecznie wprawnym. Zresztą decydują one jedynie przy próbach, które bezwarunkowo należy przeprowadzić przed przystąpieniem do każdej budowy.



Rys. 8.

Dla powyższych naprężeń otrzymujemy następujące dopuszczalne naprężenia szwów (w

kg/cm b.).

$m =$	4	5	6	7	8	9	10	12	14	mm
$k_{ss} = 500$	140	175	210	245	280	315	350	420	490	kg/cm b.
600	168	210	252	294	336	378	420	504	588	"
650	182	227	273	318	364	410	455	546	637	"
700	196	245	294	343	392	441	490	588	686	"
750	210	262	315	367	420	472	525	630	735	"

W naszych warunkach, przy spawaczach średnich, przyjmować można $k_{ss} = 600 \text{ kg/cm}^2$, przy dobrych dojść można do $k_{ss} = 750 \text{ kg/cm}^2$.

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

$$k_s = (k_0 - a m) \text{ kg/cm}^2.$$

Biorąc na mocy doświadczeń za podstawę, przy bardzo dobrych spawaczach, dla szwu 6 mm $k = 750 \text{ kg/cm}^2$, dla szwu 12 mm 600 kg/cm^2 , otrzymamy, według tego wzoru, na naprężenie dopuszczalne wartość:

$$k_s = (900 - 25 m) \text{ kg/cm}^2,$$

czemu odpowiada wytrzymałość szwu prostokątnego symetrycznego (na 1 cm b.):

$$w_s = (900 - 25 m) m \times 0,7 = k_s m' \text{ kg/cm b.}$$

Przy gorszych spawaczach, przyjmując można

$$k_s' = 0,8 k_s, \text{ oraz } w_s' = 0,8 w_s, \text{ a wtedy}$$

$$k_s' = 0,8 k_s = (720 - 20 m) \text{ kg/cm}^2,$$

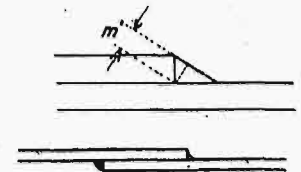
$$w_s' = 0,8 w_s = (720 - 20 m) m \cdot 0,7 \text{ kg/cm b.}$$

U nas należałoby obecnie stosować wartości k_s' i w_s' .

Stąd wynikają następujące wartości:

m	$m' = 0,7 m$	k_s	w_s	$k_s' = 0,8 k_s$	$w_s' = 0,8 w_s$
4 mm	2,8 mm	800 kg/cm^2	224 kg/cm b	640 kg/cm^2	179 kg/cm b
5	3,5	775	271	620	218
6	4,2	750	315	600	252
7	4,9	725	355	580	284
8	5,6	700	392	560	314
9	6,3	675	425	540	340
10	7,0	650	455	520	364
12	8,4	600	504	480	403
14	9,6	550	528	440	422

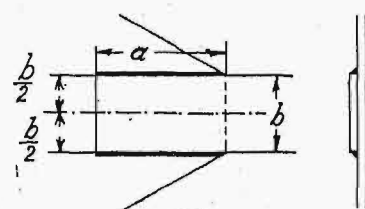
Jeżeli szew nie jest prostokątny symetryczny, to za podstawę wytrzymałości i naprężenia dopuszczalnego na 1 cm b. wziąć należy odpowiednią najmniejszą grubość szwu m' , por. rys. 9. Wychodząc ze wzoru $w_s = k_s m' \text{ kg/cm b.}$, otrzymamy wtedy:



Rys. 9 i 9-a.

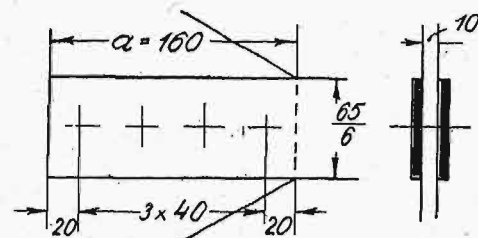
m'	w_s	w_s'
3 mm	237	190
4 "	302	242
5 "	340	272
6 "	411	329
7 "	455	364
8 "	490	392
9 "	516	413
10 "	542	434

Zaznaczyć należy, że im szew jest dłuższy, tem wytrzymałość jego na 1 cm b. jest też mniejsza. Również szew a_1 (rys. 7) nieć będzie mniej, niż



Rys. 10.

szew a_2 . Stopień tego zmniejszenia usuwa się narażać z pod możności określenia z powodu niedostatecznej ilości doświadczeń. Objaw ten zresztą spotykamy i przy połączeniach nitowanych.



Rys. 11-a.

Przy tej samej szerokości m , rozróżnić można szwy normalne i szwy lekkie (rys. 9a). Przy nito-

waniu na zakładkę, połączenie na jeden szew normalny i jeden lekki jest niewiele słabsze od połączenia na oba szwy mocne. Dokładnych danych pod tym względem dotąd niema.

Przy przekrojach, których oś ciężkości leży w środku szerokości pręta, np. płaskownika, należy robić połączenie również symetryczne (rys. 10), a więc obustronnie szew ciągły (co skraca długość zakładki), lub 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. 7), to

$$długość a powinna być \quad a = \frac{e'}{e} (a_1 + a_2), \text{ albo}$$

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

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

Niektóre firmy zwiększają dla pewności każdą z długości a o pewną wielkość. Np. jedna z firm amerykańskich*) zwiększa a o pół cala ang. = 12,7 mm. Jest to jednak zbyt duże, jeżeli przyjmie się odpowiednie naprężenie dopuszczalne.

Można zastąpić szew jeden, np. a o szerokości innej, np. $m \times m$, a szwy a_1 o szerokości innej, np. $m' \times m'$ lub $m' \times m$. Wtedy wzory te nieco się przekształcają. Korzystne, aczkolwiek wogóle kłopotliwe do przeprowadzenia, może być np. w kątownikach zastosowanie szwów o wymiarach dobranych do położenia środka ciężkości.

V. Oszczędność w stosunku do konstrukcji nitowanych.

Weźmy pod uwagę pręt wyciągany o wytrzymałości 7200 kg, a składający się z dwu płaskowników (rys. 11a). Przekrój netto każdego z nich wynosić musi $\frac{7200}{1200 \times 2} = 3,0 \text{ cm}^2$, a więc przy grubości 6 mm szerokość netto $\frac{300}{6} = 50 \text{ mm}$.

Przytwierdzając je nitami o średnicy np. 12 mm, musimy zatem zastosować płaskowniki $(50 + 12) \times 6 = 62 \times 6$, a ze względu na wymiary handlowe $65 \times 6 \text{ mm}$, o powierzchni $6,5 \times 0,6 = 3,9 \text{ cm}^2$.

Nity są dwucięte; każdy z nich niesie na ścinanie 2040 kg, na ciśnienie na ściankę dziury przy grubości blachy węzłowej np. 10 mm 2160 kg, zatem potrzebna ilość nitów $\frac{7200}{2040} \approx 4$, zaś długość $a = 2 \times 20 + 3 \times 40 = 160 \text{ mm}$ (co najmniej 145 mm).

Inne rozmieszczenie nitów doprowadziłoby do powiększenia szerokości płaskownika.

Przy zastosowaniu spawania, użyjemy dwu szwów (rys. 11b). Przyjmując naprężenie dopuszczalne szwu na ścinanie bardzo niskie, $w' =$

252 kg/cm^2 otrzymamy potrzebną długość tegoż $a = \frac{7200}{2 \times 2 \cdot 252} = 7,2 \text{ cm} = 72 \text{ mm} \approx 75 \text{ mm}$. Wymiary zaś płaskowników będą $3,0 \text{ cm}^2 = 50 \times 6 \text{ mm}$.

W danym wypadku uzyskujemy zatem dwukrotnie oszczędność na materiale, raz przez zmniejszenie przekroju płaskowników w stosunku $\frac{5}{6,5}$, co stanowi oszczędność 23%, powtórnie przez zmniejszenie długości blachy węzłowej, a może nawet jej zupełne opuszczenie.

W większej konstrukcji stosunek ten będzie przedstawiał się inaczej. W każdym razie oszczędność uzyskuje się z następujących powodów:

1. Potrzebne przekroje prętów są znacznie mniejsze z powodu nieuwzględniania dziur na nity, powtórnie zaś z powodu zmniejszenia ciężaru własnego konstrukcji. Można np. stosować kątowniki $20 \times 20 \times 4$, niedopuszczalne w konstrukcjach nitowanych.

2. Blachy węzłowe, przykładki, kątowniki i t. p. części, odgrywające w konstrukcji pośrednią rolę łączników, częściowo otrzymują znacznie mniejsze wymiary, częściowo zaś odpadają zupełnie.

3. Odpada potrzeba precyzyjnego projektowania połączeń, a tem samem wielki nakład pracy rysunkowej w biurze.

4. Odpada dokładne trasowanie konstrukcji w warsztacie. Części spajane mogą nie przystawać do siebie; owszem, dopuszczalny jest odstęp, normowany przedewszystkiem ilością zużywanego materiału elektrody.

5. Robota warsztatowa zmniejsza się bardzo (odpada np. wiercenie otworów nitowych i t. d.).

6. Szybkość wykonania jest znacznie większa; zaś do spawania wystarczy mniejsza ilość ludzi niż do nitowania.

7. Spojenie można wykonać w warunkach, w których nitowanie jest utrudnione, lub nawet niemożliwe, z powodu np. braku przystępu. Tylko w bardzo rzadkich wypadkach zaistnieć może wypadek przeciwny, gdy spojenie będzie kłopotliwe do wykonania.

8. Wreszcie podkreślić należy, że późniejsze wzmocnienie konstrukcji spawanych nie następuje żadnych trudności.

Natomiast spawanie wymaga dobrego, sumiennego i doświadczonego spawacza (i dobrych elektrod). Tu leży punkt ciężkości wykonania.

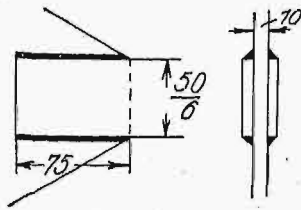
Koszty konstrukcji spawanej będą zawsze mniejsze od kosztów konstrukcji nitowanej. Stosunek zależy przedewszystkiem od charakteru konstrukcji, od cen robocizny. Wedle danych belgijskich (Soudure Electrique Autogène) uzyskać można przy dobrych spawaczach oszczędność w materiale 15 — 40%, zaś w robociznie 20 — 30%, wedle Lagrange'a oszczędność średnia w materiale wynosi 30%.

Oszczędność na samych nitach wynosi w konstrukcjach kratowych 3%, i więcej.

Z danych amerykańskich przytoczę szczegółową kalkulację żelaznego budynku, wedle danych Chicago, Burlington and Quincy Railroad, ogłoszonych przez Bissela.³⁾

*) The Morgan Engineering Co, Alliance, Ohio.

3) The Welding Eng., 1926.



Rys. 11-b.

Koszt budynku:

a) spawanego		dolarów
Materiał	128,10	
Przygotowanie tegoż	253,61	
Razem prace przygotowawcze	381,71	
Montaż bez spawania	309,63	
Spawanie	94,86	
Razem montaż	404,49	
Koszt ogólny	786,71	
b) nitowanego		dolarów
Materiał	135,50	
Praca biurowa	120,00	
Praca warsztatowa	745,00	
Razem prace przygotowawcze	1000,50	
Montaż i nitowanie	339,00	
Razem montaż	339,00	
Koszt ogólny	1339,50	

W danym wypadku zatem koszt budynku spawanego wynosił tylko 56% kosztu budynku nitowanego. Ilość materiału zmniejszyła się tylko nieznacznie (o 5 $\frac{1}{2}$ %), gdyż materiał był już pocięty, gdy zdecydowano się na spawanie, a redukcja ciężaru pochodziła głównie z powodu opuszczenia blach węzłowych. Oszczędność widać głównie w rubryce: praca warsztatowa.

W naszych warunkach, oszczędność będzie mniejsza; musimy uwzględnić bowiem, że robocizna jest u nas znacznie tańsza, a więc jej znaczenie w kosztach mniejsze, że elektrody owijane są droższe, a wreszcie, że — narazie — nasi spawacze są mniej biegli od zagranicznych, co w konsekwencji powoduje konieczność większej ostrożności, a tem samem podraża spawanie. W każdym razie oszczędność w stosunku do konstrukcji nitowanych będzie, a w miarę kształcenia spawaczy różnica będzie się coraz bardziej przesunąć na korzyść konstrukcji spawanych.

Wogóle przy obliczeniu kosztów wziąć należy pod uwagę, niezależnie od prac przygotowawczych: koszt elektrody, moc prądu, potrzebnego dla danej elektrody, szybkość pracy, długość szwu wykonanego jedną elektrodą, wreszcie rodzaj szwu.

VI. Połączenia spawane.

Projektowanie połączeń spawanych jest bardzo proste. W rysunku wystarczy określić — zazwyczaj grubą czarną lub lepiej kolorową linią — długość i położenie szwu, w razie szwów przerywanych także odstępów poszczególnych szwów, oraz wypisać obok wymiary poprzeczne, względnie ciężar szwu.

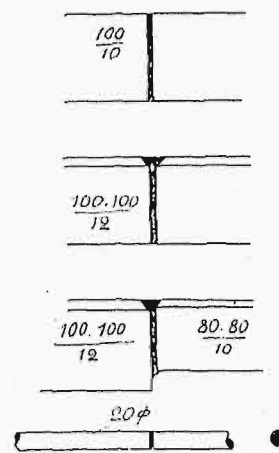
Wymiary szwu podaje się zazwyczaj wielkością obu szerokości m , znacząc $m \times m$.

Elementy połączeń spawanych.

A. Połączenie spawane na rozciąganie (na długość) płaskowników, ką-

towników i kształtowników można wykonać: a) bezpośrednio, czyli na styk, b) na zakładkę, c) na przykładki.

a) Połączenie na styk (bezpośrednie, czołowe) wykonywa się przez spojenie części przytkniętych do siebie i obrobionych poprzednio na V lub na X. Można bez trudności spawać ze sobą tak profile równe, jako też nierówne (rys. 12 — 15). Jeżeli — przy gorszym spawaniu — przyjmie my $\alpha < 1$, to i tak styk można wykonać o tej samej wytrzymałości co przekroje łączone, przez odpowiednie pogrubienie warstwy nałożonej, jeżeli to jest dopuszczalne.



Rys. 12 — 15.

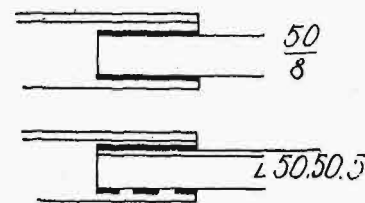
Połączenia prętów okrągłych, kwadratowych i t. d. wykonywa się też na styk.

b) Połączenie na zakładkę nie jest wogóle wskazane przy połączeniach pojedynczych prętów na ich długości, gdyż uniemożliwia osiowe przeniesienie siły. Wykonanie por. rys. 16. Przy prętach podwójnych, albo też gdy jedna część pręta może być podwójna i ująć w formie wideł drugą część tegoż połączenia, to połączenie jest bardzo



Rys. 16.

dobre i ekonomiczne. Pozwala bowiem często na połączenie bez poprzedniego większego przygotowania. Długość zakładki można zaś zrobić większą lub mniejszą, zależnie od warunków. Spojenie bowiem wykonane być może albo: 1) na końcach części zetkniętych, albo 2) na długości ich zetknięcia w jednym ciągu, albo 3) przerywane, albo wreszcie zastosować można 4) połączenie pierwsze, oraz drugie lub trzecie równocześnie.



Rys. 17—18.

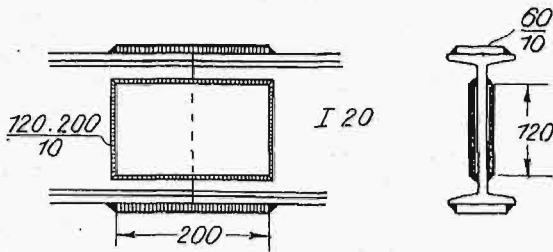
Przy połączeniach przekrojów niesymetrycznych, np. kątowników, wskazane będzie zawsze zastosowanie połączenia, podanego na rys. 18, ze względu na możliwie osiowe przeniesienie sił (por. obliczenie połączeń na ścinanie).

Przy połączeniach przekrojów symetrycznych, długość obu spoin powinna być oczywiście taka sama. Najchętniej stosowane jest zazwyczaj połączenie 4.

Lloyds Register of Shipping wprowadził nast-wymiary połączeń na zakładkę (por. rys. 16):

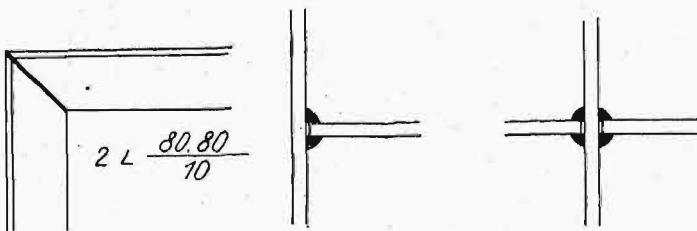
Grubość blachy <i>g mm</i>	<i>a mm</i>	<i>m' mm</i>
≤ 10	60	7
11 — 15	65	9,5
16 — 20	75	12
21 — 25	75	12,5

c) Połączenie na przykładki (za-zwyczaj symetryczne) stosowane jest przy spawa-niu, znacznie rzadziej niż przy nitowaniu — zwa-ższa przy profilach o większych wymiarach. Jeżeli bowiem tam na szerokości przykładek zmieścić można znaczną ilość nitów, to tutaj spojenie wykonywa się najczęściej wzdłuż podłużnych i po-przecznych krawędzi przykładek. Czasem może się okazać korzystnym złożenie każdej przykładki



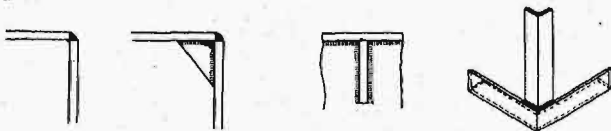
Rys. 19.

z dwu podłużnych części, co pozwolić może na mniejszą ich długość i lepsze wykorzystanie materia-łu. Nakładki, umieszczone na stopkach dźwigarów i t. p., powinny mieć mniejszą szerokość niż stopki, z uwagi na lepsze umieszczenie spajającego metalu elektrody (por. też niżej o dźwigarach zginanych). Również przykładki na ściance stosować należy o mniejszej wysokości, niż w połączeniach nitowa-nych (rys. 19). Niezależnie od nakładek można dać równocześnie szew stykowy.



Rys. 20, 21 i 22

B. Połączenie belek zginanych na długość wykonać można albo 1) na styk bezpośredni, albo 2) na nakładki i przykładki, albo wreszcie 3) na styk



Rys. 23, 23-a i 24.

bezpośredni, oraz nakładki i przy-kładki. Styki belek, złożonych z kilku przekro-

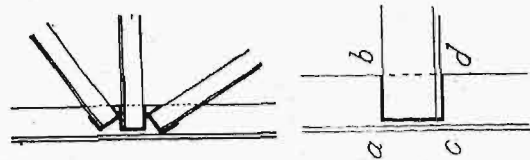
jów, najlepiej przestawić. Przy styku bezpośrednim (czołowym) należy przyjmować (obecnie) $\alpha = 0,8$ lub lepiej 0,67, a więc dla zupełnego wykorzystania przekroju albo pogrubić odpowiednio szew, albo dodać przykładki, t. j. wykonać połączenie 3 (lub 2).



Rys. 25.

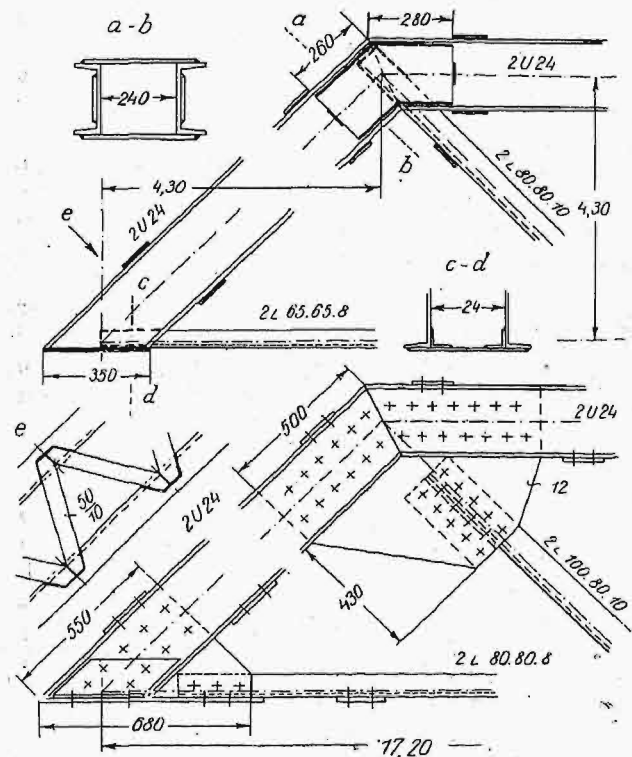
C. Połączenie prętów pod kątem wykonać można przy spawaniu a) na styk (bezpośrednio), b) na zakładkę, c) na blachy węzłowe.

a) Połączenie bezpośrednie (na styk) wykonywa się przez spojenie na powierzch-ni zetknięcia (rys. 20 i nast.), powierzchnie należy obrobić na V lub na X. Naroże można usztywiać wedle rys. 24. Przy połączeniu tem w znacznych gra-nicach obojętny jest kąt połączenia, przyczem je-dnak należy pamiętać, że przy ostrym kącie może



Rys. 26 i 27.

nie wszędzie dojść materiał elektrody (rys. 25). Wy-tworzenie połączenia przestrzennego nie przedsta-wia również żadnych trudności, np. na kątownikach



Rys. 28a i b. Porównanie szczegółów więzara, spawanych i nitowanych.

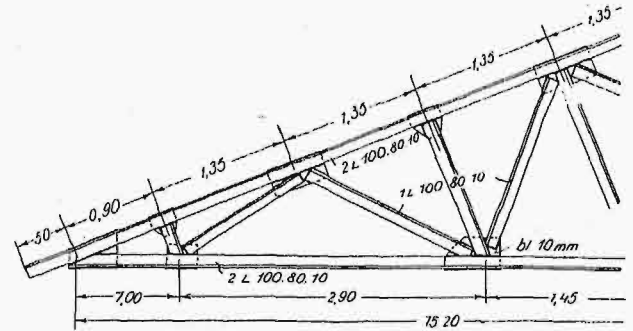
wedle rys. 21, umieszczonych poziomo, można ką-townik pionowy umieścić i połączyć bezpośrednio na

pionowych ramionach kątowników poziomych (przy obróbieniu ich na V, lub X).

b) Połączenie na zakładkę wykonywa się analogicznie do bezpośredniego nitowania prętów konstrukcji nitowanych. O ile jednak połączenie takie pozwala wogóle na niewielką ilość nitów, używane zatem być może tylko albo w konstrukcjach podrzędnych, albo też przy znacznych wymiarach blach pasów, o tyle w ustrojach spawanych można je zastosować łatwo także w konstrukcjach innych, np. w normalnych dźwigarach dachowych i mostowych. Pozwala ono na opuszczenie blach węzłowych, a tem samym na redukcję wagi żelaza także i pod tym względem (niezależnie od wyzyskania całego przekroju prętów łączonych). Przykłady takich połączeń por. rys. 26 i 27. Zazwyczaj nie potrzeba tu obróbienia (oczywiście zendrę należy usunąć j. w.). Spojenie można wykonać tak na końcach *ab* (poprzeczne), jako też i na zetkniętej długości *ac*, *bd* (podłużne) profilów łączonych (tak ciągle, jak i przerywane).

c) Połączenie na blachy węzłowe wykonywa się na tych samych zasadach co połącze-

nie na zakładkę, z tą różnicą, że pręty łączy się na blachę węzłową, której wielkość określa się według spojonych długości prętów. Stosować je trzeba, gdy



Rys. 29.

długość spojona choćby jednego pręta wypada zbyt wielka, aby móc ją umieścić bezpośrednio na innym przecie (pasie). Por. szczegół dachu w Eola (Illinois), rys. 29.

(D. n.)

Wzory Clerc'a i Clapeyron'a.

Napisuł L. Karasiński.

1. Biorę pod uwagę belkę poziomą, pierwotnie prostą, bezwładnościowo jednorodnie zbudowaną, wspartą na podporach. Środek jej skrajnego przekroju prawego stanowi początek osi współrzędnych; dodatnia oś *X* pokrywa się z osią belki, dodatnia oś *Y* leży pod osią *X*. W płaszczyźnie głównej *XY* leżą pary sił, siły pionowe oraz pionowe warstwy płaskiego obciążenia belki. To jarzmo zewnętrzne daje odkształcenie, wyrażające się ugięciem *y* i pochylem *y'* stycznej odkształconej ku osi *X* dla środka bieżącego przekroju belki, przynależnego odciętej *x*. Idąc w kierunku wzrostu momentów gnących, sprzecywnym z kierunkiem osi *X*, obieram na odkształconej trzy punkty kolejne: *n-1*, *n*, *n+1* o współrzędnych *x_{n-1}*, *y_{n-1}*, *y'_{n-1}*, *x_n*, *y_n*, *y'_n*, oraz *x_{n+1}*, *y_{n+1}*, *y'_{n+1}*. Odcinek (*n-1*, *n*) nazywam przęsem *n*, odcinek (*n*, *n+1*) — przęsem *n+1* i oznaczam przez:

l_n, l_{n+1} — długość przęsa *n* i *n+1*.

I_n, I_{n+1} — odpowiednio moment bezwładności stały dla całego przęsa *n* i takż moment, stały dla całego przęsa *n+1*.

M_{n-1}, M_n, M_{n+1} — momenty gnące tuż przed punktami *n-1*, *n*, *n+1*.

P_n — pionową siłę skupioną, przyłożoną do danego punktu odkształconej przęsa *n* w poziomej odległości *a_n* od punktu *n-1* i *b_n* od punktu *n*.

P_{n+1} — pionową siłę skupioną, przyłożoną do danego punktu odkształconej przęsa *n+1* w poziomej odległości *a_{n+1}* od punktu *n* i *b_{n+1}* od punktu *n+1*.

N_n — poziomy moment, przyłożony do danego punktu odkształconej przęsa *n* w poziomej odległości *c_n* od punktu *n-1* i *d_n* od punktu *n*.

N_{n+1} — poziomy moment, przyłożony do danego punktu odkształconej przęsa *n+1* w poziomej odległości *c_{n+1}* od punktu *n* i *d_{n+1}* od punktu *n+1*.

q_n — stałe obciążenie jednostkowe pionowe odkształconej przęsa *n*, poczynające się w poziomej odległości *e_n* od punktu *n-1* i kończące w poziomej odległości *f_n* od tegoż punktu.

q_{n+1} — stałe obciążenie jednostkowe pionowe odkształconej przęsa *n+1*, poczynające się w poziomej odległości *e_{n+1}* od punktu *n+1* i kończące się w odległości *f_{n+1}* od tegoż punktu.

p_n — skrajne obciążenie jednostkowe warstwy trójkątnej, leżącej na odkształconej przęsa *n*. Ostrze trójkąta zwraca się ku punktowi *n-1* i leży w poziomej odległości *r_n* od tegoż punktu. Pionowy bok p_n trójkąta tkwi pomiędzy ostrzem a punktem *n* w poziomej odległości *s_n* od punktu *n-1*.

p_{n+1} — skrajne obciążenie jednostkowe warstwy trójkątnej, leżącej na odkształconej przęsa *n+1*. Ostrze trójkąta zwraca się ku punktowi *n+1* i leży w odległości poziomej *r_{n+1}* od tegoż punktu. Pionowy bok p_{n+1} trójkąta tkwi pomiędzy ostrzem a punktem *n* w odległości poziomej *w_{n+1}* od punktu *n+1*.

Wzory Clerc'a i Clapeyron'a będą więc miały kształt następujący:

$$y'_n = \frac{y_{n-1} - y_n}{l_n} - \frac{1}{6EI_n} \left\{ l_n M_{n-1} + 2l_n M_n - \sum \frac{P_n a_n}{l_n} (l_n^2 - a_n^2) - \sum \frac{N_n}{l_n} (3c_n^2 - l_n^2) - \sum \frac{q_n}{4l_n} (f_n^2 - e_n^2) \right\}$$