

niej wytrzymałości ścianki pionowej do całkowitej odporności przekroju w tym kierunku. Ze wzoru

$$T = \frac{Q \cdot S}{J} \quad \text{wynika, iż przy pewnym określonym } T$$

- wspólnym i jednakowym w każdym danym punkcie przekroju dla wszystkich części tegoż - wielkość Q dzieli się - jeżeli tak można powiedzieć - pomiędzy owe poszczególne części w stosunku odwrotnym do właściwego każdej danej części stosunku $\frac{S_x}{J_x}$.

Jeżeli zatem przypadającą na blachę pionową część Q oznaczmy przez Q_s , zaś moment bezwładności i statyczny tejże nazwiemy przez J_s i S_s , to w myśl powyższego możemy napisać:

$$Q_s : Q = \frac{S}{J} : \frac{S_s}{J_s} = \frac{J_s}{S_s} : \frac{J}{S}.$$

Jak wiadomo, stosunek $\frac{J}{S}$ równa się w przybliżeniu od $0,83 \, h$ do $0,87 \, h$. Weźmy średnio $0,85 \, h$. Z drugiej strony stosunek $\frac{J_s}{S_s}$ możemy ująć całkiem dokładnie w sposób następujący:

$$\frac{J_s}{S_s} = \frac{S h^3}{12} : \left(\frac{S \cdot h}{2} \cdot \frac{h}{4} \right) = \frac{8 h^3}{12 h^2} = 0,67 h$$

Zatem:

$$Q_s : Q = 0,67 h : 0,85 h = \text{ok. } 0,78$$

czyli $Q_s = 0,78 \, Q$.

Dla uproszczenia rachunku - tembardziej, iż to zmierza ku większemu bezpieczeństwu - przyjmiemy, iż siła ta rozkłada się równomiernie na wszystkie nity, czyli tnąca siła, działająca na skrajne nity - o którą nam właśnie chodzi - będzie $\frac{Q_s}{\chi}$, przy-
czem wartości χ , w zależności od tego, z którym z czterech wyżej podanych układów nitów mamy do czy-
nienia, będzie następująca: $\chi = n$, lub $\chi = 2n - 1$,
lub też $\chi = 3n - 1$, lub wreszcie $\chi = 2(2n - 1)$,
gdzie n oznacza ilość nitów w pierwszym rzędzie.
Ostatecznie więc, wytrzymałość skrajnego nita P
musi odpowiadać warunkowi:

$$P = \sqrt{N^2 + T^2} = \sqrt{\left(f \frac{M_s}{\chi}\right)^2 + \left(\frac{Q_s}{\chi}\right)^2}.$$

Oczywiście max. $P = d \cdot \delta \cdot k_g$ i może być obliczo-
ne zgóry. Po wstawieniu zaś jego wartości w równa-
nie max. $P = \sqrt{N^2 + T^2}$, znajdziemy χ . Ponieważ
jednak przedtem musielibyśmy mieć f , co jest nie-
możliwe bez znajomości χ , przeto w rzeczywistoś-
ci są dwie drogi: albo zadajemy sobie χ zgóry i
sprawdzamy za pomocą wyżej podanego równania, albo

też nie chcąc błędzić poomacku, można skorzystać z podawanego przez pr. Patona przybliżonego stosunku f do χ , który otrzymujemy przy pewnych założeniach z wzoru właściwego, zakładając mianowicie - co praktycznie jest dopuszczalne, że $n = \infty$. Wypada wtedy zawsze $f = \frac{6}{\chi}$. Istotnie, weźmy pierwszą dokładną wartość f , mianowicie

$$f = \frac{6(n-1)}{n(n+1)} \quad \text{i przekształćmy tak: } \frac{6(1 - \frac{1}{n})}{n(1 + \frac{1}{n})};$$

zakładając $\frac{1}{n} = 0$ mamy z dużym - oczywiście - przybliżeniem $f = \frac{6}{n}$. Ponieważ dla danego wypadku n jest to całkowita ilość nitów, czyli $n = \chi$ a zatem $f = \frac{6}{\chi}$. Tak samo w drugim wypadku, kie-

dy $f = \frac{6(n-1)}{n(2n-1)}$ możemy napisać:

$$f = \frac{6}{(2n-1)\frac{n}{n-1}} = \frac{6}{(2n-1)\frac{1}{1-\frac{1}{n}}},$$

i przyjmując znów $\frac{1}{n} = 0$, mamy $f = \frac{6}{2n-1}$; ponieważ zaś teraz $\chi = 2n-1$, przeto i w tym wypadku $f = \frac{6}{\chi}$. To samo w podobny sposób można udowodnić również dla dwóch pozostałych wartości f .

Wobec powyższego mamy

$$\max P = \sqrt{\left(\frac{6 M_s}{\chi h}\right)^2 + \left(\frac{Q_s}{\chi}\right)^2},$$

skąd już - znając max. P - nie trudno określić χ

Po pewnem zaokrągleniu otrzymanej z obliczenia wartości χ - należy zastosować jakiś odpowiedni układ nitów /jeden z 4 wyżej podanych/ i wtedy sprawdzić rzecz całą za pomocą pierwotnego dokładnego wzoru. Można przytem korzystać z następującej tablicy /według Direksena/ dla określenia wartości f .

Ilość nitów w jednym rzędzie.	I ukł.	II ukł.	III ukł.	IV ukł.
4	0.900	0.643	0.375	0.322
5	0.800	0.533	0.320	0.267
6	0.714	0.455	0.278	0.227
7	0.643	0.396	0.245	0.198
8	0.583	0.350	0.219	0.175
9	0.533	0.314	0.198	0.157
10	0.491	0.284	0.180	0.142
11	0.455	0.260	0.165	0.130
12	0.423	0.239	0.153	0.120
13	0.396	0.222	0.142	0.111
14	0.371	0.206	0.133	0.103

Należy jeszcze wskazać, w jaki sposób oblicza się M , t.j. odpowiadająca wytrzymałości ścianki pionowej część całkowitego M .

Jak widać ze wzoru

$$k = \frac{M \cdot z}{J}.$$

Jeżeli przyjmiemy zasadę proporcjonalnego do właściwych momentów wytrzymałości rozkładu naprężeń pomiędzy poszczególne części przekroju, to

$$\frac{M}{J} = \frac{M_s}{J_s}, \quad \text{albo} \quad \frac{M_s}{M} = \frac{J_s}{J},$$

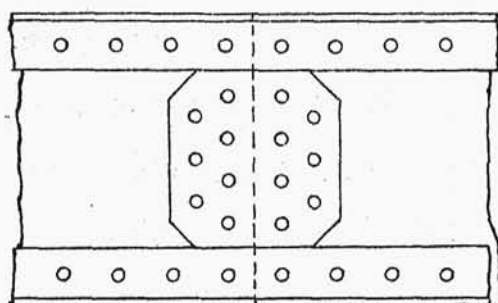
skąd - znając moment bezwładności całego przekroju oraz także moment środka - z łatwością znajdziemy M_s .

Należy zaznaczyć, że właściwie pod M i Q należy rozumieć $\max. M$ i $\max. Q$ dla danego przekroju, gdzie ma miejsce styk środka. Wiadomo jednak, że funkcje te mają swoje maxima przy niejednakowych ugrupowaniach ciężarów ruchomych. Na dobrą więc sprawę należałoby doszukiwać się takiego ugrupowania ciężarów w miejscu styku, ażeby przy objawiających się wtedy M i Q funkcja $P = \sqrt{N^2 + T^2}$ uzyskiwała przy tych wartościach swoje maximum. - Byłoby to jednak zbędną skrupulatnością; wystarczy obliczyć $\max. M$ dla danego przekroju i uwzględ-

nić Q , które przy powyższem położeniu ciężarów ma miejsce. Dobrze jest postąpić i odwrotnie, t.j. znaleźć max. Q oraz odpowiadające temu M i przekonać się, czy przy takiej kombinacji ilość nitów nie wypadnie większa.

Pozostaje teraz jeszcze podać, w jaki sposób najlepiej jest konstruować styk środника.

Dawny system /rys.208/, polegający na ujęciu w

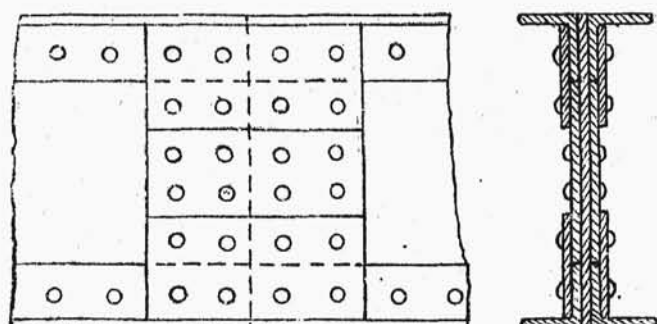


Rys.208.

łubki tylko tej jego części, która się mieści między kątownikami, - posiada tę wielką wadę, - że niema wtedy żadnej rekompensaty - za-

miast przerwanej blachy pionowej na wysokości kątowników, dokąd łubki nie sięgają. Kątowniki roli tej nie są w stanie spełniać, ponieważ obciążone są przecież same i przypadającą na nie pracę własną spełniać muszą. Przekrój zatem we wskazanych miejscach jest bezwarunkowo osłabiony bez żadnej rekompensaty.

Aby temu zapobiedz, należy stosować dodatkowe łąaty $abcd$, które wyżej oznaczony brak uzupełniają. Dla tem lepszego zespolenia z resztą - należy

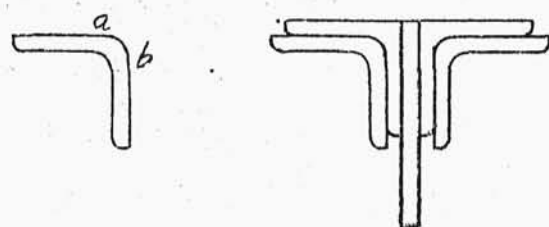


Rys.209.

je przymocowy-
wać w 2 rzędy
nitów, jak na
rys.209.

Mogą być jesz-
cze inne mniej
lub więcej udat-
ne rozwiązania,

których myślą przewodnią jest zawsze utworzenie
takiej konstrukcji, któraby rekompensowała należy-
cie wywołane stykiem osłabienie przekroju.



Rys.210.

Styki kątowników
należy kryć zawsze
za pomocą również
kątowników, nakła-
danych oczywiście
z dolnej strony

/rys.210/. Ponieważ

profil kątownika ma zaokrąglenie *a-b*, przeto w ła-
cie, zakładanej na styk, należy zewnętrzny róg odpo-
wiednio przypasować za pomocą stosownej obróbki. Je-
żeli na łate użyjemy ten sam profil, co i znajdujący
się w przekroju, - to brzegi będą wystawać; lepiej
jest - zatem - stosować odpowiednio mniejszy numer,

zato o stosownie większej grubości, mając przytem na względzie pewne osłabienie, będące następstwem obróbki grzbietu, o której mowa wyżej.

Potrzebną w stykach kątowników ilość nitów najlepiej obliczać podług powierzchni przekroju netto tych kątowników. Sposób ten opiera się na zasadzie, że całkowita ilość nitów, która jak wiadomo potrzebna jest dla przeniesienia pewnego wysiłku z jednej łączonej części na drugą - musi mieć taką właśnie wytrzymałość /na ścinanie, względnie na zgniecenie/, jaką wogóle, posiada ta część, o styk której chodzi. Jeżeli przez S oznaczymy wytrzymałość jednego nita, przez n ich liczbę, przez ω_n - przekrój danej części po potrąceniu otworów nitów, przez k - dopuszczalne naprężenie, to $nS = \omega_n k$, skąd

$$n = \omega_n \cdot \frac{k}{S}$$

Jeżeli stosunek $\frac{k}{S}$ oznaczymy przez μ , to $n = \omega_n \mu$. Spółczynnik μ oznacza zatem tę ilość nitów, która odpowiada - z uwagi na potrzebną wytrzymałość - jednemu cm^2 przekroju netto łączonej części. Zarazem spółczynnik ten jest stosunkiem zasadniczego dopuszczalnego naprężenia żelaza do wytrzymałości jednego nita. Co zaś do tej ostatniej, to należy mieć na widoku 3 wypadki:

1/ może chodzić o wytrzymałość na pojedyncze ścinanie, dla którego $S = k \cdot \frac{\pi d^2}{4}$, 2/ albo też

na podwójne, gdzie $S = 2k_1 \cdot \frac{\pi d^2}{4}$.

3/ wreszcie może zachodzić potrzeba uwzględnienia wytrzymałości na zgniecenie, przy którym

$$S = d \cdot S k_g.$$

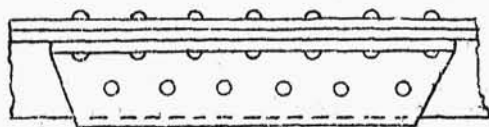
Istnieją tablice, w których - dla wszystkich 3-oh powyższych ewentualności - podaje się odrazu wyliczoną już wartość M . Oto one:

Śred- nica nita d	M_1 na pojed. ścina- nie.	M_2 na podwój- ścina- nie.	M_3 na zgniecenie.					
			$S=7$	$S=8$	$S=9$	$S=10$	$S=11$	$S=12$
13	0.94	0.47	0.55	0.48	0.43	0.39	0.35	0.32
14	0.81	0.41	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.30
15	0.71	0.36	0.48	0.42	0.37	0.33	0.30	0.28
16	0.62	0.31	0.45	0.39	0.35	0.31	0.28	0.26
17	0.55	0.28	0.42	0.37	0.33	0.29	0.27	0.25
18	0.49	0.25	0.40	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23
19	0.44	0.22	0.38	0.33	0.29	0.26	0.24	0.22
20	0.40	0.20	0.36	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21
21	0.36	0.18	0.34	0.30	0.26	0.24	0.22	0.20
22	0.33	0.16	0.32	0.28	0.25	0.23	0.21	0.19

Wytrzymałość na zgniecenie zależna jest, oczywiście, od grubości blachy, - dlatego w tablicach podaje się kilka wartości tejże.

Posiłkować się temi tablicami należy w ten sposób, że dla danej średnicy nita należy wybrać większą wartość dla n , z pośród M_1 i M_3 - względnie M_2 i M_3 - w zależności od tego, czy mamy do czynienia ze ściśnięciem pojedynczym, czy też podwójnem. Oczywiście, jeżeli chodzi o styk kątowników, to kryty on jest zawsze jednostronnie, i dlatego w danym wypadku mamy zawsze do czynienia ze ściśnięciem pojedynczym.

Mając n mnożymy je przez ω_n i otrzymujemy w ten sposób żądane N . Ilość ta rozkłada się na oba boki kątownika; jeżeli te są wąskie /poniżej 120 mm./, to w każdym z nich można umieścić tylko jeden szereg nitów, nity jednego boku względem drugiego idą zawsze w



Rys. 211.

szachownicę; nit, wypadający na samej szparze styku, oczywiście, nie liczy się.

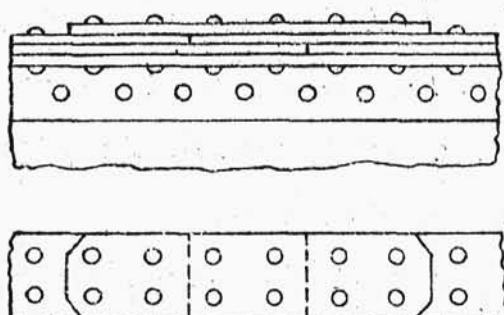
W jednym podłużnym szeregu nie powinno być więcej jak 4 nity /rys. 211/.

Styki blach poziomych łączą się zawsze za pomocą kąta tej samej grubości i szerokości, co i one same. - Jak w kątownikach, tak i tu - krycie jest z natury rzeczy jednostronne.

Obliczanie ilości nitów odbywa się również na zasa-

dzie ω_n i spółośzynnika μ .

Jeżeli w przekroju jest kilka blach poziomych - to staramy się zawsze styki ich wszystkich dawać skupione koło jednego miejsca - o ile - oczywiście,



Rys 212.

wszystkie one mają być sztukowane. Robi się zatem t.zw. styk schodkowy, przycozem między jedną a drugą szczelnią musi być zachowana taka odległość, żeby na

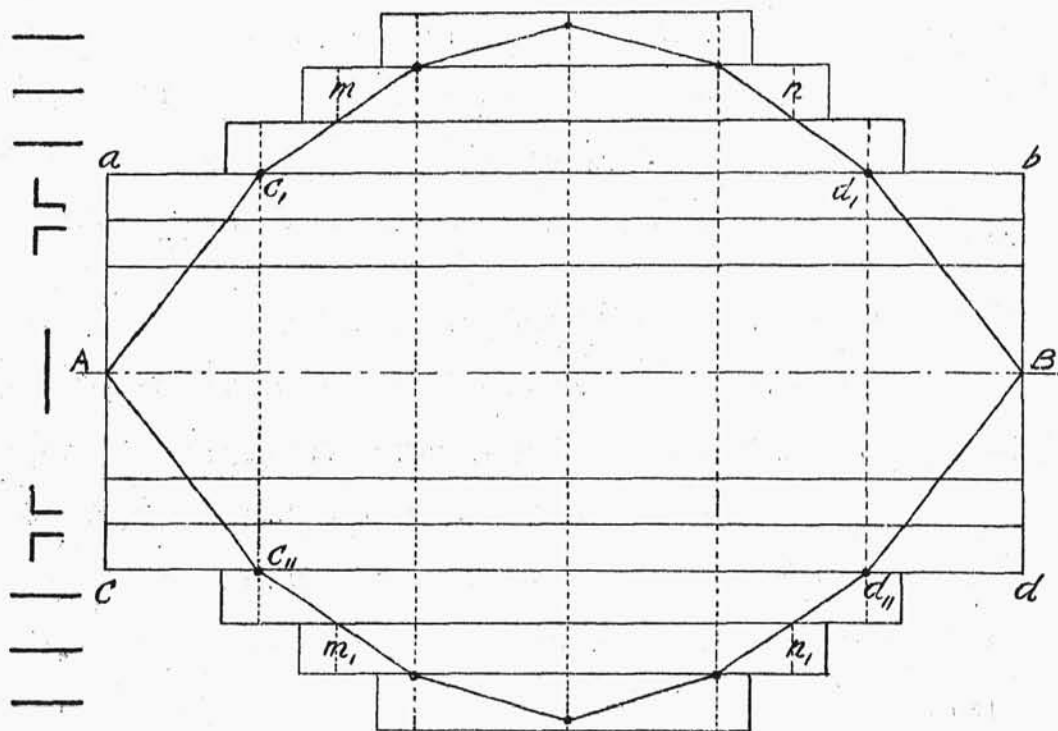
niej pomieściła się kompletna, konieczna dla styku ilość nitów. Cały zaś styk w takim razie kryje się jedną wspólną łata /rys. 212/.

Chcąc wyczerpać kwestję nitowania, - należy jeszcze omówić sposoby łączenia pomiędzy sobą poszczególnych składowych części przekroju. A więc: kątowniki przymocowuje się do ścianki pionowej nitami zazwyczaj \emptyset od 20 do 22 cm., takimiż nitami łączymy kątowniki z blachami poziomymi, tylko lokujemy je w szachownicę w stosunku do tamtych pierwszych, ażeby w ten sposób jaknajmniej osłabiać przekrój. Odległość tych i tamtych nitów - środek od

środku - równa się zwykle od 4 do 5 d . Dla pewności można zawsze odległość tę sprawdzić rachunkiem, wychodząc z założenia, że tnąca siła T , liczona na całej długości a /od nita do nita/ t.j. $T \cdot a = \frac{Q \cdot S \cdot a}{7}$ musi odpowiadać wytrzymałości

tego ostatniego na podwójne ścinanie - względnie: na zgniecenie. Obliczenie takie, oczywiście, może być potrzebne dla miejsc, sąsiadujących z podporami, - gdzie czasami wypada nawet zmniejszyć a - z uwagi na duże Q . Stwierdzić jednak należy, że zazwyczaj normalny skok a jest stały dla całego przęsła.

Zastanowić się teraz musimy nad pewnymi szczegółami, dotyczącymi koniecznej długości blach poziomych. Wiadomo, że w miarę przybliżania się ku podporom moment zginający zmniejsza się. Jeżeli podzielimy przęsło na kilka równych odcinków /rys. 213/, obliczymy dla poszczególnych punktów największe momenty zginające, a wielkości tychże odłożymy w pewnej umówionej skali - po połowie do góry i po połowie na dół od osi poziomej - końce zaś rzędnych połączymy ciągłymi linjami, to otrzymana w ten sposób dwustronna krzywa zobrazuje nam doskonale, w jaki sposób zmienia się moment w za-



Rys. 213.

leżności od miejsca na przęśle.

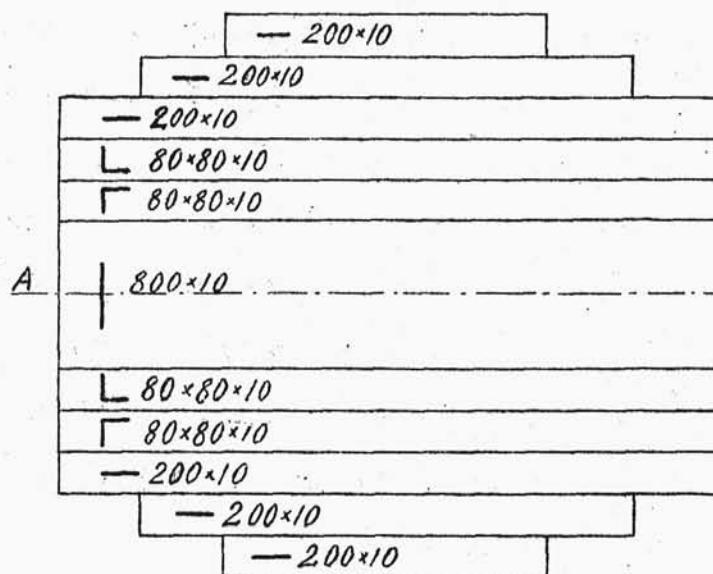
Weźmy teraz wartość momentu wytrzymałości środka łącznie z 4 kątownikami - pomnożmy je przez k , czyli przez dopuszczalne naprężenie, i odłóżmy tę wartość w tej samej skali, co wyżej, i przez końcowe punkty odnośnych rzędnych przeprowadźmy proste ab i cd równoległe do AB ; rysunek taki wskaże nam, że profil wymieniony nie jest już wystarczają-

cym dla zrównoważenia momentu zginającego w granicach od C_1 /względnie C_{II} / do d_1 /względnie d_{II} / . Odłóżmy teraz od linii ab i cd w górę i w dół - w skali tej samej, co poprzednio - wartości momentu wytrzymałości pierwszego arkusza blachy poziomej W_1 - pomnożonego przez k , czyli $W_1 \cdot k$, ułożywszy to w granicach między punktami C_1 i d_1 , względnie: C_{II} i d_{II} . Powiększony w ten sposób wykres wskaże znów, że w granicach od m do n /względnie od m_1 do n_1 / nawet wzmocniony jak wyżej profil już nie wystarcza i że trzeba zatem dodać jeszcze po arkuszu blachy. Zobaczymy wreszcie potem, że wypadnie dodać po jednym jeszcze arkuszu.

W sposób - jak wyżej podano - określamy teoretyczny początek i koniec każdego arkusza blachy poziomej. Pomijając już to, że co się tyczy pierwszej blachy, to prawie zawsze dociągamy ją ze względów konstrukcyjnych do samych podpór, - rzeczywisty początek i koniec każdej następnej musi być w porównaniu z teoretycznym przesunięty w kierunku ku podporom o tyle, żeby było gdzie pomieścić ilość nitów, niezbędną do należytego zespolenia danego arkusza z przekrojem. Jak zaś tę ilość obliczać, to już wiemy z poprzedniego, mianowicie, jeżeli ω_n przed-

stawia przekrój netto danego arkusza, zaś μ współczynnik nita, to $n = \omega_n \cdot \mu$.

Oprócz wykresu, o którym mowa, istnieje jeszcze inny, który obowiązkowo należy zawsze dołączać do



Rys. 2/4

projektu. Jest to wykres /rys. 214/, - na którym, - w pewnej umówionej skali, wskazujemy wymiary poprzeczne poszczególnych składowych części przekroju, oraz ich

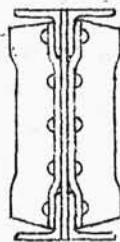
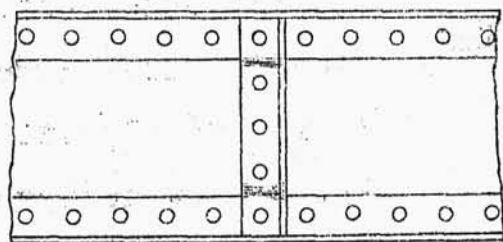
długości. Zaznaczone również muszą być miejsca styków. Przyjęto też wskazywać we właściwych miejscach łaty styków poziomych blach.

Przy pomocy takiego wykresu najlepiej można się orientować co do wzajemnego układu styków w różnych częściach przekroju. Naogół staramy się je tak rozmieszczać, żeby jeden od drugiego nie był bliżej, jak o długość pół-łaty. W ten sposób unikamy szkodliwego

osłabiania przekroju. Niektórzy jednak inżynierowie są zwolennikami t.zw. styku uniwersalnego, który polega na tym, że połączenie wszystkich części koncentruje się właśnie w jednym tylko przekroju, odpowiednio oczywiście wzmocnionym łubkami i łątami.

Na zakończenie wykładu o belkach żelaznych dwuteowych należy podać trochę szczegółów o takich dodatkach, które są niezbędne z powodów czysto konstrukcyjnych.

Przedewszystkiem więc wymaga pewnych wzmocnień ścianka pionowa, która wszak oblicza się tylko na naprężenie normalne i tnące, - jednak nie należy zapominać, że ona musi mieć pewną - dosyć znaczną nawet - wytrzymałość na bezpośrednie zgniecenie, połączone z ewentualnością wyboczenia, które zawsze przy pewnych warunkach może mieć miejsce. Rachunkiem trud-



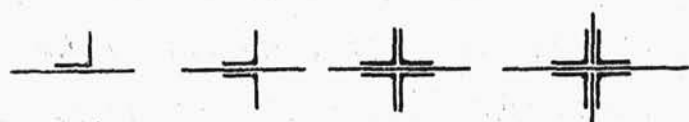
Rys. 215.

no to byłoby określić, ale praktyką już od dawien dawna ustalono, że do ścianki pionowej należy

przynitowywać w pewnych odstępach specjalne kątow-

niki usztywniające na stojąco /rys.215/.

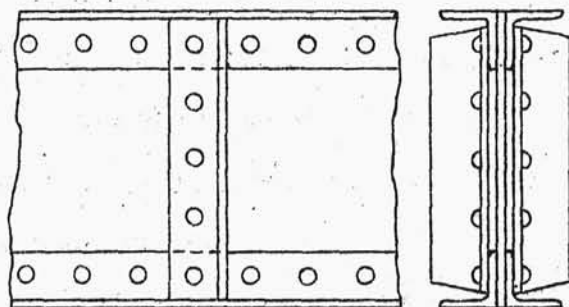
Zależnie od wysokości arkusza blachy pionowej, wypada dawać nie tylko pojedyncze, ale również czasami podwójne, albo nawet i poczwórne, kątowniki



Rys.216.

usztywniające,
a nawet - z
wkładką z blach
/rys.216/.

Jeżeli daje-
tylko pojedyncze, to zwykle przymocowujemy je
to z jednej, to z drugiej strony na zmianę. W każdym
razie dociągamy do samego poziomego boku kątówek pa-

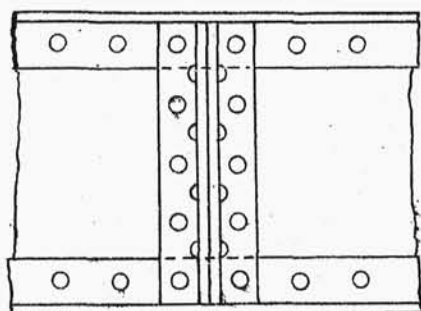


Rys.217.

rowych, przyczem
trzeba je przeginać,
zamiast tego bardziej
pożądane podkładać
pod nie paski odpo-
wiedniej szerokości
/rys.217/. Wymiar
kątowników usztywnia-

jących waha się w granicach od 75 x 75 x 8 do
90 x 90 x 10 ; przy wyższych belkach można stosować
kątowniki nierównoramienne. Odległość w jakiej się je
przymocowuje do ścianki, - waha się w granicach od

0,8 do 1,2 mtr. Czasami - w sąsiedztwie podpor - daje się im kierunek pochyły. W związku z powyższem należy zaznaczyć, że na samych podporach ściankę



Rys. 218.

trzeba wzmacniać w sposób specjalny. Przedewszystkiem przedłużamy zawsze belkę poza teoretyczną oś podpory o jakieś 200 do

300 m/m. i następnie po obu stronach w tejże osi - w płaszczyźnie ścianki - w odległości wyżej podanej dajemy po parze kątowników z każdej strony; przy większych rozpiętościach dajemy jeszcze po jednej parze kątowników z każdej strony blachy na samej osi podpory.

Wytworzony w ten sposób przekrój - w płaszczyźnie poziomej - łącznie z dotyczącą częścią przekroju poziomego środniczka sprawdzamy na zgniecenie, biorąc za miarodajną siłę $max. Q$, nie uwzględniając możliwości wyboczenia.