

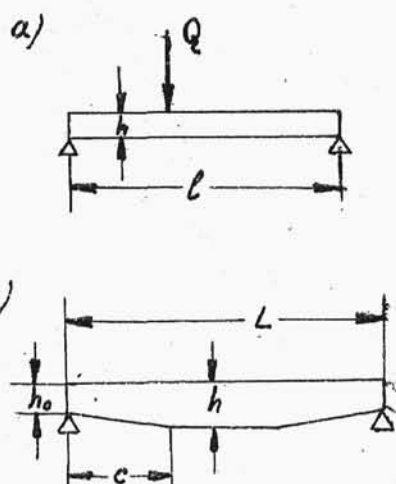
§8. B l a c h o w n i c e .

B l a c h o w n i c a m i nazywamy pasy blaszane połączone kształtownikami. Blachownice znajdują zastosowanie w urządzeniach dźwignicowych. Blachownice stosowane są jako mosty suwnicy. Blachownica taka powinna mieć teoretycznie kształt belki o równej wytrzymałości na zginanie, ale ze względów wykonawczych rezygnujemy z tego i dajemy jak na rys.94. Odpowiednie wymiary przyj-

mujemy empirycznie

$$h_0 = 0,45 \cdot h \quad e = \frac{1}{4} \cdot l$$

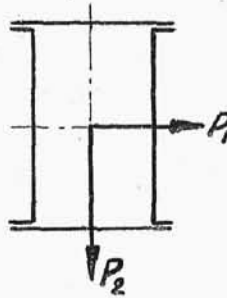
Jeżeli blachownica ma przenosić znaczne siły wzdłużne, np. jeżeli jest jakimś słupem, na którym wspiera się cała konstrukcja, to ze względu na wyboczenie kształtujemy ją tak, aby $J_x = J_y$



rys.94.

Blachownica składa się z długiego pasa blachy s zwanej ś r ę d n i k i e m i przytwierdzonych doń kształtownikami p a s ó w p. Pasów tych może być 0, 1, 2, 3

/rys.96/. Rysunek 96 przedstawia blachownicę, która nie posiada pasa, a rolę jego spełniają kątowniki. Orientacyjnie odpowiednie wielkości elementów blachownicy można przyjąć z poniższej tablicy XI.



rys.95.



rys.96.

Tablica XI.

h cm	g_s cm	PLN	g_p cm	liczba pasów
50 ÷ 75	1 ÷ 1,2	8 ÷ 10	1 ÷ 1,4	≤ 2
75 ÷ 100	1 ÷ 1,3	8 ÷ 12	1,1 ÷ 1,5	≤ 3
100 ÷ 150	1,1 ÷ 1,4	10 ÷ 13	1,2 ÷ 1,5	≤ 4
> 150	1,2 ÷ 1,4	12 ÷ 20	1,2 ÷ 1,8	≤ 4

Obliczenie blachownicy.

Obliczenie blachownicy przeprowadza się jednakowo dla blachownicy przenoszących siły wzdłużne i poprzeczne. Przeprowadzimy je dla wypadku blachownicy suwnicowej, a więc przenoszącej siły poprzeczne. Z warunków statyki określamy moment gnący maksymalny M_g .

Znając moment, w myśl teorii zginania belek pros-

tych możemy napisać

$$W \geq \frac{M_g}{k_g} \quad /85/$$

W - wskaźnik wytrzymałości blachownicy na zginanie.

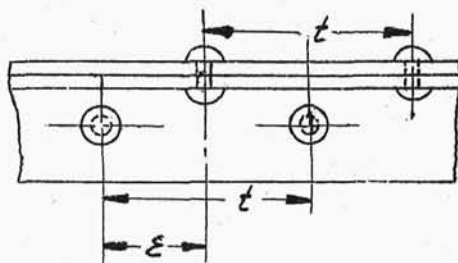
Zakładamy wysokość h a wymiary poprzeczne otrzymamy z równania

$$J = \frac{W \cdot h}{2} \quad /86/$$

Na zakończenie należy dodać, że w wypadku blachownicy suwnicowej obliczenie należy przeprowadzać dla obciążenia zwiększonego o 20% /w wypadku suwnic hutniczych 25-35%/ ze względu na przyspieszanie mas podnoszonych w czasie rozruchu, który dają dodatkowe momenty gnące.

Nie należy również zapominać, że wskaźnik wytrzymałościowy blachy należy zmniejszyć o wskaźnik otworów na nity /względem osi blachownicy/ w środku oraz otwory w pasie. Jeżeli $\xi > 2 \cdot d$ /rys.97/ otworów w pasie można nie uwzględniać.

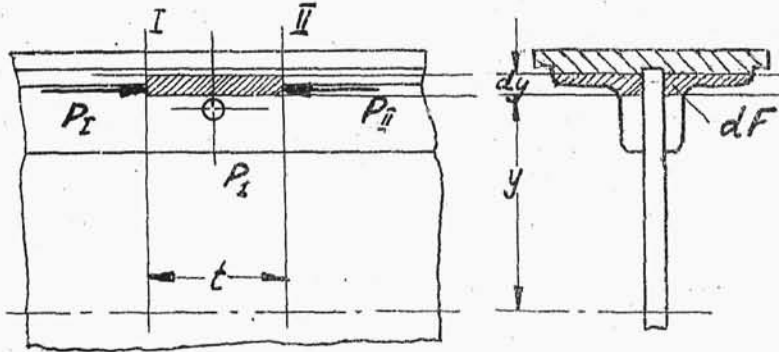
Zajmiemy się teraz obliczeniem podziałki



rys.97.

Dla ułatwienia rozumowania zakładamy, że pas z kątownikami tworzy jedną całość /rys. 98/.

Rozważmy dwa przekroje blachownicy I i II odległe



rys.98.

od siebie o podziałkę. Załóżmy, że znajduje się na tej przestrzeni, tak jak na rys.98, tylko jeden nít.

Rozważmy element przekroju w odległości y od osi blachownicy o szerokości dy . Powierzchnię tego elementu oznaczmy przez dF .

Niech moment gnący w przekroju I M_I będzie a w przekroju II - M_{II} . Wówczas naprężenia w elemencie dF w przekrojach I i II wyrażą się

$$\sigma_I = \frac{M_I}{J} \cdot y \quad \sigma_{II} = \frac{M_{II}}{J} \cdot y \quad /87/$$

Na cały przekrój I i II będą działały wypadkowe wszystkich elementarnych napięć równe:

$$P_I = \int_F \sigma_I \cdot dF \quad P_{II} = \int_F \sigma_{II} \cdot dF \quad /88/$$

Wielkości P_I i P_{II} są różne, bo różne są momenty gnące.

Wypadkowa tych sił $P = P_I - P_{II}$ musi być oczywiście prze-

niesiona przez nit.

$$P = P_I - P_{II} = \int_F \left(\frac{M_I}{J} \cdot y - \frac{M_{II}}{J} \cdot y \right) dF = \frac{M_I - M_{II}}{J} \cdot \int_F y \cdot dF \quad /89/$$

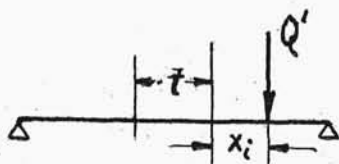
gdzie $\int_F y \cdot dF = S$ - jest momentem statycznym przekroju względem osi blachownicy

więc ostatecznie

$$P = \frac{M_I - M_{II}}{J} \cdot S \quad /90/$$

Określmy teraz M_I M_{II}

Spójrzmy na rys.99 . Oznaczmy dowolną siłę działającą na blachownicę przez Q_i



a jej odległość od przekroju I przez x_i . Odległość

tej samej siły od przekroju

II będzie równa $\overset{x_i - t}{\sqrt{\quad}}$ Uznajmy reakcję jako siły czynne i weź-

rys.99.

my momenty sił z prawej stro-

ny przekroju względem przekroju I i II.

Wyrażą się one

$$M_I = \sum Q_i \cdot x_i \quad M_{II} = \sum Q_i \cdot (x_i - t) \quad /91/$$

W założeniu ..., że między I i II nie ma siły, więc

$$M_I - M_{II} = t \cdot \sum Q_i$$

ale $\sum Q_i$ jest siłą tnącą w przekroju I i II, więc osta-

tecznie

$$p = \frac{t \cdot Q}{j} \cdot S \quad /94/$$

Jeżeli nitujemy na gorąco /zwykle/ to

$$p \leq \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot k_p \quad /95/$$

Z równania /14/ i /15/ możemy określić wielkość podziałki.

Gdybyśmy w identyczny sposób obliczyli podziałkę dla pasa, wypadłaby ona większa od tej /S - większe/, mimo to dajemy ze względów konstrukcyjnych taką samą.

O b l i c z e n i e s z w u p o p r z e c z n e -
g o .

Szew poprzeczny może być g ł ó w n y, gdy wszystkie części blachownicy łączą się w tym przekroju lub c z ę ś c i o w y, gdy łączą się tylko pewne części. Ze względów konstrukcyjnych /łatwość łączenia/ staramy się o łączenie tylko częściowe, a do głównego szwu dopuszczamy w wypadkach wyjątkowych. Zajmiemy się obecnie obliczeniem szwu poprzecznego częściowego /rys.100/ średnika. Szew taki wykonujemy jako nakładkowy. Obliczamy najpierw jak wielki moment przenosi średnik. Moment ten oznaczymy przez $M_{gs} = W_s \cdot \sigma_{maxs}$

cej. Zakładamy, że wszystkie nitki od siły tnącej obciążone jednost. siłą Q , jaką przenosi 1 nit, pochodząca od siły tnącej wobec uczynionego założenia będzie

$$Q_1 = \frac{Q}{n} \quad /99/$$

gdzie n oznacza ilość nitów po jednej stronie nakładki.

Siły od zginania, tak jak naprężenia rozkładają się liniowo. Wprowadzając oznaczenia jak na rys.100, zauważamy odrazu, że siła pochodząca od zginania Q_{wi} w i -tym rzędzie pochodząca od zginania wyrazi się:

$$Q_{wi} = Q_{wmax} \cdot \frac{a_i}{a_{max}} \quad /100/$$

Moment tych sił $/i$ -tego rzędu/ względem osi blachownicowej będzie

$$M = Q_{wi} \cdot a_i = Q_{wmax} \cdot \frac{a_i^2}{a_{max}} \quad /101/$$

Zaś wszystkich rzędów

$$M = \sum Q_{wmax} \cdot \frac{a_i^2}{a_{max}} = \frac{Q_{wmax}}{a_{max}} \cdot \sum_{i=n}^{i=1} a_i^2 \quad /102/$$

Z warunku równowagi moment ten musi być równy obliczonemu momentowi M_{gs}

Otrzymamy więc równanie

$$\frac{Q_{wmax}}{a_{max}} \cdot \sum_{i=n}^{i=1} a_i^2 = M_{gs} \quad /103/$$

z którego możemy łatwo obliczyć Q_{wmax} a dalej Q_{wi} - siłę przypadającą na l, pochodząca od zginania ze wzoru

Znając tę siłę, możemy określić siłę całkowitą, jaką przenosi ten nit, będącą sumą geometryczną siły pochodzącej od zginania i siły tnącej.

$$P_i = \sqrt{Q_{wi}^2 + Q_t^2} \quad /105/$$

Metoda ta ma charakter sprawdzenia, a do wyniku dochodzimy drogą kolejnych przybliżeń.

§8. K r a t o w n i c e.

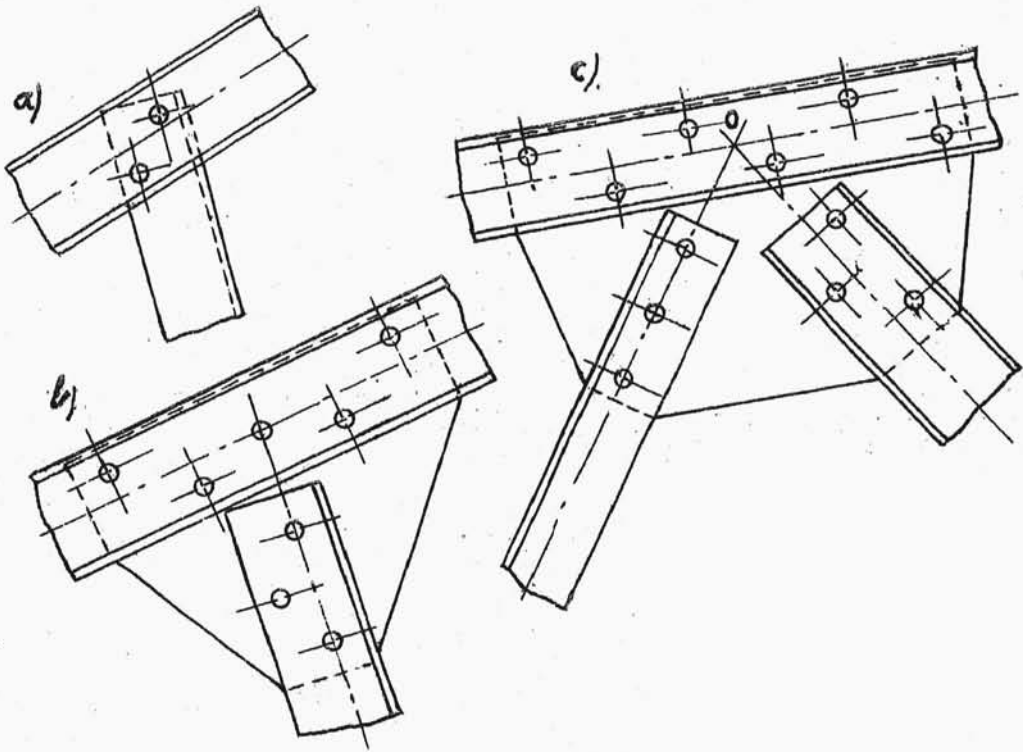
Przy większych siłach /przenoszonych np. przez belki suwnicowe/ blachownice nie wystarczą /byłyby za ciężkie/. W takich wypadkach stosujemy kratownice.

K r a t o w n i c ą nazywamy konstrukcję utworzoną z kształtowników.

Belki kratownic łączymy albo bezpośrednio /rys. 101-a/ w wypadkach mało odpowiedzialnych belek usztywniających, albo przy pomocy blach węzłowych /rys.101-b/.

Ze względu na możliwość dogodnego nitowania używane są belki kratownic, ceowniki, kątowniki i teowniki. Jeżeli warunki konstrukcyjne zmuszają nas do stosowania profilu dwuteowego wykonujemy to jak na rys.102.

Rozpatrzmy teraz sposób formowania blach węzłowych.



rys.101.

Zwróćmy uwagę na rys.101-c. Ze względu na uniknięcie dodatkowych naprężeń od gięcia mimośrodowego, ważnym jest takie zaprojektowanie blachy węzłowej, aby główne osi bezwładności belek przecinały się w jednym punkcie zwanym węzłowym / o /.



rys.102.

Nity łączące poszczególne kształtowniki z blachą powinny być rozłożone symetrycznie względem osi bezwładności belki oraz tak, aby nie osłabiały zbytnio przekroju. W profilu, gdzie nie możemy spełnić tej wskazówki, dopuszczamy do powstania dodatkowych naprężeń, wynikających z niesymetrycznego rozmieszczenia nitów. Unikając jednak gęcia mimośrodem od nieprzećcinania się osi bezwładności belki /rys.101/.

Nity połączenia liczymy na siły, jakie naję przenieść poszczególne pręty wyliczone wykreślnie /plan Cremony/ lub analitycznie.

Pręty liczymy na rozciąganie lub ściskanie, uwzględniając osłabienie otworami na nity. W wypadku długich prętów ściskanych należy przeliczyć je na wyboczenie.

§9. W y b o c z e n i e .

Zależnie od zamocowania możliwe są wypadki wyboczenia prętów /rys.103/.

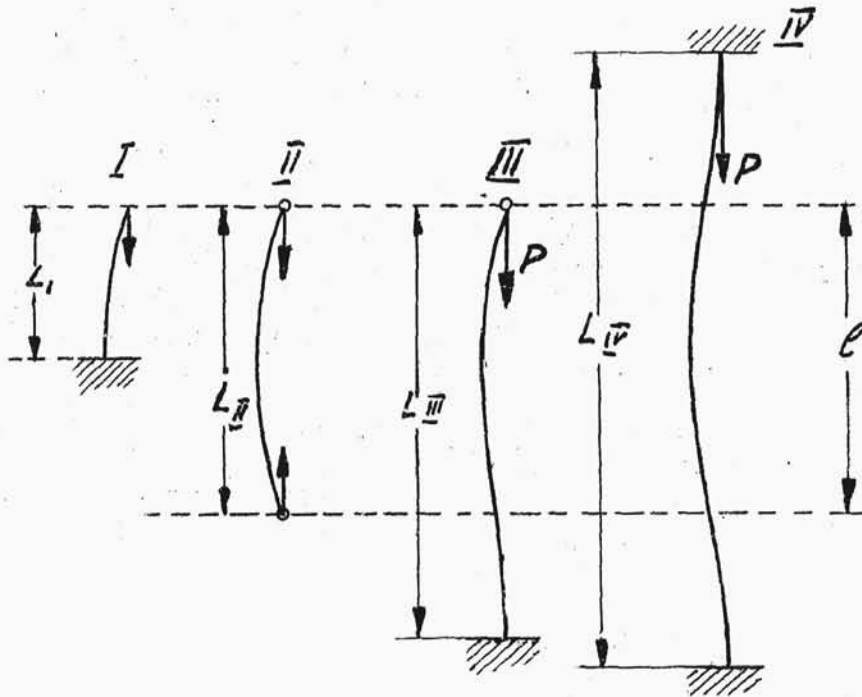
Oznaczmy:

- l - s w o b o d n a długość wyboczenia
- l_1 - długość pręta u podstawy zamocowanego i swobodnie obciążonego

L_I - długość pręta swobodnie zamocowanego na krańcach

L_{II} - długość pręta zamocowanego i swobodnie obciążonego

L_{IV} - długość pręta zamocowanego z obu stron.



rys.103.

Wyboczenia we wszystkich tych wypadkach, obejmujących wszystkie możliwe postacie wyboczenia spotykane w praktyce.

Najczęściej spotykany jest wypadek II w którym

$$L_{II} = l$$

Uzależniając wyboczenia we wszystkich podanych, możliwych postaciach wyboczenia dojdziemy do wniosku, że:

w wypadku I	$l = 2 \cdot L_I$	/106-a/
" " II	$l = L_{II}$	/106-b/
" " III	$l = \frac{L_{III}}{\sqrt{2}}$	/106-c/
" " IV	$l = \frac{L_{IV}}{2}$	/106-d/

/Teoretyczne objaśnienie tych związków znaleźć można w każdym podręczniku wytrzymałości materiałów/.

Obecnie zajmiemy się wypadkiem wyboczenia, gdy

$$l = l \quad /107/$$

Wprowadźmy oznaczenia

$i_x \quad i_y$ - promień bezwładności

$$i_x = \sqrt{\frac{J_x}{F}} \quad i_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}} \quad /108/$$

Nazwijmy: s m u k ł o ś c i ą pręta $\frac{l}{i}$ stosunek swobodnej długości wyboczenia l do promienia bezwładności wytrzymałości pręta na wyboczenie K , a współczynnikiem wytrzymałości pręta na wyboczenie k_w . Przez analogię do ściskania, oznaczając przez χ - w s p ó ł c z y n n i k b e z p i e c z e ń s t w a n a w y b o c z e n i e , mamy:

siła wybaczająca P wyrazi się wzorem:

$$P \leq F \cdot k_w = F \cdot \frac{R_w}{\lambda} \quad /109/$$

Zależnie od stosunku $\frac{l}{l_i}$ mamy do czynienia z wyboczeniem sprężystym lub niesprężystym albo też ze ścisiskaniem.

Dla wyboczenia sprężystego stosuje się wzór Eulera

$$R_w = \frac{\pi^2 E}{(\frac{l}{l_i})^2} \quad /110/$$

Dla wyboczenia niesprężystego stosuje się wzory Tetmajera.

$$R_w = R_o + C \cdot \frac{l}{l_i} \quad /111/$$

gdzie R_o i C - parametry zależne od rodzaju materiału podaje tabl. XII.

Tablica XII

Materiał	$R_o + C \cdot \frac{l}{l_i}$	$\frac{l}{l_i} \min$	$\frac{l}{l_i} \max$
Stal o/o 0,5 0,25	$3100 - 11,4 \frac{l}{l_i}$	10	105
Stal 035 045	$3350 - 6,2 \frac{l}{l_i}$		90
Stal niklowa	$4700 - 23 \cdot \frac{l}{l_i}$		86
Żeliwo	$7760 - 120 \frac{l}{l_i} + 0,53 (\frac{l}{l_i})^2$		
drewno/z drzew iglastych/	$239 - 194 \frac{l}{l_i}$	1,8	100

Zależnie od stosunku l/i mamy do czynienia z wyboczeniem sprężystym, niesprężystym lub ścisaniem.

Jeżeli $l/i < l_{i\min}$ - wyboczenia nie bierze się pod uwagę
/liczymy na ściskanie/

Jeżeli $l/i > l_{i\max}$ - wyboczenie sprężyste /wzór
Eulera/

Jeżeli $l_{i\min} < l/i < l_{i\max}$ - wyboczenie niesprężyste
/wzór Tetmajera/.

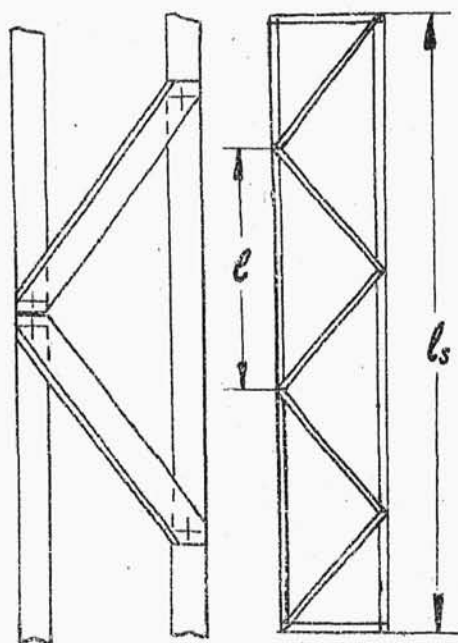
Przykład: Obliczenie słupa z kształtowników przenoszącego obciążenia wzdłużne /rys.104/.

Jako wytyczne przyj-

mujemy:

1/ niebezpieczeństwo na wyboczenie musi być jednakowe względem obu głównych osi przekroju.

2/ Niebezpieczeństwo wyboczenia całego słupa musi być równe niebezpieczeństwu wyboczenia poszczególnych części.



rys.104.

Z warunku 1 /rys.105/

$$J_y' = J_y \cdot 1/1 \quad /112/$$

Wprowadzamy współczynnik ze względu na niezupełną sztywność w płaszczyźnie J_x' skutkiem połączeń cewek.

Przy czym

$$J_x' = 2 \cdot J_x$$

$$J_y' = 2 \cdot (J_y + F \cdot a^2) \quad /113/$$

gdzie:

F - pole przekroju cewki.

Z warunku 2

$$\frac{l_s}{l_s} = \frac{l}{l} \quad /114/$$

ale

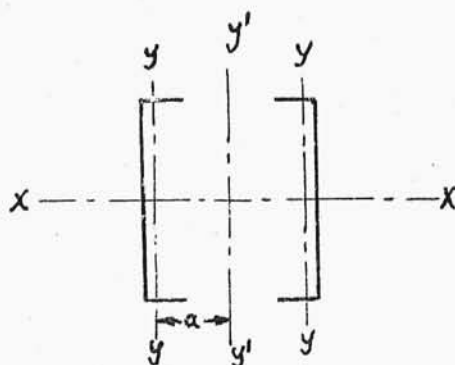
$$\frac{l_s}{l_s} = \sqrt{\frac{2 \cdot J_x}{2 \cdot F}} \quad \frac{l}{l} = \sqrt{\frac{J_y}{F}} \quad /115/$$

więc

$$l = l_s \cdot \sqrt{\frac{J_y}{J_x}} \quad /116/$$

Z warunku 1 określamy a

z warunku 2 określamy l

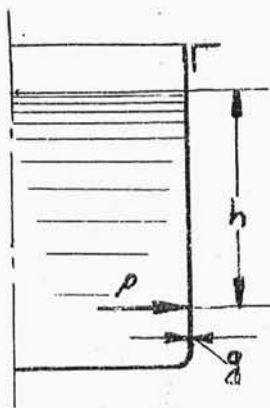


rys.105.

§10. Nitowanie szczelne.

Jeżeli dane połączenie nie przenosi znacznych sił ale musi zapewnić dostateczną szczelność, to nitowanie tworzące takie połączenie nazywamy **s z c z e l n y m**.

Najczęściej z tego rodzaju nitowaniem mamy do



czynienia przy wykonywaniu zbiorników na wodę /rys.106/ Dla zbiorników okrągłych stosujemy wzór ten sam co dla walczaka

$$g = \frac{D \cdot p}{2 \cdot k_r \cdot z} + c \quad /117/$$

z tym, że c dajemy większe ($c = 0,4$) ze względu na możliwość uszczel-

nienia /przy małych ciśnieniach

wypadałyby grubości blach tak małe, że uszczelnienie byłoby niemożliwe/.

Wielkość ciśnienia określa wzór

$$p = \frac{h \cdot \delta}{10} \quad /118/$$

gdzie: p - w kg/cm^2 , h - w m, δ - w kg/dcm^3

W wypadku zbiorników prostokątnych grubość blachy określa wzór empiryczny

$$g = b \cdot \sqrt{\frac{\eta \cdot p}{R_r}} + c \quad /119/$$

wartość η podaje tablica XIII.

Tablica XIII

b/a	0	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
blacha na brzegach podparta	3	2,5	2,2	1,9	1,6	1,4	1,2
blacha zamocowana na brzegach	2	1,7	1,5	1,35	1,2	1,0	0,8

Wielkości podziałki średnicy nitów oraz odległości między szwami określają zależności empiryczne /rys.107/ .

$$d = \sqrt{5 \cdot g} - 0,4 \quad \text{cm}$$

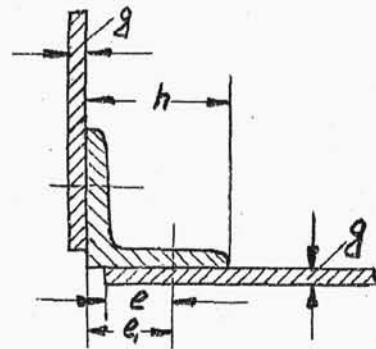
$$e = 1,5 \cdot d \quad e' = 0,5 \cdot h + 0,5 \quad \text{cm}$$

$$t = 3 \cdot d + 0,5 \quad \text{cm}$$

w wypadku dodatkowego szczeliwa między blachą i kątownikami /guma, papier, papa ... itp/.

$$t = 5 \cdot d$$

Orientacyjne wymiary kątowników tworzących szkielet połączenia podaje tabl.XIV



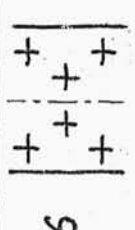
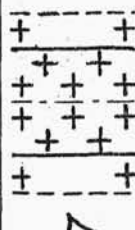
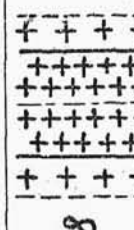
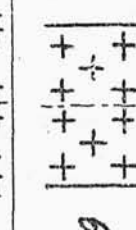
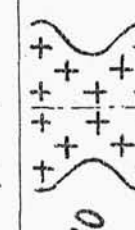
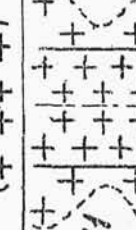
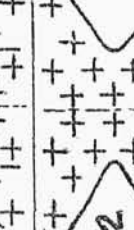
rys.107.

Tablica XIV.

g	2÷4	4÷6	6÷8	8÷10	10÷12	12÷14	14÷16
profil	40x5	45x5	50x9	60x10	70x11	80x12	90x13

Tablica XV

L.p	Obraz nitowania	Oznaczenie n	t cm $\frac{t_1}{t} \frac{t_2}{t} \frac{t_3}{t} \frac{t_4}{t}$	x	$\frac{k_1}{k_2} \dots$ (z z)	τ_d kg/cm ²	d cm	$j_1 j_2$	$\frac{g_n}{g}$	e $e_{12} e_{23} e_{34}$	P kg/cm 0,5 D.P
1		Z 1 1	2d+0,8		1					1,5.d	
2		Z 2 2	2,6.d+1,5	5	(0,58)	700	$\sqrt{5g-0,4}$	1 -	-	-	≤ 500
3		Z 3 3	3.d+2,2	5	(0,69)	650	$\sqrt{5g-0,4}$	2 -	-	0,6t -	390 ÷ 950
4		N 2 2	2,6.d+1	5	(0,74)	600	$\sqrt{5g-0,4}$	3 -	-	0,5t 0,5t -	700 ÷ 1350
5		N 1/2 x 2 5	5d+1,5	4,25	(0,68)	600	$\sqrt{5g-0,5}$	-	1 0,7	-	350 ÷ 850
		1 4 -	1 1/2 -	4,25	(0,82)	590	$\sqrt{5g-0,6}$	1 1	0,8	0,4t -	850 ÷ 1600

6		$N2$ 4	$3,5.d+1,5$		$2,55$ 1 (0,76)	575	$\sqrt{5g-0,6}$	- 2	0,7 0,5t -	1,5.d	$650 \div$ 1350
7		$N2\frac{1}{2} \times 2 - 1$ 9	$6.d+2$	4	$1,16$ 2,4					1,5.d	
8		$N2\frac{1}{2} \times 5 - 2$ 23	$15.d+5$	4	$0,85$ 1,2 2,5	560	$\sqrt{5g-0,7}$	1 2	0,8 0,38t 0,3t -	1,5.d	$1300 \div$ 2300
9		$N3$ 6	$3.d+1$	4	$0,82$ 1,74 4,14	560	$\sqrt{5g-0,7}$	1 2	0,8 0,2t 0,12t -	1,5.d	$1300 \div$ 2300
10		$N3 \times 2 - 1 \times 2$ 10	$6.d+2$	4	$0,81$ 1,34 2,9	550	$\sqrt{5g-0,7}$	- 3	0,7 0,6t 0,6t -	1,5.d	$1100 \div$ 2400
11		$N2\frac{1}{2} \times 3 - 2$ 15	$9.d+3$	4	$0,85$ 1,1 1,28 2,63	550	$\sqrt{5g-0,7}$	- 3	0,8 0,38t 0,3t -	1,5.d	$1300 \div$ 2400
12		$N4,3 \times 2 - 2 \times 2$ 18	$9.d+3$	4	$0,87$ 1,17 1,58 3,36	540	$\sqrt{5g-0,8}$	- 3	0,8 0,25t 0,2t 0,2t -		$1800 \div$ 3100
						530	$\sqrt{5g-0,8}$	- 3	0,8 0,25t 0,2t 0,2t -		$1900 \div$ 3200

Oznaczenia do tablicy XV

n - suma wszystkich pełnych przekrojów nitowych w pasie t .

n_1, n_2, n_3 - ilość pełnych przekrojów nitowych w rzędzie 1-ym, 2-gim, 3-cim.

t - podziałka szwu

t_1, t_2, t_3 - podziałka nitów w 1-ym, 2-gim, 3-cim rzędzie

x - stopień bezpieczeństwa

z - współczynnik wytrzymałości względnej szwu /wartość orientacyjna/

d - średnica otworu nitowego

τ_d - średnie dopuszczalne obciążenie nitów w szwie

j_1, j_2 - ilość rzędów nitów jedno i dwuciętych

g_n/g - stosunek grubości nakładki do grubości ściany walczaka

$P = 0,5 \cdot D \cdot p \text{ kg/cm}$ - siła przypadająca na 1 cm bieżącej długości wzdłużnego szwu walczaka o średnicy wewnętrznej D i poddanego ciśnieniu wewnętrznemu p atm.