

Wzmacnianie konstrukcyj żelaznych przy pomocy spawania.¹⁾

Napisał

dr. inż. Stefan Bryła,
profesor politechniki, Warszawa.

Wzmocnienia konstrukcyj żelaznych dokonywano dotychczas przy pomocy donitowywania części wzmacniających lub też przy pomocy otulania konstrukcji żelaznej betonem. (Por. Podręcznik inż., tom II, str. 1003 i tom III, str. 2009). Spawanie rozszerzyło niezmiernie i na tem polu możliwości inżyniera-konstruktora. Obetonowywanie prowadzi do znacznego zwiększenia ciężaru własnego. Donitowywanie poszczególnych części konstrukcyjnych zaś jest trudne i kłopotliwe, konieczne jest tu bowiem usunięcie istniejących nitów i bardzo dokładne dostosowanie nowych części, tak, aby otwory w nich najzupełniej dostosowały się do istniejących, a dopiero następnie umieszczenie nitów nowych. Trudności te powodowały, że wzmacnianie mostów istniejących przy pomocy nitowania opłacało się tylko w granicach do najwyżej 30% wagi istniejącej konstrukcji żelaznej; przy niektórych zaś przekrojach pasów i innych prętów było nieomal niemożliwe; podobnie ilości nitów w połączeniach węzłowych nieraz zwiększyć poprostu nie było można, a wtedy tem samem wszelkie wzmocnienie konstrukcji wogóle musiało odpaść. Natomiast przy zastosowaniu spawania da się wykonać wzmocnienie konstrukcji żelaznej łatwo i prosto bez usuwania nitów, bez trudnego dostosowywania się do nitów istniejących, a także przy nieomal wszystkich kształtach prętów i belek. Również pod względem stopnia zniszczenia zastosowanie tego sposobu zwiększa niezmiernie skalę możliwości wzmocnień.

I. Zasady ogólne.

1. Wzmocnienie z powodu zwiększenia obciążeń.

Pręty poszczególne wzmacnia się przy pomocy profilów, które się do spaja w najwygodniejszy sposób. Najkorzystniej jest, jeżeli części wzmacniające dobrać się tak, aby uzyskać możliwie mało użytych spoin. Przy wzmacnianiu konstrukcyj nitowanych bowiem nie materiał, potrzebny do wzmocnienia, odgrywa pierwszą i główną rolę w kosztorysie ogólnym, ale raczej samo spawanie. Chodzi zatem o to, by zużytego prądu było jak najmniej. Ze względu na wytrzymałość połączenia należy o ile możliwości stosować spoiny ciągłe, a nie przerywane.

Drugą zasadą jest: umieścić części wzmacniające bez przeszkody ze strony nitów. Główki tychże bowiem utrudniają zadanie w wysokim stopniu. Najłatwiej zatem wzmocnić przekroje na tych powierzchniach, na których nitów niema.

W przeważnej części wypadków musi się jednak umieścić części wzmacniające na płaszczyznach, posiadających przeszkody w postaci główek nitów.

Przeszkody te ominąć można w kilka sposobów:

a) Można dać nakładkę z otworami w miejscach główek nitów i zalać je następnie elektrodą. Otwory te oczywiście muszą być odpowiednio większe

¹⁾ Do części V.: „Mosty“ w tomie II. „Podręcznika inżynierskiego“, str. 751—1008.

od główek nitów, tak, aby materiał elektrody mógł chwycić nie tylko główkę nitu, ale i sam właściwy materiał konstrukcyjny. Ważne jest to tem bardziej, że główki nitów wskutek zetknięcia się z roztopionym materiałem pałeczki pękają stosunkowo łatwo. Zresztą sposób ten wymaga stosunkowo dużej ilości materiału nałożonego i prądu elektrycznego.

b) Można nałożyć podkładki o grubości równej lub nieco większej od wysokości główek nitów. Podkładki takie wykonane być mogą z płaskowników lub nawet odpadków blach (co jest gorsze). Na nich umieszcza się dopiero właściwy element wzmacniający. Ten rodzaj wzmocnienia wymaga stosunkowo dużej ilości spoin; potrzebne są bowiem spoiny podwójne: jedne, łączące podkładki z częścią wzmacniającą i drugie, łączące części wzmacniające z podkładkami.

c) Wreszcie można dla wzmocnienia wybrać profile takie, któreby nie kolidowały z główkami nitów, ale stykały się powierzchnią przekroju wzmocnionego pomiędzy nimi. Jako taki profil nadaje się przedewszystkiem ceówka (korytka); mogą być jednak zastosowane i inne profile. Profil ten należy tak dobrać, iżby szwy można było swobodnie wzmocnić, nie zbliżając się zbyt do główek nitów.

Ustrój ten posiada zalety znacznie większej prostoty, oraz mniejszej ilości szwów, tem samem większej taniałości; natomiast tę niekorzyść, że odchyła więcej oś ciężkości, niż ustrój b).

Słabą stroną ustrojów b) i c) jest to, że pozostaje przestrzeń wolna trudno dostępna, narażająca powierzchnię przylegających profilów na rdzewienie i niszczenie. Należy ją wypełnić albo kitem, albo zaprawą cementową, względnie nawet betonem. Kit jest wygodniejszy przy zastosowaniu wzmocnienia drugiego (b), zaprawa cementowa trzeciego (c). Większe walory konserwacyjne przedstawia oczywiście zaprawa cementowa. Pewne trudności powstają też wskutek tego, że profile są nieraz zmienne; wtedy profile wzmacniające przycina się odpowiednio przy pomocy palnika tlenowo-acetylenowego. Drugą trudność powoduje to, że nieraz do wzmocnienia potrzeba w poszczególnych prętach różnych profilów. Trudność tę, występującą najczęściej przy wzmacnianiu pasów mostów kratowych, usuwa się przez zastosowanie wstawek poprzecznych, zamykających poszczególne części, złożone z tego samego profilu (por. fig. 85 i 90).

Jeżeli na długości belki wprowadza się wzmocnienia rozmaite w rozmaitych miejscach, to wtedy korzystnie jest tak je wykonać, aby zwiększenie przekroju następowało łagodnie, a nie nagle (por. np. fig. 59). Nie jest to konieczne; przy wzmacnianiu przy pomocy nitów tego zalecenia nie przeprowadza się nigdy. Wogóle jednak jest wskazane.

2. Uszkodzenie przez rdzę, uderzenie itd.

Gdy uszkodzenia z powodu rdzy są stosunkowo niewielkie, zwłaszcza pod względem zniszczenia powierzchni, najprostszym sposobem naprawy jest poprostu zalanie uszkodzonych miejsc przy pomocy metalu elektrody po należytem ich oczyszczeniu i przygotowaniu. Jeżeli uszkodzenie jest większe, to można albo część zniszczoną zastąpić wstawioną częścią nową, albo też ująć ją w odpowiednio przykładki, które przenosić będą siły wewnętrzne. Celem zastosowania wstawki należy materiał pręta usunąć na takiej przestrzeni, aby pozostał wyłącznie pełny zdrowy materiał; dla wszelkiej pewności kilka do kilkunastu *cm* poza obręb dostrzeżonego zniszczenia; następnie wstawić odpowiednio dobraną wstawkę, wreszcie spoić ją z materiałem konstrukcyjnym pręta. Aby uzyskać należyte połączenie, musi być miejsce spojenia odpowiednio zukosowane i wolne od wszelkich nieczystości. Wstawka musi być nieco mniejsza wymiarem, tak, aby przy zukosowaniu na *V*, jakie najchętniej będzie stosowane, materiał elektrody mógł się przedostać nawskroś przekroju. Oczywiście niezmiernie ważną rzeczą będzie należyte

ustalenie wszystkich części w prostej przy pomocy uchwytów, które gwarantować będą niezmienną osi wobec czynności spawania. Po wykonaniu spoiny z nadłaniem zeszlifuje się ją do gładkiej powierzchni i powlecze farbą. Można przypuszczać przy dobrej robocie na miejscu budowy, że miejsce spojenia będzie miało wytrzymałość około 80% wytrzymałości materiału konstrukcyjnego lub i więcej. Jest to wystarczające o tyle, że przekrój użyteczny (netto) zazwyczaj nie osiąga nawet tej cyfry. Fig. 31 przedstawia pręt uszkodzony; na fig. 32 widać pręt ten ze wstawioną częścią (zakreskowaną), przyspójoną do pręta. W ten sposób można też wzmacniać mosty żelwne, oczywiście przy zastosowaniu specjalnych elektrod do spawania żeliwa; części brakujące odlewa się specjalnie.

Jeżeli uszkodzenie jest większe, należy pręt w miejscu uszkodzenia zupełnie wyciąć (fig. 33), i wstawić część nową na całej powierzchni przekroju (fig. 34).

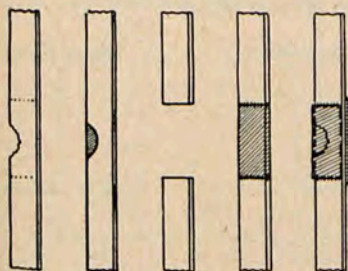


Fig. 31, 32, 33, 34 i 35.

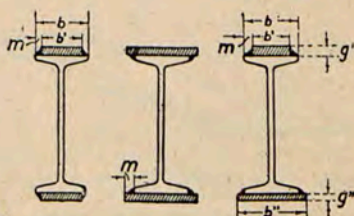


Fig. 36, 37 i 38.

Przy wykonaniu zwłaszcza wstawek należy baczną uwagę zwrócić na odkształcenie termiczne i dostosować do nich wykonanie spoin.

Na fig. 35 pokazano wzmocnienie uszkodzonego pręta przy pomocy przykładek. Zastosowanie ich jest znacznie prostsze w wykonaniu, o tyle, że nie potrzeba tu żadnego dopasowywania i żadnej obróbki, poza oczyszczeniem odpowiednich części przekrojów spawanych. Szpary, które pozostają w częściach uszkodzonych pod przykładkami, można wypełnić kitem albo cementem j. w. Rekonstrukcja przy pomocy nakładek jest pewniejsza od rekonstrukcji przy pomocy wstawek, jednakowoż, jeżeli chodzi o względy estetyczne, wskazane będą raczej wstawki, przykładki bowiem zdradzają od razu swym wyglądem miejsca rekonstruowane, wyglądające wskutek tego jak łąty. Specjalnie wskazane są wstawki w przekrojach złożonych, bowiem główki nitów utrudniają zastosowanie przykładek.

II. Dźwigary walcowane.

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

1. Wzmocnienie przy pomocy dospojonych nakładek (fig. 36, 37, 38). Wielkość nakładek należy 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. 36, 37). Jeżeli natomiast dźwigara obracać podczas spawania nie można, to lepiej górną nakładkę węższą od stopki dźwigara, zaś dolną szerszą (fig. 38), tak, by spoinę można było umieścić wygodnie (min. $m = \min. 0,5 (b - b') = 5 \text{ mm}$). Oczywiście

pole przekroju obu nakładek powinno być równe: $b'g' = b''g''$. Jeżeli szerokość stopki dźwigara jest znaczna (w Polsce $b > 25g$, w Niemczech $b > 30g$), to należy w środku umieścić jeszcze dodatkowo spoiny brzdowe (fig. 39) lub też zastosować nakładki złożone z dwu części (fig. 40 i 41).

Grubość potrzebnych nakładek oblicza się tak samo, jak w blachowniach (por. tom III, str. 2046). Spoiny łączące są zazwyczaj przerywane, aczkolwiek ciągle przedstawiają większe walory.

Nazwijmy w wytrzymałość zastosowanej spoiny w kg/cm b., T siłę poprzeczną, c długość, e odstęp (osiowy) spoin, h wysokość belki, to w przybliżeniu (fig. 42):

$$e = \frac{2w h c}{T}.$$

Największy dopuszczalny odstęp spoin: $e = 5c$. Najmniejsza długość spoiny $c = 40 mm$ (przyczem nie uwzględnia się kraterów).

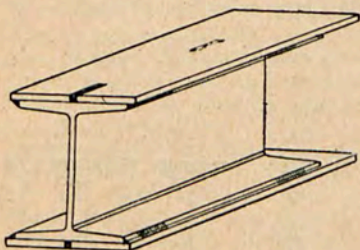


Fig. 39.



a



b

Fig. 40, 41.

Na dźwigarze umieścić można dwie lub więcej nakładek, wtedy jednak szerokości ich powinny być na tyle różne od siebie, by można było wy-

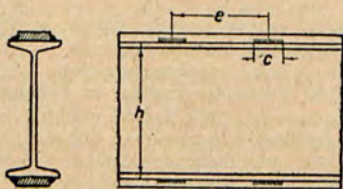


Fig. 42.

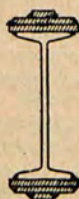


Fig. 43.



a-a'

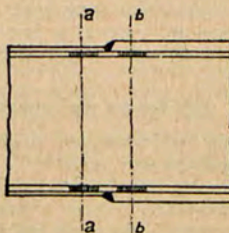


Fig. 44.



b-b'

godnie umieścić spoiny (fig. 43). Można też przerwać w odpowiednim miejscu nakładkę cieńszą i zastąpić ją nakładką grubszą (fig. 44) w tym wypadku.

Spojenie musi być wykonane bardzo starannie. Chcąc być bardzo ostrożnym, można przeprowadzić spoinę nie w płaszczyźnie prostopadłej do osi belki

(fig. 45), ale w ukośnej (fig. 46, 47), tak, by w przekroju poprzecznym znajdował się tylko jeden punkt danej spoiny. Wymaga to oczywiście większej długości spoiny i nakładek (por. Podręcznik inż., tom III, str. 2046). Inne sposoby, stosowane nieraz w blachownicach spawanych, nie nadają się do dźwigarów walcowanych. Wogóle lepiej jest stosować mniejszą ilość nakładek grubszych niż większą cieńszych.

Jeżeli nie można umieścić nakładek na stopkach dźwigarów (nazewnątrz ich, gdy np. niedopuszczalne jest zwiększenie wysokości), to można dospoić je z boku w poziomie stopek dźwigarów. Ponieważ jednak wtedy zwiększa się znacznie szerokość stopek, przeto należy zastosować tu żebra wedle fig. 48. Można wreszcie dospoić przy-

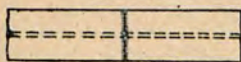


Fig. 45.

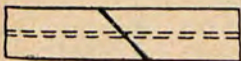


Fig. 46.

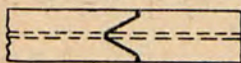


Fig. 47.

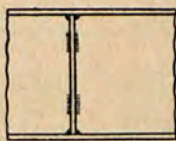


Fig. 48.



Fig. 49.

kładki także od wewnątrz (fig. 49). Należy tu nakładki zukosować od strony ścianki. Dźwigary podwyższone (o zwiększonej wysokości), stosowane rzadko przy wzmacnianiu konstrukcji istniejących a często w nowych konstrukcjach, wykonywa się w ten sposób, że rozcina się dźwigar, rozsuwa obie części rozcięte i łączy je ze sobą (fig. 50). Jeżeli wzmocnienie ma być lokalne, np. na podporze belki ciągłej, to zachodzi potrzeba odpowiedniego wygięcia jednej części rozciętego dźwigara (por. fig. 456, Podr. inż., tom III, str. 2089). Ustrój ten nadaje się zwłaszcza do belek ciągłych. Można też dźwigar przeciąć wedle linii łamanej i przesunąć obie części względem siebie, uzyskując potrzebną wysokość. Dźwigar taki posiada w ściance otwory. Fig. 51 przedstawia przecięcie dźwigara. Fig. 52 nowy dźwigar wzmocniony i spojony w środku wysokości spoinami poziomymi.

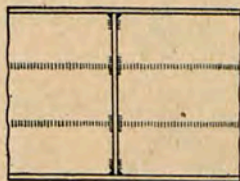


Fig. 50.



Wzmocnienie dźwigarów przy pomocy żeber (fig. 53) stosować można wtedy, gdy z jakichkolwiek powodów nie da się wprowadzić wzmocnień opisanych powyżej, zwłaszcza gdy na dźwigar działają siły skupione. Sposób ten daje dobre rezultaty, szczególnie przy wzmacnianiu profili stosunkowo wysokich. Zwiększenie wytrzymałości naskutek zastosowania żeber w profilach niskich jest raczej nieznaczne. Żebra usztywniające wykonywa się najczęściej z płaskowników, czasem z teówek. W ten sposób można zwiększyć wytrzymałość na zginanie o 15 do 25% (w Polsce sposób patentowany). Usztywnienia takie są wskazane zawsze, gdy na belce (podciągu) spoczywają góra ciężary skupione, belki, słupy itp.

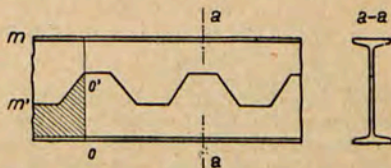


Fig. 51.



III. Blachownice.

Wzmocnienie blachownice uskutecznia się przy pomocy blach lub profili dospojonych na pasach, na zasadach podanych wyżej. Najczęściej zastosowuje się tu jednak kątowniki lub ceówki (por. fig. 54 i 55), rzadziej inne przekroje; można je przyciąć odpowiednio do zmiennej grubości nakładek (por. fig. 56 i 57). Zamiast ceówki przy pasie dolnym (fig. 54—56),

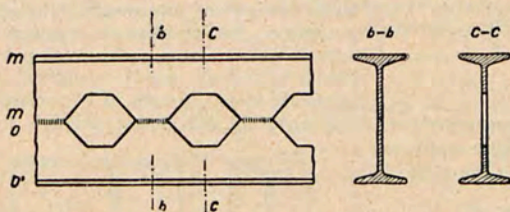


Fig. 52.

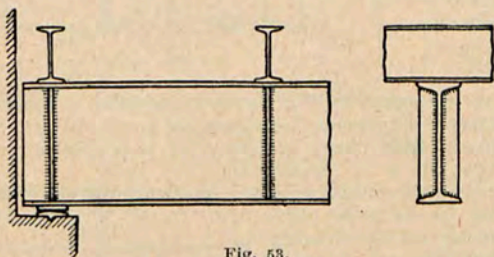


Fig. 53.

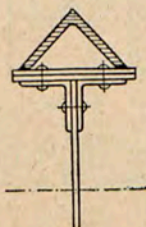


Fig. 54.

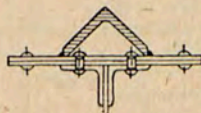


Fig. 55.

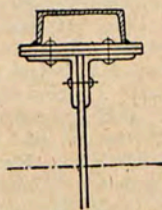


Fig. 56.

lepiej dla uniknięcia spoin sufitowych dać dwie kątowniki od góry (fig. 58). Zakończanie nakładek zaleca się wykonać jak na fig. 59. O ile górą niema miejsca na dodanie nakładek, to można dać wzmocnienie tylko dołem (por. fig. 60). Przy wybitnem wzmocnieniu przekroju może zająć potrzeba usztywnienia ścianki, co najlepiej wykonać przy pomocy żeber dospojonych, jak w dźwigarach walcowanych. Tu jednak usztywnienie to wykonywa się z uwagi na sztywność ścianki, nie z uwagi na zgniot (fig. 61).

Przez odsunięcie dodanego profilu i oparcie go na słupkach uzyskuje się zwiększenie wytrzymałości jeszcze większe. Tu jednak mamy już do czynienia ze wzmocnieniem pośredniem, ze zmianą ustroju belki (fig. 43).

Trudniej jest uzyskać wzmocnienie nitów i połączeń blachownic. Stosunkowo najłatwiej zastosować tu spoiny wzdłuż przykładek (np. w po-

przecznicach mostowych), lub wyciąć otwory w przykładkach i zastosować spoiny brzozdowe. Podobnie można czasem w pewnym stopniu wzmocnić i połączenia nitowane kątówek do ścianki.

IV. Kratownice.

Wzmocnienie przekrojów prętów polega tu na dodaniu odp. profilu, wystarczającego na zwiększone siły rozciągające, wzgl. ściskające z uwzględnieniem wybożenia. Należy dobrać profile, które się dadzą łatwo przytwierdzić, omijają główki nitów, nie wymagają wielu spoin dla przytwierdzenia, pozwalają na łatwą ochronę od rdzy i są symetryczne. Niekiedy ten ostatni warunek nie da się uzyskać i wtedy rezygnuje się

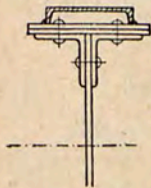


Fig. 57.

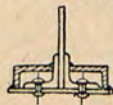


Fig. 58.

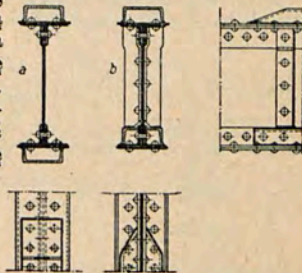


Fig. 59.

z niego, dbając tylko o to, aby osi bezwładności przekroju nie zostały obrócone. Dopuszcza się natomiast zwykle przesunięcie ich równoległe.

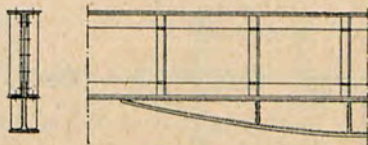


Fig. 60.

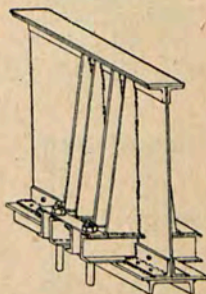


Fig. 61.

Wzmocnienie pasów teowych i dwuteowych wykonywa się najczęściej przy pomocy ceówek, kątówek lub płaskowników (por. fig. 62 i 63) lub wreszcie



Fig. 62.

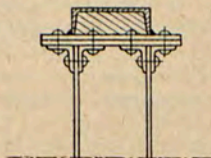


Fig. 63.

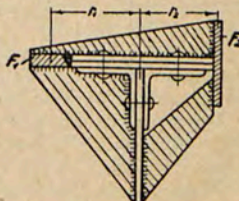


Fig. 64.

kombinacji ceówek i kątówek. W mostach otwartych o pomoście dołem potrzebna jest dla pasów ściskanych duża sztywność ze względu na oś pionową; konieczne jest wtedy poziome rozszerzenie pasu. W mostach kolejowych mo-

żliwość rozszerzenia pasów ku wnętrzu mostu jest jednak zazwyczaj bardzo ograniczona ze względu na obrys. Wtedy stosuje się zwykle wzmocnienie niesymetryczne, najczęściej o kształcie wedle fig. 64. Blachy (płaskowniki) dodatkowe, pionowe i poziome są połączone nie tylko spoinami, ale też przy pomocy blach poprzecznych. W ten sposób cały element wzmacniający składa się i zespaja w warsztacie i jako całość łączy się go następnie z pasem. Osi przekroju wzmocnionego pozostają tu pionowe, wzgl. poziome, więc $r_1 F_1 = r_2 F_2$.

Przy wzmocnieniu słupów i krzyżulców mamy zazwyczaj do czynienia z kątówkami i blachami. Wzmocnienie kątówek uskutecznia się przy po-



Fig. 65.



Fig. 66.

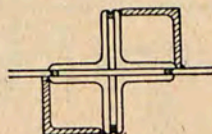


Fig. 67.

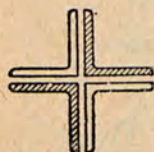


Fig. 68.



Fig. 69.

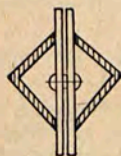


Fig. 70.

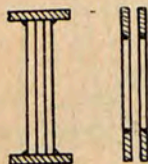


Fig. 71.

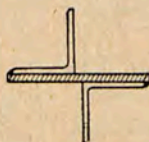


Fig. 72.

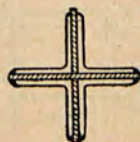


Fig. 73.

mocy blach fig. 62, 65, 66, kątówek (fig. 67, 68), lub ceówek (fig. 69). Wzmocnienie płaskowników (por. fig. 70 i 71). Wzmocnienie wedle fig. 72 i 73 jest możliwe, gdy warunki pozwalają na usunięcie wstawek, łączących kątówki istniejące i nitów. W przekrojach ściskanych, w których wyboczenie wymaga większej ilości materiału w części środkowej pręta dopuszczalne są wzmocnienia wyłącznie na potrzebnej długości krzyżulców bez wzmocnienia części końcowych (por. fig. 63).

Wzmocnienie połączeń węzłowych uskutecznia się przez dodanie w węzłach spoin bocznych, czołowych (często jednych i drugich równocześnie), rzadziej brzdowych. Obliczenie por. str. 2708.

Wzmocnienie połączeń węzłowych por. fig. 74 i 75. Dodanie blach węzłowych w miejscach, w których przedtem ich nie było, jest w Polsce patentowane.

V. Słupy.

O ile wzmocnienie potrzebne jest na ściskanie, musi się je wykonać na całej długości trzonu słupa. O ile tylko na wyboczenie, można je wpro-

wadzić tylko w części środkowej, poza blachami trapezowymi pionowymi w podstawie i w głowicy, co zazwyczaj ułatwia wykonanie.

Do wzmocnień pierwszego typu należą podane na fig. 76 i 77; do wzmocnień typu drugiego, podane na fig. 78 i 79. Wzmocnienie podane tutaj wykonać można i na ściskanie; wtedy jednak należy blachę wzmacniającą połączyć spoiną mn z blachą trapezową (fig. 80).

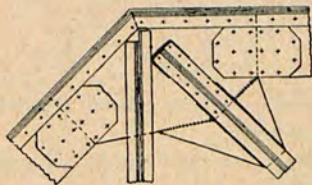


Fig. 74.

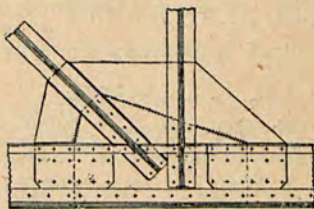


Fig. 75.

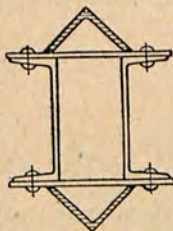


Fig. 76.

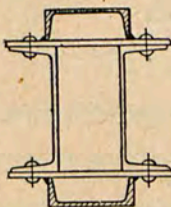


Fig. 77.



Fig. 78.



Fig. 79.

VI. Obliczenie wzmocnienia.

Wzmocnienie konstrukcji można przeprowadzić w dwojakich warunkach:

- z odciążeniem konstrukcji istniejącej,
- bez odciążenia tejże konstrukcji.

1. Wzmocnienie z odciążeniem konstrukcji zachodzi wtedy, gdy można most lewarami podnieść, tak, że strzałka ugięcia zniknie, a most jest bez naprężeń wewnętrznych; ze znacznym przybliżeniem zachodzi też ten wypadek, gdy konstrukcja może zostać odciążona na tyle, że działa tylko jej ciężar własny, ale zarazem siły wewnętrzne ciężaru własnego są bardzo małe w stosunku do sił od obciążenia całkowitego. Wtedy przyjąć można, że obciążenie całkowite przenosi się równo na stare (istniejące) i na nowe (wzmocniające) przekroje. Jeżeli przekrój użyteczny istniejący jest F_i , przekrój użyteczny wzmacniająca F_w , siła wewnętrzna od ciężaru stałego S_g , od ruchomego S_p , to wtedy liczymy wedle wzoru:

$$S = S_g + S_p = (F_i + F_w) k,$$

więc

$$F_w = \frac{S}{k} - F_i = \frac{S_g + S_p}{k} - F_i.$$

2. Wzmocnienie bez odciążenia konstrukcji zachodzi wtedy, gdy konstrukcji nie można podnieść aż do stanu, w którym siły wewnętrzne

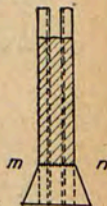


Fig. 80.

Spoina 10 . 10 mm, przy naprężeniu dopuszczalnym $k = 1200 \text{ kg/cm}^2$ mogłaby przenieść siłę $p_{10} = 530 \text{ kg/cm b.}$, zaś spoina 6 . 6 mm siłę $p_6 = 380 \text{ kg/cm b.}$ Przy naprężeniu dop. $k = 804 \text{ kg/cm}^2$, otrzymamy jednak $p_{10} = 380 \cdot 0,67 = 355 \text{ kg/cm}^2$, oraz $p_6 = 255 \text{ kg/cm b.}$

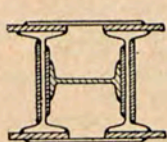


Fig. 87.

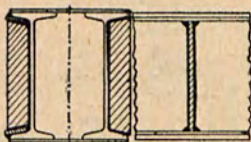


Fig. 88.

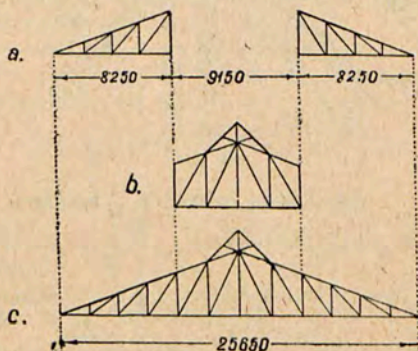


Fig. 89.

Przyjmując cztery spoiny na dwu płaskownikach (po dwa na każdym), otrzymamy ich długość dla siły $\frac{1}{4} P_s = \frac{1}{4} 19,6 = 4,9 \text{ t}$,

$$l_{10} = \frac{4900}{355} = 14 \text{ cm},$$

$$\text{wzgl. } l_6 = \frac{4900}{255} = 20 \text{ cm (por. fig. 84).}$$

VIII. Przykłady wzmocnień.

Wzmocnienie mostu kratowego o pomoście dołem, którego pas był już zbyt słaby, zaś części krzyżulców w wysokości pomostu zostały nadźarte przez rdzę (fig. 85). Wzmocnienie pasa górnego przy pomocy ceówek odpowiednio wyciętych w miejscach zmiany grubości nakładek. W miejscach zmiany przekroju ceówek wstawki poprzeczne z blach. Ceówki wypełnione zaprawą cementową pod ciśnieniem. Wzmocnienie miejsc nadźartych rdzą przez nałożenie metalu elektrody (miejsc zakreśkowane na słupach i przekątniach). Połączenie wzmocnione przy pomocy dodanych spoin. Poprzecznicza wzmocniona przez dodanie dołem ceówki na słupkach (fig. 86).

Wzmocnienie to można też skutecznie wedle fig. 60.

Wzmocnienie słupów w gmachu Tow. Prudential w Warszawie z powodu dodania jeszcze jednego piętra i pewnych przeróbek w projekcie wykonano

przez dospojenie przykładek i dźwigarów dodatkowych (fig. 87). Wzmocnienie podciągów tamże — przez dodanie żeber bocznych według fig. 88 (por. „Spawanie i Cięcie Metali“, 1933).

Wzmocnienie wieży wyciągowej w kopalni Wujek por. „Przegląd Budowlany“ r. 1932, też fig. 61.

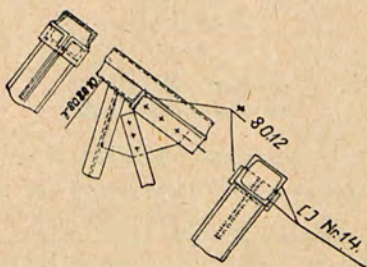


Fig. 90.

Wzmocnienie pierwszego mostu w Polsce por. „Czasopismo techniczne“, r. 1934.

Dach, podany na fig. 89 i 90, wykonano z dachu nitowanego o rozp. 16,50 m w ten sposób, że go rozcięto i wstawiono w środek dorobioną spawaną część $l = 9,15$ m, przy czym połączenie wykonano wedle fig. 90.

LITERATURA.

- Bryła: Spawanie elektryczne żelaza w budownictwie i mostownictwie. Warszawa 1927.
 Bryła: Wzmacnianie kratowych konstrukcyj nitowanych przy pomocy spawania. Lwów 1931.
 Bryła: Wzmacnianie dźwigarów walcowanych przy pomocy spawania. Przegląd Budowlany 1934.
 Bryła: Wzmacnianie mostów stalowych przy pomocy spawania. Czas. Techn. 1935.
 Bryła: Wzmocnienie wieży wyciągowej w kopalni Wujek. Przegląd Budowlany 1932.
 Bryła: Renforcement des constructions métalliques à l'aide du soudage; też po włosku. Kongres Acetylenowy 1934.
 Szeligowski: Pierwsze wzmocnienie w Polsce mostu żelaznego zapomocą spawania łukiem elektrycznym. Czas. Techn. 1934.
 Polak: Wytyczne dla projektowania wzmocnień mostów żelaznych. Czas. Techn. 1935.
 Ponadto roczniki pism: Spawanie i Cięcie Metali, Journal of the American Welding Society, The Modern Industry, The Welding Engineer, Annales des Ponts, Arcos, Stahlbau, Zeitschrift V. d. I.