Przepisy projektowania i wykonywania żelaznych konstrukcyj spawanych.

(Okólnik Ministerstwa Spraw Wewnętrznych Nr. 93 z dn. 6. X. 1933 r.)

Objaśnienia podał

dr. inż. Stefan Bryła,

profesor politechniki, Warszawa.

§ 1. Zasady ogólne.

1. Przepisy niniejsze dotyczą łączenia poszczególnych składowych części stalowych[1]) konstrukcyj zapomocą spawania. Przy obliczaniu statycznem konstrukcji obowiązują ustalone normy obciążeń i naprężeń dopuszczalnych dla konstrukcyj budowlanych.

2. Spawanie powinno być wykonywane metodą, gwarantującą należyte wyniki, jak spawanie elektryczne łukowe prądem stałym i zmiennym, spawanie acetylenowo-tlenowe, spawanie elektryczno-oporowe, spawanie acetylenowo- lub wodorowo-elektryczne.

3. Metoda spawania powinna być dostosowana do charakteru połączeń spawanych danej konstrukcji.

4. Ministerstwo Spraw Wewnętrznych może w poszczególnych wypadkach pozwolić na odstąpienie od norm, zawartych w niniejszych przepisach, pod warunkiem przeprowadzenia odpowiednich doświadczeń i należytego uzasadnienia teoretycznego.

§ 2. Projekt konstrukcji spawanej.

1. Przy projektowaniu stalowych konstrukcyj spawanych należy wziąć pod uwagę specjalne ukształtowanie przekrojów, dostosowane do charakteru i właściwości stosowanej metody spawania.

2. Na projektach konstrukcyj spawanych powinny być wyraźnie podane:

a) metoda spawania (§ 1, p. 2);

b) wszystkie spoiny, — z wyjątkiem punktów (spoin) sczepnych, których oznaczenie na projektach nie jest obowiązkowe — z podaniem ich położenia i wymiarów;

c) kolejność wykonania spoin;

d) zasadniczy podział spoin na spoiny do wykonania w warsztacie i na spoiny do wykonania na miejscu budowy.

§ 3. Normy dla obliczeń statycznych.

1. Przy obliczeniach spoin w połączeniach konstrukcyj stalowych należy przyjmować następujące zasadnicze naprężenia dopuszczalne:

na rozciąganie, ściskanie i zginanie — 1000 kg/cm^2;

na ścinanie dla spoin bocznych oraz pachwinowych: w_s (naprężenie na 1 cm bież.), w zależności od wymiarów spoiny $s \times s$:

$s \times s$ mm	5×5	6×6	8×8	10×10	12×12	14×14	16×16	18×18	20×20
w_s kg/cm b.	350	380	450	530	600	650	700	750	800

[1]) W trakcie wydawania „Podręcznika inżynierskiego“ ustalił Polski Kom. Normalizacyjny termin „stal“ na miejsce terminu dawniej używanego „żelazo zlewne“.

Powyższe dane ważne są dla zasadniczego naprężenia dopuszczalnego konstrukcji k, równego 1200 kg/cm^2; dla innej wartości tegoż k należy powyższe wartości pomnożyć przez spółczynnik $\varphi = \frac{k}{1200}$.

Dla spoin czołowych powyższe wartości można powiększyć o 10%.

Dla spoin sufitowych należy naprężenia dopuszczalne zmniejszyć o 25%, o ile próby wykonane w tej pozycji nie pozwolą na zastosowanie naprężeń wyższych.

Również o 25% należy zmniejszyć naprężenia dopuszczalne dla spoin pachwinowych, wykonanych w kącie mniejszym niż 60°.

Spoiny, których należyte wykonanie jest wątpliwe, należy zupełnie pominąć w obliczeniu.

Naprężenie dopuszczalne materjału macierzystego wynosi w zwykłych warunkach w budownictwie 1200 kg/cm^2, naprężenie dopuszczalne spoiny na rozciąganie i ściskanie $k_s = 1000$ kg/cm^2. W warunkach tych zatem $k_s < k$; jeżeli więc pręt ma być w pełni wyzyskany, należy styk pogrubić lub też różnicę sił przenieść przez przykładki. Różnica ta wynosi

$$\triangle S = \frac{S(k - k_s)}{k},$$

gdzie S jest siłą działającą na dany pręt.

Wedle przepisów

$$\triangle S = S \cdot \frac{1200 - 1000}{1200} = 0{,}167\, S \backsim 0{,}17\, S.$$

Siła ta przeniesiona być musi przez przykładki (o ile nie chcemy stosować odpowiedniego pogrubienia spoiny w styku). Jeżeli jednak przy badaniu palaczek na rozerwanie osiągnie się dla danego materjału i dla danego spawacza wytrzymałość na rozerwanie wyższą niż 3700 kg/cm^2, to w tym samym stopniu można podnieść k_s. Jeżeli zbadana w ten sposób wytrzymałość wynosi $3700 \frac{1200}{1000} = 4440$ kg/cm^2, to wtedy połączenie stykowe wykonać można bez stosowania przykładek. Spawanie stykowe bez zwiększenia przekroju stykowego jest dopuszczalne pod następującemi warunkami:

1. Palaczki muszą być poddane specjalnemu badaniu, na podstawie którego Ministerstwo Spraw Wewn. może je zakwalifikować jako dozwolone do spawania stykowego, względnie jako dające w zasadzie wytrzymałość na rozerwanie 4440 kg/cm^2;

2. Przed przystąpieniem do danej roboty powinien być specjalnie zbadany spawacz wykonywający ją i przy próbach osiągnąć również tę samą średnią wytrzymałość.

Naprężenia dopuszczalne na ścinanie zostały przyjęte zmienne w zależności od grubości spoiny. Jest to dostosowanie się do faktu, że spoiny te przy mniejszych wymiarach poprzecznych posiadają większą wytrzymałość jednostkową (na cm^2 przekroju), niż przy większych, a to z powodów następujących:

Spoiny cienkie wykonywamy przy pomocy jednorazowego nakładania elektrody, natomiast spoiny grubsze musimy nakładać kilkakrotnie, zależnie od grubości spoiny, oraz od średnicy elektrody. Pomimo oczyszczenia warstwy spoiny wykonanej przed nałożeniem dalszej warstwy, połączenie może nie być idealne. Również naprężenia wewnętrzne w spoinie wzrastają wraz z grubością. Wreszcie też ważna przyczyna leży w tem, że grubość wtopienia spoiny wynosi 1—2 mm i dla wszystkich grubości spoin jest mniej więcej jednakowa. Spoiny cienkie są zatem stosunkowo więcej wtopione, niż grubsze, a więc mocniejsze.

Dla spoin sufitowych obowiązują podane w tabeli cyfry niższe o 25% od cyfr dla spoin normalnych. Wiadomo jednakowoż, że spoiny te można wykonać znacznie lepiej, nawet o wartościach równych normalnym. W niektórych warsztatach spoiny te wykonywają specjalni spawacze. Można tu więc zastosować te same naprężenia zasadnicze co dla spoin normalnych po wykonaniu odpowiednich prób; z przepisów należy wnioskować, że decyduje o tem kierownik budowy.

Następująca tablica podaje naprężenie dopuszczalne na ścinanie *us* kg/cm b. dla różnych rodzajów i wymiarów spoin przy różnych wartościach zasadniczego naprężenia konstrukcji k kg/cm^2 (p. str. 2604).

Naprężenia dla spoin sufitowych są tu, zgodnie z przepisami, o 25% niższe, a dla spoin czołowych o 10% wyższe, niż dla spoin bocznych. Tylko przy grubości 5—8 mm spoiny czołowe mają naprężenia takie same jak spoiny boczne.

1. Jeżeli próby, wykonane według § 6, dadzą rezultaty wyższe od przewidzianych, to można w tymże stosunku podnieść naprężenia dopuszczalne.

2. Jako wymiar poprzeczny spoiny przyjmować należy:

Rodzaj spoiny	5×5	6×6	8×8	10×10	12×12	14×14	16×16	18×18	20×20 mm
$k = 1000\ kg/cm^2$									
boczna	290	320	375	440	500	540	580	625	670 kg/cm b.
czołowa . . .	290	320	375	485	550	595	640	690	730 „
sufitowa . . .	220	240	280	330	375	405	440	470	500 „
$k = 1200\ kg/cm^2$									
boczna	350	380	450	530	600	650	700	750	800 kg/cm b.
czołowa . . .	350	380	450	585	660	715	770	825	880 „
sufitowa . . .	260	285	340	400	450	485	525	560	600 „
$k = 1400\ kg/cm^2$									
boczna	410	445	525	620	700	760	820	875	930 kg/cm b.
czołowa . . .	410	445	525	680	770	835	900	960	1030 „
sufitowa . . .	305	330	395	485	525	570	610	655	700 „

a) dla spoin stykowych — grubość elementów łączonych; przy łączeniu blach o różnej grubości — mniejszą z tych grubości;

b) dla spoin pachwinowych wysokość zakreskowanego na fig. 13 trójkąta równoramiennego prostokątnego $s' = 0{,}7\,s$ (fig. 13 i 14);

c) dla spoin brózdowych wykonanych wedle fig. 20 *a* wysokość trójkąta równoramiennego prostokątnego $s' = 0{,}7\,s$;

d) dla spoin brózdowych wypełnionych wedle fig. 15 *b* najmniejszą grubość s lub szerokość m spoiny.

4. Przy obliczaniu długości spoiny nie uwzględnia się kraterów.

Za długość spoiny brózdowej, wykonanej według fig. 3 *a*, należy przyjąć długość obwodu brózdy.

Fig. 13.

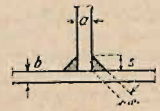

Fig. 14.

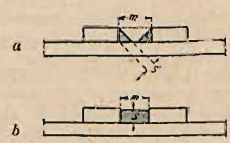

Fig. 15 *a b*.

5. Przy obliczaniu naprężeń w spoinach, pracujących na ścinanie, należy posiłkować się wzorem

$$P = \Sigma w l \ kg,$$

gdzie P — siła przenoszona przez spoiny w kg,
l — długość spoiny w cm po potrąceniu kraterów,
w — naprężenie dopuszczalne w kg/cmb.

6. Osłabienie przekrojów otworami montażowymi należy uwzględnić w projekcie.

W razie stosowania spoiny nierównoramiennej (fig. 16) należy określić jej najmniejszą grubość s' z trójkąta nierównoramiennego $a\ b\ c$ i odpowiednio zainterpolować. Dla ułatwienia podajemy wprost interpolowane wartości w_s dla rozmaitych s' od 4 do 14 mm, a mianowicie dla spoin bocznych w_b, czołowych w_c i sufitowych w_t w kg/cm^2, obliczone przy $k = 1200\ kg/cm^2$.

s'	4	5	6	8	10	12	14
w_b	370	420	475	580	660	730	800
w_c	370	420	490	640	725	800	880
w_t	275	315	355	435	490	545	600

Np. spoina o wymiarach $s_1 \times s_2 = 6 \times 9\ mm$ posiada grubość obliczeniową s':

$$s' = \frac{s_1 \cdot s_2}{\sqrt{s_1^2 + s_2^2}} = \frac{6 \cdot 9}{\sqrt{6^2 + 9^2}} = 5\ mm.$$

Spoiny brózdowe mogą być wykonane w dwojaki sposób: albo wycięcie w blasze będzie stosunkowo szerokie, a spoina rozmieszczona będzie wzdłuż całego jej obwodu (fig. 17 i 18) albo wycięcie będzie wąskie i w całości wypełnione materjałem pałeczki (fig. 19 i 20).

Przy wycięciu szerokiem mamy do czynienia ze spoiną pachwinową, którą oblicza się według wzoru (1) przyczem długość jej przyjmuje się równą długości obwodu wycięcia. Jeżeli obwód ten wynosi a_0, to siła, jaką może bezpiecznie przenieść spoina brózdowa, wynosi:

$$P = w_s a_0\ kg, \quad \ldots\ldots (7)$$

względnie naprężenie (w_s kg/cm b.):

$$w_s = \frac{P}{a_0}\ kg/cm\ \text{b.} \quad \ldots\ldots (8)$$

Jeżeli brózda wypełniona jest w całości materjałem elektrody, to może ona zostać ścięta albo według płaszczyzny o szerokości m, albo według dwu płaszczyzn ab i a' b' (fig. 21) o szerokości t, należy ją przeto przeliczyć dla dwu wypadków. Dla pierwszego mamy:

$$P = n \cdot w_{sm}\ kg, \quad \ldots\ldots (9)$$

gdzie n jest długością brózdy, a w_{sm} naprężeniem dopuszczalnem na 1 cm b., które przyjmujemy w wysokości takiej, jak dla dwu spoin pachwinowych, każdej o grubości $s' = 0{,}5\ m$,

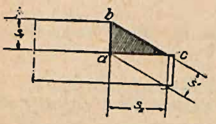

Fig. 16.

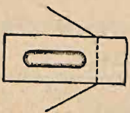

Fig. 17.

Fig. 18.

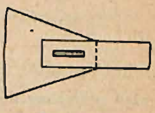

Fig. 19.

Fig. 20.

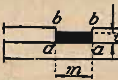

Fig. 21.

Fig. 22.

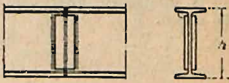

Fig. 23.

czyli $s = 0{,}5\ m : 0{,}7\ m = 0{,}7\ m$, a zatem np. dla $m = 20\ mm$, oraz $k = 1200\ kg/cm^2$ będzie $w_{sm} = 2 \cdot 650 = 1300\ kg/cm$ b. jak dla 2 spoin $14 \times 14\ mm$.

Dla drugiego wypadku mamy:

$$P = 2\,n\,w_{st}, \quad \ldots\ldots (10)$$

gdzie w_{st} przyjmujemy w wysokości takiej, jak dla spoiny pachwinowej o grubości $s' = t$, względnie $s = 1{,}4\ t$. Zazwyczaj $t = g_1$, tj. grubości dospojonej części. Porównywając oba te równania, łatwo zauważyć, że dają wynik jednakowy, gdy

$$w_{sm} = 2\,w_{st}.$$

Warunek ten spełnia się dla $m = 2\,t$, gdyż wtedy

$$\frac{w_{sm}}{w_{st}} = \frac{m}{t} = 2.$$

Jest to zatem najodpowiedniejszy stosunek szerokości spoiny brózdowej do jej grubości. Dla $m < 2\,t$ należy liczyć na m, dla $m > 2\,t$ na t.

Jako przekrój użyteczny uważać można cały przekrój pręta łączonego. Pozwala to na uzyskanie większej oszczędności i racjonalniejszego wykorzystania połączenia — oczywiście przy dobrej robocie. Dlatego też ustrój brózdy wedle fig. 19 jest wedle polskich przepisów właściwszy od ustroju wedle fig. 18.

Styk belek zginanych oblicza się na moment zgięcia występujący w danym przekroju. Jeżeli przekrój belki ma w miejscu styku moment wytrzymałości W, to i spoina będzie miała ten sam moment wytrzymałości $W_s = W$. Jednakowoż naprężenie dopuszczalne na zginanie dla spoiny jest mniejsze niż dla materjału macierzystego, $k_s < k$, przyczem różnica jest unormowana przez przepisy. Niech $k_s = \alpha k = (1 - \varphi)\,k$, to wedle przepisów polskich $\alpha = 0{,}83$, względnie $\varphi = 0{,}17$. Jest wskazane zatem odsunąć styk od miejsca największego momentu. Jeżeli moment M_s w tem miejscu jest mniejszy od max M o ilość większą niż $\varphi\%$, to można styk wykonać bez żadnych elementów dodatkowych (fig. 22).

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

Jeżeli to się osiągnąć nie da, to musimy zastosować przykładki (z boku), lub nakładki (górą i dołem).

Jeżeli stosujemy przykładki (fig. 23), to wysokość belki łączonej w miejscu styku nie ulegnie zmianie. Niech moment bezwładności przykładek wynosi I_p, to będziemy mieli:

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

(gdzie h jest wysokością belki w miejscu styku).

Stąd możemy znaleźć potrzebny moment bezwładności przykładek:

$$I_p = 0{,}5\, h \left(\frac{M}{k} - \alpha\, W \right) cm^3 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (11)$$

Jeżeli zastosowane zostaną nakładki (fig. 24), to wtedy wysokość belki w miejscu styku, zwiększy się o grubość nakładek. Musimy wtedy w obliczeniu wprowadzić dla przekroju belki nie $W = \frac{2\, I}{h}$, ale $W' = \frac{2\, I}{h'}$, zaś dla nakładek (i ewentualnie przykładek) $W_n = \frac{2\, I_n}{h'}$.

Będziemy mieli wtedy

$$M = \alpha k\, W' + k\, W_n = k\, (\alpha W' + W_n),$$

$$M = \frac{\alpha k \,.\, 2\, I}{h'} + \frac{k \,.\, 2\, I_n}{h'} = \frac{2}{h'} k\, (\alpha\, I + I_n),$$

a stąd potrzebny moment bezwładności nakładek.

$$I_n = 0{,}5 \frac{h'}{k} M - \alpha\, I \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

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

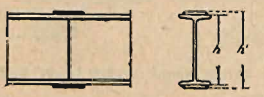

Fig. 24.

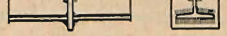

Fig. 25.

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

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

$$\sigma_g = \frac{M}{Ws} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (13)$$

Naprężenie od siły poprzecznej (w grubem, ale wystarczającem przybliżeniu):

$$\sigma_t = \frac{T}{F_s} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (14)$$

Wtedy naprężenie wypadkowe:

$$\sigma_{max} = \sqrt{\sigma_g{}^2 + \sigma_t{}^2} = \sqrt{\left(\frac{M}{W_s}\right)^2 + \left(\frac{T}{F_s}\right)^2} \quad \ldots\ldots\ldots (15)$$

Wielkość σ_{max} nie może być większa od naprężenia dopuszczalnego na ścinanie k_s.

Wartości k_s w kg/cm^2 wynoszą dla poszczególnych spoin: (p. str. 2607.)

Jako grubość spoiny przyjmuje się jej grubość rachunkową, a więc $s' = 0{,}7\, s$.

Styk belki można wykonać też wedle fig. 25. Wtedy spoinę oblicza się wedle wzoru (15). Wpływ siły poprzecznej jest tu zazwyczaj nieznaczny, tak, że zwykle można liczyć wedle wzoru (13). Analogicznie oblicza się połączenia belek ze słupami.

$s \times s =$	5 × 5	6 × 6	8 × 8	10 × 10	12 × 12	14 × 14	16 × 16	18 × 18	20 × 20 *mm*
bocz.	830	755	670	630	590	540	515	490	470 *kg/cm²*
czoł.	830	755	670	695	645	600	570	540	520 „
sufit.	615	565	500	475	440	405	390	370	350 „
bocz.	1000	905	805	760	705	650	620	590	565 *kg/cm²*
czoł.	1000	905	805	835	775	715	680	650	620 „
sufit.	750	680	605	570	530	490	465	440	425 „
bocz.	1170	1055	935	885	825	760	725	690	660 *kg/cm²*
czoł.	1170	1055	935	975	905	835	795	755	725 „
sufit.	875	790	700	665	615	570	540	515	495 „

Jeżeli np. przytwierdzimy dźwigar przy pomocy dwu spoin leżących na zewnętrznej stronie stopek dźwigara, o grubości, s' a długości a, to otrzymamy:

$$F_s = 2\,a\,s', \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

$$W_s = \frac{a}{6} \cdot \frac{(h+2\,s')^3 - h^3}{h+2\,s'} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

Zamiast wzoru (17) można użyć z najzupełniej wystarczającą dokładnością wzoru

$$W_s = a\,s'\,(h+s') \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (18)$$

Jeżeli spoiny umieścimy częściowo lub w całości dookoła stopek i ścianki dźwigara to będziemy mieli kształty ich wedle fig. 26 i 27.

Obliczając styk należy wyznaczyć powierzchnię i moment bezwładności odpowiedniego kształtu spoin łączących i naprężenia obliczyć wedle wzoru (15). We wzorze tym należy przyjąć na W_s moment wytrzymałości spoiny, zaś za F_s jej przekrój.

Moment utwierdzenia belek przytwierdzonych do słupa lub podciągu jest tem większy, im większy jest moment bezwładności spoin utwierdzających i im dłuższa jest belka.

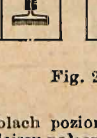

Fig. 26.

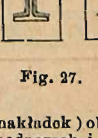

Fig. 27.

Spoiny dźwigarów wzmocnionych przy pomocy nakładek, oraz blachownic spawanych (składających się z blachy stojącej, tj. ścianki, i blach poziomych, tj. nakładek) oblicza się na siłę ścinającą poziomą, jaka występuje w miejscu połączenia. Na podporach i w ich pobliżu, gdzie siły ścinające są zazwyczaj największe, umieszcza się spoiny mocniejsze, najczęściej dłuższe, ku środkowi zmniejsza się ich długość a zwiększa odstęp. Jeżeli siła ścinająca jest znaczna, daje się spoiny ciągłe.

Siła ścinająca na długości c *cm* występująca w miejscu zetknięcia blachy pionowej z poziomemi wynosi:

$$t = \frac{TS}{I}\,c\,kg = 2\,c\,w_s \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (19)$$

We wzorze tym:

T — siła poprzeczna w danym przekroju belki w *kg*,

S — moment statyczny przekroju nakładki (blachy poziomej) ze względu na środek ciężkości przekroju (środek wysokości belki) w cm^3: $S = \frac{h}{2} F_n$,

I — moment bezwładności całego przekroju w cm^4, w przybliżeniu:

$$I = 2\,F_n \left(\frac{h}{2}\right)^2,$$

e — odległość środków poszczególnych spoin od siebie,

c — długość spoin,

F_n — powierzchnia nakładek,

w_s — naprężenie dopuszczalne spoiny w *kg/cm* b.

Zazwyczaj przyjmuje się grubość i długość spoin a oblicza się ich odstępy:

$$e = \frac{2\,c\,h\,w_s}{T} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (20)$$

O ile z obliczenia wypadnie $e > 5c$, przyjmujemy $e \leq 5c$. Spoiny ciągłe stosuje się, jeżeli $e < 2c$. Wtedy otrzymamy, przyjmując $e = c = 1$

$$w_s = \frac{T}{2h} \; kg/cm \text{ b.} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (21)$$

Przyjmujemy spoinę o wytrzymałości $\geq w_s$.

§ 4. Zasady projektowania

(por. Podręcznik inżyn., tom III, str. 2083 i nast.).

1. Przy projektowaniu konstrukcji stalowej spawanej należy ją ściśle dostosować do wymagań techniki spawania, co osiąga się przez odpowiedni wybór przekrojów prętów, dźwigarów, elementów połączeniowych, oraz sposobu połączeń. Należy również ustalić odpowiednią kolejność wykonania poszczególnych połączeń spawanych. W specjalnych wypadkach należy też określić kierunek wykonania spoiny, a także przewidzieć jednoczesne spawanie symetrycznych elementów przez dwu lub kilku spawaczy.

2. Spoiny powinny być tak rozłożone, żeby pod wpływem sił zewnętrznych o ile możności nie pracowały na skręcanie.

3. Przy połączeniach niesymetrycznych profili należy rozmieścić spoiny w ten sposób, ażeby ich środek ciężkości odpowiadał środkowi ciężkości danego pręta. O ile nie uda się tego osiągnąć, należy uwzględnić w obliczeniu powstałe z tego powodu dodatkowe naprężenia.

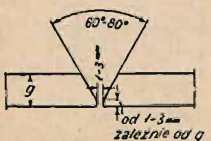

Fig. 28.

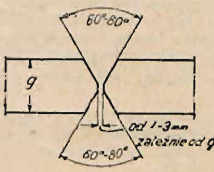

Fig. 29.

Fig. 30.

4. Najmniejsza długość spoiny powinna wynosić 40 *mm* po potrąceniu długości kraterów, przyczem długość krateru przyjmuje się zasadniczo równą grubości spoiny s'.

Odstępy w świetle pomiędzy spoinami przerywanemi nie powinny przekraczać 15-krotnej grubości cieńszej części połączenia, względnie czterokrotnej długości spoiny.

5. Jako zasadę przy projektowaniu spoin stykowych można przyjąć:

a) blach i kształtowników do 4 *mm* grubości zazwyczaj nie ukosuje się;

b) przy większych grubościach blach i kształtowników ukosowanie jest konieczne.

Ukosowanie można wykonać nie na całej grubości blachy g, lecz pozostawić od 1 do 3 *mm* niezukosowane, jak pokazano na rysunkach fig. 28 i 29 dla dwu różnych sposobów zukosowania, na V i na X. Kąt zukosowania powinien być 60° do 80°. Odstęp pomiędzy częściami łączonemi w najwęższem miejscu powinien wynosić od 1 do 3 *mm* zależnie od ich grubości.

O ile poszczególne metody wymagają innego przygotowania, można od powyższych zasad ukosowania odstąpić.

6. Należy w miarę możności unikać spoin pachwinowych w kącie mniejszym od 45°.

7. Przy spoinach bróżdowych szerokość bróżdy powinna być równa conajmniej $1\frac{1}{2}$-krotnej grubości blachy przy krawędziach niezukosowanych, wzgl. 10 *mm* przy bróżdach zukosowanych.

Najmniejszy poprzeczny odstęp brózd w świetle powinien równać się conajmniej potrójnej grubości spoiny.

Spoiny brózdowe należy stosować zawsze, gdy stosunek szerokości nakładki lub pręta do grubości wynosi ponad 25.

W poszczególnych wypadkach, np. przy wzmacnianiu nakładkami dźwigarów walcowanych można zamiast szerokiej nakładki ze spoinami brózdowemi zastosować dwie nakładki obok siebie (fig. 30).

Jeżeli chodzi o połączenie węzłowe pręta, to w danym wypadku zamiast spoiny brózdowej można użyć wycięcia pręta według fig. 442 *d* (Podr. inż., tom III, str. 2085).

8. Przy projektowaniu spoin należy zwrócić uwagę na to, aby można je było wykonać należycie i wygodnie.

§ 5. Personel i zaopatrzenie instalacyjne.

1. Wykonanie stalowych konstrukcyj spawanych wymaga gruntownej znajomości praktyki w tego rodzaju robocie, wobec czego można powierzać je wyłącznie odpowiedzialnym przedsiębiorstwom, posiadającym odpowiedni personel wykwalifikowanych spawaczy pod bezpośrednim nadzorem inżyniera specjalisty, posiadającego odpowiednią wiedzę i doświadczenie.

2. Przedsiębiorca prowadzący roboty spawalnicze, powinien posiadać odpowiednie urządzenia, należycie zainstalowane i utrzymane w dobrym stanie.

§ 6. Materjały do spawania.

1. Jako materjał macierzysty dla konstrukcyj spawanych przewiduje się stal konstrukcyjną, odpowiadającą przepisom dla stali konstrukcyjnej, zawartym w rozporządzeniu Ministra Robót Publicznych z dnia 18 czerwca 1929 r. (Dz. U. R. P. Nr. 54, poz. 431, załącznik 2).

Stale konstrukcyjne wysokowytrzymałościowe można stosować do konstrukcyj spawanych po udowodnieniu na podstawie wyników przeprowadzonych prób, że materjał ten nadaje się do spawania.

2. Własności spoiwa powinny być ustalone przy pomocy prób na: *a*) rozerwanie, *b*) zginanie i *c*) ścinanie.

a) Próby na rozerwanie.

Dla dokonania próby należy spoić dwie blachy o wymiarach 150 × 150 *mm* o grubości od 10 do 12 *mm*, zukosowane pod kątem 60° do 80° zapomocą spoiny V (fig. 31). Po spojeniu należy blachę przeciąć na 5 pasków, z których odrzuca się 2 zewnętrzne paski, 3 zaś wewnętrzne o szerok. 30—35 *mm*

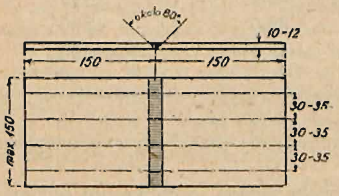

Fig. 31.

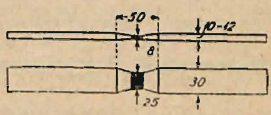

Fig. 32.

obrabia się w środkowej części w ten sposób, ażeby otrzymać przekrój 8 × 25 *mm* na długości 50 *mm*. (fig. 32).

Obrobione w powyższy sposób 3 próbki poddaje się badaniu na rozerwanie. Naprężenie rozrywające powinno wynosić najmniej 3700 kg/cm^2.

b) Próby na zginanie.

Próbki na zginanie przygotowuje się tak samo, jak próbki na rozerwanie według § 6, pkt. 2 lit. *a*, jednak nie obrabia się ich w części środkowej, lecz zaokrągla się krawędzie po szerszej stronie spoiny, przyczem spód spoiny powinien być zgrubsza wyrównany.

Próbki należy poddawać zginaniu według jednego z następujących sposobów:

aa) w położeniu poziomem, w warunkach wskazanych na fig. 33,

bb) w położeniu pionowem według wskazówek fig. 24; w tym wypadku należy próbki uprzednio lekko zgiąć w imadle lub wedle fig. 33.

Próbki należy zginać do chwili ukazania się pierwszego pęknięcia, przyczem kąt zgięcia (fig. 35) powinien wynosić najmniej 60°.

c) Próby na ścinanie.

aa) Próby na ścinanie spoin bocznych (fig. 35).

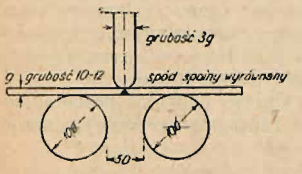

Fig. 33.

Fig. 34.

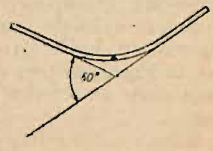

Fig. 35.

Próby wykonywa się z przekrojów płaskowników i blach, wskazanych niżej w tabeli w kolumnie pierwszej, przy wymiarach spoin, wskazanych w kolumnie drugiej.

Wytrzymałość spoin na ścinanie powinna wynosić conajmniej K_s.

Wymiary płask. $g \times b$ *mm*	Wymiary spoin $s \times s$ *mm*	Siła S *t*	Wytrzymałość K_s *kg/cm* b.
10×50	6×6	28,0	1400
12×50	10×10	36,0	1800
16×50	16×16	48,0	2400

Wymiary blach $b' \times g'$ należy tak dobrać, aby przeniosły one z zapasem siłę S.

Należy wykonać $3 \times 3 = 9$ prób. Kratery należy w obliczeniu pominąć.

bb) Próby na ścinanie spoin czołowych (fig. 37).

Próby wykonywa się z płaskowników, połączonych blachami węzłowemi przy pomocy spoin, wskazanych poniżej w tabeli, w kolumnie trzeciej.

Wytrzymałość spoin na ścinanie powinna wynosić conajmniej K_s (p. tab. str. 2611).

Należy wykonać $3 \times 3 = 9$ próbek.

3. Wyniki prób mogą być od podanych niższe do 15%, jednakże w takim wypadku odpowiednie naprężenia dopuszczalne należy również zmniejszyć w tym stosunku, w jakim wyniki prób dadzą gorsze wyniki od obowiązujących według niniejszego paragrafu (p. 2).

Wymiary płaskowników mm		Wymiar spoin mm	Siła S / t	Wytrzymałość K_s, kg/cm b.
zewnętrzn. $g \times b$ mm	wewnętrzn. $g' \times b'$ mm			
6×50	10×60	6×6	16,0	1600
10×50	15×70	10×10	21,0	2000
16×50	20×80	16×16	28,0	2800

4. Jako miarodajne uważa się średnie wyniki, jednakże najgorszy wynik nie może być niższy niż 80% wymaganej przez niniejsze przepisy wartości średniej, według § 3, p. 2, lub § 6, p. 3.

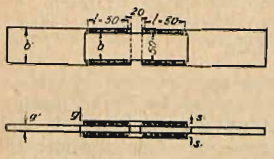

Fig. 36.

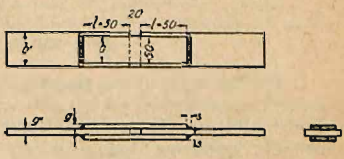

Fig. 37.

5. Pałeczki do spawania muszą być wolne od zendry, rdzy i zanieczyszczeń.

6. Materjał pałeczek powinien wykazać dobrą spawalność, topić się gładko i równo bez okazywania nienormalnych własności.

7. Przy spawaniu elektrycznem łukowem pałeczki powinny być pokryte powłoką uszlachetniającą i ochraniającą.

Używanie pałeczek niepowlekanych o odpowiednim składzie jest dopuszczalne, gdy czynią one zadość wszystkim próbom, wymienionym w § 6, p. 2.

8. Ministerstwo Spraw Wewn. może uznać pałeczki wyrabiane przez odpowiedzialne firmy, a zbadane według niniejszych przepisów na podstawie uznanych przez się prób za dopuszczalne do wykonywania konstrukcyj spawanych bez każdorazowego badania.

Przy każdej budowie należy zatem stosować albo pałeczki marki, wyrabianej przez odpowiedzialne firmy, a zaaprobowane przez Ministerstwo Spraw Wewnętrznych, albo też badać je każdorazowo wedle § 6, poz. 2. Dotychczas zostały w Polsce zatwierdzone przez Ministerstwo Spraw Wewnętrznych następujące elektrody: wyroby sp. akc. „Perun“, a to druty PA i PT do spawania acetylenowego, i Forflex 17, Forflex Ia, Forflex 251 do spawania elektrycznego, wyroby „Huty Pokój“: Baildon ET 35,9, ET 50 i 459, elektrody Joem Zakładów Ostrowieckich, oraz wyroby Böhlera X-B Elite i Fox 88.

§ 7. Przygotowanie do spawania.

1. Elementy konstrukcyjne powinny być dokładnie wyznaczone i obcięte na miarę.

Dokładność wykonania jest inna w konstrukcjach nitowanych, inna w spawanych. W konstrukcji nitowanej poszczególne elementy muszą przystawać do siebie z dokładnością na milimetry — przy spawaniu mogą niezupełnie przystawać a nawet nie powinny ściśle przystawać. § 4, poz. 3, podaje, że „można przyjąć jako zasadę“ odpowiednie ukosowanie z pozostawieniem odstępu 1—3 *mm*. Odstęp ten może być nawet większy.

Przy wykonaniu rysunków można na rysunku podać dla uproszczenia długość poszczególnych prętów przy przyjęciu zupełnego ich przystawania do siebie. Wtedy należy wyraźnie podkreślić na projekcie, że tak, a nie inaczej, podawane są długości.

2. Miejsca dla spoin zarówno warsztatowych, jak i montażowych powinny być wyznaczone w warsztacie na poszczególnych częściach konstrukcji.

3. W wypadkach ukosowania zapomocą cięcia tlenem należy oczyścić mechanicznie powierzchnię ukosowaną, o ile ma ona być spawana elektrycznie.

4. Powierzchnie profili blach spawanych muszą być dobrze oczyszczone z rdzy, farby i zendry na odległości dostatecznej, aby nieczystości nie mogły się dostać do spoiny. Przy spawaniu elektrycznem należy oczyścić je do białego metalu.

5. Jeżeli na biały metal została nałożona cienka warstwa z czystego oleju lnianego (bez farby), można jej nie usuwać.

§ 8. Przyrządy do spawania.

Uchwyty, imadła, jarzma itp. mogą być używane do należytego przytrzymywania krawędzi spawanych, jednak zamocowanie części łączonych musi być tego rodzaju, aby nie mogły wyniknąć z tego powodu naprężenia dodatkowe w spoinie.

§ 9. Wykonywanie spoin.

1. Spoiny wykonywa się według metod pracy najodpowiedniejszych do połączeń w zależności od ich położenia. Wydajność palników i łuku powinny być dostosowane do grubości spawanych części na zasadzie danych technicznych. Spawane brzegi winny być dostatecznie stopione równocześnie z dodawanym materjałem na całej głębokości rowka. Spoina powinna być należycie wtopiona w materjał konstrukcyjny.

2. W razie spawania konstrukcji pod kątem należy zwrócić baczną uwagę na dobre wtopienie spoiny w głębi kąta, utworzonego przez powierzchnie podlegające spawaniu.

3. Spoina powinna być równa, czysta, bez śladu przerywań, bez pór i miejsc spalonych i wogóle posiadać te zewnętrzne oznaki, które charakteryzują spoinę właściwie wykonaną.

4. Celem wykluczenia wszystkich przesunięć poszczególnych części jednego elementu podczas spawania przedsiębiorca może według swego uznania zastosować spoiny sczepne (punkty sczepne), które powinny być jak najkrótsze.

Przed przystąpieniem do właściwego spawania powinno się ustalić należycie względem siebie te profile i blachy, które mają zostać ze sobą połączone przy pomocy t. zw. punktów sczepnych, tj. spoin o bardzo małych wymiarach poprzecznych i bardzo małej długości. Punkty sczepne (spoiny sczepne) umieszcza się dość dowolnie. Powinny mieć one wymiary na tyle tylko silne, iżby zdołały zapewnić elementom konstrukcyjnym możność manipulowania nimi podczas spawania. Istnieje rozmaita praktyka co do traktowania punktów sczepnych w chwili, gdy wykonywa się spoiny definitywne. Punkty sczepne, znajdujące się w miejscach pomiędzy spoinami definitywnemi, pozostawia się prawie zawsze. Jeżeli jednak punkt sczepny znajduje się w miejscu późniejszej spoiny definitywnej, to niejednokrotnie żąda się usunięcia go, wychodząc z założenia, że spoina ta zrobiona być może gorzej niż normalna, że zatem pozostawienie jej i przykrycie nową warstwą stopionej pałeczki osłabi późniejszą spoinę definitywną. W takim razie postąpić można dwojako: albo przed nałożeniem spoiny definitywnej usuwa się punkt sczepny przy pomocy dłuta itp., albo też nadaje się mu zgóry tak minimalne wymiary, by uległ on stopieniu przy nakładaniu spoiny nowej. Oczywiście nie można zagwarantować, do jakiego stopnia to się rzeczywiście stanie. Stąd pochodzi niejednokrotnie praktyka przeciwna: Wykonywa się punkty sczepne oczywiście o odpowiednio minimalnych wymiarach, jednakowoż dobrze wtapiając je, tak, by mogły one wejść następnie w skład spoin definitywnych. Należy je oczywiście wtedy traktować jako pierwszą warstwę spoin definitywnych, a więc przed nałożeniem drugiej warstwy oczyścić je należycie.

5. Wzbronione jest nadawać spoinom sczepnym inne przeznaczenie niż przewidziane w § 9, p. 4. W żadnym wypadku nie wolno z nich korzystać dla podtrzymania rusztowań.

6. Spoina winna być w zasadzie lekko wypukła.

7. Źle wykonane spoiny powinny być usunięte i zamienione. Spoiny takie należy przed ponownem nałożeniem starannie wyciąć ostrem dłutem stalowem (ścinakiem) lub palnikiem.

8. Jeżeli spawanie z jakichkolwiek powodów ulega przerwie, należy specjalnie zwrócić uwagę, aby przy ponownem rozpoczęciu spawania otrzymać stopienie materjału na całej powierzchni zetknięcia się z materjałem poprzednio nałożonym.

9. Przy spawaniu elektrycznem wielowarstwowem należy każdą warstwę dokładnie oczyścić do błyszczącego zdrowego metalu, zanim się przystąpi do nakładania warstwy następnej.

10. Malowanie spoin jest dopuszczalne dopiero po uskutecznieniu odbioru. Przed odbiorem zezwala się jedynie na pokrycie spoin warstwą przezroczystego oleju lnianego, jako ochroną od rdzy, por. § 7, p. 5.

11. Przy temperaturze poniżej zera należy zastosować odpowiednie środki, zabezpieczające należytą pracę spawacza. Również należy spawaczowi zapewnić należytą ochronę od deszczu, śniegu i wiatru.

Nie chodzi tu tylo o sam proces spawania, co o zabezpieczenie spawacza. Spawanie wymaga takich warunków, aby spawacz mógł pracować swobodnie i bez przeszkód. Spawacz, stojący nieomal bez ruchu na mrozie, szybko marznie, ręce mu grabieją, a robota przestaje być precyzyjna i dobra.

W mniejszym stopniu dotyczy to śniegu i deszczu. Tu jednakowoż wchodzi w grę moment ten, że przy zamoczeniu kabli prąd przechodzi z uchwytu elektrody po mokrej powierzchni kabla do ręki spawacza.

§ 10. Dziennik Spawania.

1. Przy wykonywaniu konstrukcji spawanej na placu budowy należy niezależnie od Dziennika Budowy obowiązkowo prowadzić specjalny Dziennik Spawania Placowy, uwzględniający tylko wykonanie spoin.

Artykuł ten poleca prowadzenie dwu Dzienników Spawania *a*) Warsztatowego i *b*) Placowego. Dziennik Warsztatowy może być prowadzony dla wszystkich robót spawalniczych, wykonywanych w warsztacie, albo też specjalnie dla danej roboty.

2. Do Dziennika Spawania powinien być załączony projekt ogólny konstrukcji spawanej wraz z obliczeniem statycznem.

3. Ewentualne zmiany konstrukcji spawanej należy odnotowywać wraz z umotywowaniem w Dzienniku Spawania, przyczem tego rodzaju zmiany muszą być zaopatrzone podpisem kierownika budowy i przedsiębiorcy. Zmiany te należy uwidocznić na projekcie konstrukcji spawanej.

4. Jeżeli Dziennik Spawania nie jest zaopatrzony w ogólny projekt konstrukcji spawanej w sposób przewidziany § 10, p. 2, rozpoczęcie robót konstrukcji spawanej jest wzbronione.

5. W Dzienniku Spawania zapisuje się systematycznie wykonanie wszystkich spoin w odniesieniu do zasadniczego projektu spawania wraz z datami wykonania spoin, oraz nazwiska spawaczy, którzy te spoiny wykonali.

6. Kierownik budowy sprawujący nadzór nad wykonaniem konstrukcji spawanej, jest obowiązany do odnotowywania w Dzienniku Spawania wszystkich zauważonych braków wykonania, a także nakazów usunięcia źle wykonanych spoin, oraz wszelkich zauważonych niedokładności lub odchyleń od projektu zasadniczego.

7. W Dzienniku Spawania należy obowiązkowo notować stan pogody, mający wpływ na wykonanie spawania, a więc deszcz, ewentualnie śnieg, wiatr (słaby, silny), niską temperaturę itp.

8. Wszystkie plany i rysunki wykonawcze, jakie oprócz ogólnego projektu wykonawczego zostały sporządzone dla wykónania konstrukcji stalowej, powinny być przechowywane i w każdej chwili dostępne na miejscu wykonania robót.

9. Dla robót spawalniczych, dotyczących danej konstrukcji, a wykonywanych w warsztatach, należy prowadzić specjalny „Dziennik Spawania Warsztatowy“, ze szczególnem uwzględnieniem p. 5, 6 i 10 niniejszego paragrafu.

Po ukończeniu robót spawalniczych w warsztacie Dziennik Spawania Warsztatowy dołącza się do ogólnego Dziennika Spawania.

10. Jeżeli warsztat wykonywający konstrukcyjne roboty spawalnicze, prowadzi u siebie swój własny Dziennik Spawania Warsztatowy, jednoczący wszystkie roboty spawalnicze, dokonywane przez warsztat z uwzględnieniem powyżej podanych wymagań, wtedy prowadzenie oddzielnego Dziennika Spawania Warsztatowego dla danej budowy według p. 9 niniejszego paragrafu nie jest konieczne.

Na żądanie kierownika budowy warsztat podaje poświadczony podpisem właściciela warsztatu i odpowiedzialnego kierownika robót spawalniczych warsztatu odpis Dziennika Spawania Warsztatowego, dotyczący danej budowy. Stosownie do żądania odpis może obejmować część lub całość robót spawalniczych.

11. Protokół ostatecznego odbioru konstrukcji spawanej należy wciągnąć do Dziennika Spawania i tem samem Dziennik uważa się za zakończony.

§ 11. Kontrola i odbiór robót spawanych.

1. Wewnętrzna kontrola robót obejmuje czynności przed spawaniem, podczas spawania i po spawaniu.

2. Kontrola przed przystąpieniem do robót spawania obejmuje: zbadanie materjału spawania i zdolności zawodowych spawacza, spawalności metalu, przeznaczonego do spawania, wartości dodawanego materjału i położenia spoin. Rezultat kontroli powinien być wniesiony do Dziennika Spawania. W zależności od wyniku kontroli kierownik robót wydaje pozwolenie na rozpoczęcie robót spawania.

3. Kontrola podczas pracy spawania obejmuje: sprawdzanie sposobu pracy, siły palnika lub łuku, regularności i przebiegu spawania, oraz dobrego topienia krawędzi.

4. Kontrola po pracy spawania obejmuje: zbadanie zewnętrznych oznak, pozwalających na ocenę wartości spawania, względnie zbadanie spoin przy pomocy specjalnych aparatów.

5. Przedsiębiorca obowiązany jest udostępnić organom kontrolującym, wyznaczonym przez Urząd Wojewódzki, wgląd do prac spawania, wykonywanych bądź w warsztacie, bądź na placu budowy.

6. Przy odbiorze ostatecznym konstrukcji spawanej na miejscu budowy należy sprawdzić zgodność spoin zatwierdzonym projektem pod względem położenia, długości i wymiaru każdej spoiny.

7. Odbiór konstrukcji spawanej może się odbywać w całości lub częściowo w miarę postępu robót spawalniczych, o czem każdorazowo należy wnieść osobną protokolarną wzmiankę w Dzienniku Spawania.

8. Przy większych budowach kierownik budowy może zażądać od przedsiębiorcy, wykonywającego konstrukcje spawane, aparatu do badania spoin.

Kierownik budowy może i powinien zażądać od firmy wykonywającej aparatu do badania spoin. Istnieje dziś już dość dużo metod badania spoin (badanie elekromagnetyczne, promieniami Roentgena, promieniami gamma, stetoskopem i inne); przeważnie jednak przyrządy służące do tego celu są drogie. Jednakowoż przepisy nie precyzują zupełnie, jakiego rodzaju mają być te aparaty. Wynika stąd, że zastosować można przyrządy, polegające na wycięciu połączenia w dowolnem miejscu i zbadaniu go. Urządzenia tego rodzaju są stosunkowo tanie.

§ 12. Próby spawaczy.

1. Przedsiębiorca, podejmujący się prowadzenia robót spawalniczych, obowiązany jest przeprowadzać stałe próby spawaczy, i tylko spawacze, którzy przeszli egzamin z wynikiem dodatnim, dopuszczeni być mogą do wykonywania robót spawalniczych.

2. Spawacze powinni być poddawani próbom przez fachowego inżyniera co 6 miesięcy, a także każdorazowo przy przejściu z jednej budowy na drugą, jeżeli tego zażąda kierownik budowy.

3. Każdy spawacz, zatrudniony w budowie, powinien przy próbach wykonać trzy próbki na rozerwanie (§ 6, p. 2, lit. *a*), trzy próbki na zginanie (§ 6, p. 2, lit. *b*) i trzy próbki na ścinanie spoin czołowych (§ 6, p. 2, lit. *c*, *bb*), uzyskując należyte wyniki. Należy przytem zastosować tę metodę i te pałeczki, które mają być użyte na budowie.

4. Jeżeli spawacz ma wykonywać spoiny sufitowe lub spawać w innej pozycji niż normalnie, powinien również wykonać tego rodzaju próby, przyczem wyniki spawania sufitowego mogą być o 25% niższe, niż przy normalnej próbie (por. § 3, p. 1).

5. Sprawozdanie z próby spawacza powinno zawierać dokładne dane o instalacji, z której czerpano energję, o materjale spawanych części, o materjale użytym do spawania, szczegóły, tyczące się samego wykonania i jakości połączenia pod względem dokładnego przetopienia i dokładnego przenikania materjału. Również powinny być zanotowane błędy powierzchniowe, wykończenie i sposób spawania.

6. Nazwisko spawacza, data i miejsce dokonania próby wnosi się do Dziennika Spawania, i w tymże Dzienniku Spawania powinno być odnotowane pozwolenie kierownika budowy na dopuszczenie danego spawacza do wykonania robót spawalniczych na budowie.

Kierownik budowy powinien odnotować w Dzienniku Spawania Placowym, na podstawie jakich prób został dany spawacz dopuszczony do wykonania roboty (czy na podstawie prób wykonanych pod okiem samego kierownika, czy na podstawie prób, wykonanych podle § 6 p. 2 w danem przedsiębiorstwie co 6 miesięcy).

7. Za należyte kwalifikacje i umiejętność spawacza odpowiedzialność ponosi przedsiębiorca.

Przykłady obliczeń.

Przykład 1. Pas górny więzara kratowego jest wykonany z teownika N 8/8, pręt kraty prostopadły do pasa z rury gazowej ϕ $2^1/_2$'' (fig. 38). Obliczyć grubość spoin, łączących rurę z pasem, jeżeli siła wewnętrzna w rurze wynosi 7 ton, a naprężenie dopuszczalne w konstrukcji 1200 *kg/cm*². Rura jest połączona z pasem czterema spoinami o długości 7 *cm*, jeżeli pominiemy możliwość umieszczenia spoin na obwodzie rury, przylegającym do poziomego ramienia teownika. Długość łączna spoin wynosi zatem $4 \cdot 7 = 28$ *cm* — naprężenie ścinające na 1 *cm* b. $\sigma_b = \frac{7000}{28} = 250$ *kg/cm* b. Wystarczy zatem spoina 4×4 *mm*.

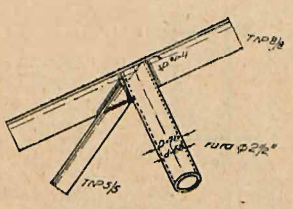

Fig. 38.

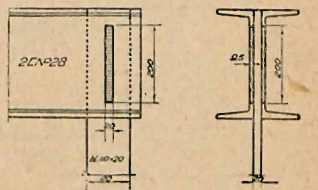

Fig. 39.

Przykład 2. Na końcu wspornika z 2 ceowników ⊏ NP 28 zawieszony jest pręt z płaskownika 110×20, obciążony siłą 25 ton (fig. 39). Obliczyć długość spoiny bruzdowej o szerokości 20 *mm* zapełniającej całkowicie szczelinę. Dla $m = 20$ $W_{sm} = 2 \cdot 650 = 1300$ *kg/cm* b.

Dla $t = 9{,}5$ z tablicy na str. 2604 przez interpolację $w_{st} = 585 \frac{1{,}5}{2} \cdot (660 - 585) = 640$ *kg/cm* b., ponieważ $w_{sm} > 2\, w_s$ stosujemy wzór (10)

$$n = \frac{25000}{2 \cdot 640} = 19{,}5\ cm = \sim 20\ cm.$$

Przykład 3. Wzmocnić styk belki INP 30
a) zapomocą przykładek,
b) zapomocą nakładek

w ten sposób, aby połączenie mogło bezpiecznie przenieść maksymalny moment zgięcia dopuszczalny dla profilu INP 30 — przy przyjęciu naprężeń dopuszczalnych wedle § 3, p. 1, ust. 1.

a) Wedle wzoru (11) moment bezwładności przykładek wynosi Ip.

$$Ip = 0{,}5 \,.\, 30 \,.\, (653 - 0{,}83 \,.\, 653) = 1665\ cm^4;$$

przyjmując przykładki o grubości 10 *mm*, otrzymamy

$$2 \,.\, \frac{1}{12} \,.\, 1{,}0 \,.\, h^3 = 1665,$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{12 \,.\, 1665}{2 \,.\, 1{,}0}} = 21{,}5\ cm;$$

b) wedle wzoru (12) dla nakładek o grubości 6 *mm*

$$I_n = 0{,}5 \,.\, (30 + 2 \,.\, 0{,}6) \,.\, 653 - 0{,}83 \,.\, 9800 = 2040\ cm^4;$$

ponieważ zaś

$$I_n = \frac{1}{12} b \,.\, (31{,}2^3 - 30^3),$$

więc szerokość nakładek

$$b = \frac{2040 \,.\, 12}{31{,}2^3 - 30^3} = 7{,}2\ cm \backsim 8\ cm.$$

Przykład 4. Belka o rozpiętości 5,80 *m* — obciążona ciężarem $q = 1000\ kg$, jest końcami umocowana do słupów żelaznych jak na fig. 40. Jaką grubość spoiny należy zastosować, aby można było profil belki obliczać na moment

$$m = \frac{1}{11} q\, l^2,$$

$$w = \frac{1}{1200} \,.\, \frac{1}{11}\, 1000 \,.\, 5{,}8^2 \,.\, 100 = 255\ cm^3,$$

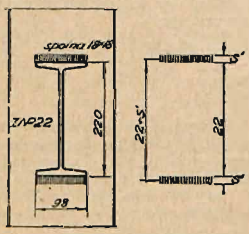

Fig. 40.

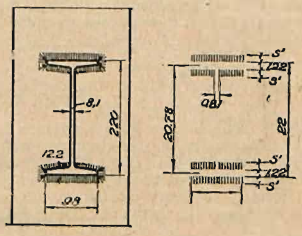

Fig. 41.

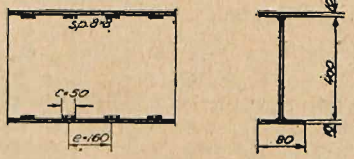

Fig. 42.

przyjmujemy belkę $INP\,22$ $(w = 278\ cm^3)$,

moment utwierdzenia

$$m_\mu = \left(\frac{1}{8} - \frac{1}{11}\right) q\, l^2 = \frac{3}{88} q\, l^2 = \frac{3}{88} 1000 \,.\, 5{,}8^2 \,.\, 100 = 115{,}000\ kg/cm,$$

jeżeli nie uwzględniać siły poprzecznej, to otrzymamy wedle wzoru (13) dla $s = 10\ mm$

$$w_s = \frac{115000}{775} = 149\ cm,$$

długość spoiny $a = 9{,}8\ mm$ ze wzoru (18).

$$w_s = 9{,}8 \,.\, s' \,.\, (22 + s') = 149,$$

stąd

$$s'^2 + 22\, s' = 15{,}2,$$

$$s' = -11 + \sqrt{11^2 + 15{,}2} = 0{,}7,$$

$$s = \frac{0{,}7}{0{,}7} = 1{,}0\ cm,$$

należy zastosować spoiny $10 \,.\, 10\ mm$.

Jeżeli spoiny umieścimy dokoła stopek dźwigara (fig. 41), to przyjmując jednakowe naprężenie we wszystkich spoinach, otrzymamy wedle wzoru (18)

$$w_s = (9{,}8 + 8{,}99)\, s' \,.\, (22 - 1{,}22) = 195,$$

stąd

$$s' = \frac{195}{(9{,}8 - 8{,}99) \,.\, (20{,}78)} = 0{,}5\, cm,$$

$$s = \frac{0{,}5}{0{,}7} = 0{,}72\ cm,$$

dajemy spoinę 8 . 8 *mm*.

Przykład 5. W blachownicy spawanej, składającej się z blachy pionowej o wysokości 400 *mm* i nakładek 180/10 *mm* (fig. 42), obliczyć rozstaw spoin 8 . 8 *mm* o długości 50 *mm* dla przeniesienia siły poprzecznej $T = 12$ ton

$$l = \frac{2 \,.\, 5 \,.\, 40 \,.\, 480}{12000} = 16\, cm.$$

LITERATURA.

Bryła: Przepisy projektowania stalowych konstrukcyj spawanych. Warszawa 1933.
Bryła: Badanie jakości połączeń spawanych. Warszawa 1934.
Prace Kongresu Mostów i Konstrukcyj Inżynierskich w Paryżu. Zürich 1932 i 1934.
Schmuckler H.: Erläuterungen zu den neuen Vorschriften für geschweißte Stahlhochbauten. 1935.
Kommerell: Erläuterungen zu den Vorschriften für geschweißte Stahlbauten. Berlin.