

Spawanie słupów kratowych w warsztatach Beckersa.

Rozwój Konstrukcyj spawanych w Belgji.

napisał inż. dr. Stefan Bryła, Profesor Politechniki.

Żelazne konstrukcje spawane elektrycznie, wchodzące w użycie coraz bardziej, rozwinęły się na polu budownictwa inżynierskiego najbardziej w Belgji, przy naukowej współpracy politechniki, głównie dzięki inicjatywie firmy Soudure Electrique Autogène w Brukseli, wyrabiającej elektrody i aparaty oraz fabryki konstrukcji żelaznych Beckersa. Fabryka ta trudni się nieomal wyłącznie konstrukcjami spawanymi, wyeliminowawszy w zupełności ze swojej pracy nitowanie i nity.

W niniejszym szkicu pragnę podać w krótkości stan obecny tego działu konstrukcji na terenie Belgji, oraz omówić budowle ostatnio tam wykonane. Odrazu zaznaczę, że kontakt przemysłowych kół Belgji z naukowymi jest na tym terenie bardzo żywy, co oczywiście wychodzi na korzyść i jednych i drugich. Byłem obecny na szeregu doświadczeń z konstrukcjami spawanymi, wykonanymi przez Soudure Electrique Autogène, a badaniami w politechnice. Wreszcie z racji wykonywania w Polsce mostu spawanego pod Łowiczem, który jako pierwsza konstrukcja tego rodzaju, bardzo zainteresował sfery techniczne belgijskie i francuskie, odbyłem szereg konferencji, których skutkiem było ustalenie warunków technicznych dla żelaznych konstrukcji spawanych inżynierskich budowlanych i mostowych.

I. Warunki techniczne wykonywania żelaznych konstrukcyj spawanych elektrycznie.

Warunki dotyczą:

- A) materiału budowlanego,
- B) materiału elektrod,
- C) próby spawacza.

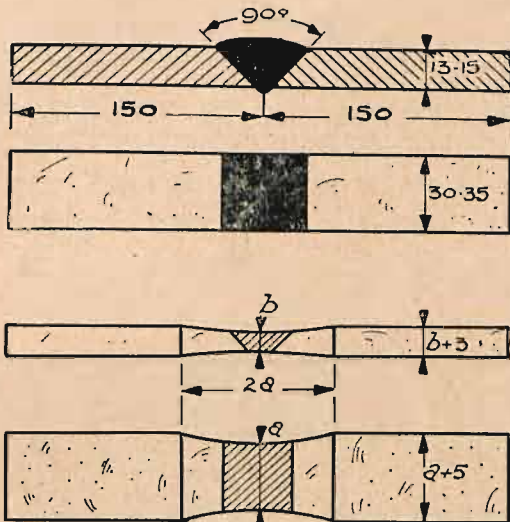
A) *Materiał budowlany* (żelazo zlewne), spełniać musi warunki, podane w przepisach M. R. P. z d. 9 listopada 1925 r. Nr. XIII—1386; powinien zatem posiadać wytrzymałość conajmniej 3700 kg/cm^2 , oraz wydłużenie tak wielkie, ażeby iloczyn z wytrzymałości i wydłużenie dla próbek wyciętych w kierunku walcowania wynosił conajmniej 100, dla próbek zaś wyciętych prostopadle do kierunku walcowania conajmniej 90, i skład chemiczny odpowiedni.

Nie dotyczy to specjalnych gatunków żelaza i stali, dla których wydane zostaną osobne postanowienia.

B) *Materiał elektrod.*

1) *Elektrody* powinny być wogóle wykonywane z żelaza zlewne o wytrzymałości $3800\text{--}4200 \text{ kg/cm}^2$. Powinny one zawierać conajmniej 0,1% węgla i 0,25% manganu. Dla specjalnych gatunków żelaza zostaną wydane osobne postanowienia.

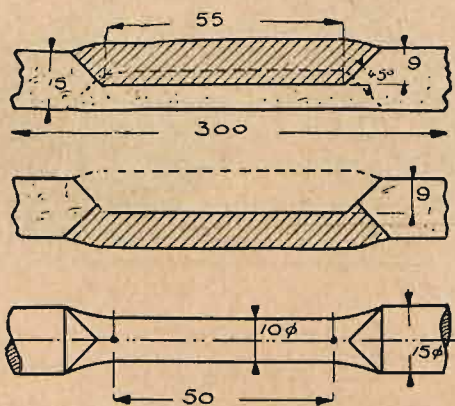
- 2) Próby elektrod obejmują:
 a) próby na rozerwanie,
 b) " " wydłużenie,
 c) " " zginanie,
 d) " " ścinanie szwów,
 e) " " " punktowe.



Rys. 1 i 2.
Przygotowanie próbek na rozerwanie.

a) Próby na rozerwanie.

Próbki wykonane być mają na blasze, wykonanej z materiału, spełniającego warunki, podane w p. A, o grubości 25 mm, szerokości 30-35 mm, wyciętej pod kątem 90° w kształcie V według rys. 1. Próbka ta po wykonaniu spawania zostanie obrobiona wedle rys. 2 i wtedy zbadana na rozciąganie. Wytrzymałość na ro-



Rys. 3.
Przygotowanie próbek na wydłużenie.

zerwanie powinna być równa conajmniej 80% materiału niespawanego, więc $0,8 \times 3700 = 2960 \text{ kg/cm}^2$.

Próby takie należy wykonać w ilości trzech.

b) Próby na wydłużenie.

Próbki wykonane być powinny na blasze z żelaza, opisanego w p. A, o wymiarach $300 \times 60 \times 15 \text{ mm}$. Blachę taką należy ściąć według

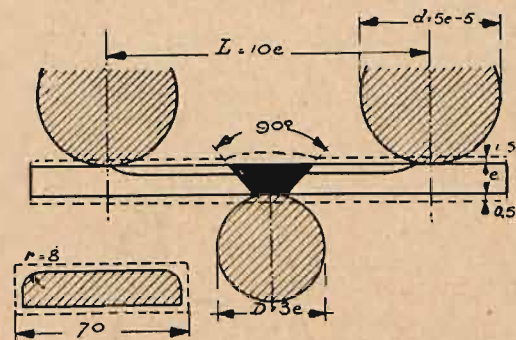
rys. 3, na głębokość 9 mm, a na długości 55 mm, a w ściętym miejscu nałożyć metal elektrody. Następnie blachę należy odwrócić i po ścięciu jej znowu do 9 mm, (a więc 3 mm w nałożony materiał elektrody) nałożyć nową warstwę metalu elektrody.

Blachę tak wykonaną należy następnie przeciąć w kierunku długości na trzy części, które będą stanowiły trzy próbki. Każdą z nich należy teraz obtoczyć tak, aby utworzyła pręt o średnicy 15 mm na końcach, zaś 10 mm w środku (rys. 3.). Wydłużenie mierzy się w części środkowej. Wydłużenie jednostkowe powinno wynosić conajmniej 15%.

c) Próby na zginanie.

Próbki wykonane być mają z blach o wymiarach $120 \times 70 \times (15-17)$ ze spojeniem V w środku. Po wykonaniu spojenia należy obustronnie obrobić je do grubości $g = 12-14 \text{ mm}$ (rys. 4, zaokrąglając w środkowej części krawędzie zewnętrzne).

Zginanie winno nastąpić na trzpieniu okrągłym o średnicy równej 3 g, przy pomocy dwu



Rys. 4.
Próbka na zginanie.

okrągłych sworzni o średnicy ok. 5 g, których osi leżą w odstępnie $L = 10g$ od siebie (rys. 4).

Próbki podane w ten sposób winny dać się wygiąć do 180° bez żadnych rys i pęknięć.

Prób takich wykonać należy trzy.

d) Próby na ścinanie szwów.

Winny być wykonane z płaskowników, przytwierdzonych do blachy przy pomocy prostokątnych szwów o wymiarach 5 x 5, 10 x 10, 15 x 15, o długości 5 cm.

Przekrój takiej próbki winien być taki, aby mógł przenieść siłę S, a to:

dla $g = 5 \text{ mm}$	$S = 12 \text{ t}$	przyczem winno być $W_s = 1000 \text{ kg/cm}$
10 "	20 t	" " " " = 1800 "
15 "	28 t	" " " " = 2400 "

W_s oznacza minimalną wytrzymałość, jaką powinien okazać szew na ścinanie.

Próbek takich należy wykonać po 3, razem 9 próbek.

e) Próby na ścinanie punktowe.

Winny być wykonane na próbkach, przy czym otwory na spoinę wykonać należy według stożka o tworzącej, nachylonej pod kątem 45°. Przekrój próbki musi przenosić siłę S, zależną

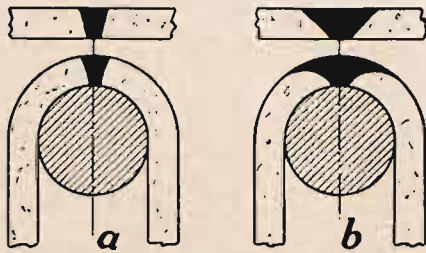
od grubości blachy g i średnicy szwu d , przyczem:

dla $d=8\text{ mm}$ $g=8\text{ mm}$ $S=1000\text{ kg}$, zaś dla $S_s=750\text{ kg}$

" 10 "	" 10 "	" 1400 "	" "	1100 "
" 12 "	" 12 "	" 2000 "	" "	1600 "
" 15 "	" 14 "	" 3000 "	" "	2500 "

gdzie S podaje minimalną siłę, jaką powinien przenieść szew ścinany.

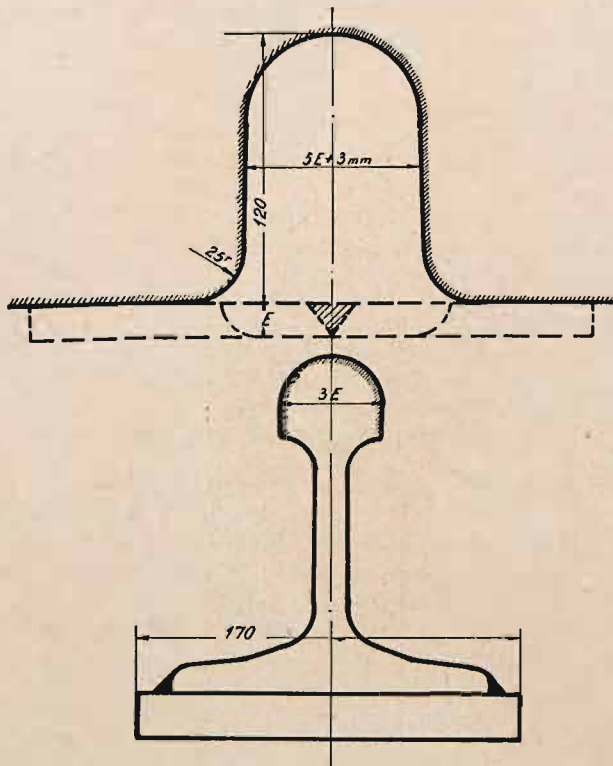
Próbek takich należy wykonać po 2, razem 8 próbek.



Rys. 5.
Próbki na zgięcie o 180° .

C) Próba spawacza.

Próba spawacza może ograniczyć się do wykonania przez niego. a) trzech prób zginania ze zbadaniami poprzednio elektrodami (wedle



Rys. 6.
Szczegół urządzenia do wykonania prób na zginaniu.

p. B. c.), oraz b) trzech prób na ścinanie po jednej w każdej grubości (wedle p. B. d.).

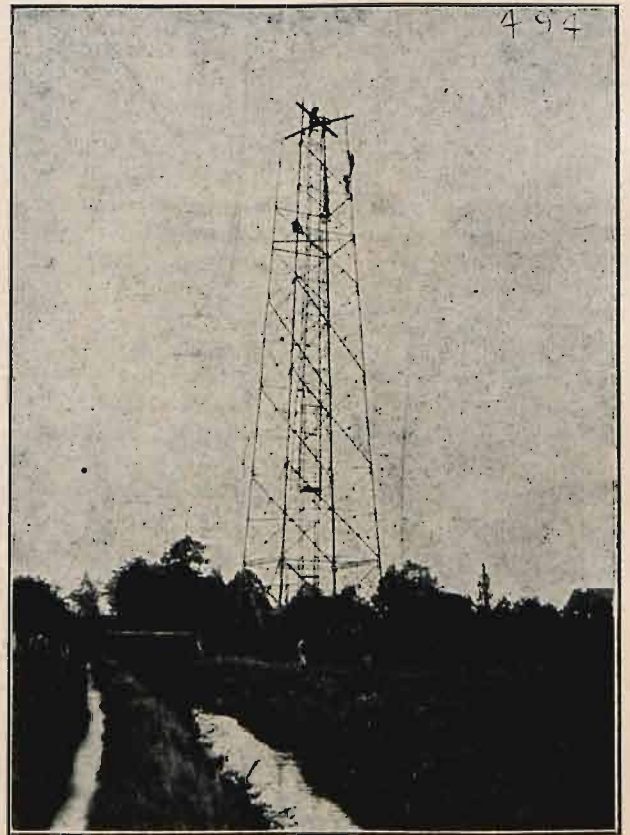
Bardzo prosty przyrząd, służący do prób na zgięcie, wykonany został przez Soudure Electrique Autogène, jako konstrukcja również spawana. Szczegół tegoż podaję na rys.

6, sądzę bowiem, że typ ten będzie mógł być zastosowany i u nas w miarę rozpowszechniania się konstrukcji spawanych.

II. Wyniki doświadczeń.

Wykonane w mojej obecności próby na wydłużenie dały rezultaty następujące:

d mm	l mm	l' mm	P kg	k kg/cm ²	P' kg	k' kg/cm ²	L %
10	49,6	61,4	2915	3700	3915	5000	23,8
10,1	50,0	61,8	2980	3720	4155	5200	23,6
10,1	50,6	37,0	2980	3720	4100	5,22	12,8



Rys. 7.
Wieża antenowa podczas montażu.

W powyższej tabeli oznacza:

d — średnica próbki,

l — długość, mierzona przed przerwaniem

l' — " " po przerwaniu

P (k) — granica płynności (wzgl. odp. na-prężenie)

P' (k') — granica wytrzymałości,

L — wydłużenie jednostkowe.

Wszystkie trzy próby wykonano na prętach, wyciętych z jednej i tej samej próbki. O ile ich wytrzymałość była prawie identyczna,

o tyle próbka ostatnia wykazała anormalnie małe wydłużenie, co świadczy, że pod tym względem ta sama praca i ten sam materiał może dać jeszcze różne rezultaty. Badania na

Obecnie czynione w Brukselli doświadczenia na ścinanie, wykazały, że szew czołowy jest wytrzymalszy od szwu bocznego, daje zato mniejsze wydłużenie.

Próby na zgięcie dały wszystkie wyniki dobre; nie wykazały bowiem żadnych pęknięć przy wyginaniu próbki na średnicy $3g$, a nawet $2g$ (gdzie g jest grubością próbki).

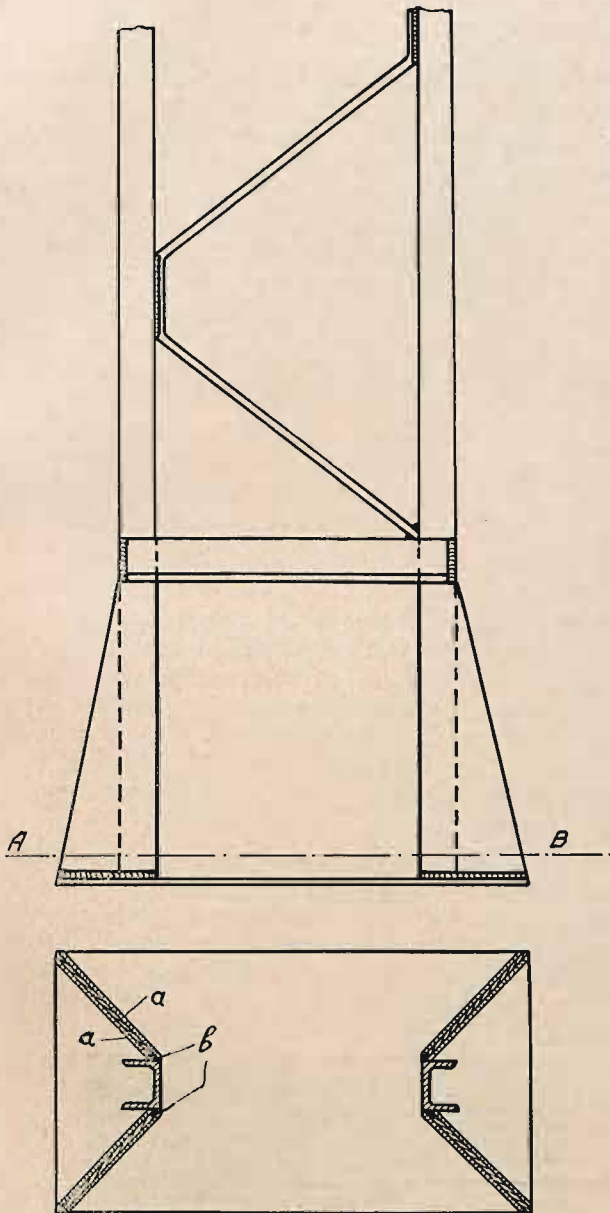
3. Wykonane konstrukcje spawane.

Z pomiędzy zwiedzonych przezemnie konstrukcyj spawanych wymienię tylko najciekawsze.

Znane spawane wieże antenowe, sięgające do wysokości 80 m , są spawane tylko częściowo. Spawano tylko poszczególne elementy i na miejscu montażu łączono je śrubami, które też pozostały, stanowiąc główne łączniki konstrukcji. Rys. 7 przedstawia wieżę podczas montażu. Mały maszt żelazny w trakcie wykonywania w warsztacie przedstawia rysunek przed tekstem.

Z podobnych konstrukcyj podam wreszcie rysunek wykonanych ostatnio słupów, podtrzymujących konstrukcje kratową dachu (rys. 8)¹⁾. Na słupie tym widać dokładnie, o ile konstrukcje spawane oddaliły się już od konstrukcyj nitowanych. Dwa ceowniki tworzące słup połączone są płaskownikiem, wygiętym tak, by tworzył kratę łączącą. Dolne blachy kątowe wychodzą po dwie od ceowników i połączone są szwem poprzecznym tak z ceownikami, jako też z blachą podłużną. To połączenie jest dołem samo w sobie bardzo słabe i nadaje się tylko wtedy, gdy stopa słupa ujęta jest w fundament betonowy; o ile to nie zachodzi należałoby dolnemi blachami węzłowemi połączyć także oba ceowniki ze sobą. Więzlar kratowy dołączony jest do słupa przy pomocy śrub, montowany był bowiem doń na miejscu budowy.

Wogóle konstrukcje spawane wprowadzą do budownictwa zupełnie nowe formy. M. i. przekroje rurowe, jak to zaznaczyłem już w swej pracy „Spawanie elektryczne żelaza w budownictwie i mostownictwie”, wejdą przypuszczalnie w użycie tak jako słupy, jakoteż wogóle jako przekroje osiowo ściskane. Jest to bowiem w tym wypadku najekonomiczniejszy przekrój. Sprawa oczywiście zmienia się zupełnie, gdy słup narażony będzie na momenty zginające. Przekrój ten wtedy staje się niewłaściwy (dotyczy to także np. łuków żelaznych). (d. n.)



Rys. 8.

Słup spawany.

a — szew poziomy, *b* — szew pionowy.

ściananie, wykonane na próbkach powyżej zilustrowanych, dały kolejno na ścinanie wyniki bardzo jednostajne, mianowicie:

23,85 t 23,4 t. 24,6 t.

¹⁾ Fotografje uzyskałem dzięki uprzejmości firmy Soudure Electrique Autogène.