

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

TREŚĆ:

Spawanie elektryczne żelaza w budownictwie i mostownictwie, nap. Stefan Bryła.
 Kotle opłomkowe w cukrowni, nap. Karol Nowicki, Inż.-technolog.
 Przesyłanie obrazów na odległość, nap. Włodzimierz Stępowski.
 Przegląd pism technicznych.
 List do Redakcji.
 Ze Stowarzyszeń Technicznych.
 Kronika.
 Sprawozdania i prace Polskiego Komitetu Energetycznego.
 Wiadomości Polskiego Komitetu Normalizacyjnego.

SOMMAIRE:

Soudure électrique dans la construction des ponts et des bâtiments (à suivre), par M. St. Bryła.
 Chaudières avec tubes à eau dans les sucreries, par M. K. Nowicki, Ing.
 Progrès récents réalisés dans la téléautographie, par M. W. Stępowski.
 Revue documentaire.
 Correspondance.
 Sociétés industrielles.
 Informations diverses.
 Bulletin du Comité Polonais de l'Energie.
 Bulletin de la Commission Polonaise de Standardisation.

Spawanie elektryczne żelaza w budownictwie i mostownictwie.

Napisał Stefan Bryła.

I. Wstęp.

O ile wiek XIX zaznaczył się ogromnym postępem żelaznych konstrukcyj inżynierskich budowlanych i mostowych, o tyle ostatnie dziesiątki lat wykazują na tem polu znaczny zastój. Rozwinęły się i rozwijają konstrukcje żelbetowe, przez racjonalniejsze projektowanie, przez stosowanie nowych metod pracy (beton lany), rozwijają się konstrukcje drewniane, natomiast budownictwo i mostownictwo żelazne właściwie oddawna nie ruszyły naprzód. Zaznaczyła się pewna dążność do stosowania konstrukcyj ramowych, które przedtem były używane znacznie mniej, ale poza tem konstrukcje żelazne są dziś wogóle takie, jak były lat temu dwadzieścia, czy trzydzieści.

Jednakowoż na zachodzie i północy Europy i, jeszcze bardziej w Ameryce pojawiają się pierwsze oznaki, zdające się wskazywać, że mogą się zmienić poważnie podstawy budownictwa żelaznego. Chodzi o zastąpienie nitów czy śrub spawaniem elektrycznym.

Już oddawna chciano zastosować spawanie w konstrukcjach żelaznych. Dawne jednak kowalskie metody, stosowane nadomiar do znacznie gorszych niż dzisiaj materiałów, nie mogły dawać i nie dawały rzeczywiście korzystnych wyników. To też nic dziwnego, że dotychczasowe przepisy najczęściej zabraniały używania spawania, albo — jeżeli nawet pozwalały — to przy takiej redukcji naprężeń dopuszczalnych, że opłacać się ono wogóle nie mogło.

Ostatnie czasy przyniosły przecież pod tym względem duże zmiany, dzięki zastosowaniu do spajania metali łuku elektrycznego. Jeszcze w r. 1885 Bernados i Olszewski opatentowali sposób spawania zapomocą łuku elektrycznego, wytwarzanego między elektrodą węglową a przedmiotem spawanym. Jeszcze w r. 1895 Sławianow zastosował w miejsce elektrody węglowej elektrodę metalową. Jednak trzeba było długich prób, nim ten ostatni sposób, dzisiaj używany nieomal wyłącznie, dał się zastosować w praktyce na szerszą skalę. Właściwie dopiero od r. 1917, gdy w Ameryce zastosowano spawanie do naprawy internowanych tam niemieckich okrętów, które zostały przez załogę uszkodzone, datuje się silny rozwój spawania elektrycznego. Na kontynencie europejskim spawanie elektryczne przyjęło się dotychczas głównie we Francji i Belgji, oraz w krajach skandynawskich. Niemcy pozostały pod tym względem dosyć w tyle, a tembardziej my, zanadto w technice wzorujący się zawsze na ich przykładzie. Ledwie kilka firm zastosowało je u siebie; przeważnie jednak nasze konserwatywnie urządzone i prowadzone przedsiębiorstwa albo o niem nie wiedzą, albo wartości jego nie doceniają. Inżynierów, którzy znają się na spawaniu teoretycznie i praktycznie — jest u nas bardzo niewiele. Również niewiele jest odpowiednich spawaczy, aczkolwiek ilość ich zwiększa się; a przecież dobrze spawać może tylko zdolny, inteligentny, wprawny i bardzo sumienny spawacz. Jedna i ta sama robota, wykonana przez jednego spawacza, może dać wyniki doskonałe, a

wykonana przez drugiego — wyniki zupełnie niezadawalniające.

Istnieją właściwie trzy metody spawania: acetylenowe, łukowe i oporowe. Nie wdając się w ich opis¹⁾, zaznaczę, że w żelaznych konstrukcjach budowlanych i mostowych w grę zamiast nitowania wchodzi tylko spawanie łukiem, przy pomocy odpowiednich elektrod metalowych, o średnicy 2—6 mm, a długości 35—45 mm, powleczonych specjalną masą, której zadaniem jest przede wszystkim uniknięcie utleniania się metalu.

W Polsce znalazło dotychczas spawanie elektryczne duże zastosowanie jedynie w klejnitwie. Tu należałoby podkreślić zasługi jednego z pionierów spawania elektrycznego w Polsce, inż. T. Gayczaka, b. naczelnika Warsztatów P. K. P. we Lwowie, któremu sekunduje p. Elkielski. Obecnie pracuje tam 11 aparatów do spawania, z czego znaczna część sporządzona w oddziale elektrotechnicznym warsztatów. Również wspomnieć należy o dużych zasługach inż. Pancera, naczelnika warsztatów P.K.P. w Warszawie, który przeprowadził cały szereg badań szwów spawanych, oraz prof. Sochackiego, nacz. dyrektora Warsz. Sp. Akc. Budowy Parowozów, wreszcie warsztatów kolejowych w Poznaniu, które wyspecjalizowały się w spawaniu na gorąco żeliwa.

II. Wyniki doświadczeń.

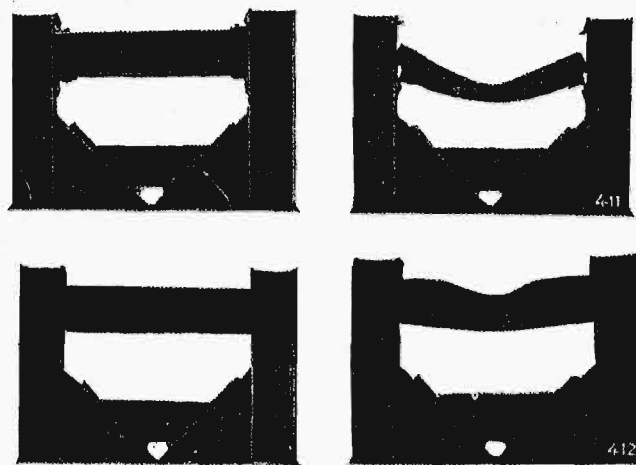
Spawanie może zamiast nitowania znaleźć zastosowanie wtedy tylko, jeżeli da gwarancję odpowiedniej wytrzymałości, przynajmniej takiej samej, jaką dają nity. Szeregi doświadczeń, wykonanych w różnych krajach, dały pod tym względem wyniki, wskazujące, że dobrze wykonane spojenie posiada wytrzymałość nieomal równą, często-kroć nawet wyższą niż wytrzymałość samych części łączonych, a zawsze wyższą niż połączenie nitowane.

Doświadczenia Tow. Lloyd's Register of Shipping, wykonane jeszcze w r. 1918, dały m. in. wyniki następujące: połączenie blach zostało zniszczone siłą 209 t, jednak przez pęknięcie blachy o bok szwu, który został nienaruszony, zaś połączenie blach spawane na styk dało wyniki lepsze o 30%, niż analogiczne połączenie nitowane. Późniejsze doświadczenia tegoż towarzystwa (w r. 1920) wykazały, że wytrzymałość spojenia na rozerwanie wynosi 97—100% wytrzymałości spojonej blachy; w największej ilości wypadków próbką pękła poza miejscem spojenia. Również pomyślnie wyniki dały doświadczenia Admiralicji angielskiej.

W ostatnich latach, prób z połączeniami spawanymi robiono bardzo wiele. Dla żelaznych konstrukcji budowlanych jedne z najcenniejszych wykonano staraniem Westinghouse Electric and Manufacturing Company²⁾, która przoduje innym firmom specjalnie pod względem spawania łukiem. Spawane połączenie belek I 23 ze słupami okazało wytrzymałość wyższą o 25% niż nitowane. Blachownica o kształcie I, o długości 15 stóp = 4,75 m,

a wysokości ścianki 37,5 cm, spawana łukiem, z nakładkami, utwierdzonemi bezpośrednio na ściance (bez kątowników), uległa zniszczeniu przy obciążeniu o 50% większem, niż blachownica nitowana, wykonana normalnie, o tej samej ilości materiału, po części dzięki większej wytrzymałości spojenia, po części zaś dzięki lepszemu użyciu tworzywa. Połączenie pręta o przekroju teowym, składającym się z dwu kątowników przy pomocy spawania było o 30% silniejsze na rozciąganie, niż analogiczne połączenie na nity, a nadto pękło nie w szwie, ale na długości kątowników.

Zasługują też na uwagę próby czynione z belkami o kształcie wedle rys. 1—4, które wykonywano w wielu miejscach. Wyniki otrzymywano w zasadzie wszędzie takie same: odkształcały się części łączone lub słupy, ale same połączenia spawane pozostawały zawsze nietknięte, podczas gdy przy analogicznych próbach nitowanych poddawały się właśnie połączenia. Identyczne wyniki dały także same belki, poddane działaniu zmiennych obciążeń (1760 na minutę), oraz pod uderzeniem młota parowego.



Rys. 1—4.
Wytrzymałość połączeń spawanych na uderzenie: u góry połączenia nitowane, u dołu — spawane.

Specjalnie szczegółowo robione były doświadczenia Bissela, przedstawione na zebraniu chicagowskiego oddziału American Welding Society, oraz doświadczenia w Brukseli i w Malines. Przy tych ostatnich zastosowano do prób sztywnych połączeń dźwigary I NP 14 spawane, oraz nitowane. Do zginania użyto 100-tonnowej maszyny Amslera, wywierając nacisk w miejscach, zaznaczonych białymi strzałkami. Połączenie na nity uległo zniszczeniu przy 27 tonnach, połączenie spawane nie poddało się i nie wykazało najmniejszej rysy przy 41,7 tonnach, gdy dalsze badanie przerwano z powodu ugięcia belki (por. rys. 4). Wyniki prób na uderzenie były takie same: przy połączeniach nitowanych zostały one zupełnie zniszczone, gdy przy spawanych nie wykazały żadnego uszkodzenia, pomimo zupełnego zniszczenia samego dźwigara.

Wreszcie nie można pominąć ostatnich doświadczeń, wykonanych przez profesora Haigh'a z Royal Naval College w Greenwich dla Lloyds Register of Shipping, z próbkami spawanymi przy pomocy elektrod Kjellberga. Wszystkie wykazały zerwania poza miejscem spojenia, co oznacza, że

¹⁾ O ile chodzi o spawanie elektryczne, por. T. Gayczak. O łukowym spawaniu elektrycznym, Warszawa, oraz litografowane: „Elektryczne spawanie”, wydane w r. 1925, staraniem Warsztatów P. K. P. we Lwowie, pod redakcją inż. T. Gayczaka i R. Elkielskiego.

²⁾ Eng. News-Record, 12.VII.1926, szczegółowiej w The arc welding of structural steel, East Pittsburgh, Pa.

miejsce spojenia było wytrzymałsze, niż materiał próbek, który wykazał 4080 kg/cm². Wydłużenie było od 16,3 — 21,9%, gdy materiał sam miał 22,4—31,5%.

W Polsce doświadczeń z połączeniami spawanymi dotychczas prowadzono niewiele. Dość znaczną ilość prób na rozerwanie wykonała firma Zieleniewski ze Lwowa, Warszawska Spółka Akcyjna Budowy Parowozów, oraz warsztaty P. K. P. Obecnie na większą skalę przeprowadza się doświadczenia staraniem obu wymienionych firm.

Przytaczam przykłady najcharakterystyczniejsze dla omawianego tematu i to tylko w drobnym ułamku. W każdym razie, ze wszystkich seryj doświadczeń, gdziekolwiek były czynione, wynikają w dostosowaniu do konstrukcji żelaznych następujące reguły:

1. Przy połączeniu spawanem można osiągnąć w szwie wytrzymałość bardzo zbliżoną, równą lub nawet wyższą od wytrzymałości części łączonych. Zależy to — poza dobrocią wykonania — od sposobu wykonania tegoż. Pozwala ono na osiągnięcie większej wytrzymałości niż połączenie nitowane.

2. Połączenia spawane np. belek ze słupami są bardzo sztywne i pozwalają na uzyskanie zupełnego utwierdzenia.

3. Ciąg belek stykanych (na podporach lub poza nimi) połączyć można tak, że zachowywać się one będą, jak belka ciągła.

4. Miejsce spojenia wykazuje mniejszy współczynnik wydłużenia i stosunkowo niewielki kąt zgięcia.

6. Wartość połączenia spawanego zależy w pierwszym rzędzie od zręczności, sumienności i doświadczenia spawacza, oraz od dobroci elektrody. Należy przytem zważać na możliwe unikanie nagrzań.

Ujemne strony spawania stanowi ta właśnie zależność od wykonania, oraz pewna trudność należytej kontroli i sprawdzenia konstrukcji wykonanej. O ile chodzi o pierwszą, to przy odpowiednim spawaczu i dobrym materiale odsetek robót nienależycie wykonanych jest nie większy niż w innych konstrukcjach. Dobroć wykonanej konstrukcji można sprawdzić po wyglądzie zewnętrznym, dalej przez przekuwanie, wreszcie przy pomocy promieni Roentgena. Są to zresztą niemal te same zasady, jakie stawia się np. zespołom żelbetowym, których wytrzymałość też zależy przedewszystkiem od dobroci wykonania, a kontrola po wykonaniu jest jeszcze trudniejsza niż przy spawaniu.

III. Elektrody.

W każdym razie, konieczne jest należyte przygotowanie części łączonych, tak, aby był możliwy dostęp elektrody do wszystkich punktów powierzchni spawanej. W przeważnej części wypadków należy brzegi ścinać. Przy stykach przekrojów grubych da się ścinać brzegi obustronne (ścięcie V, rys. 5); wtedy do połączenia potrzeba znacznie mniej (do 40%) materiału elektrody, niż przy ścięciu jednostronnem (o kształcie X, rys. 6), nadajacem się do przekrojów cieńszych, naroża zaś stapiają się. Przed wykonaniem połączenia, należy doskonale oczyścić powierzchnię styku szczotką drucianą, dłutem lub piasecznicą, ale w żadnym razie zapomocą kwasów. O ile spawa się bez ścinania kątów, lecz

wprost, z blachy, powinno się dokładnie usunąć zendrę, gdyż ta przeszkadza dobremu połączeniu.



Rys. 5 i 6.

Ścinanie brzegów części spawanych na stykach.

Ważną rolę odgrywa wybór elektrody.

Przy stosowaniu pewnego gatunku elektrod, należy uwzględnić i to, czy dany spawacz pracował już temi elektrodami, czy nie. Elektrodami, do których się przyzwyczaił — i to w ostatnim czasie, osiągnie prawdopodobnie najlepsze wyniki. Poszczególne gatunki mają bowiem okładziny o rozmaitej grubości i rozmaitej temperaturze topliwości. Elektrody Wilsona (amerykańskie) mają powłokę bardzo cienką i nie dają t. zw. krateru, elektrody Kjellberga (szwedzkie) — powłokę grubszą, krater niewielki, elektrody Societé Electrique Autogène — powłokę grubą, krater bardzo wyraźny, elektrody Quasi-Arc — powłokę bardzo grubą, ze szturem azbestowym, wewnątrz którego drut aluminiujący — krater tak duży, że łuku nie widać. Każda z firm wyrabiających je wytwarza znaczną ich ilość, z czego do konstrukcji żelaznych nadają się tylko niektóre. Z elektrod szwedzkich Kjellberga, nadają się elektrody OK7 o średniej wytrzymałości 4200 kg/cm², lub lepiej, zwłaszcza dla większych naprężeń i lepszych materiałów konstrukcyjnych, OK12 o wytrzymałości ok. 4700 kg/cm².

Wymiary ich są:

Srednica	Ilość elektrod w skrzynce	Ciężar skrzynki brutto kg	Ciężar elektrod w skrzynce netto kg	Ciężar opakowania kg
2	3000 (1500)	37 (20)	30 (15)	7 (5)
3	1200 (600)	32,2 (17,6)	25,2 (12,6)
4	1000 (500)	46 (24,5)	39 (19,5)
5	500 (250)	37,5 (20,25)	30,5 (15,25)
6	500 (250)	49 (26)	42 (21)
7	400 (200)	52 (27,4)	45 (22,4)

W nawiasach podano daty dotyczące 1/2 skrzynki.

Z elektrod belgijskich, wyrabianych przez Sp. „La soudure électrique autogène“, nadaje się najlepiej do konstrukcji żelaznych „Tensilend“. Elektroda ta daje spojenie o wysokiej wytrzymałości na rozciąganie, zginanie, na uderzenie i wstrząśnienie. Średnia wytrzymałość 4500 kg/cm², wydłużenie do 18—20%. Wyrabiana jest w nast. numerach:

№	Srednica mm	Ilość elektrod w paczce	Ilość paczek w skrzynce	Ilość elektrod w skrzynce	Ciężar paczki netto kg	Ciężar skrzynki brutto kg
14	2	100	40	4000	1,4	60
12	2,5	100	32	3200	2	70
10	3,25	100	15	1500	3,5	70
8	4	100	12	1200	5	75
6	5	50	20	1000	3,5	75
4	6	50	15	750	4,5	75

Ilość potrzebnych elektrod określa się wedle ich ciężaru. Zawsze jednak potrzebny jest pewien nadmiar, dochodzący do 25—27%, na nierówności, odpadki elektrod i na spalanie.

W ostatnich czasach zaznaczyła się pewna tendencja do stosowania drutów zwykłych, niepowleczonych.

(D. c. n.)