

## TREŚĆ:

- Badania pewnych połączeń spawanych (dok.), prof. dr. inż. A. Pszenicki i doc. dr. inż. F. Szelągowski.
- Pompowy zakład wodny w Sillre w Szwecji, dr. inż. A. Pareński.
- Istota zagadnienia wysiłku i jego stanowisko w mechanice, inż. Z. Klębowski.
- Konstrukcje stalowe obetonowane (dok.), dr. inż. A. Chmielowiec.
- Nowy sposób klimatyzacji powietrza, inż. St. Zamenhof.
- Bibliografia.
- Kronika.

## SOMMAIRE:

- Essais relatifs à certaines jonctions soudées (suite et fin), par M. le Prof. Pszenicki et M. Szelągowski.
- L'usine hydro-électrique Sillre (Suède), par M. A. Pareński.
- Le problème de fatigue et son rôle en mécanique, par M. Z. Klębowski.
- Constructions en acier recouvertes de béton (suite et fin), par M. A. Chmielowiec.
- Nouveau procédé de conditionnement de l'air, par M. St. Zamenhof.
- Bibliographie.
- Chronique.

Prof. dr. inż. A. PSZENICKI i doc. dr. inż. F. SZELĄGOWSKI

## Badania pewnych połączeń spawanych \*)

Z przeprowadzonych badań można wywnioskować, że pod względem ekonomicznym, jak również i wytrzymałościowym, najkorzystniejsze są połączenia ze sworzniami stożkowymi (lub cylindrycznymi), których wytrzymałość jest (lub cylindrycznymi), których wytrzymałość jest (lub cylindrycznymi), których wytrzymałość jest 29% większa od odpowiedniej wytrzymałości połączenia nitowanego, co jest dowodem, że powyższe połączenie spawane pracuje pełnym swym przekrojem (brutto).

Jednakże tutaj należy zauważyć, że wytrzymałość omawianego połączenia spawanego jest w każdym razie mniejsza od wytrzymałości próbki jednolitej typu I.

Powyższa własność jest spowodowana nierównomiernym rozkładem naprężeń w połączeniu spawanym badanego typu.

Celem unaocznienia odkształceń, oraz wykazania wielkości przynależnych naprężeń połączenia spawanego i połączenia nitowanego, wykonano modele kauczukowe, odzwierciedlające pracę tych połączeń w konstrukcjach żelaznych lub stalowych (rys. 16).

Tego rodzaju odzwierciedlenie odkształceń na modelach kauczukowych w rozpatrywanym przypadku jest zupełnie słuszne, ponieważ warunki brzegowe omawianego zagadnienia, nie zawierają wcale współczynnika sprężystości materiału, a więc siła rzeczy nie będą również zawierały powyższego współczynnika stałe całkowania: 1) równań różniczkowych równowagi wewnętrznej, oraz 2) równania Laplace'a.

Na powyższą sprawę pierwszy zwrócił uwagę Belzecki <sup>2)</sup>.

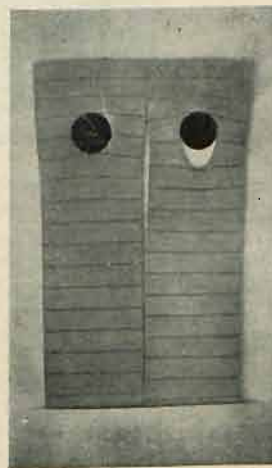
<sup>2)</sup> S. Belzecki: „Prosta zadacza teorii uprężności w cylindrycznych koordynatach”. Izw. Sobr. Inż. Put. Soobszczzen. 1906.

\*) Dok. do str. 413 w zesz. 20 b. r.

Z odkształceń modeli kauczukowych można zauważyć, że największe naprężenie w przypadku połączenia spawanego zachodzi w środku próbki na brzegu wypełnionego otworu, względnie sworznia, w przypadku zaś połączenia nitowanego największe naprężenie rozrywające panuje na wewnętrznej, bocznej krawędzi otworu.

Rozkład naprężeń w przekrojach omawianego połączenia spawanego jest więcej zbliżony do rozkładu równomiernego w odróżnieniu od połączenia nitowanego.

Ponadto należy zauważyć jeszcze jedną ważną rzecz, że całkowite odkształcenie (wydłużenie) pręta z połączeniem spawanym jest mniejsze od odpowiedniego całkowitego wydłużenia się pręta z połączeniem nitowanym. Sprawa powyższa, jako ważna szczególnie w konstrukcjach mostowych, została zbadana dokładnie zapomocą odpowiednich



Rys. 16.

przyrządów, służących do mierzenia odkształceń.

Z badań tych okazało się, że aż do granicy plastyczności materiału odkształcenia powyższych połączeń spawanych są praktycznie zupełnie takie same, jak odkształcenia materiału jednolitego. Jest to bardzo ważna zaleta połączeń spawanych w stosunku do połączeń nitowanych, które z natury rzeczy są odkształcalne. W połączeniach nitowanych

tarcie odgrywa poważną rolę, przeto przy znacznych naprężeniach w elementach, połączonych za pomocą nitów, zazwyczaj następuje nieznaczny przesuw części ze sobą połączonych i następnie dopiero zaczyna się praca nitów na docisk i ściskanie.



Rys. 17.



Rys. 18.



Rys. 19.



Rys. 20.



Rys. 21.

Powyższą własność połączeń można również dobrze zaobserwować na modelach kauczukowych, wyżej wymienionych.

Niezależnie od własności wytrzymałościowych próbek zostały zbadane

Jedynie sama spoina, jako stopniowy materiał elektrody, posiada głównie strukturę, charakteryzującą odlewy, po części zaś widać zaczątki budowy *Widmannstädtena*, która cechuje stali przegrzanej. Tego rodzaju struktura jest wskaźnikiem kruchości i znacznego obniżenia granicy sprężystości, jak również i granicy plastyczności stali.

W strukturze mikroskopowej nie zauważono jednak jakichkolwiek pęknięć wskutek skurczu spoin, co może mieć czasem miejsce zwłaszcza w żelazie zgrzewnym.

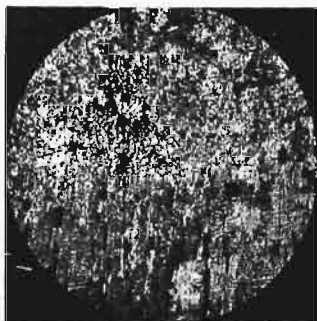
Do ujawnienia mikrostruktury, trawiono próbki 3% roztworem kwasu azotowego w alkoholu izoamylnym.

Wykonanie wszystkich omówionych połączeń spawanych zostało przeprowadzone elektrodami niepowleczonymi *Böhlera*, gdyż przy próbach

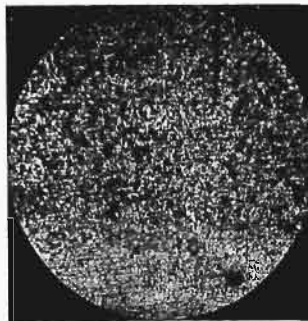
również struktury makroskopowe oraz mikroskopowe połączeń spawanych.

Na podstawie załączonych rys. rys. 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 można powiedzieć, że nao-

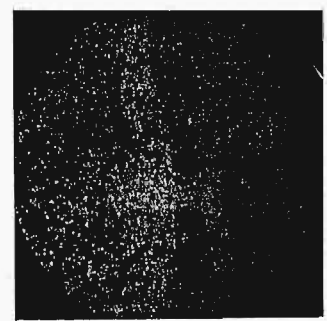
z elektrodami powleczonymi żużel, nie mając możliwości racjonalnego odpływu z ciasnych miejsc danego połączenia, pozostawał w spoinie, czyniąc ją porowatą.



Rys. 22. Spoina i żelazo zgrzewne płaskownika. Pow. 75 kr.



Rys. 23. Spoina i stal zlewna sworznia cylindr. Pow. 75 kr.



Rys. 24. Spoina i stal zlewna płaskownika. Pow. 17 1/2 kr.

gół wtopienie materiału elektrody w głąb jest normalne; tylko w niektórych typach próbek powyższe wtopienie sięga do 4 mm (typ III E), przyczem można zauważyć w samych spoinach drobne szczeliny i cząsteczki żużla, oraz niezupełnie dobre wykonanie spoiny w najwęższych (środkowych) częściach połączenia próbek ze sworzniami.

Sądząc z tego, należałoby w ciasnych miejscach połączeń rozpoczynać spawanie elektrodami o średnicy mniejszej niż 4 mm, który to wymiar stosowano przy wykonywaniu prób, wyżej omawianych.

Do ujawnienia struktury makroskopowej trawiono próbki odczynnikami jodowym (10%-wy roztwór jodu krystalicznego w alkoholu etylowym).

Co się zaś tyczy struktury materiału próbek ze stali zlewnej, to zmiana ta przeważnie sprowadza się do zmniejszenia wielkości ziarn ferrytu w stosunku do ziarn perlitu, co jednakże nie powoduje znacznego zmniejszenia własności mechanicznych samego materiału.

Spawanie odbywało się prądem stałym o natężeniu 125 A i napięciu 16 V.

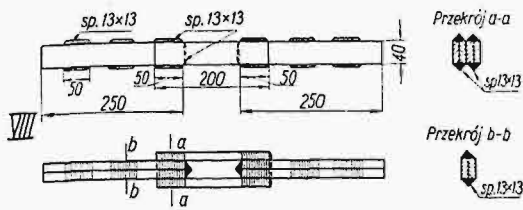
Niezależnie od wyżej opisanych badań zostały wykonane próby na ścinanie z pewnym szczególnym rodzajem bocznej spoiny, łączącej dwa elementy jednakowych szerokości, w sposób uwidoczony na rys. 26.

Tego rodzaju sposób łączenia, chociaż jest nieekonomiczny, jednakże ze względów konstrukcyjnych ma czasem zastosowanie w pewnych przypadkach przy wzmacnianiu istniejących konstrukcji.



Rys. 25. Spoina i stal zlewna sworznia stożk. Pow. 17 1/2 kr.

Z tego też względu sam proces spawania tych prób wykonano w położeniu normalnym, oraz sposobem sufitowym, t. j. nad głową.



Rys. 26.

Wyniki wytrzymałościowe prób zawiera tab. D.

wanych stali zlewnej z żelazem zgrzewnym. Próby powyższe co do kształtu i ilości odpowiadały okólnikowi Ministerstwa Spraw Wewnętrznych Nr. 93, z dn. 6.X.33, zawierającemu „Przepisy projektowania i wykonywania stalowych konstrukcji spawanych w budownictwie”, w myśl których należało przeprowadzić odpowiednie badania na rozerwanie, zginanie oraz ścinanie. Otóż próbki na rozerwanie wykonano w połowie ze stali zlewnej w połowie zaś z żelaza zgrzewnego o wymiarach 30x12 mm i długości 300 mm. Próbki te były połączone w środku spoiną stykową V, i następnie obrobione według rys. 29.

T A B E L A D.

Typ próbek	Pr kg	Pr (śred.) kg	Ws średnie kg/cm <sup>2</sup>	Sposób wykonania	U w a g i
VIII Z	27 600 27 100 30 200	28 633	2045	normalny	ścięcie spoiny " rozerwanie nakładki
VIII S	32 400 32 000 26 900	30 433	1672	normalny	rozerwanie środk. płaskowników " " "
VIII Z	20 200 28 700 26 350	28 083	2006	sufitowy	rozerwanie nakładki ścięcie spoiny i rozerwanie nakładki
VIII S	32 000 26 800 25 400	28 067	1542	sufitowy	ścięcie spoiny i rozerwanie nakładki ścięcie środk. płaskowników wzdłuż spoiny " " " " "

Na podstawie powyższej tabeli należy stwierdzić, że wytrzymałość spoin na ścinanie jest zupełnie dobra, przyczem wytrzymałość spoin, wykonanych sposobem sufitowym, stosunkowo mało się różni od wytrzymałości spoin, wykonanych sposobem zwykłym.



Rys. 27.

Należy tutaj jednak zwrócić uwagę na szkodliwą własność połączeń „na zakładkę”, jak to widać z rys. 27, oraz z rys. 28.

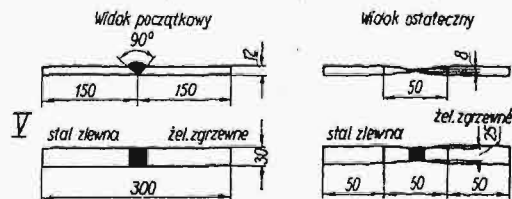


Rys. 28.

Tego rodzaju połączenie ulega, jak widać, zginaniu wskutek mimośrodowego działania sił. W końcu przeprowadzono próby, mające na celu wyjaśnienie sprawy wytrzymałości połączeń spa-

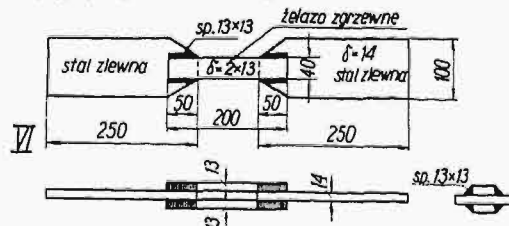
Po rozerwaniu otrzymano wyniki następujące:

Typ próbek	Pr kg	E cm <sup>2</sup>	Rr średnie kg/cm <sup>2</sup>
V	9300 8880 8200	2,00 2,00 2,00	4397



Rys. 29.

Tak więc naprężenie rozrywające wynosiło 4397 kg/cm<sup>2</sup>, gdy tymczasem zgodnie z obowiązującymi



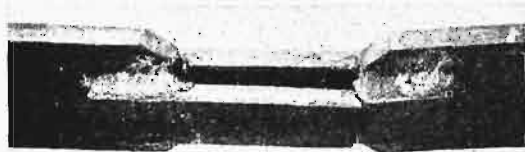
Rys. 30.

przepisami powyższe naprężenie powinno wynosić conajmniej 80% wytrzymałości materiału konstrukcyjnego (w danym przypadku żelaza zgrzewnego), t. j. 0,8.3681=2945 kg/cm<sup>2</sup>.

Próbki na ścinanie (rys. 30) wykonano z dwóch płaskowników z żelaza zgrzewnego o przekrojach  $40 \times 13$  mm, połączonych zapomocą spoin  $13 \times 13$  mm, długości 50 mm, z blachami węzłowymi ze stali zlewnej grubości 14 mm.

Typ próbek	$P_r$ kg	$P_r$ średnie kg/cm <sup>2</sup>	$R_r$ średnie kg/cm <sup>2</sup>
VI	32 500 34 200 34 600	33 707	3241

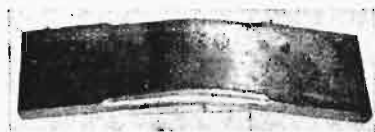
Jak widać z rys. 31 uległa rozerwaniu tylko nakładka przy średnim naprężeniu  $3241 \text{ kg/cm}^2$ , co świadczy zupełnie o dobrej wytrzymałości samego połączenia.



Rys. 31.

Próbki na zginanie wykonano również w połowie ze stali zlewnej, w połowie zaś z żelaza zgrzewnego o wymiarach  $120 \times 80 \times 13$  mm, połączonych w środku spoiną stykową V, poczem obrobiono je według rys. 32.

Następnie zgięto próbki w maszynie probierczej, przyczem pierwsze pęknięcie ukazywało się zazwyczaj przy kącie zgięcia ok.  $37^\circ$  po stronie żelaza zgrzewnego (rys. 33).



Rys. 33.

Tak więc na podstawie dodatknych wyników powyższych badań można powiedzieć, że konstrukcje, wykonane z żelaza zgrzewnego, mogą być w zupełności wzmacniane zapomocą spawania łukiem elektrycznym przy użyciu stali zlewnej, jako materiału wzmacniającego.

Ponieważ przy wzmacnianiu mostów nitowanych, bardzo często trzeba nie tylko zwiększać przekroje, lecz również zwiększać liczbę nitów, przytwierdzających dany pręt wzmacniany do węzła, przeto przeprowadzono również próby przeistoczenia nitów jednociętych na nity dwucięte. Drugie ścinanie otrzymywano bezpośrednio pod główką nita. W tym celu na główki nita nałożono nakładki z otworami o średnicy odpowiedniej do średnicy główki nita i główki nita połączono z nakładką zapomocą materiału elektrody, jak to pokazane jest na rys. 34.

Prób takich wykonano 6. W trzech próbach nitowanie wykonane było ręcznie za pomącą młotków zwykłych; w trzech za pomącą młotków pneumatycznych. Jak widać z rysunku 35, rozerwanie prób nastąpiło częściowo na nitach, częściowo poza nitami, same zaś nity zostały nienaruszone.

Stąd możemy wnioskować, że oba nity pracowały, jako dwucięte, gdyż w przeciwnym razie powinno było nastąpić ścinanie, jako słabsze.

Badania mechaniczne wykonano w Laboratorium Wytrzymałości Materiałów Politechniki Warszawskiej, badania metaloznawcze w Laboratorium Mechanicznym Ministerstwa Komunikacji. Spawanie prób wykonała wytwórnia „K. Rudzki i S-ka”, próby zaś na podwójne ścinanie Zakłady Ostrowieckie.

### Wnioski.

1) Wzmacnianie istniejących konstrukcji, wykonanych z żelaza zgrzewnego zapomocą spawania łukiem elektrycznym przy użyciu stali zlewnej, ja-

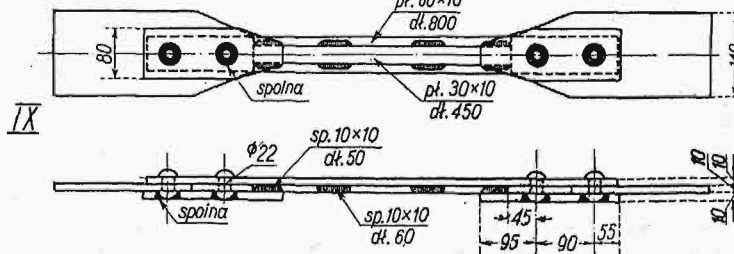


Rys. 32.

ko materiału wzmacniającego, jest pod względem technicznym w zupełności odpowiednie.

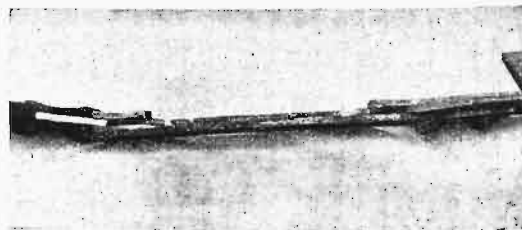
2) Elementy konstrukcyjne z otworami, które zostały następnie wypełnione materiałem elektrody, można uważać, jako nieosłabione.

3) Elementy konstrukcyjne, łączone zapomocą sworzni stożkowych (lub cylindrycznych) wstawionych w otwory i przypawanych łukiem elektrycznym, należy uważać, jako nieosłabione.



Rys. 34.

Tego rodzaju połączenia można również stosować łącznie ze spoinami stykowymi, czołowymi oraz bocznymi.



Rys. 35.

4) Spoiny boczne o przekroju poprzecznym w kształcie trójkąta równobocznego są pod względem wytrzymałościowym równoważne zwykłemu spoinom bocznym.

5) Nity jednocięte, których główki są połączone zapomocą elektrody z nakładkami, nałożonymi otworami swemi na główki nitów, mogą być liczone, jako nity dwucięte.