Przedruk wzbroniony.

PRZEGLĄD TECHNICZNY

CZASOPISMO POŚWIĘCONE SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU

Nr. 20 WARSZAWA, 9 PAŹDZIERNIKA 1935 R. Tom LXXIV

TREŚĆ:

Badania pewnych połączeń spawanych, prof. dr. inż. A. Pszenicki i doc. dr. inż. F. Szelągowski.
Konstrukcje stalowe obetonowane, dr. inż. A. Chmielowiec.
Sprężarka do urządzenia chłodniczego wydajności 900 000 Kal/godz., inż. J. Dadlez.
Wzorcowanie, prof. L. Karasiński.
Przegląd pism technicznych.
Bibljografja.
Listy do Redakcji.

SOMMAIRE:

Essais relatifs à certaines jonctions soudées (à suivre), par M. le Prof. Pszenicki et M. Szelągowski.
Constructions en acier recouvertes de béton (à suivre), par M. A. Chmielowiec.
Le compresseur pour une installation frigorifique de 900 000 Cal/h de rendement, par M. J. Dadlez.
Standardisation, par M. le Prof. L. Karasiński.
Revue documentaire.
Bibliographie.
Lettres reçues par la Rédaction.

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

Badania pewnych połączeń spawanych

Przy rozpatrywaniu przez Radę Techniczną w Ministerstwie Komunikacji projektów wzmocnienia starych mostów kolejowych spotyka się różne zagadnienia, które nie mają należytego wyjaśnienia i rozwiązania, szczególniej, jeżeli chodzi o stosowanie spawania. Ponieważ szczegółowe rozpatrywanie projektów wzmocniania, a także referowanie ich na Radzie Technicznej polecane było autorom niniejszego artykułu, przeto przeprowadziliśmy cały szereg doświadczeń i na podstawie wyników tych doświadczeń decydowano wzmocnienie w ten lub inny sposób. Jak wiadomo, w konstrukcjach spawanych połączenia elementów składowych wykonywane są najczęściej zapomocą spoin pachwinowych, bocznych, a także, choć rzadziej, stykowych, lub też zapomocą spoin bocznych i czołowych. W tych razach, gdy szerokość elementów jest dość znaczna w porównaniu do ich grubości, stosuje się również dodatkowe spoiny szczelinowe (brózdowe), by tym sposobem wytworzyć równomierniejszą spółpracę części łączonych.

Połączenia tego rodzaju w świetle teraźniejszych badań nie zasługują na zupełne zaufanie pod względem pewności bezpieczeństwa pracy wrazie dynamicznego działania obciążeń.

Przyczyną powyższego niedomagania często jest przegrzanie wewnętrzne spoiny, obniżające wartości mechaniczne materjału, oraz drobne szczeliny w spoinie, które są zazwyczaj zaczątkami wszelkiego rodzaju pęknięć materjału. Ponadto zwiększenie miejscowych naprężeń wskutek skurczeń spoiny, czasami przewyższających granicę plastyczności materjału, a także niezupełnie dobre wtopienie spoiny na całej jej długości dopełniają braki wytrzymałościowe w połączeniach spawanych.

Powyższe względy w głównej mierze powodują słaby rozwój mostów kratowych spawanych, w szczególności zaś kolejowych, jak również nakazują zachować pewną ostrożność w stosowaniu spawania w maszynach szybkobieżnych.

Główną zaletą stosowania połączeń spawanych w konstrukcjach stalowych jest to, że przekroje prętów nie są osłabione przez otwory, co ma miejsce w konstrukcjach nitowanych; dlatego też należy uważać za pożądane i celowe stosowanie takiego połączenia spawanego, któreby pod względem wytrzymałości odpowiadało połączeniu nitowanemu na ścinanie bez osłabiania przekrojów elementów łączonych i przy stosunkowo małym wpływie spoiny na własności mechaniczne połączenia.

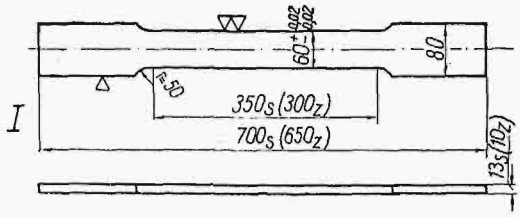
Stosowanie przeto połączeń, jakgdyby nitowych, bez osłabienia przekrojów prętów przez otwory na nity jest w szczególności godne zastosowania przy wzmocnianiu istniejących (nitowanych) mostów żelaznych i stalowych, gdyż daje możność, zastępując nity zwykłe przez sworznie, połączone zapomocą spawania z materjałem danego pręta dźwigara, zachowania wytrzymałości połączenia nitowanego z jednoczesną zamianą przekroju osłabionego na przekrój nieosłabiony, — przekrój netto na przekrój brutto. Ponieważ osłabienie prętów złożonych wynosi zwykle około 15% przekroju pręta, osłabienie zaś prętów płaskich, często stosowanych w mostach stalowych, dochodzi do 30%, przeto, stosując w stykach wymianę nitów na sworznie spawane, można prawie w tym samym stosunku wzmocniać pręty. W związku z wyżej omówioną sprawą Katedra Budowy Mostów Politechniki Warszawskiej przeprowadziła odpowiednie badania z próbkami, wykonanemi ze stali zlewnej oraz z żelaza zgrzewnego (spawalnego).

Przeprowadziliśmy badania również i próbek z żelaza zgrzewnego, gdyż mamy mosty z tego żelaza, wymagające wzmocnień. Chodziło nam o wytrzymałość spoin w tem żelazie oraz spoin żelaza zgrzewnego ze stalą zlewną.

Najpierw określono własności mechaniczne samego materjału, przeznaczonego do wykonania dalszych badań.

[1]) G. *Schaper*. Die Dauerfestigkeit der Schweissverbindungen. V. D. I. 1933 r.

W tym celu poddano rozciąganiu próbki, przedstawione na rys. 1, z cechami IZ i IS, oznaczającemi odpowiednio próbki ze stali zlewnej i z żelaza zgrzewnego [2]).



Rys. 1.

Celem otrzymania średnich wartości wyników wytrzymałościowych wykonano po trzy sztuki prób każdego typu. Wyniki tych prób podane są w tabeli A.

Jak widać z rezultatów prób powyższych, jakość tak stali zlewnej, jak również i żelaza zgrzewnego była w zupełności dobra.

[2]) Na rysunkach literą *Z* oznaczono próbki ze stali zlewnej, zaś literą *S* oznaczono próbki z żelaza zgrzewnego.

W dalszych badaniach zwrócono szczególną uwagę na dobre wypełnienie zapomocą spawania wywierconych otworów w elementach i przeprowadzenie pod względem wytrzymałościowym miejsc konstrukcyjnych.

W tym celu w próbkach typu II AZ, II AS, II BZ i IIBS wywiercono otwory średnicy 20 mm w sposób, przedstawiony na rys. 2, poczem zapełniono je materjałem elektrody; zaś w próbkach typu II CZ, II CS, II DZ i II DS do wywierconych otworów wstawiono sworznie cylindryczne długości równej grubości łączonych elementów i także sworznie stożkowe (rys. 2). Wszystkie te sworznie połączono z materjałem samych próbek zapomocą stopionej elektrody.

Próby powyższe dały wyniki wytrzymałościowe, uwidocznione w tabeli B.

Z wyników tych można zauważyć, że doraźna wytrzymałość próbek z zapełnionemi otworami jest naogół mniejsza od doraźnej wytrzymałości próbek jednolitych, przyczem największa różnica w przypadku stali zlewnej wynosi 11%, zaś w przypadku żelaza zgrzewnego 28%. W innych przypadkach powyższe różnice są mniejsze, lub też niekiedy zupełnie znikają, jak np. w próbce typu II AZ.

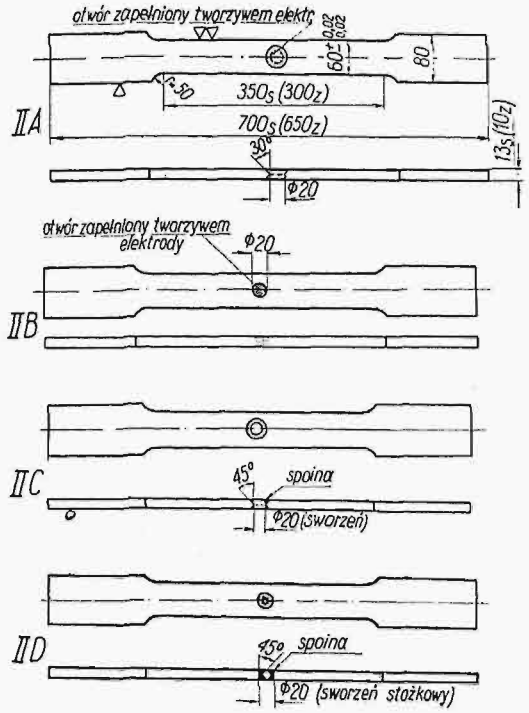
TABELA A.

Typ próbek	F cm²	L cm	Pq kg	Pr kg	Qr kg/cm²	Qr średn. kg/cm²	Rr kg/cm²	Rr średnie kg/cm²	e%	e% średnie
I Z	5,99	28	15 600	26 450	2604	2589	4416	4440	30,4	28,1
	5,98	28	15 200	26 500	2542		4431		29,6	
	5,99	28	15 700	26 800	2621		4474		24,3	
I S	7,96	32	20 300	28 950	2550	2588	3637	3681	13,1	17,3
	7,94	32	21 000	29 450	2645		3709		18,8	
	7,98	32	20 500	29 500	2569		3697		20,0	

TABELA B.

Typ próbek	Grubość mm	Szerokość mm	F cm²	L cm	Pq kg	Pr kg	Qr kg/cm²	Qr średnie kg/cm²	Rr kg/cm²	Rr średnie kg/cm²	e %	e % średnie
II AZ	9,93	60,00	5,96	28	17 000	26 750	2852	2797	4488	4497	15,5	15,8
	9,88	60,06	5,93	28	16 300	26 700	2741		4503		—	
	9,84	60,00	5,90	28	16 400	26 600	2779		4501		16,1	
II AS	12,92	59,96	7,75	32	20 700	25 250	2684	2566	3258	3354	20,0	10,6
	13,10	59,86	7,84	32	19 200	24 850	2448		3170		4,4	
	12,94	60,00	7,76	32	—	28 200	—		3634		7,5	
II BZ	9,90	60,04	5,94	28	16 500	23 500	2778	2819	3956	3888	11,8	8,7
	9,87	60,00	5,92	28	16 500	23 650	2787		3995		7,5	
	9,96	60,00	5,98	28	17 300	24 000	2893		4013		6,8	
II BS	12,87	60,10	7,73	32	19 700	27 700	2549	2549	3583	3471	7,2	6,5
	12,82	59,92	7,68	32	—	26 800	—		3489		5,6	
	12,96	60,00	7,78	32	—	26 000	—		3342		6,6	
II CZ	9,00	60,06	5,95	28	16 500	23 400	2773	2870	3933	4155	6,8	8,7
	9,93	60,02	5,96	28	17 000	24 300	2852		4077		6,8	
	9,94	60,08	5,97	28	17 000	26 600	2985		4454		12,5	
II CS	12,95	59,96	7,76	32	—	20 700	—	2191	2666	2639	—	2,2
	12,97	59,82	7,76	32	17 000	20 700	2191		2666		2,5	
	13,01	59,90	7,79	32	—	20 150	—		2586		1,9	
II DZ	9,84	60,08	5,91	28	16 700	23 800	2826	2810	4027	3946	7,1	7,0
	9,89	60,22	5,96	28	17 000	24 200	2852		4060		7,9	
	9,93	60,04	5,96	28	16 400	22 350	2752		3750		6,1	
II DS	13,15	60,00	7,89	32	20 600	23 350	2611	2611	2959	3127	4,7	5,1
	13,02	60,08	7,82	32	—	26 100	—		3337		5,3	
	12,98	59,94	7,78	32	—	24 000	—		3085		5,2	

Jednakże w zastosowaniach technicznych ważniejszą rolę posiada granica plastyczności materjału, której nie powinny przekraczać naprężenia pa-



Rys. 2.

nujące w elementach konstrukcyjnych. Otóż w związku z powyższem można powiedzieć, że we wszystkich omawianych próbkach z zapełnionemi otworami granica plastyczności w przypadku stali zlewnej jest większa, niż w próbkach jednolitych typu I; w przypadku zaś żelaza zgrzewnego powyższa granica, z wyjątkiem próbek typu II CS, jest prawie że jednakowa.

Mniej korzystnie natomiast przedstawia się sprawa z ciągliwością próbek z zapełnionemi otworami, która w porównaniu z ciągliwością próbek jednolitych, jest zawsze mniejsza, przyczem stosunkowo największą ciągliwość wykazały próbki typu II A.

W próbkach tych otwór został zukosowany pod kątem 30°, celem lepszego wykonania zapełnienia istniejącego otworu.

Charakterystycznym objawem rozciągania próbek z zapełnionemi otworami jest początek pękania tych próbek w ich środkowej części, jak to uwidocznia rys. 3.

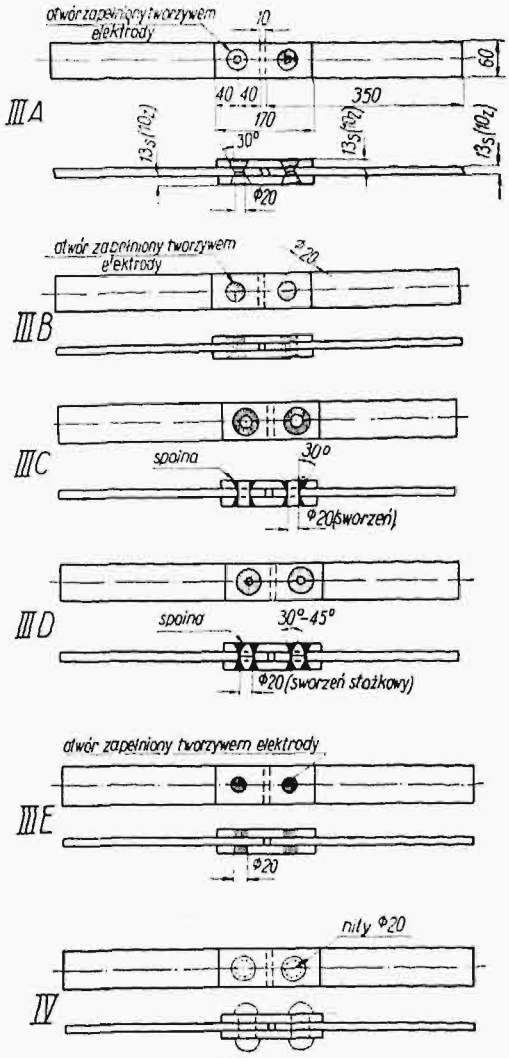
Rys. 3.

Powodem tego rodzaju pękania jest w pewnym stopniu mniejsza ciągliwość samego zapełnienia otworu, oraz skurcz roztopionego metalu elektrody, powracającego do temperatury otaczającej atmosfery. Powyższe przyczyny wywołują ze swej strony zwiększenie naprężeń w środkowej części próbek, a więc i początek pękania materjału. Rozważanie wpływu skurczu materjału elektrody na układ naprężeń w próbce zapomocą teorji sprężystości do-

Rys. 4.

prowadza do tych samych rezultatów, jakie wykazują rozrywane próbki.

Na podstawie zatem otrzymanych wyników możemy wnioskować, że, zapełniając otwór materjałem elektrody, można w zastosowaniach technicznych przyjmować, iż powstały w ten sposób przekrój „brutto" pręta, w szczególności do granicy plastyczności materjału, pracuje jako przekrój jednolity (nieosłabiony). Wprawdzie tego rodzaju zapeł-



Rys. 5.

nienie otworu materjałem elektrody powoduje zmniejszenie ogólnego wydłużenia próbki, co w konstrukcjach, pracujących na obciążenie dynamiczne jest niepożądane, jednakże należy tutaj zauważyć, że osłabienie przekrojów próbek przez wywiercanie otworów wynosiło przeszło 33%, gdy

tymczasem w teraźniejszych konstrukcjach osłabienie otworami nitowemi wynosi zwykle 15%, tak że wydłużenie elementu konstrukcyjnego z otworami, zapełnionemi materjałem elektrody będzie bliskie wydłużeniu materjału jednolitego.

Ponadto zostały jeszcze wykonane próbki zapełniania otworów zapomocą przypawania wystających sworzni. Wszystkie próbki powyższego rodzaju uległy rozerwaniu poza miejscem spawania (rys. 4), co świadczy wymownie o wysokiej wytrzymałości samego wypełnienia otworu.

W dalszym ciągu badań zostały wykonane próby z połączeniami, których kształt i rodzaj są uwidocznione na rys. 5-tym.

Z rysunku tego widać, że połączenie typu III A jest wykonane zapomocą zapełnienia materjałem elektrody zukosowanych otworów złącza, gdy połączenie typu III B różni się od poprzedniego tylko kształtem otworów, które są cylindryczne. Otwory zukosowane w próbkach typu III A wykonano celem lepszego połączenia materjału elektrody z materjałem samej próbki.

Następne połączenie, typu III C, wykonane było przez wstawienie sworznia cylindrycznego średnicy 20 mm w otwór zukosowany obustronnie pod kątem 30°. Sworzeń połączono z materjałem próbki również przez spawanie.

W typie III D ze względów ekonomicznych sworzeń został wykonany kształtu stożkowego, przyczem zukosowanie otworu było tutaj odpowiednio mniejsze.

Otwory w próbkach typu III C i III D były wywiercone o średnicy nieco większej od średnicy sworznia, z uwagi na odpowiednie wykonanie spawanego połączenia w jego najwęższem miejscu.

Ponadto wykonano połączenie typu III E, polegające na tem, że w nakładkach próbki wywiercono otwory średnicy 20 mm, które następnie zapełniono materjałem elektrody, łącząc w ten sposób zapomocą wtopienia środkowe elementy próbki.

W końcu zostało jeszcze wykonane połączenie nitowane, ażeby można było porównać ich wyniki wytrzymałościowe z odpowiedniemi wynikami połączeń spawanych, wyżej opisanych.

Próbki połączeń wykonano ze stali zlewnej oraz z żelaza zgrzewnego, każdego rodzaju po trzy sztuki. Dane, dotyczące ich wytrzymałości, są podane w tab. C.

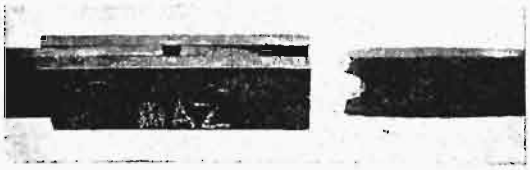
TABELA C.

Typ próbek	Pr kg	F cm²	Rr kg/cm²	Rr średnie kg/cm²	Uwagi
III AZ	17 850	5,40	3305	3348	rozerwanie płaskownika przy otworze
	21 100	6,00	3517		" " " "
	17 400	5,40	3223		" " " "
III AS	22 150	7,80	2840	2909	rozerwanie płaskownika przy otworze
	23 350	7,80	2993		" " " "
	22 400	7,80	2872		" " " "
III BZ	12 650	5,30	2343	2311	rozerwanie płaskownika przy otworze
	13 750	6,00	2291		" " " "
	12 420	5,40	2300		" " " "
III BS	14 500	7,80	1859	1909	ścięcie zapełnienia otworu
	15 200	7,80	1946		" " "
	15 000	7,80	1923		" " "
III CZ	19 200	5,40	3556	3563	rozerwanie płaskownika przy otworze
	19 900	5,70	3491		" " " "
	20 100	5,52	3641		" " " "
III CS	24 100	7,80	3090	2931	rozerwanie płaskownika przy otworze
	26 000	7,80	3333		" " " "
	19 500	7,80	2371		" " " "
III DZ	20 500	6,00	3417	3587	rozerwanie płaskownika poza miejscem spawania
	20 000	5,52	3623		" " " " "
	20 100	5,40	3722		rozerwanie płaskownika przy otworze
III DS	20 700	7,80	2654	2739	rozerwanie płaskownika poza miejscem spawania
	20 300	7,80	2602		" " " " "
	23 100	7,80	2961		" " " " "
III EZ	16 600	6,00	2767	2625	ścięcie materjału elektrody
	15 000	6,00	2500		" " "
	15 650	6,00	2608		" " "
III ES	14 100	7,80	1808	1741	ścięcie materjału elektrody
	11 850	7,80	1519		" " "
	14 800	7,80	1897		" " "
IV Z	16 400	6,00	2733	2789	rozerwanie płaskownika przy otworze
	16 300	6,00	2717		" " " "
	17 500	6,00	2916		" " " "
IV S	14 900	7,80	1910	2013	rozerwanie płaskownika przy otworze
	16 400	7,80	2103		" " " "
	15 800	7,80	2026		" " " "

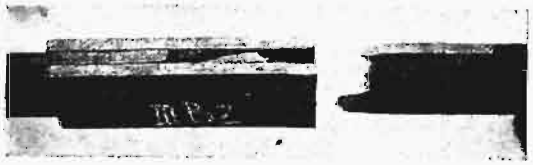
Z tabeli tej widzimy, że najkorzystniejsze wyniki w przypadku stali zlewnej dały połączenia ze sworzniami stożkowemi, przy których rozrywanie się próbek zachodziło poza miejscem spawania (rys. 6).

Rys. 6.

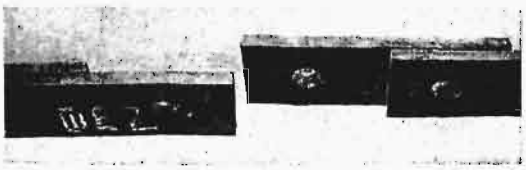
Rys. 7.



Rys. 8.



Rys. 9.



Rys. 10.

Dobre wyniki wykazały również połączenia ze sworzniami cylindrycznemi (rys. 7) gdy tymczasem inne połączenia typu III A (rys. 8), III B (rys. 9) i III E (rys. 10) dały wyniki gorsze, przyczem najkorzystniejsze okazały się połączenia z otworami cylindrycznemi, których odpowiednie zapełnienie materjałem elektrody jest naogół trudne.

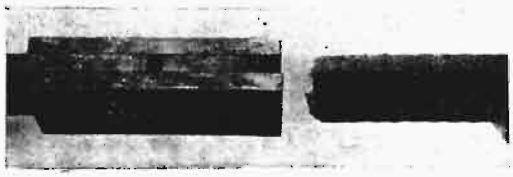
Połączenia, wykonane z żelaza zgrzewnego, najlepsze wyniki dały ze sworzniami cylindrycznemi (rys. 11), najgorsze zaś okazały się połączenia typu III E (rys. 12), t. j. polegające na łączeniu środkowego płaskownika złącza zapomocą odpowiedniego wtopienia materjału elektrody. To ostatnie po-

Rys. 11.

Rys. 12.

Rys. 13.

Rys. 14.



Rys. 15.

łączenie okazało się nawet gorsze pod względem wytrzymałościowym od połączenia nitowanego (rys. 13).

Względnie dobre wyniki były również ze sworzniami stożkowemi (rys. 14) oraz ze zukosowanemi otworami, zapełnionemi materjałem elektrody (rys. 15). *(d. n.).*

Dr. inż. A. CHMIELOWIEC

Konstrukcje stalowe obetonowane

Są to konstrukcje pośrednie między stalowemi i żelbetowemi. Mają zalety jednych i drugich: szybki i łatwy montaż bez rusztowań; ochrona od rdzy, gazów, ognia; oszczędność kosztów konserwacji; sztywność, monumentalność, oszczędność, na stali.

Obetonowanie odbywa się albo

1) podczas wykonywania konstrukcji stalowej lub też po jej ukończeniu a przed oddaniem jej do użytku, albo

2) po pewnym okresie eksploatacji.

W pierwszym wypadku budowla jest projekto-