Essais sur assemblages rivés, renforcés par soudure

Autor(en): **Bryla, Stefan**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE publications = Mémoires AIPC = IVBH Abhandlungen**

Band (Jahr): **1 (1932)**

PDF erstellt am: **27.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-703

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

ESSAIS SUR ASSEMBLAGES RIVÉS, RENFORCÉS PAR SOUDURE

VERSUCHE ÜBER DIE VERSTÄRKUNG VON NIETVERBINDUNGEN DURCH SCHWEISSEN

TESTS ON RIVETED JOINTS STRENGTHENED BY WELDING

Dr. sc. techn. STEFAN BRYLA,
Professeur à l'Ecole Polytechnique de Lwow (Pologne).

La pratique a quelquefois montré que le renforcement des assemblages rivés au moyen de la soudure ne conduit à aucune augmentation de la résistance, mais plutôt à un affaiblissement des assemblages. Il faut chercher la cause de ce fait dans la manière dont travaillent et se déforment les assemblages rivés et soudés. Ces deux modes d'assemblage travaillant dans des conditions différentes, la résistance de la rivure renforcée par soudure dépend du mode d'exécution de la soudure de renforcement et du rapport entre les sections de la soudure et du rivetage.

Les essais dont il est question dans le présent rapport ont été exécutés pour le compte du Ministère des Travaux Publics de la République Polonaise, et sous ma direction, au Laboratoire d'Essais de l'Ecole Polytechnique de Lwow. Les éprouvettes d'essai ont été exécutées dans des conditions intentionnellement défavorables, afin de tenir compte de ce fait que, dans la pratique, les travaux de renforcement sont effectués sur des constructions exposées aux agents atmosphériques et autres. Les soudures ont été effectuées avec électrodes Arcos „Tensilend". 166 éprouvettes ont été examinées.

On a effectué les séries d'essais suivantes:

1. Essai de résistance à la traction des éprouvettes rivées.

On a déterminé la résistance des rivets au cisaillement. Les éprouvettes, en tôle pour chaudière, étaient assemblées au moyen de deux rivets ayant des diamètres de 11, 14 et 17 mm.

2 a. Résistance à la traction des éprouvettes soudées, sur assemblages exécutés avec cordons de soudure en bout.

2 b. Résistance à la traction des éprouvettes soudées, sur assemblages exécutés avec cordons de soudure latéraux.

3 a. Résistance des assemblages rivés combinés avec cordons de soudure en bout.

3 b. Résistance des assemblages rivés combinés avec cordons de soudure latéraux.

Les essais prévus ci-dessus permettent de déterminer la résistance d'un assemblage rivé ou soudé et de l'assemblage combiné rivé et soudé, pour différents rapports entre la longueur et la largeur des cordons de soudure,

d'une part, et le diamètre des rivets, d'autre part, c'est-à-dire pour différents rapports entre la section des cordons de soudure et la section des rivets. La résistance des assemblages combinés a été calculée d'après la formule suivante:

$$P_c = P_n + k P_s \qquad \text{ou} \qquad P_c = P_n + k_1 P_{s_1} \tag{1}$$

formule dans laquelle on désigne par:

P_c la charge totale de rupture pour l'assemblage combiné rivé et soudé;
P_n la charge de rupture pour l'assemblage de mêmes dimensions réalisé exclusivement par rivetage, suivant les résultats des essais de la série 1;
P_s la charge de rupture pour l'assemblage de mêmes dimensions réalisé exclusivement par soudure, suivant les résultats des essais de la série 2.

Les trois valeurs P_c, P_n, P_s ont été déterminées par différentes mesures. Dans les deux équations ci-dessus, il ne reste donc à déterminer que la seule inconnue k ou k_1. Le coefficient k, qui intervient dans la première équation, a été obtenu à la suite d'essais exécutés sur des éprouvettes de même type, donc comportant des cordons de soudure de même longueur et de même section, exécutés par le même soudeur. En ce qui concerne le coéfficient k_1, qui intervient dans la deuxième équation, nous avons admis, pour une même section de cordon de soudure, une résistance égale pour les cordons de soudure en bout et les cordons de soudure latéraux.

On a admis que la résistance des cordons de soudure était égale à 80 % de celle de l'acier doux, ce qui donne:

$$R_s = 37 \times 0{,}8 = 29{,}6 \text{ kg par mm}^2.$$

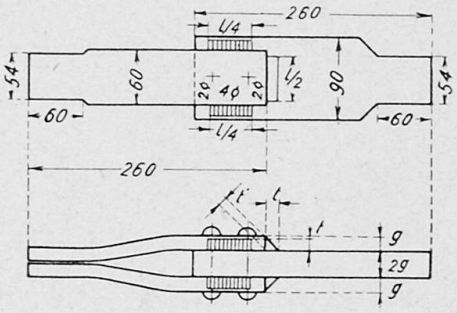

Fig. 1.

Dans le cas de l'assemblage combiné, nous avons admis que la qualité des cordons de soudure était la même que celle des cordons des éprouvettes entièrement soudées; ces soudures ont été en effet exécutées par le même soudeur, ce qui perment d'assurer une exécution à peu près constante.

La figure 1 représente la forme adoptée pour les éprouvettes. Ainsi qu'on le voit, les assemblages sont constitués d'une part, par un fer plat, d'autre par deux fers moins larges, afin de permettre l'exécution des cordons de soudure latéraux. Les cordons de soudure sont disposés symmétriquement par rapport au fer plat constituant la première partie ci-dessus de l'assemblage. L'éprouvette de la figure 1 constitue un assemblage rivé, avec cordons de soudure latéraux (représentés en hachures) et cordons de soudure en bout (représentés sans hachures). La partie usinée, aux extrémités, correspond aux mâchoires des étaux de la machine d'essai de rupture.

Les dimensions des pièces des assemblages ont été choisies de manière à provoquer la rupture soit par destruction des rivets, soit par destruction des cordons de soudure.

I. Résistance des assemblages rivés.

Eprouvette n°	Section des rivets en mm²	Résistance au cisaillement en kg par mm²
a) Deux rivets de 11.		
6	380	45,6
6/1	380	40,5
6/2	380	39,7
Moyenne		41,9
b) Deux rivets de 14.		
2	616	39,0
2/3	616	42,2
2/4	616	35,4
Moyenne		38,5
c) Deux rivets de 17.		
17/2	908	40
17/3	908	40,5
Moyenne		40,25

On a admis, comme résistance moyenne pour les trois types de rivets de 11, de 14 et de 17, la valeur de 40 kg par mm²; c'est cette valeur qui a été adoptée pour tous les calculs ultérieurs.

II. Résistance des assemblages soudés.

Les résultats donnés dans les spécifications 2a et 2b ont été tirés des essais faits sur des assemblages exclusivement soudés dont les résultats détaillés seront publiés séparément.

a) Soudures en bout.

Les résultats obtenus sont représentés graphiquement sur la figure 2. Ce graphique donne les valeurs moyennes de $\frac{P}{t_1 l}$ en fonction de t pour une longueur de la soudure $l = 10$ cm.

b) Soudures latérales.

Le tableau ci-joint contient les resultats concernant les soudures latérales.

N°	t mm	t' mm	$\frac{P}{t'}$ kg/cm	$\frac{P}{t' l}$ kg/mm²
		$l = 8$ cm		
4x	12	8,5	25400	31,7
34	10	7,0	28150	35,2
30	8	5,6	35000	43,8
26	6	4,2	41400	51,8
22	4	2,8	33600	42,0

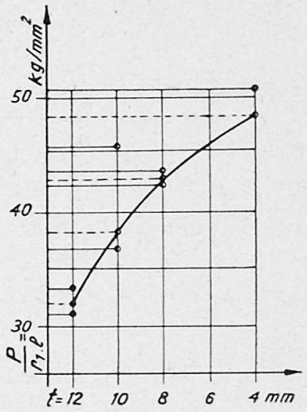

Fig. 2.

		l = 12 cm		
5x	12	8,5	36000	30,0
35	10	7,0	40800	33,9
31	8	5,6	37500	31,3
27	6	4,2	50000	41,7
23	4	2,0	63800	53,2
		l = 16 cm		
36	10	7,0	51500	32,1
32	8	5,6	57200	35,8
28	6	4,2	57200	35,7
24	4	2,8	73600	46,0
		l = 20 cm		
37	10	7,0	63500	31,6
33	8	5.6	69900	34,9
29	6	4,2	70500	35,2
25	4	2,8	80300	40,2

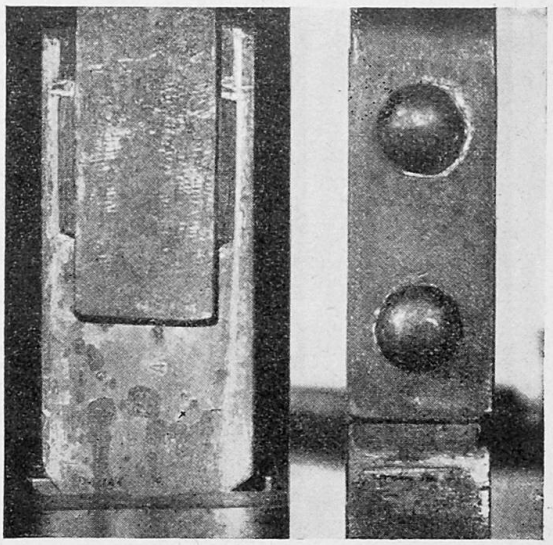

Fig. 3.

III. Résistance des assemblages rivés, renforcés par soudure.

a) Soudures en bout.

Les résultats obtenus sont représentés graphiquement sur les figures 4, 5 et 6. Ils permettent d'obtenir la valeur du coéfficient k ou k_1 en fonction

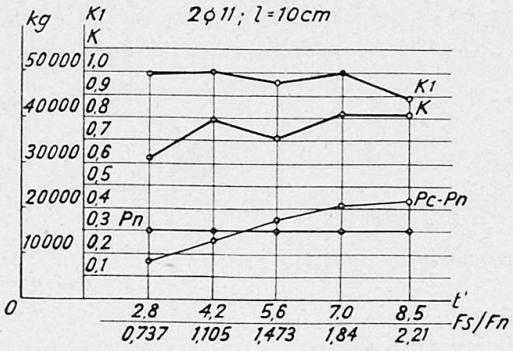

Fig. 4.

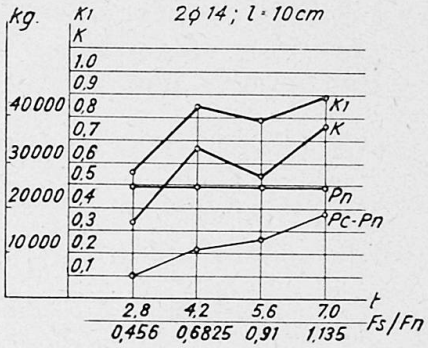

Fig. 5.

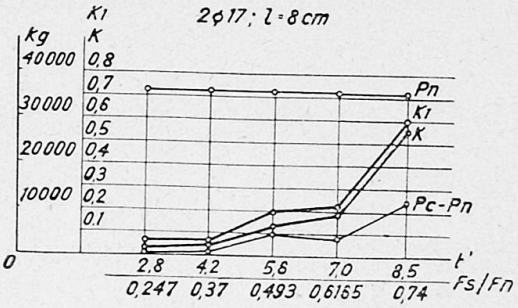

Fig. 6.

du rapport $\frac{F_s}{F_n}$ de la section de la soudure à la section des rivets et en fonction de l'épaisseur variable du cordon de soudure (t'). Les graphiques indiquent

également la valeur de la charge supportée par la rivure de l'assemblage (P_n) ainsi que celle de la charge supportée par la soudure de l'assemblage (P_c—P_n).

b) Soudures latérales.

La figure 7 représente une éprouvette rivée (deux rivets de 14) renforcée à l'aide de 4 cordons de soudure latéraux; la figure 8 représente la même éprouvette après sa rupture.

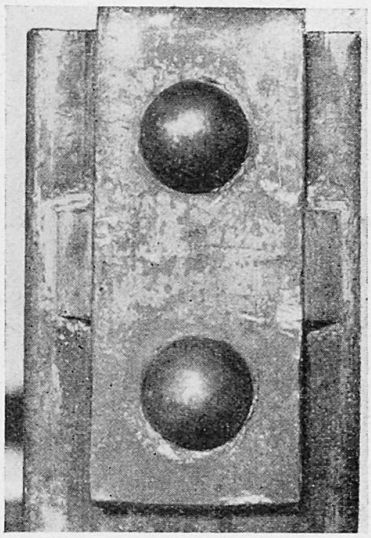

Fig. 7.

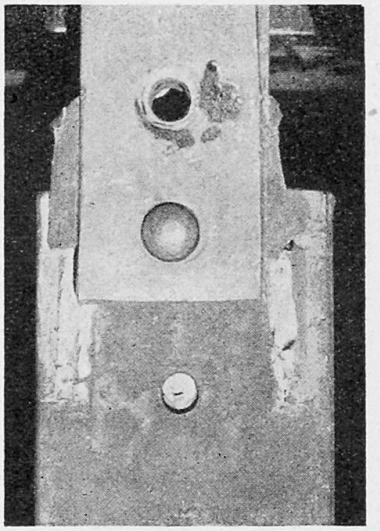

Fig. 8.

De même que pour le cas des soudures de renforcement en bout, les graphiques 9 à 12 indiquent les valeurs du coéfficient k ou k_1 pour deux rivets de 11 et pour des cordons de soudures de longueurs égales à 8, 12, 16 et 20 mm, en fonction du rapport de la section de la soudure à celle du rivetage, soit:

$$k = f\frac{F_s}{F_n} \qquad \text{ou} \qquad k_1 = f_1\frac{F_s}{F_n}$$

et en fonction de l'épaisseur variable minimum du cordon de soudure t', soit 2,8, 4,2, 5,6 et 7 mm (ou, pour t = 4, 6, 8 et 10 mm). Les graphiques 13 à 16

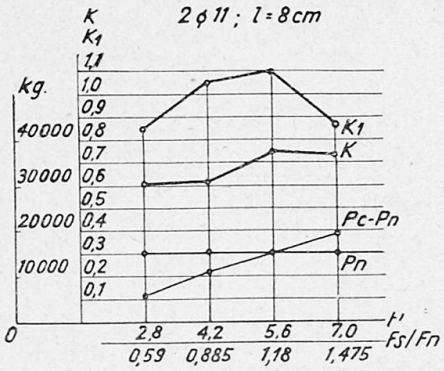

Fig. 9.

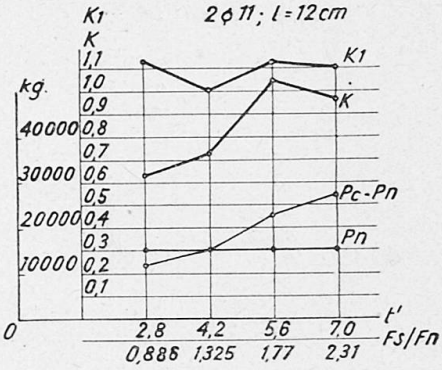

Fig. 10.

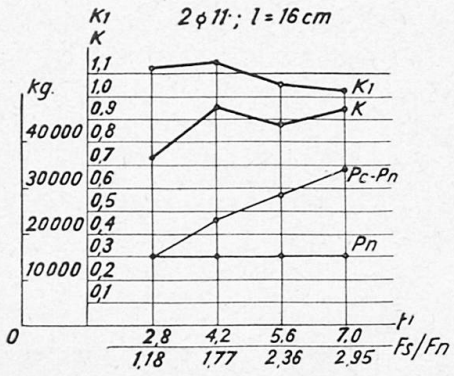

Fig. 11.

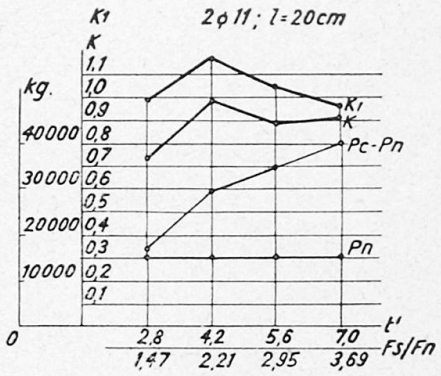

Fig. 12.

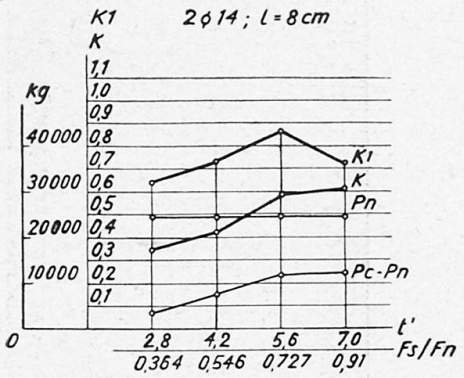

Fig. 13.

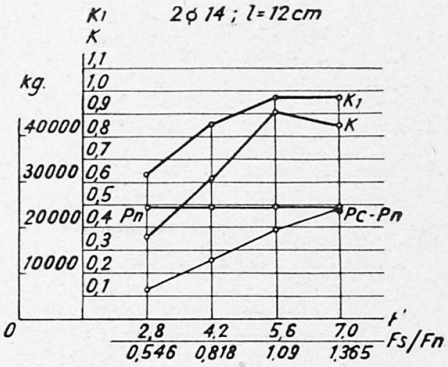

Fig. 14.

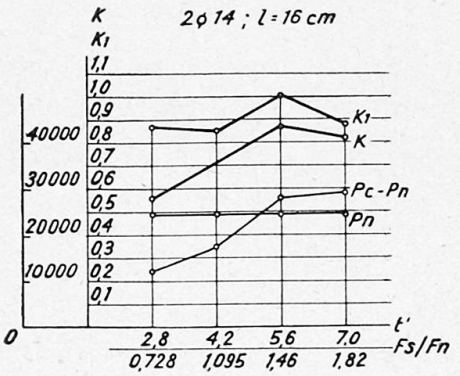

Fig. 15.

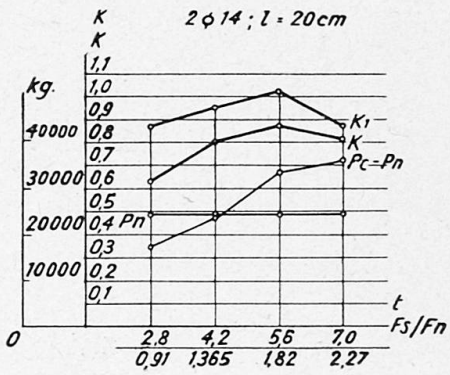

Fig. 16.

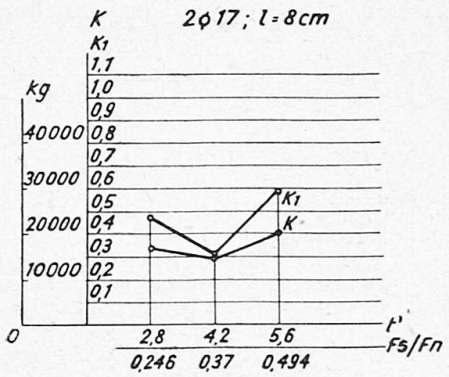

Fig. 17.

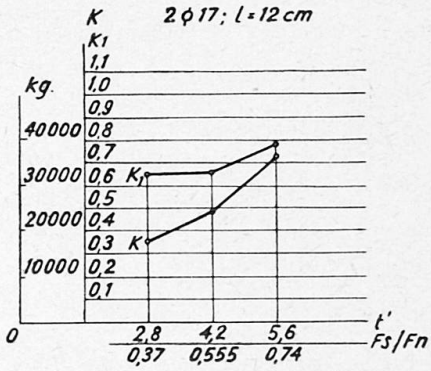

Fig. 18.

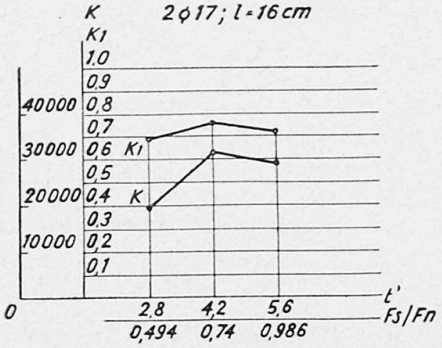

Fig. 19.

se rapportent d'une manière semblable à deux rivets de 14 et les graphiques 17 à 19 à deux rivets de 17. On obtient ainsi les valeurs du coéfficient k pour

$$\frac{F_s}{F_n} = 0{,}25 \text{ à } 3{,}69.$$

On a procédé en outre à l'étude macroscopique et microscopique ainsi qu'à une analyse chimique des rivets, des tôles et des cordons de soudure.

Résultats obtenus.

a) Soudures en bout.

Ainsi que l'on peut le constater par l'examen des graphiques ci-dessus, et jusqu'à la valeur

$$\frac{F_s}{F_n} = 0{,}5$$

on n'a pas pu obtenir un renforcement net du rivetage par la soudure. Pour cette valeur, on a obtenu, avec les rivets de 14, la valeur $k = 0{,}4$ et avec les rivets de 17, la valeur $k = 0{,}12$. Par contre, pour

$$\frac{F_s}{F_n} = 0{,}7$$

on a obtenu, avec les rivets de 11, la valeur $k = 0{,}5$; avec les rivets de 14, la valeur $k = 0{,}6$ et avec les rivets de 17, la valeur $k = 0{,}5$ ainsi que des valeurs notablement plus élevées pour k_1.

En admettant, d'une part:

$$\frac{F_s}{F} = 0{,}7 \qquad \text{et} \qquad k = 0{,}5$$

et d'autre part:

$$\frac{F_s}{F_n} = 2 \qquad \text{et} \qquad k = 0{,}8$$

on obtient, en supposant que la variation de k est linéaire:

$$k = 0{,}23 \frac{R_n}{R_s} \cdot \frac{P_s}{P_n} + 0{,}34 \qquad (2)$$

Dans ces expressions, on désigne par:

R_n la résistance des rivets au cisaillement (en général, $R_n = 40$ kg par mm²);
R_s la résistance de la soudure;
P_n la charge supportée par les rivets;
P_s la charge que peut supporter la soudure elle-même.

b) Soudures latérales.

En admettant une variation parabolique du coéfficient k, on obtient:

$$k = 0{,}64 \sqrt{\frac{P_s}{P_n} \cdot \frac{R_n}{R_s}} \tag{3}$$

ce qui donne, pour $R_n = 40$ kg par mm²,

$$k = 4 \sqrt{\frac{P_s}{P_n} \cdot \frac{1}{R_s}}$$

ou enfin:

$$k = 0{,}64 \sqrt{\frac{F_s}{F_n}} \tag{3a}$$

pour des valeurs de $\frac{F_s}{F_n}$ allant de 0,5 à 2,5.

Des essais ainsi effectués, il résulte qu'en faisant exécuter les travaux de renforcement par de bons soudeurs et en employant des matières premières de première qualité, on peut obtenir d'excellents résultats. Toutefois, il est prudent de faire précéder les travaux de renforcement proprement dits d'essais effectués avec les soudeurs que l'on se propose de faire travailler à ces renforcements, en employant les matériaux que l'on a l'intention d'adopter et en se plaçant dans des conditions conformes à celles du chantier.

Nous allons nous efforcer de dégager des formules qui soient plus simples, mais naturellement moins précises.

La résistance de l'assemblage combiné, P_c, est plus faible que la somme des résistances de l'assemblage rivé P_n et de l'assemblage soudé P_s:

$$P_c < P_n + P_s$$

Etudions la différence:

$$D = P_n + P_s - P_c \tag{4}$$

Les essais de résistance sur assemblages soudés en bout donnent la relation entre P_s et t pour un cordon de soudure en bout de 10 cm de longueur. Construisons une courbe en adoptant pour abscisses les t (4, 6, 8, 10 et 12 mm), et pour ordonnées les P_s, qui sont donnés par le tableau suivant:

t	4	6	8	10	12	mm
P_s	13,5	19,2	24,0	26,8	27,2	tonnes

Le tableau suivant indique les résultats des essais effectués sur assemblages combinés avec cordons de soudure en bout.

Assemblage	t	P_c	P_s	P_n	$P_s + P_n$	D	$D_{moyenne}$
	mm	tonnes					
1	2	3	4	5	6	7	8
2 Φ 11 mm, $l = 10$ cm	4	23,4	13,5	15,2	28,7	5,3	6,35 tonnes $= \frac{P_n}{2,4}$
	6	27,7	19,2	15,2	34,4	6,7	
	8	32,3	24	15,2	39,2	6,9	
	10	35,8	26,8	15,2	42,0	6,2	
	12	37,0	27,2	15,2	42,4	5,4	
2 Φ 14 mm, $l = 10$ cm	4	29,1	13,5	24,6	38,1	9	9,35 tonnes $= \frac{P_n}{2,63}$
	6	35,0	19,2	24,6	43,8	8,8	
	8	37,6	24	24,6	48,6	11	
	10	42,8	26,8	24,6	51,4	8,6	
2 Φ 17 mm, $l = 8$ cm	4	36,3	10,8	36,3	47,1	10,8	12,5 tonnes $= \frac{P_n}{2,9}$
	6	35,4	15,4	36,3	51,7	16,3	
	8	38,7	19,2	36,3	55,5	6,8	
	10	40,1	21,4	36,3	57,7	17,6	
	12	48,3	21,8	36,3	58,1	9,8	

Dans la colonne 3, les valeurs de P_c ont été déterminées comme valeurs moyennes pour des groupes d'éprouvettes ayant les mêmes dimensions. Dans les colonnes 4 et 5 sont portées les dimensions respectives de P_s et de P_n. Les chiffres de la colonne 7 ont été calculés d'après la formule 4. On se rend immédiatement compte que D augmente proportionnellement avec P_n.

On peut admettre en moyenne que:

$$D = \frac{P_n}{2,64} = 0,38\, P_n$$

En reportant cette valeur dans l'équation 4, on obtient la formule correspondant à la combinaison d'un assemblage rivé et d'un cordon de soudure en bout:

$$P_c = P_s + P_n - 0,38\, P_n = P_s + 0,62\, P_n$$

On peut donc admettre en chiffres ronds, pour un assemblage rivé renforcé par cordon de soudure en bout:

$$P_c = P_s + 0,6\, P_n \tag{5}$$

Des considérations analogues ont permis d'obtenir, pour la valeur moyenne de D en ce qui concerne des assemblages rivés renforcés par cordons de soudure latéraux:

pour deux rivets de 11 $\quad D_{moy} = 0,290\, P_n$
pour deux rivets de 14 $\quad D_{moy} = 0,296\, P_n$
pour deux rivets de 17 $\quad D_{moy} = 0,296\, P_n$

En chiffres ronds, on peut écrire:

$$D = 0,3\, P_n$$

et on obtient:

$$P_c = P_s + 0,7\, P_n \tag{6}$$

Les formules 5 et 6 confirment d'une manière assez exacte les résultats obtenus par Roš, qui a constaté que dans les assemblages combinés, on ne peut compter utiliser les rivets que pour environ 60 % de leur résistance.

Résumé.

En se basant sur des essais, l'auteur traite les assemblages rivés, renforcés par soudure. Les essais se rapportent aux assemblages rivés, aux assemblages soudés ainsi qu'aux assemblages mixtes. Les soudures en bout et les soudures latérales sont traitées séparément.

Les formules établies (équations 2 et 3) permettent la détermination d'un coefficient de rendement k de la soudure pour différentes rapports de la section soudée F_s à la section rivée F_n.

Les équations 5 et 6 montrent que dans les assemblages mixtes, la résistance des rivets ne peut être exploitée qu'à en viron 60 %.

Zusammenfassung.

Auf Grund von Versuchen wird das Verhalten von durch Schweißung verstärkten Nietverbindungen behandelt. Die Versuche erstrecken sich auf genietete und geschweißte Verbindungen allein, sowie auf gemischte Verbindungen. Stoß und Flankennähte werden getrennt behandelt.

Es werden Formeln (Gl. 2 und 3) aufgestellt für den Wirkungsgrad k der Schweißung für verschiedene Verhältnisse des Schweißquerschnittes F_s zum Nietquerschnitt F_n.

Einfache Gebrauchsformeln (Gl. 5 und 6) zeigen, daß in gemischten Verbindungen die Nietung nur mit 60 bis 70 % ihrer Tragfähigkeit in Rechnung gesetzt werden darf.

Summary.

Based on practical tests, the author deals with the behaviour of riveted joints strengthened by welding. The tests were made on purely riveted and purely welded joints, as well as on joints both riveted and welded.

Formulae (Eq. 2 and 3) are drawn up for the efficiency k of the welding for various ratios of weld cross-section F_s to rivet cross-section F_n.

Simple practical formulae (Eq. 5 and 6) show that in joints with both riveting and welding the riveting may only be calculated with 60—70 % of its full carrying capacity.