

**Zeitschrift:** IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht

**Band:** 2 (1936)

**Artikel:** Calcul des soudures basé sur la conservations de l'énergie de  
déformation

**Autor:** Kist, N.C.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-2936>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## IIIc1

### Calcul des soudures basé sur la conservation de l'énergie de déformation.

### Berechnung der Schweißnähte unter Berücksichtigung konstanter Gestaltsänderungsenergie.

### Calculation of Welds under Consideration of Constant Deformation Energie.

Ir. N. C. Kist,

Professor an der Technischen Hochschule, Delft.

Les essais du Professeur *Jensen* ont démontré que la théorie de la conservation de l'énergie de déformation fournit exactement les rapports existant entre les tensions de rupture des soudures d'angle chargées dans différentes directions. La plasticité est appliquée au calcul des assemblages statiquement indéterminés. Se basant sur la théorie et sur les essais, l'auteur tire les conclusions qui sont exposées à la fin de ce rapport.

D'après les normes allemandes (DIN 4100) concernant les constructions métalliques soudées, le «Code for Fusion Welding and Gascutting in Building Construction» américain ainsi que d'après d'autres normes encore, la grandeur des tensions admissibles dans une soudure d'angle est la même pour toutes les directions que peut prendre la charge. La résistance est cependant beaucoup plus grande lorsque la force agit perpendiculairement à la soudure (ligne CD dans la figure 1) que lorsqu'elle agit dans le sens de la soudure elle-même. Le professeur américain *Cyril D. Jensen* a publié dans le «Journal of the American Welding Society» de février 1934 les résultats d'une série d'essais intéressants sur la résistance des soudures frontales pour différentes valeurs de l'angle  $\alpha$  formé par la direction de la force AB et la ligne de soudure CD (voir la fig. 1). Les tensions de rupture  $\sigma_{B\alpha}$  calculées par le professeur *Jensen* sont portées dans la figure 2 de telle sorte que la longueur du vecteur représente la grandeur de la tension de rupture et l'angle de ce vecteur avec l'axe des abscisses, l'angle  $\alpha$ . Le professeur *Jensen* n'a pas contrôlé ses résultats avec la théorie de la conservation de l'énergie de déformation. Si l'on fait ce contrôle on constate une concordance parfaite. La ligne pointillée donne le point où devrait se trouver l'extrémité des vecteurs calculés d'après cette théorie.

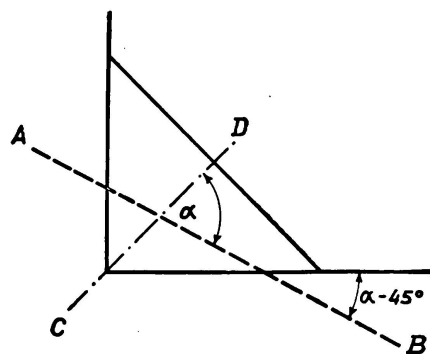


Fig. 1.

*Theorie konstanter Gestaltsänderungsenergie*  
*Théorie de l'énergie constante de déformation*  
*Theory of the constant energy of deformation*

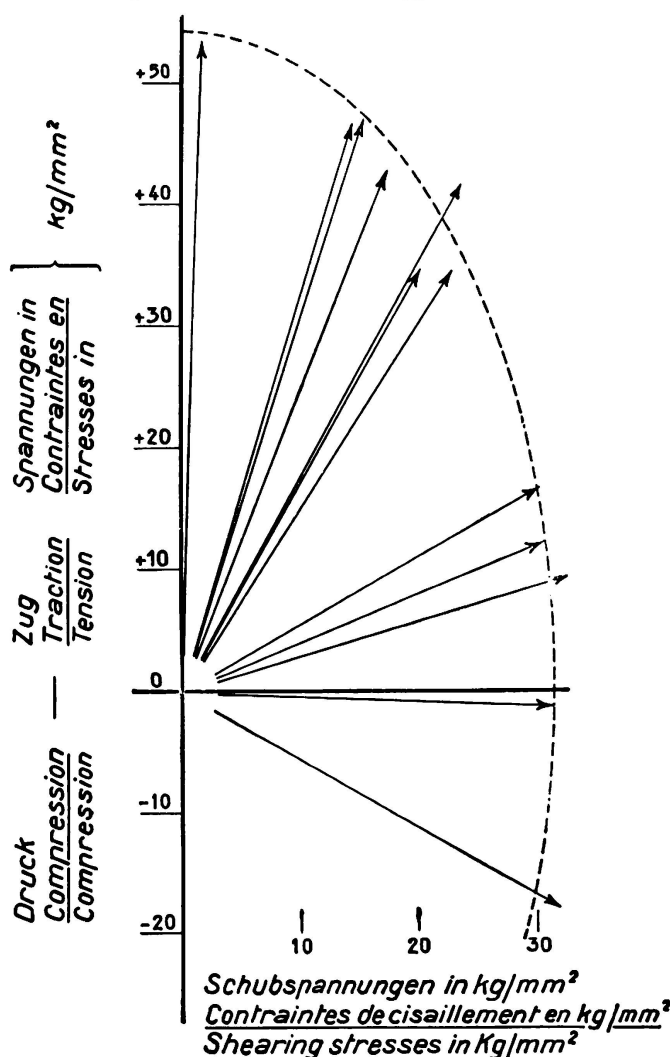


Fig. 2.

contrôler d'autres théories de rupture au moyen de ses résultats. Il en a tiré la conclusion que ou bien les tensions de rupture  $\sigma_{B\alpha}$  ne coïncident pas avec ces théories de rupture en question, ou bien que ses mesures étaient fausses. Nous terminons en disant que les tensions de rupture concordent très bien avec la théorie de la conservation de l'énergie de déformation et que les recherches du professeur *Jensen* sont très exactes.

Ces recherches ne se rapportent qu'aux soudures frontales (ligne CD de la fig. 1) qui sont sollicitées soit à la traction et au cisaillement, soit au cisaillement et à une légère compression. Elles ne concernent pas les soudures sollicitées principalement à la compression. Les éprouvettes étaient construites de telle sorte que l'on pouvait déterminer avec précision la direction de la force, ce qui était nécessaire pour la détermination exacte de  $\alpha$ . Cependant la direction statique de la force est généralement indéterminée et dans ce cas il est nécessaire pour les calculs de  $\sigma_{B\alpha}$  de calculer  $\alpha$ .

Nous adopterons dans notre travail la notation suivante:

$\sigma_{B\alpha}$  représente la tension de rupture lorsque la force fait un angle  $\alpha$  avec la soudure.

$\sigma$  la composante de  $\sigma_{B\alpha}$  perpendiculaire au plan de rupture.

$\tau$  la composante de  $\sigma_{B\alpha}$  située dans la plan de rupture.

$\sigma_{B \text{ Zug}}$  la tension résultant d'une surcharge normale.

D'après la théorie de la conservation de l'énergie de déformation, la rupture se produit lorsque:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sigma_{B \text{ Zug}}$$

et

$$\sigma_{B\alpha} = \sigma_{B \text{ Zug}} \frac{1}{\sqrt{\sin^2 \alpha + 3 \cos^2 \alpha}}$$

La valeur moyenne de  $\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$  est tirée des essais du professeur *Jensen* et de ces moyennes, la valeur de  $\sigma_{B\alpha}$  dont l'extrémité est représentée dans la figure 2 par la ligne pointillée.

La concordance des essais du professeur *Jensen* avec la théorie de la conservation de l'énergie de déformation est si surprenante que le professeur *Jensen* a pu

Nous proposons, en nous basant sur la théorie de la plasticité, de choisir la direction de la force dans les soudures (c'est-à-dire l'angle  $\alpha$ ) de telle sorte que dans les calculs, la plus grande force que doit supporter la construction soit encore conciliable avec l'équilibre des forces.

Nous allons illustrer ceci par un exemple. La figure 3 représente une éprouvette de soudure frontale sollicitée par une force de traction  $P$ . Les directions des forces que doivent supporter les soudures peuvent former un angle quelconque avec l'horizontale. Désignons cet angle par  $\alpha - 45^\circ$  (voir la fig. 1). L'angle avec la soudure est donc  $\alpha$ . Si l'on désigne par  $F$  la surface de contact de deux soudures juxtaposées (ligne CD de la fig. 1), la force oblique qui entraîne la rupture est:

$$\frac{1}{2} F \sigma_{B\alpha} = \frac{1}{2} F \frac{\sigma_B \text{ Zug}}{\sqrt{\sin^2 \alpha + 3 \cos^2 \alpha}}$$

Par suite de l'obliquité des forces dans la soudure, les pièces latérales sont pressées contre la pièce centrale. La rupture de l'éprouvette ne se produira que lorsque le frottement entre la pièce centrale et les pièces latérales sera vaincu. La

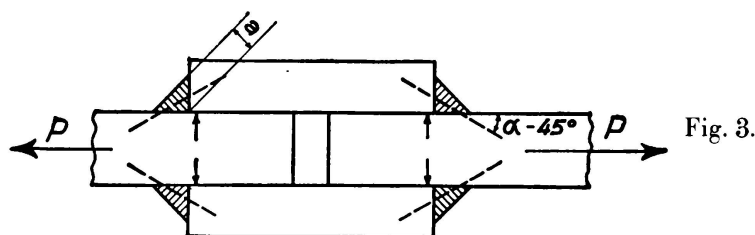


Fig. 3.

force de rupture  $P$  est ainsi la somme des composantes horizontales des forces obliques et de la résistance due au frottement. Les composantes horizontales des forces obliques de rupture sont:

$$\frac{1}{2} F \frac{\sigma_B \text{ Zug}}{\sqrt{\sin^2 \alpha + 3 \cos^2 \alpha}} \cos (\alpha - 45^\circ)$$

et les composantes verticales:

$$\frac{1}{2} F \frac{\sigma_B \text{ Zug}}{\sqrt{\sin^2 \alpha + 3 \cos^2 \alpha}} \sin (\alpha - 45^\circ)$$

Si l'on représente par  $\mu$  le coefficient de frottement, on peut écrire:

$$P = 2 \cdot \frac{1}{2} F \frac{\sigma_B \text{ Zug}}{\sqrt{\sin^2 \alpha + 3 \cos^2 \alpha}} [\cos (\alpha - 45^\circ) + \mu \sin (\alpha - 45^\circ)]$$

La pièce centrale est fortement comprimée par les pièces latérales, il en résulte que le coefficient de frottement doit être choisi plus grand que dans les cas de compression modérée. Nous admettons un coefficient aussi grand que pour les assemblages rivés, c'est-à-dire 0,2. Notre formule devient alors:

$$P = F \frac{\sigma_B \text{ Zug}}{\sqrt{\sin^2 \alpha + 3 \cos^2 \alpha}} [\cos (\alpha - 45^\circ) + 0,2 \sin (\alpha - 45^\circ)]$$



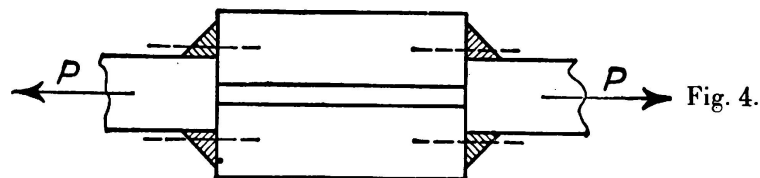
En nous basant sur la loi de la plasticité, la valeur de  $\alpha$  doit être telle que  $P$  soit maximum

C'est le cas pour  $\alpha = 79^\circ$ ; notre équation devient alors:

$$P = F \cdot \sigma_{B \text{ Zug}} \cdot 0,908$$

(forme de construction de la fig. 3)

L'influence de la force est sensiblement différente dans le cas de la figure 4. La compression entre les pièces n'existe pas dans ce cas et pour que le système soit en équilibre, il faut que les forces agissant dans les soudures supérieures, respectivement dans les soudures inférieures soient directement opposées. Pour des raisons de symétrie, il faut encore que ces forces soient horizontales ainsi que le montre la figure 4.



L'angle est donc dans ce cas de  $45^\circ$  et

$$P = F \frac{\sigma_{B \text{ Zug}}}{\sqrt{\sin^2 \alpha + 3 \cos^2 \alpha}} = 0,71 F \sigma_{B \text{ Zug}}$$

(méthode de construction de la figure 4). Si dans l'éprouvette de la figure 3 on remplace la traction par de la compression, la pression entre les pièces latérales et la pièce centrale n'existe plus. Dans ce cas nous avons aussi  $\alpha = 45^\circ$  et

$$P = 0,71 F \sigma_{B \text{ Zug}}$$

Nous allons maintenant essayer une méthode de calcul basée sur les hypothèses suivantes:

1° La rupture se produit là où le profil de la soudure est le plus faible; du moins exécuterons-nous nos calculs comme si tel était le cas.

2° D'après la théorie de la conservation de l'énergie de déformation, la tension de rupture  $\sigma_{B\alpha}$  engendrée par une force agissant sous un angle  $\alpha$  est égale à la tension de traction normale qui entraîne la rupture multipliée par

$$\frac{1}{\sqrt{\sin^2 \alpha + 3 \cos^2 \alpha}}$$

3° D'après la théorie de la plasticité on choisira les grandeurs hyperstatiques de telle sorte que les calculs tiennent compte de la plus grande surcharge qui peut entraîner la rupture de la construction. Ceci concerne tout autant l'angle sous lequel doit agir la force dans une soudure que la répartition des forces sur plusieurs soudures.

Si le calcul d'après la troisième hypothèse est trop compliqué, il faudra faire une supposition pratique concernant les grandeurs hyperstatiques. Cette supposition nous conduit à calculer un état de charge qui est plus petit que la

véritable surcharge de rupture. Il faut encore faire remarquer que l'hypothèse 3° n'est pas valable pour des surcharges répétées alternées (se répétant par exemple un million de fois) car le matériau n'est plus plastique dans ce cas. Ce procédé de calcul ne peut être employé que pour des constructions dont les surcharges ne varient que peu ou pas souvent, par ex. pour les charpentes. De toute façon elle doit encore être vérifiée par des essais.

D'entente avec la Commission hollandaise de standardisation pour les constructions métalliques soudées (36 C) et avec la gracieuse collaboration des maison «Willem Smit en Co's Transformatorenfabriek» à Nimègue, «Arcos-electrolasch» à Amsterdam et «Nederlandsche Kjellberg Electrodenfabriek» à Amsterdam, l'Ecole Polytechnique de Delft (Hollande) a entrepris une série d'essais sur des éprouvettes soudées électriquement afin de contrôler les hypothèses que nous avons indiquées ci-dessus. Dans la table, une colonne donne

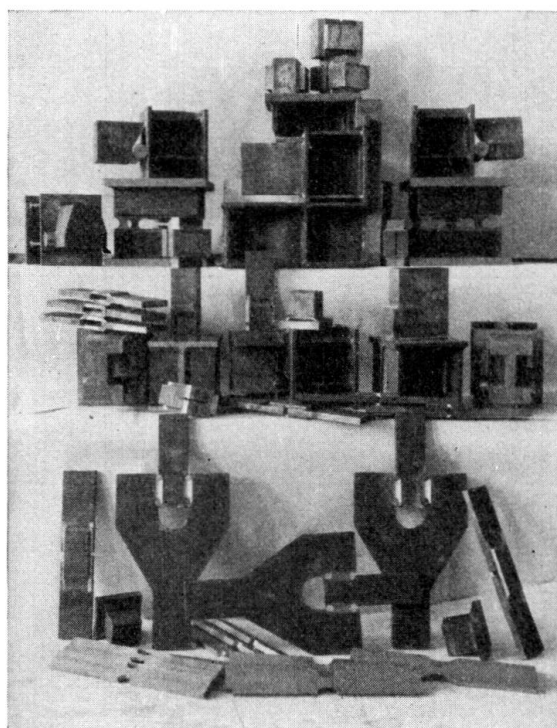


Fig. 5.

les esquisses des éprouvettes, une autre indique le type de soudure et la suivante l'angle formé par la direction de la force d'une part et par le plus petit profil en travers de la soudure d'autre part.

Nous avons construit trois éprouvettes de chaque type; une éprouvette fut soudée avec les baguettes à résistance de Smit, une autre avec les baguettes Stabilend de la Maison Arcos et la troisième au moyen des baguettes O — K de Kjellberg. Les tensions de rupture inscrites sont les moyennes des quotients de la plus grande force supportée par la soudure et du plus petit profil en travers de cette même soudure. Les tensions de rupture sont comparées avec les tensions moyennes de rupture d'une barre normale (10 mm, mesurée sur 50 mm) constituée uniquement de métal d'apport. Les tensions moyennes de 9 de ces barres (fabriquées avec les baguettes de chaque marque) furent mesurées et sont portées sous XVI dans le tableau. Elles sont égales à 48,3 kg/mm<sup>2</sup>.

N°	Eprouvette	Type de soudure	Genre de sollicitation	Contrainte de rupture en kg/mm <sup>2</sup>	Rapport à XVI observé	Rapport à XVI calculé	Contrainte pour une pénétration de 0,2 mm kg/mm <sup>2</sup>	Rapport à XVI	Contrainte pour une pénétration de 10 <sup>th</sup> /m kg/mm <sup>2</sup>	Rapport à XVI	Bessel kg/mm <sup>2</sup>	Vogel kg/mm <sup>2</sup>	Essais de Dresde kg/mm <sup>2</sup>	Boston kg/mm <sup>2</sup>	Hohn kg/mm <sup>2</sup>	Mac Gibbon kg/mm <sup>2</sup>	E.T.H. Zürich kg/mm <sup>2</sup>	R.S.W. kg/mm <sup>2</sup>	
XVI		Tout en métal d'apport	Traction normale	48,3															
I		Soudure bout à bout	Traction normale	49,3	1,02	1,00					38,0 <sup>u</sup>							34,0 <sup>u</sup>	non usiné
II		Soudure bout à bout	Traction normale	50,1	1,04	1,00											40,0		
VII		Soudure frontale	Traction normale	57,3	1,19	1,00													
VIII		Soudures frontales	Traction à 79° et frottement	51,9	1,07	0,91						46,5		45,0	41,0		49,5	35,0	
IX		Soudures frontales	Traction à 45°	33,4	0,69	0,71													
VI		Soudure bout à bout	Cisaillement	31,1	0,64	0,58													
X		Soudure frontale	Cisaillement	29,9	0,62	0,58													
XIV		Soudures latérales	Cisaillement et traction secondaire	30,9	0,64	0,58					32,0	40,0		34,0	28,0	39,0	35,4	29,0	
XV		Soudures latérales	Cisaillement et compression secondaire	35,6	0,74	0,58						50,0				48,0			
XI		Soudures frontales	Compression à 45°	40,6	0,84	0,71						42,5							
XII		Soudures frontales	Compression à 72°	> 64,1	> 1,33	0,82	37,8	0,78	55,0	1,14			> 53,0						
V		Soudure bout à bout	Compression	> 78,8	> 1,63	1,00	37,8	0,78	48,1	1,00			> 46,0						
XIII		Soudure frontale	Compression	> 70,7	> 1,46	1,00	61,6	1,27											

Nous avons employé l'acier 37 pour la confection des éprouvettes. Les rapports entre les tensions moyennes de rupture des éprouvettes soudées et les tensions moyennes de rupture des barres en métal d'apport sont portés dans la 6<sup>ème</sup> colonne du tableau. Ensuite vient dans la 7<sup>ème</sup> colonne le résultat que l'on obtiendrait si les hypothèses à vérifier étaient exactes. La comparaison des chiffres des colonnes 6 et 7 donne le contrôle de l'exactitude des hypothèses. La photographie représente les différentes éprouvettes avant les essais. Les éprouvettes I, II, V et VI sont soudées bout-à-bout et sont usinées exactement (épaisseur de 10 à 14 mm). Les autres éprouvettes sont soudées à angle et furent contrôlées avec l'appareil du Dr. ing. H. Schmuckler (appareil qui s'est révélé très utile pour ces mesures). Les tensions de rupture sont rapportées au profil mesuré (épaisseur mesurée «a» multipliée par la longueur mesurée de la soudure). En général l'épaisseur de la soudure était de 4 mm, mais les mesures ont montré que cette épaisseur était dépassée.

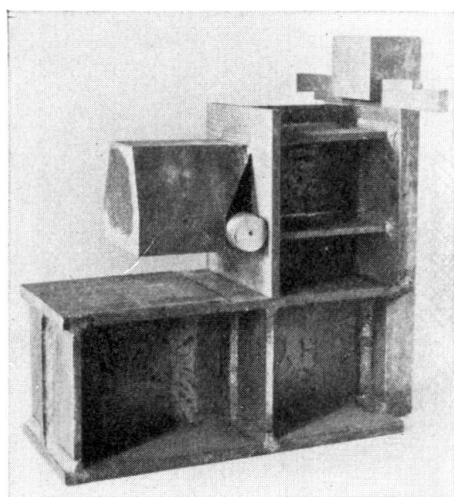


Fig. 6.

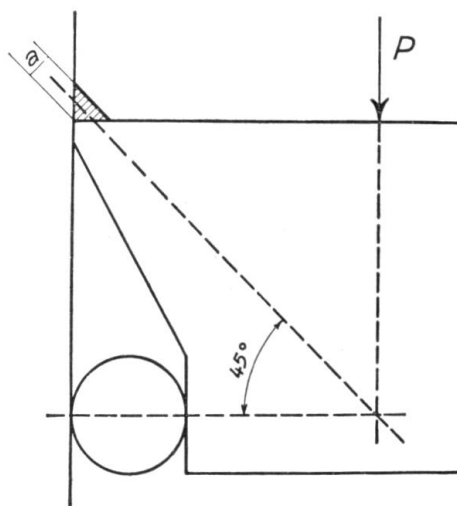


Fig. 7.

La figure 6 représente une éprouvette du type VII renforcée par un étrier, ceci afin de permettre la mise en place sur la presse. La figure 7 montre par quel procédé la soudure fut soumise à la traction. Si  $P$  est la force de rupture, «b» la largeur de la soudure et «a» son épaisseur, la tension de rupture est égale à  $P \frac{2}{a \cdot b}$ . La forme de cette éprouvette ainsi que celle de l'éprouvette X est conforme aux essais de *Jensen*. Le jeu des forces dans les éprouvettes des types VIII et IX a déjà été expliqué plus haut. La photographie de la figure 8 représente une éprouvette du type VI après les essais. Les éprouvettes X sont identiques aux éprouvettes du type VII à la seule différence que le cordon de soudure se trouve au dessous de l'aile supérieure de la poutre en T; il en résulte que la soudure sera sollicitée au cisaillement.

Dans le cas des éprouvettes XII, V et XIII, les soudures étaient sollicitées à la compression sous un angle de 72°, respectivement à la compression normale. Dans ce cas il n'y eut pas de rupture car la soudure s'est étirée sans se rompre. Les écrasements des soudures ouvertes furent mesurés et les tensions pour des

écrasements de 0,2 et de 1,0 mm sont reportés dans le tableau. Dans la colonne «Tensions de rupture» sont portées les tensions mesurées au moment où les essais ne pouvaient être poussés plus loin. Durant le soudage des éprouvettes XII et XIII, on introduisit des plaques de cuivre dans les intervalles laissés libres, afin d'empêcher à la soudure d'y couler. Dans les calculs nous avons introduit l'épaisseur «a» (voir les fig. 9 et 11). Dans le cas de l'éprouvette XII, l'angle  $\alpha$  compris entre la direction de la force à supporter par la soudure (ligne AB de la fig. 9) et le plus petit profil de la soudure n'est pas statiquement déterminé. Si l'on désigne par F la somme des plus petits profils (CD) des deux soudures, la force oblique de rupture pour une soudure est;

$$\frac{1}{2} F \sigma_{B\alpha} = \frac{\sigma_B \text{ Zug}}{\sqrt{\sin^2 \alpha + 3 \cos^2 \alpha}}$$

La direction de cette force fait un angle de  $\alpha - 45^\circ$  avec la verticale. Du fait que les composantes horizontales s'équilibrent dans la soudure, la force P supportée par l'éprouvette est égale à la somme des composantes verticales.

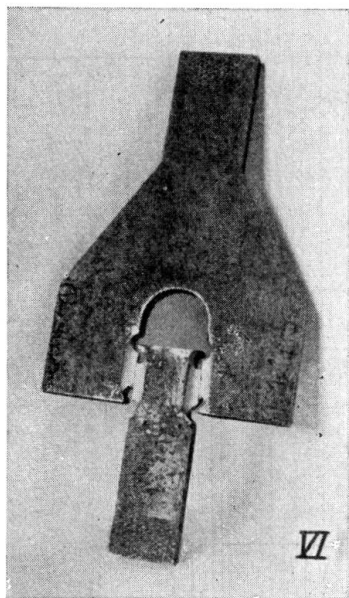


Fig. 8.

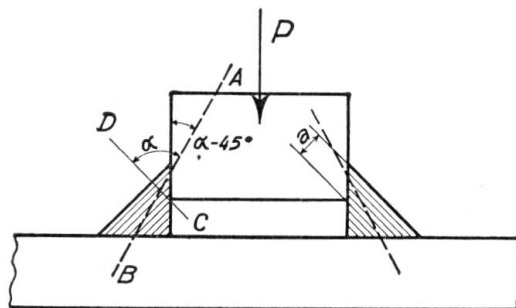


Fig. 9.

Donc

$$P = 2 \frac{1}{2} F \frac{\sigma_B \text{ Zug}}{\sqrt{\sin^2 \alpha + 3 \cos^2 \alpha}} \cos(\alpha - 45^\circ)$$

Cette force est maximale pour  $\alpha = 72^\circ$  et est égale à

$$P = 0,82 F \sigma_B \text{ Zug}$$

La photographie 10 représente une éprouvette du type V après les essais. Les soudures se trouvent dans les coins les plus faibles. Les âmes de la poutrelle qui étaient distantes de 9 mm avant les essais se touchent. Le jeu des forces dans le cas de l'éprouvette XIII est expliqué par la figure 11. La soudure inférieure est chargée suivant la direction BA, c'est-à-dire à la compression normale. La force est égale à

$$P \frac{AB}{AC} \text{ et la tension à } P \frac{AB}{AC} : ab$$

où «b» représente la longueur de la soudure. Malgré les épaisseurs de 8 mm pour les soudures supérieures et de 3 mm pour les inférieures, se furent les supérieures qui se rompirent en premier lieu. Les essais qui étaient faits pour la soudure inférieure, ne purent ainsi être poussés jusqu'au point où les deux parties devaient se rencontrer ou bien encore jusqu'à une pénétration de 1 mm. Pour un raccourcissement de la fente de 0,2 mm on mesura cependant les tensions qui sont portées dans le tableau. Nous avons aussi examiné si les mesures faites par d'autres observateurs concordaient avec la théorie exposée ci-dessus. Ces essais ne s'écartent que peu sur toute la série des cas de charge.

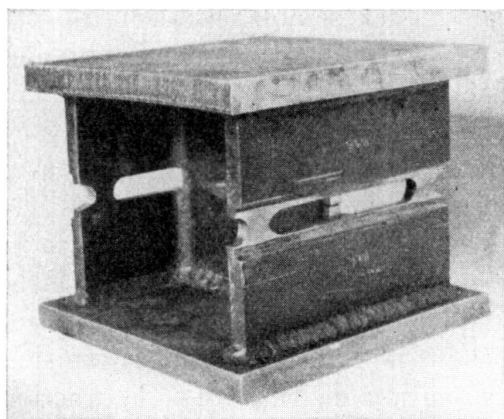


Fig. 10.

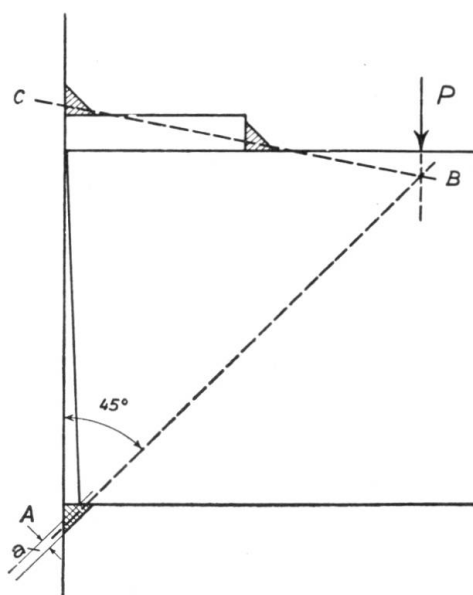


Fig. 11.

Il est par conséquent difficile de contrôler la théorie par ces observations; on ne peut pas comparer entre eux les essais de différents observateurs. Nous n'avons pris en considération que les essais qui s'étendent à plusieurs cas de surcharge. Ce sont les essais suivants:

*C. Bessel*, essais publiés dans le «Stahlbau» 1931, N° 23. Les résultats sont portés dans le tableau sous «Bessel».

*Andrew Vogel*, «Journal of the American Welding Society» avril 1929. Dans le tableau sous «Vogel».

Les essais de soudures de Dresde, «Der Stahlbau» 1931, N° 12.

Report of tests, «Boston Section-Journal of the American Welding Society». Dans le tableau sous «Boston».

*E. Hohn*, Congrès int. de la construction métallique à Liège, sept. 1930. Dans le tableau sous «Hohn».

*P. P. Mac Gibbon*, «First Communications of the New International Association for Testing Materials», page 155. Dans le tableau sous «Mc. Gibbon».

Laboratoire fédéral d'essais des matériaux annexé à l'E.P.F. Zurich, rapport N° 86, page 5. Dans le tableau sous «E.T.H. Zurich».

«Report of Structural Steel Welding Committee of the American Bureau of Welding.» Dans le tableau sous «R. S. W.»

Les valeurs données dans le tableau sous les désignations «*Bessel*», «*Vogel*» etc. sont la moyenne des valeurs extrêmes de la série.

Comparons maintenant la théorie ci-dessus avec les valeurs données dans le tableau. Nous remarquons tout d'abord que dans la série des essais, nous avons porté en premier lieu les éprouvettes dont les soudures sont sollicitées à une traction normale à leur plus petit profil (I, II et VII). Viennent ensuite les éprouvettes dont les soudures sont sollicitées à une traction oblique mais agissant sous un angle diminuant graduellement (VIII et IX). Nous avons porté ensuite les éprouvettes servant aux mesures de résistance au cisaillement et enfin les éprouvettes sollicitées à une compression normale.

Si l'on compare les rapports mesurés et calculés entre les tensions de rupture dans les soudures et les tensions de rupture dans les barres normales de métal d'apport, on constatera que les premiers sont un peu plus grands que les derniers. Jusqu'à l'éprouvette XII ces rapports sont assez semblables. Dans le cas des soudures comprimées sous un angle de  $72^{\circ}$  (XII) ainsi que dans celui des soudures comprimées normalement (V et XIII), ce rapport est sensiblement plus grand que celui qui a été calculé. La théorie n'est pas valable pour une compression se faisant sous un angle plus grand que  $45^{\circ}$ . Ceci concorde avec l'emploi fait dans la pratique de tensions admissibles plus grandes pour la compression que pour la traction, puisque la résistance des soudures à la compression est supérieure, ce qui est valable non seulement pour les soudures bout à bout mais aussi pour les soudures d'angle. Les soudures comprimées XIII sont très fortes; en effet, pour une pénétration de 0,2 mm, la tension mesurée est déjà 1,27 fois plus grande que la tension de rupture à la traction du métal d'apport. Dans la pratique, la résistance d'un assemblage tel que celui des éprouvettes XII et XIII sera beaucoup plus grande car la pénétration du métal d'apport dans la fente ne sera pas entravée par l'introduction de plaques de cuivre comme c'était le cas pour les éprouvettes. Il serait important de faire des essais avec des éprouvettes soudées sans empêcher la pénétration du métal d'apport dans la fente; ce qui se produit dans la pratique pour des assemblages de colonnes dont la partie inférieure n'a pas été bien travaillée ou pour des attaches de poutres à des colonnes. (A Dresde on fit des essais de ce genre avec une éprouvette du type XII mais nous savons seulement que la tension de rupture<sup>1</sup> était supérieure à 52,5 kg/mm<sup>2</sup>.

Les éprouvettes XI présentent le plus grand écart avec la théorie si on les compare aux éprouvettes XII, V et XIII dont les soudures sont soumises à une compression sous un angle de  $72^{\circ}$  ou normalement. Le rapport entre la tension de rupture mesurée et la tension de rupture du métal d'apport est égal à 0,74 alors qu'il devrait être égal à 0,58 d'après la théorie. Les éprouvettes sont donc  $\frac{0,74}{0,58} = 1,24$  fois plus solides. Elles ont des soudures latérales sollicitées au cisaillement et elles se diffèrent des éprouvettes XIV en ce que les parties soudées sont soumises à la compression et non à la traction. Par conséquent les soudures s'allongent au lieu de se raccourcir. Les essais de *Vogel* et de

<sup>1</sup> Par tension de rupture on entend le quotient de la force agissant sur l'assemblage par la somme des plus petits profils de la soudure.



*Mac Gibbon* démontrent que les soudures latérales entre les pièces comprimées résisteront mieux à la compression qu'à la traction. Ceci s'explique par le fait que les soudures se raccourciraient durant le refroidissement si elles n'en étaient empêchées par les pièces à assembler. La soudure est ainsi sollicitée avant les essais par une tension de traction qui diminue lorsque l'éprouvette est soumise à des essais de compression. D'après la théorie de la plasticité, ce fait ne devrait avoir aucune influence sur la résistance à la rupture.

Il en résulte que ce sont les éprouvettes VIII et VII qui s'écartent le plus de la théorie. La résistance est dans ces cas  $\frac{1,07}{0,91} = 1,19$ , respectivement  $\frac{1,19}{1,00} = 1,19$  plus grande que d'après les calculs. D'une manière générale, les résultats obtenus avec les autres éprouvettes I, II, IX, X et XIV ne s'écartent qu'au maximum de 10 % des valeurs tirées de la résistance à la traction du métal d'apport et ceci dans le même sens que les premières, à une exception près (IX).

D'une manière générale on peut dire que les tensions de rupture tirées des essais sont plus grandes que celles calculées pour une barre normale de métal d'apport. Ceci est autant valable pour les soudures d'angle que pour les soudures bout à bout. Les tensions de rupture varient avec l'angle sous lequel agit la force sur le plus petit profil; cette variation est semblable à celle de l'angle. Une soudure d'angle du type VII peut être considérée comme très résistance.

### Conclusions

De ce qui précède nous pouvons tirer les conclusions suivantes concernant le calcul des assemblages soudés des charpentes soumises à une surcharge statique :

1° Ce n'est pas exact de calculer toutes les soudures d'angle avec la même tension admissible réduite ainsi que le prescrivent les normes allemandes «DIN 4100» et le «Code for Fusion Welding and Gascutting in Building Constructions».

2° Les normes doivent prescrire les mêmes tensions admissibles pour les soudures d'angle et pour les soudures bout à bout et la grandeur de ces tensions admissibles doit dépendre de l'angle formé par la direction de la force d'une part et par le plus petit profil de la soudure d'autre part.

3° La théorie de la conservation de l'énergie de déformation donne d'une façon exacte le rapport existant entre la traction de rupture normale et une tension de rupture oblique. Des soudures soumises à une compression normale ou oblique sous un angle plus grand que  $45^0$  sont beaucoup plus résistantes que le montrent les calculs de la traction de rupture.

4° Nous avons fait les deux hypothèses suivantes :

la rupture d'une soudure d'angle se produit toujours dans le plus petit profil; dans les constructions hyperstatiques, la direction de la force est, d'après la théorie de la plasticité, toujours telle qu'elle s'accorde le mieux possible avec l'équilibre du système.

Ces deux hypothèses fournissent pour la pratique d'excellents résultats.



**Résumé.**

L'auteur s'occupe, au début de son mémoire, de l'application de la théorie aux assemblages soudés. Il décrit ensuite ses propres essais et les compare aux essais déjà publiés. Ces essais confirment, dans ce domaine, la justesse de la théorie de la constance de l'énergie de déformation.