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

Band: 1 (1932)

Rubrik: Free discussion of question III4

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: 03.11.2025

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

1° Méthodes de calcul des joints soudés.
2° Essais d'électrodes.
3° Méthode de contrôle des soudeurs.
4° Profilés adaptés à la soudure.
5° Symboles des soudures.

Je dois rendre honneur ici à M. Hilpert qui a envisagé l'unification des symboles des soudures sur une base internationale en s'adressant à M. Dustin (Belgique), M. Kommerell (Allemagne), M. Sonderegger (Suisse), et à moi-même (Pologne). La proposition est tout à fait d'actualité.

Je m'y rallie et propose une motion formelle en vue de l'élection, au sein de l'Association Internationale des Ponts et Charpentes, d'une commission composée des délégués des pays dans lesquels les constructions soudées se développent d'une façon très active, en vue d'élaborer des prescriptions communes concernant les questions mentionnées.

Ce ne serait pas seulement un travail scientifique, ou technique, mais également un rapprochement des nations tout au moins dans cette branche de la technique.

Dr. Ing. F. RAPATZ,
Düsseldorf-Oberkassel.

Die Prüfung und Beurteilung der Schweissnähte und der hiefür erforderlichen Schweissdrähte muss von verschiedenen Gesichtspunkten aus geschehen. Die

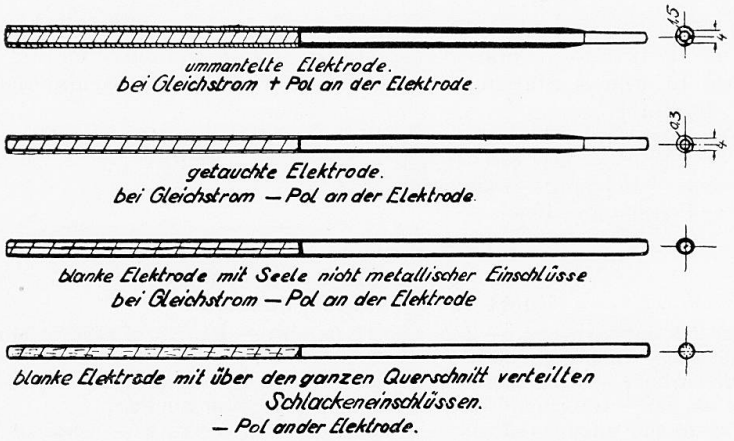


Fig. 1. — Electrodes pour soudure d'assemblage
Elektroden für Verbindungsschweissung
Electrodes for welding joints.

Electrode enrobée. Courant continu, Pôle + sur l'électrode = ummantelte Elektrode, bei Gleichstrom + Pol an der Electrode = Covered electrode, with direct current + pole on electrode.

Electrode enduite — Courant continu, Pôle — sur l'électrode = getauchte Elektrode, bei Gleichstrom — Pol an der Elektrode = Coated electrode, with direct current — pole on electrode.

Electrode nue avec âme spéciale non métallique — Courant continu, pôle — sur l'électrode = blanke Elektrode mit Seele nicht metallischer Einschlüsse, bei Gleichstrom — Pol an der Elektrode = Bare electrode, with core of nonmetallic inclusions, with direct current — pole on electrode.

Electrode nue avec inclusions réparties sur toute la section, pôle — sur l'électrode = blanke Elektrode mit über den ganzen Querschnitt verteilten Schlackeneinschlüssen — Pol an der Elektrode = Bare electrode, with slag inclusions distributed over the whole cross-section, — pole on electrode.

Herren Godard und Dustin haben in ihren Beiträgen die Vorteile der ummantelten gegenüber den blanken Elektroden hervorgehoben. Da mit der Elektrodenfrage die Wettbewerbsfähigkeit des Schweissens gegenüber anderen Ver-

fahren sowohl vom Standpunkte der Güte wie der Wirtschaftlichkeit verbunden ist, ist es wichtig, über die Elektrodenfrage nicht hinwegzugehen.

Zunächst ist die Unterscheidung in « blanke » und « ummantelte » Elektroden unvollständig. Eo gibt noch eine dritte Elektrodenart, die « Seelenelektrode ».

Die Eigenschaften der aus blanken Elektroden hergestellten Schweissverbindungen sind tatsächlich nicht hervorragend, da man die Menge und Verteilung der nichtmetallischen Bestandteile schwer beherrschen kann, die Zugabe

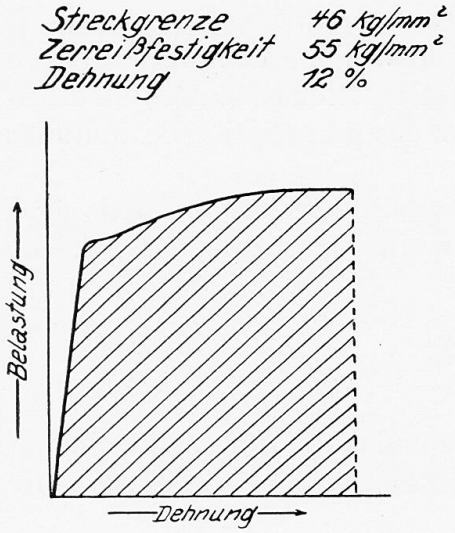


Fig. 2.

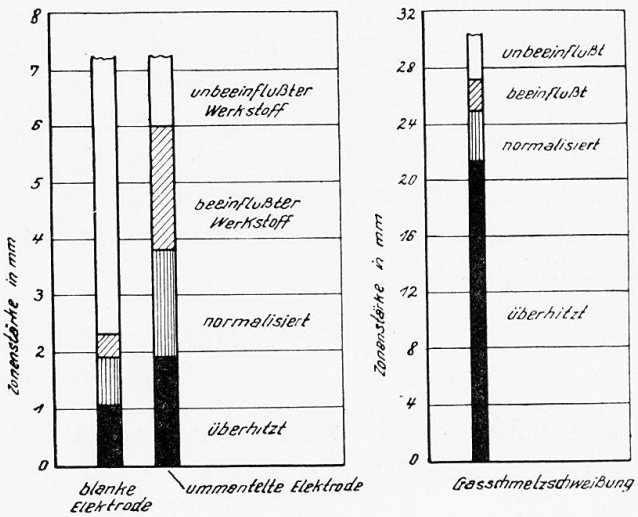


Fig. 3.

Fig. 2. — Diagramme de traction d'éprouvettes de 10 mm de diamètre en métal d'apport = Zerreissdiagramm von 10 mm ø Stäben aus Schweissgut = Stress-strain diagram of rods weld metal 10 mm in diameter.

Limite d'écoulement — Streckgrenze — Yield point.
Charge de rupture — Zerreissfestigkeit — Breaking strength.
Allonzement — Dehnung — Elongation.
Charge — Belastung — Load.

Fig. 3. — Influence de la chaleur sur le métal
Wärmebeeinflussung des Werkstoffes
Effect of heat on the material.

Epaisseur des zones en mm. — Zonenstärke in mm. — Length of zone in mm.
Electrode nue — Blanke Elektrode — Bare electrode.
Electrode enrobée — Ummantelte Elektrode — Covered electrode.
Soudure au gaz — Gasschmelzschweissung — Gas fusion welding.
Métal n'ayant subi aucune influence — Unbeeinflusster Werkstoff — Unaffected material.
Métal ayant subi une influence — Beeinflusster Werkstoff — Affected material.
Normalisé — Normalisiert — Normalised.
Surchauffé — Überhitzt — Overheated.

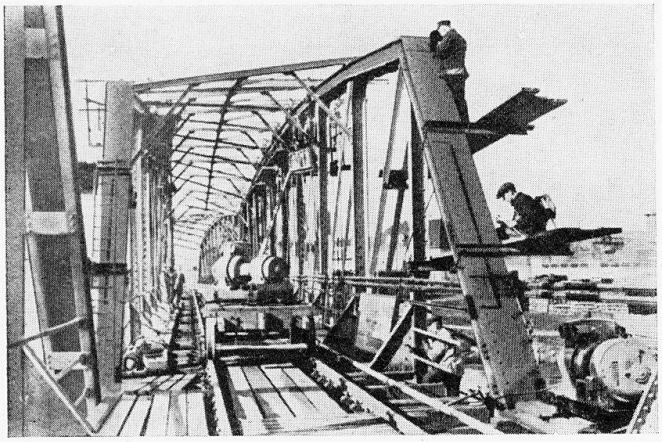
von Desoxydationsmitteln kaum möglich ist und Legierungsbestandteile wegen der dann fehlenden Verschweissbarkeit am Minuspol nicht gegeben werden können. Die Seelenelektroden besitzen diesen Nachteil nicht. Man kann die Menge und Art der nichtmetallischen Bestandteile auswählen, Desoxydationsmittel zugeben und die Schweissbarkeit am Minuspol bis zu mehreren Prozenten Legierungsbestandteilen erreichen. Die Seelenelektroden sind nicht wie die blanken als unlegierte, sondern als legierte anzusehen. Die Abbildung 1 zeigt schematisch die Eigenschaften der drei Elektrodenarten. Der Nachteil der Seelenelektrode gegenüber der ummantelten ist geringere Zähigkeit, wobei

hier nicht erörtert werden soll, ob die Forderung grosser Zähigkeit in allen Fällen immer berechtigt ist, wenn sie gestellt wird. In der Festigkeit unterscheiden sich die beiden Elektroden nicht, und auch die Zähigkeit ist bei Seelenelektroden immerhin bemerkenswert (Abb. 2).

Die Nachteile der ummantelten Elektroden sind

1. die lästige Schlacke, die die Arbeit verzögert und deren Entfernung Sorgfalt und Zeit verursacht, die nicht immer angewendet werden,

2. die schwierigere Ueberkopf- und Senkrechtschweissbarkeit (Die Seelenelektrode hat diesen Nachteil nicht, wodurch sie allgemeiner verwendbar



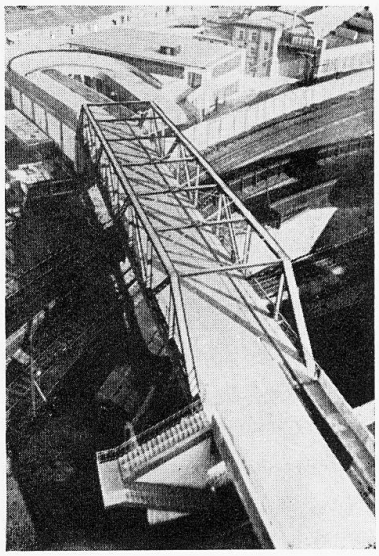


Fig. 4. Fig. 5.

Fig. 4. — Renforcement du pont métallique de Landsberg-sur-la-Warthe.
Verstärkung der Eisenbahnbrücke Landsberg a. d. Warthe.
Strengthening the railway bridge at Landsberg on the Warthe.

Fig. 5. — Pont-route, portée 49,2 m., largeur 8,35 m.
Strassenbrücke, Stützweite 49,2 m, Breite 8,35 m.
Road bridge, span 49,2 metres, breadth 8, 35 mètres.

ist, da ein und derselbe Stahl für verschiedene Schweissarbeiten herangezogen werden kann),

3. die höheren Kosten, die nicht nur in dem höheren Preise, sondern auch in dem grösseren Strom- und Arbeitsaufwand begründet sind,

4. schliesslich die stärkere Erwärmung der Nachbarschaft (Abb. 3), die stärkere Gefügeverschlechterung im Grundwerkstoff und grössere Spannungen verursacht, ein Nachteil, durch den der Vorteil der grösseren Zähigkeit unter Umständen aufgehoben werden kann.

Diese Vor- und Nachteile gerecht gegeneinander abgewägt, wird man für hochbeanspruchte Hoch- und Brückenbauten auch andere, nicht nur ummantelte Elektroden heranziehen können. Die Praxis hat daraus bereits die Folgerung gezogen, und aus der grossen Anzahl der Beispiele kann ich infolge der kurz bemessenen Zeit nur 2 Abbildungen (Nr. 4, 5 [1]) zeigen. Man würde also den

1. Siehe auch Vorbericht S. 350.

Fortschritt hemmen, wenn man die Elektrodenfragen nur von einer Seite ansähe.

Traduction.

Le contrôle et l'appréciation de la valeur des cordons de soudure, ainsi que des électrodes qu'il est nécessaire d'employer, est nécessaire à différents points de vue. MM. Godard et Dustin ont mis en évidence, dans leurs Mémoires, les avantages que présentent les électrodes enrobées par rapport aux électrodes nues. Or, la question de la qualité et du prix de revient des soudures, c'est-à-dire la possibilité, pour la soudure, de lutter avec les autres procédés d'assemblage, est liée à cette question des électrodes. Il importe donc de ne pas la négliger.

Disons tout d'abord que la distinction entre électrodes « nues » et « enrobées » est insuffisante. Il existe une troisième catégorie : celle des « électrodes à âme spéciale ».

Les caractéristiques des assemblages soudés exécutés avec des électrodes nues ne sont, en fait, pas remarquables, car elles ne permettent pas de régler facilement la quantité et la répartition des éléments non métalliques ; l'adjonction d'agents de désoxydation est à peine possible et il n'est pas possible de réaliser l'apport d'éléments additionnels destinés à constituer des alliages, par suite du manque de soudabilité au pôle moins. Les électrodes à âme spéciale ne possèdent pas ces inconvénients. Elles permettent de régler la quantité et la nature des constituants non métalliques, de fournir des agents de désoxydation et la soudabilité au pôle négatif est poussée jusqu'à plusieurs unités pour cent pour les éléments métalliques additionnels. Ces électrodes à âme spéciale doivent être, à l'inverse de ce qui se passe pour les électrodes nues, considérées comme des électrodes spéciales. On trouvera résumées d'une manière schématique sur la figure 1, les caractéristiques principales de ces trois catégories d'électrodes. L'inconvénient des électrodes à âme spéciale par rapport aux électrodes enrobées, consiste en une plus faible ténacité ; ceci ne veut d'ailleurs pas dire que dans tous les cas, il soit nécessaire d'avoir une ténacité élevée. Du point de vue de la résistance, les deux types d'électrodes ne se différencient pas ; d'ailleurs, la ténacité elle-même est encore très bonne dans les électrodes à âme spéciale (figure 2).

Les inconvénients des électrodes enrobées sont les suivants :

1. — La gêne causée par les scories en cours de travail, leur élimination nécessitant du soin et du temps, sans que l'on y réussise d'ailleurs toujours ;

2. — La difficulté des soudures au plafond et des soudures verticales (les électrodes à âme spéciale ne possèdent pas cet inconvénient ; elles sont donc d'un emploi plus général, la même qualité d'acier pouvant être utilisée pour des travaux différents) ;

3. — Un prix de revient du travail plus élevé, non seulement parce que le prix d'achat en soi est plus élevé, mais parce que la consommation de courant et le temps passé sont plus importants ;

4. — Enfin un échauffement plus prononcé des régions voisines de la sou-

dure (figure 3) ; il en résulte des modifications défavorables plus accusées dans la structure du métal de base et des tensions internes plus élevées, cet inconvénient étant d'ailleurs, dans certains cas, susceptible d'annihiler l'avantage que procure la plus forte ténacité.

Si l'on fait le bilan de ces avantages et de ces inconvénients, on sera amené, pour les travaux de charpente métallique et de construction de ponts, où les contraintes peuvent être élevées, à ne pas se contenter d'employer des électrodes enrobées ; cette conclusion est déjà admise dans la pratique et, faute de temps, je me contenterai de ne citer ici que trois cas parmi les nombreux exemples qui se présentent (figures 4 et 5)[1]. Ce serait donc retarder les progrès de la soudure que d'envisager cette question d'un seul côté.

Dr. Ing. V. TESAŘ,
Paris.

Le but de ma communication à la discussion sur les problèmes de la soudure, est d'attirer l'attention sur un procédé qui fournit le moyen de baser les calculs des taux de fatigue des soudures sur les faits expérimentaux.

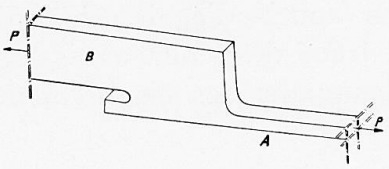


Fig. 1.

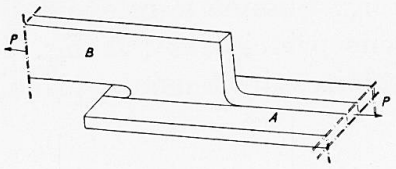


Fig. 2.

Pour calculer ces taux de fatigue on admet jusqu'à présent certaines hypothèses simplifiées sur la répartition des tensions normales et des cisaillements dans les soudures en négligeant les tensions longitudinales.

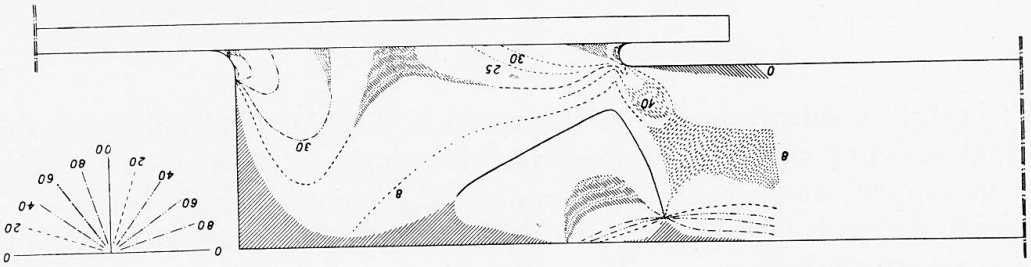


Fig. 3.

D'après les conceptions différentes on obtient des résultats qui sont loin d'être unanimes.

J'estime que l'étude des modèles en matières transparentes à l'aide de la

1. Voir également Publ. Prélim., p. 350.

lumière polarisée (la photo-élasticimétrie) est tout particulièrement appelée à offrir aussi dans ce domaine un concours précieux pour le projet et une bonne exécution des soudures.

Je crois que les figures représentant quelques résultats expérimentaux, exécutées à l'aide de la méthode signalée, seront beaucoup plus éloquentes qu'une longue description.

A titre d'exemple, j'ai entrepris l'étude expérimentale sur deux modèles

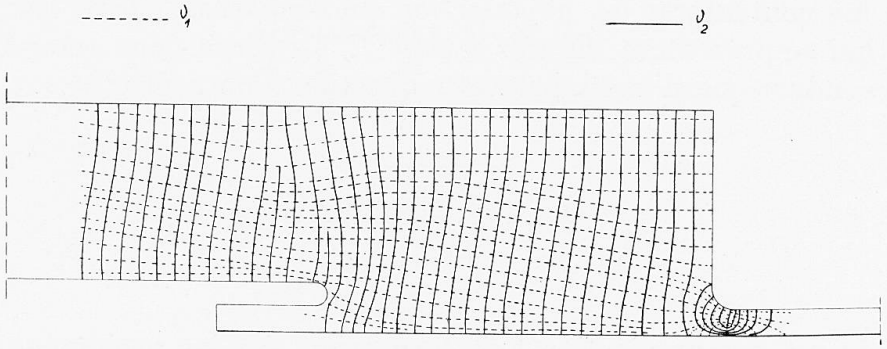


Fig. 4.

(fig. 1 et 2) représentant les assemblages par soudure de deux lamelles soumises à un effort de traction suivant les flèches.

La fig. 3 donne le relevé des courbes isoclines (courbe d'égale orientation des tensions principales); la fig. 4 représente le tracé des courbes isostatiques (trajectoires des tensions principales le long desquelles les cisaillements sont

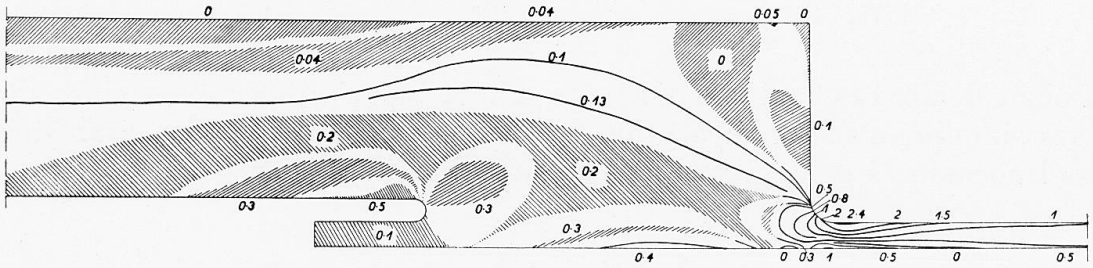


Fig. 5.

nuls); la fig. 5 fournit le réseau des courbes d'égales différences des tensions principales, leurs valeurs sont graduées en longueur d'onde, la biréfringence étant en rapport direct avec la différence des tensions principales.

A l'aide de ces 3 figures on peut facilement déduire tous les taux de fatigue que l'on désire connaître.

La fig. 6 donne à titre d'exemple l'état des contraintes le long de la section a-a : 1° cisaillement τ; 2° tensions longitudinales ν_x de la section a-a (cette tension est généralement à tort négligée dans les calculs); 3° tensions normales ν_y et enfin en 4° et 5e les valeurs des tensions principales ν_1, ν_2.

Les valeurs numériques des tensions de la fig. 6 ont pour unité la tension moyenne idéale $\frac{P}{h}$.

Ces résultats expérimentaux ne sont évidemment valables que pour le cas étudié (fig. 1). Dès qu'on change les proportions des dimensions, la sollicita-

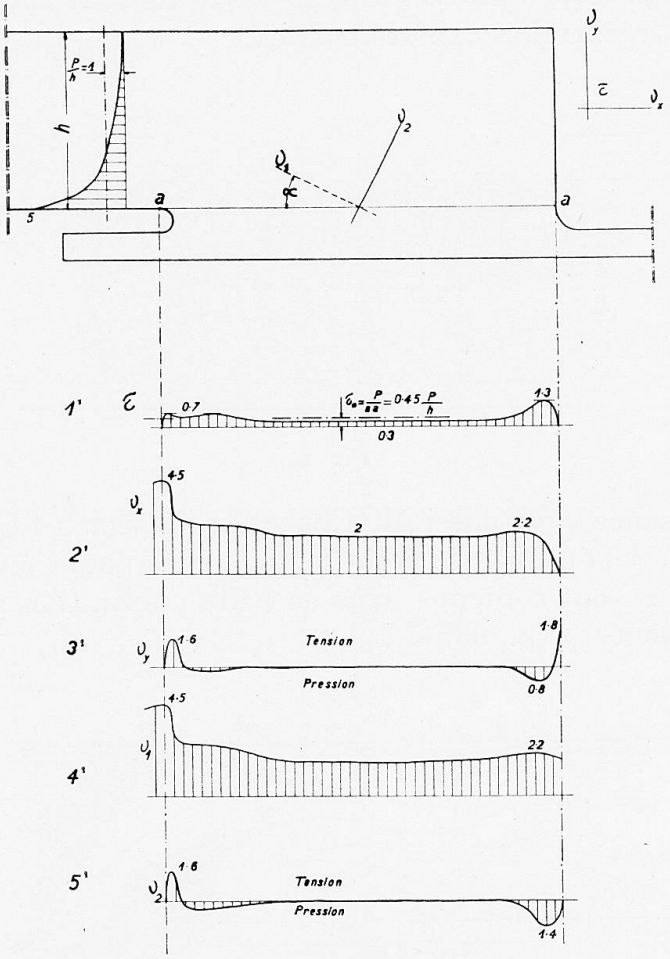


Fig. 6.

tion par les forces, ou la rigidité de l'une ou l'autre des deux lamelles soudées, la répartition est différente.

Pour en avoir une idée, les fig. 7, 8 et 9 (analogues aux dessins 3, 4 et 5)

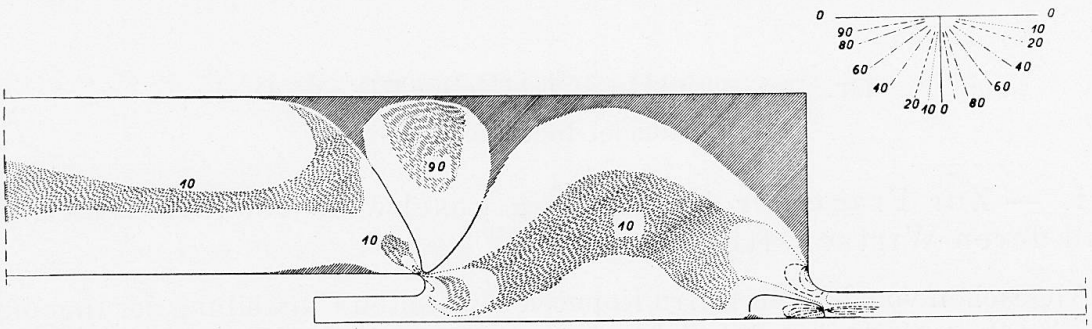


Fig. 7.

représentent les courbes isoclines, isostatiques et d'égales différences des tensions principales du même modèle que le précédent, mais modifié de façon que la lamelle A soit rendue plus rigide (v. fig. 2); on voit immédiatement en com-

parant les dessins 7, 8, 9 aux dessins 3, 4, 5 que l'état des tensions ne sera pas identique au précédent.

Pour être bref j'estime que ces quelques résultats suffisent déjà pour montrer l'utilité de telles recherches expérimentales.

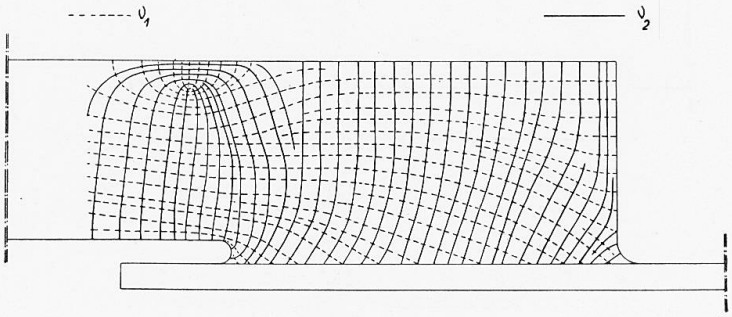


Fig. 8.

A ma connaissance c'est aussi M. Coker, professeur à l'University College de Londres, qui a déjà utilisé la photo-élasticimétrie pour l'étude des soudures; quelques exemples sont contenus dans sa belle publication récente « A Treatise of Photoelasticity » (p. 685-7).

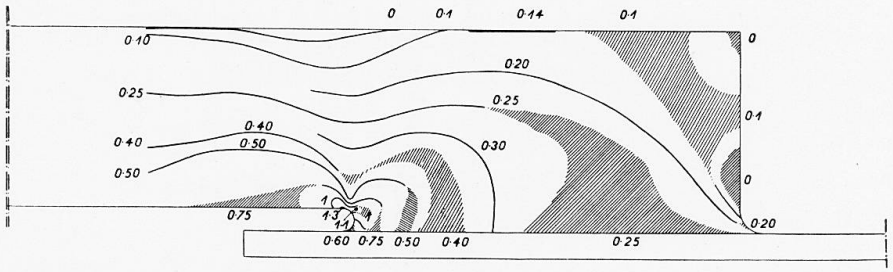


Fig. 9.

Pour terminer j'utilise cette occasion pour signaler que le laboratoire où je dirige les recherches de photo-élasticité est une Annexe (créée par M. Mesnager) des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 3, avenue d'Iéna à Paris.

Dr. Ing. e. h. H. SCHMUCKLER, V. D. J.
Beratender Ingenieur, Berlin.

1. — Zur Frage der Ausführung geschweisster Konstruktionen und deren Wirtschaftlichkeit.

Abgesehen von der von Herrn Kopeček erwähnten Umstellung der Ingenieure auf die Besonderheiten der Schweisstechnik, beeinträchtigt auch der Mangel an geeigneten Profilen die Wirtschaftlichkeit geschweisster Stahlbauten.

Die vom Peiner-Walzwerk auf meine Anregung gewalzten halben I NP und I P, die infolge ihrer einfachen Herstellungsart nur geringe Aufpreise bedingen, entsprechen den Anforderungen der Schweisstechnik. Die Profilzahl ist indes

noch zu gering und sollte vergrössert werden. Auch die neuen Profile der Vereinigten Stahlwerke (Abb. 1) bedeuten einen grossen Fortschritt ; mit ihnen kann man hohe Walzprofile wirtschaftlicher durch geschweisste ersetzen. Dagegen ist die Verwendung von quadratischen Rohrquerschnitten, aus zwei Winkeleisen zusammengeschweisst, nicht vorteilhaft. Rechnet man beispielsweise für 1 Rohr aus 2 < 60.60.6 (Abb. 2) mit einem Gewicht von 2.5,42 = 10,84 kg/m ; 2 m Schweissnaht von a = 4 mm mit ca. 0,85 RM. : 2,0.0,85 = 1,70 RM/m, so ergibt sich, dass dieses Rohrprofil $\frac{1,70}{0,01084}$ = 169 RM/t an Schweissunkosten allein beansprucht.

Selbst bei Strichnähten von 5 cm Länge und 20 cm Abstand sind die Kosten für das Schweissen allein : $\frac{169}{5}$ = 34.-RM/t. Hierzu kommt die teure

Fig. 1 et 2.

Cordon d'angle = Kehlnaht = Fillet
Profilé spécial = Spezialprofil = Special section
Tôle d'âme = Blech = Plate

Bearbeitung der Stabenden und die schwierige und nicht immer einwandfreie Schweissarbeit an den übrigen Anschlüssen, schliesslich auch die Rostgefahr. Aehnlich liegen in wirtschaftlicher Beziehung die Verhältnisse bei Verwendung runder Rohre. Hier sind die hohen Preise der Rohre, abgesehen von den teuren Verbindungen, ausschlaggebend.

Wenn bei geschweissten Konstruktionen der Vorteil vorläufig in der Gewichtsersparnis (gegenüber genieteten 15-25 %) liegt und an der Werkarbeit trotz einfacherer Arbeitsvorgänge noch nichts gewonnen wird, so liegt das an den unzureichenden Einrichtungen der Werkstätten und an der noch unzureichenden Arbeitspraxis. In dieser Beziehung lässt sich durch geeignete Einrichtungen, die das teure Zusammenklemmen der Konstruktionsglieder entbehrlich machen, mancherlei erreichen. Auch auf den Baustellen liegt es ganz ähnlich. Dort sollte man zweckmässig noch schrauben und nieten bis man über geeignete Montageeinrichtungen verfügt.

2. — Dr. Kommerell sagte in seinem Referat : Dicke Nähte seien wegen etwaiger Schlackeneinschlüsse, Poren etc. unsicherer als dünne. Das dürfte zutreffen ; man sollte aber schon aus wirtschaftlichen Gründen dünne und lange Nähte den dicken und kurzen vorziehen.

1 m Kehlnaht von a = 5 mm trägt bei ρ_{zul} = 0,600 t/cm² : P = 30 t und kostet ca. 1,35 RM/m.[1]

0,5 m Naht von a = 10 mm tragen gleichfalls 30 t, kosten aber 2,30 RM oder 70 % mehr.

Dr. Kommerell sagt ferner, dass leichte Nähte (Hohl-Kehlnähte) viel billiger seien als Vollkehlnähte, dass erstere aber viel weniger tragfähig sind. M. A. n. treffen beide Auffassungen nicht zu.

Nach Abb. 3 ergibt sich für die Vollkehlnaht ein Verbrauch an Schweissgut entsprechend $F_{Schw} = 1,414 . a^2$, während für die Hohlkehlnaht von gleichem « a » nach Abb. 4) $F_{Schw} = 1,37 . a^2$ ist.

Da die Nahtkosten proportional dem Schweissnahtquerschnitt sind, so ist die Hohlkehlnaht nur um 3 % billiger als die Vollkehlnaht von gleichem « a ».

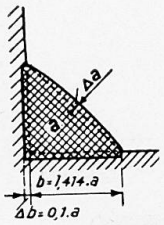


Fig. 3.

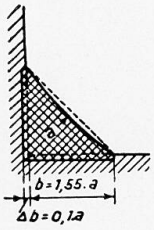


Fig. 4.

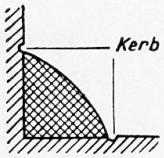


Fig. 5

Fig. 5. — Entaille = Kerb = Notch.

Dagegen erscheint die Hohlkehlnaht in konstruktiver und statischer Beziehung besser als die Vollkehlnaht.

Nach Abb. 4 hat die Hohlkehlnaht eine Anlageschenkel von b = 1,55.a., während die Vollkehlnaht nur b = 1,414. a hat.

Der längere Einbrand gibt eine höhere Sicherheit als der kürzere der Vollkehlnaht. Ausserdem ist die Dehnbarkeit der Hohlkehlnaht grösser und die Gefahr von Einkerbungen, die ja bei der Vollkehlnaht gemäss Abb. 5 häufig vorkommen, geringer. Am wirtschaftlichsten und konstruktiv vorteilhaftesten sind aber V- und X-Nähte. Die Verwendung derselben ist durch die bestehenden Vorschriften noch stark eingeschränkt. Ich schliesse mich in dieser Beziehung den von Herrn Caldwell geäusserten Ansichten an, im Stahlbau, wo angängig, V- und X-Nähte zu verwenden. Dies ist aber erst möglich, wenn die zulässigen Beanspruchungen für Schweissnähte wesentlich erhöht werden.

Im Kesselbau lässt man heute, bei sorgfältiger Ausführung, für die Schweissnähte schon bis zu 90 % der Blechfestigkeit zu, und man sollte doch annehmen, dass für den Stahlbau dasselbe möglich ist, wobei die Forderung des Herrn Prof. Godard, auch die Qualität der Schweissnaht und der dabei verwendeten Elektroden zu berücksichtigen, zu unterstützen ist.

3. — Die Frage der Einbrandtiefe ist ebenso wichtig, wie bisher ungeklärt. Frühere Forderungen von 2-3 mm Einbrand-Mindesttiefe, dürften heute als überholt gelten. Ein zu tiefer Einbrand bedeutet nicht nur eine Verteuerung,

1. Vgl. Techn. Zentralblatt April — Heft 1932).

sondern auch eine Schädigung der Konstruktion infolge Kerbgefahr. Wichtig ist nur, dass ein einwandfreier Einbrand, gleichgültig welcher Tiefe, bis in die Nahtwurzel erreicht wird (Abb. 3).

Bei dicken Flankennähten ist eine Vorschweissung mit dünnen Elektroden, wie sie Dr. Kommerell vorschlägt, zu fordern.

In Bezug auf die Nahtdicke sagt Din 4100 mit Recht, dass die Ueberhöhung der Vollkehlnähte bei den statischen Berechnungen zu vernachlässigen ist. Es wird nun häufig die Nahtdicke mit den im Handel befindlichen Messinstrumenten falsch ermittelt, indem statt des richtigen « a » der Din-Vorschriften (a + Δ a) gemessen wird (Abb. 3). Dabei werden Fehler, je nach der Nahtüberhöhung bis zu 20 °/₀ gemacht. Noch häufiger werden ungleichschenklige Nähte (Abb. 6) im Betriebe als gleichschenklige angesehen. In diesem Falle ist

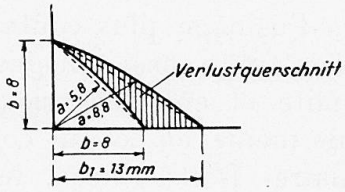


Fig. 6.

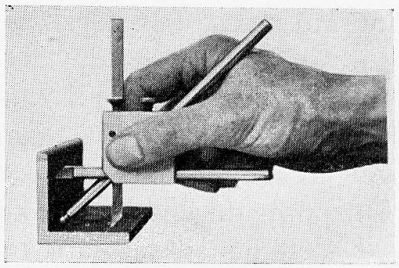


Fig. 7.

Fig. 6. — Section perdue = Verlustquerschnitt = Reduction in cross-section.
Fig. 7. — Appareil traceur pour l'étude des cordons de soudure d'angle, du Dr. Schmuckler
Anreissgerät für Kehlnähte nach Dr. Schmuckler.
Dr Schmuckler's marking-out device for fillet welds.

der Messfehler in Bezug auf « a » bis zu 50 °/₀, während der Querschnitt bis 70 °/₀ grösser ist, als der zur Wirkung kommende Nutzquerschnitt. Abb. 7 zeigt ein Anreissgerät[1], welches diese Fehler zu vermeiden gestattet.

Traduction.

1. — L'exécution pratique des constructions soudées et l'économie du procédé.

Le développement de la soudure, en construction métallique, exige, ainsi que M. Kopeček l'a signalé, une évolution de la part des Ingénieurs ; en outre, le manque de profils appropriés n'est pas sans nuire au caractère économique de la construction soudée.

Les profils en demi-I NP et P laminés, sur mes suggestions, par les Peiner-Walzwerke, correspondent aux nécessités de la technique de la soudure. La simplicité de leur fabrication conduit à une faible augmentation de prix. Le nombre de profils dont on dispose est toutefois actuellement encore trop réduit, et devrait être augmenté. Les nouveaux profils des Vereinigte Stahl-

1. Z.d.V. d. J. 1932/31.

werke (figure 1) représentent également un progrès considérable; ils permettent de remplacer les profils de laminage de grandes dimensions par des assemblages soudés, dans des conditions économiques. Par contre, l'emploi des sections tubulaires carrées, constituées par un assemblage de cornières, n'est pas avantageux. Considérons par exemple un élément tubulaire constitué par deux cornières de 60.60.6 (figure 2), ayant un poids de 2 fois 5,42 = 10,84 kg/m ; on devra employer pour la soudure 2 mètres de cordon de 4 mm. à environ 0,85 RM, soit :

$$2 \times 0{,}85 = 1{,}70 \text{ RM/m.}$$

Il en résulte que rien que pour la soudure, on arrivera à un prix de :

$$\frac{1{,}70}{0{,}01084} = 169 \text{ RM à la tonne.}$$

En adoptant même des cordons de soudure discontinus, de 5 cm. de longueur, séparés par des intervalles de 20 cm., les frais de soudure seuls se monteraient à 169/5 = 34 RM/tonne. Il faut ajouter à cela l'usinage plus coûteux des bords des éléments, la plus grande difficulté des autres assemblages, dont l'exécution en soudure ne sera pas toujours parfaite et enfin les risques de rouille. Du point de vue économique, il en est de même en ce qui concerne l'emploi des éléments tubulaires de section circulaire. Dans ce cas, les prix élevés des éléments tubulaires deviennent prohibitifs, sans compter les frais élevés d'assemblage.

L'avantage que présente la construction métallique soudée repose encore actuellement uniquement sur l'économie de poids (15 à 25 °/₀ par rapport à la construction rivée) ; on ne gagne encore rien sur l'usinage malgré sa simplification possible ; ceci tient à ce que les installations réalisées dans les ateliers sont encore insuffisantes, de même que la pratique du travail. On gagnerait beaucoup, dans cet ordre d'idées, à adopter des dispositifs de montage plus économiques pour les différents éléments de construction à assembler. On pourrait dire la même chose en ce qui concerne la soudure sur le chantier. Il est préférable de s'y contenter du boulonnage et du rivetage, en attendant que l'on puisse disposer d'appareils de montage appropriés.

2. — Les dimensions des cordons de soudure.

Dans son rapport, le Dr. Kommerell déclare : les cordons de soudure de forte épaisseur offrent une moins grande sécurité que les cordons minces, par suite de la présence éventuelle d'inclusions de scories, de porosités, etc... C'est possible ; toutefois, les soudures minces et longues doivent être déjà préférées aux soudures courtes et épaisses pour des raisons économiques.

Un cordon de soudure d'angle de 1 mètre, ayant une épaisseur a = 5 mm. présente, pour $\rho_{zul} = 0{,}600$ t/cm², une capacité P = 30 t et son prix est d'environ 1,35 RM/mètre[1].

Un cordon de soudure de 0,50 mètre, ayant une épaisseur a = 10 mm, a également une capacité de 30 t, mais coûte 2,30 RM soit 70 °/₀ de plus.

Le Dr. Kommerell dit en outre que les cordons de soudure concaves ou

1. Voir Techn. Zentralblatt, numéro d'avril 1932.

légers sont beaucoup moins chers que les cordons normaux pleins, mais que les premiers ont une capacité beaucoup plus faible que les seconds. A mon avis, cette manière de voir n'est pas exacte.

Suivant la figure 3, pour un cordon de soudure d'angle plein normal, la consommation de métal d'apport est définie par la section $F_{schw} = 1{,}414\ a^2$ tandis que pour le cordon de soudure concave de même « a » cette consommation (figure 4) est définie par la section $F_{schw} = 1{,}37\ a^2$.

Comme le prix de cordon de soudure est proportionnel à sa section, on trouve que le cordon concave n'est meilleur marché que de 3 °/₀ environ par rapport au cordon plein de même « a ». Par contre, le cordon concave est d'un meilleur effet en construction; du point de vue statique, il est également préférable au cordon plein.

La figure 4 montre que le cordon concave possède une largeur d'accrochage $b = 1{,}55\ a$ tandis que celle du cordon plein n'est que $b = 1{,}414\ a$.

Cet accrochage plus large donne une sécurité plus grande que celle du cordon plein. En outre, les possibilités d'allongement du cordon concave sont meilleures que celles du cordon plein; il en résulte une diminution des risques de fissuration, risques qui sont fréquents avec des cordons pleins tels que celui de la figure 5. Toutefois, tant du point de vue économique que du point de vue constructif, ce sont les cordons en V et en X qui sont les plus intéressants. Leur emploi est encore étroitement limité par les Règlements actuels. Je me rallie à ce point de vue à l'opinion exprimée par M. Caldwell, qui recommande d'employer les cordons de soudure en V et en X, en construction métallique, lorsque cela est possible. Cela ne sera toutefois possible que lorsque les contraintes admissibles pour les cordons de soudure auront été notablement élevées.

Dans la construction des chaudières, on admet actuellement avec une exécution soignée, pour les cordons de soudure, une résistance atteignant 90 °/₀ de celle des tôles à assembler et il faut admettre que la même chose doit être possible en construction métallique; on ne peut donc qu'approuver le Professeur Godard, lorsqu'il demande que l'on veille également à la qualité des cordons et à celle des électrodes que l'on y emploie.

3. — La pénétration de la fusion.

Cette question est importante et jusqu'à maintenant assez mal définie. Les exigences antérieures, prévoyant une profondeur minimum de pénétration de la fusion de 2 à 3 mm., doivent actuellement être considérées comme périmées. Une pénétration trop forte implique non seulement une augmentation du prix de revient, mais également un dommage à la construction, le métal pouvant être trop entamé. Il est essentiel, surtout, que la pénétration soit parfaite et qu'elle porte bien sur toute la soudure, jusqu'à la racine (sommet), mais peu importe son épaisseur (figure 3).

Lorsqu'il s'agit de cordons de forte épaisseur, il faut prévoir une soudure préliminaire avec des électrodes de faible diamètre, ainsi que l'indique le Dr. Kommerell.

En ce qui concerne l'épaisseur des cordons, la norme DIN 4100 prévoit, à juste titre, que dans les calculs statiques, on négligera la surépaisseur ou

arrondi des cordons pleins dans les soudures d'angle. L'épaisseur d'un cordon est d'ailleurs souvent déterminée d'une manière inexacte avec les appareils courants ; au lieu de la cote « a » prévue par les Prescriptions, c'est (a + Δ a) que l'on mesure (figure 3). Il en résulte des erreurs qui peuvent atteindre jusqu'à 20 %, suivant l'arrondi du cordon. Plus souvent encore, on considère des cordons scalènes comme isocèles (figure 6). Il en résulte par rapport à « a », des erreurs allant jusqu'à 50 %, tandis que la section calculée est supérieure de 70 % parfois à la valeur utile effective. La figure 7 représente un appareil traceur qui permet d'éviter ces erreurs[1].

H. MICHEL,

Directeur de la Soudure Électrique Autogène S. A. Arcos, Bruxelles.

M. le professeur Roš et M. le Docteur Schmuckler ont soulevé la question de la résistance des soudures aux sollicitations répétées et c'est en effet une des questions les plus intéressantes à étudier pour le moment.

Sans vouloir prendre dès à présent une position définitive à ce sujet, je crois pouvoir affirmer que nos études et expériences nous fournissent déjà des résultats très rassurants. Une expérience de douze ans sur des constructions importantes sollicitées par des efforts alternatifs et des vibrations, ne nous a pas encore montré un seul cas de faiblesse.

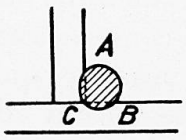


Fig. 1.

Les essais que nous avons poursuivis dans nos laboratoires en soumettant des barreaux de soudure et des assemblages soudés à la flexion répétée, ont démontré qu'à l'heure actuelle l'endurance du matériau soudure est comparable à celle des meilleurs aciers de construction. Nous obtenons régulièrement, à la flexion répétée, une endurance supérieure à 25 kg/mm².

En principe, nous pouvons être assez tranquilles, mais il y a un point qui demande encore une étude approfondie.

Les assemblages soudés présentent en effet, d'une façon générale, une certaine fragilité de forme qui est due à deux causes :

La forme bombée de certaines soudures d'angles détermine fatalement, aux points où la soudure rencontre la tôle, des entailles (A, B) dont l'effet sur l'endurance est néfaste. Il y aura lieu d'examiner si les soudures plates ou mêmes concaves ne sont pas préférables.

D'autre part, comme l'a montré M. Fry à La Haye, il existe fatalement au fond de la soudure une entaille (C) constituée par la face de contact des deux tôles. Cette entaille pourrait déterminer une surtension locale et une fatigue prématurée si la soudure n'avait aucune ductilité ; mais, comme l'a démontré M. Rosenthal à La Haye, la ductilité propre des soudures apporte un remède à ce défaut en permettant une distribution régulière des tensions dans toute la section de la soudure.

Je pense que les électrodes actuelles, qui donnent des soudures plates et ductiles, apportent une solution radicale au problème exposé et qu'il n'y a pas lieu de s'en émouvoir.

---

1. Z. d. V. D. I., 1932/31.