Disposition et exécution des joints dans la construction en acier à soudure autogène

Autor(en): **Keel, C.F.**

Objekttyp: **Article**

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

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

PDF erstellt am: **23.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-724

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

DISPOSITION ET EXÉCUTION DES JOINTS DANS LA CONSTRUCTION EN ACIER A SOUDURE AUTOGÈNE

KONSTRUKTIVE GESTALTUNG UND AUSFÜHRUNG DER AUTOGENEN SCHWEISSVERBINDUNGEN IM STAHLBAU

ARRANGEMENT AND EXECUTION OF JOINTS IN AUTOGENOUS WELDED STEEL STRUCTURES

C. F. KEEL,
Privat-Docent à l'Ecole Polytechnique Fédérale, Zurich.

L'auteur de cette communication, en sa qualité de privat-docent à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich et de directeur de la Société suisse de l'Acétylène à Bâle, a eu l'occasion, ces deux ou trois dernières années, de faire de nombreux essais de soudure autogène et électrique, appliqués aux constructions métalliques, essais faits soit au Laboratoire fédéral d'Essais de Matériaux à Zurich (E. M. P. A.) soit au Laboratoire de la Société suisse de l'Acétylène, à Bâle. Plus de 800 éprouvettes furent ainsi examinées, parmi lesquelles figurent des éléments entiers de construction soudés complètement à l'autogène dans l'intention de déterminer la valeur de ce procédé pour les constructions métalliques. En outre, plusieurs nouveaux essais ont permis de déterminer comment agissent les contraintes.

Dans notre exposé, nous nous placerons surtout au point de vue de l'ingénieur-constructeur et envisagerons:

I. Les méthodes de soudure au point de vue de la qualité des soudures, des tensions internes et du rendement économique.

II. Exécution des assemblages dans les constructions soudées.

Introduction.

La soudure appliquée aux constructions métalliques s'est jusqu'ici distinguée par ces deux traits essentiels:

a) L'emploi presque exclusif de la soudure électrique à l'arc. En effet, la soudure autogène (oxy-acétylénique) qui depuis 25 ans a fait ses preuves dans la grosse chaudronnerie, est restée au second plan dans le domaine des constructions métalliques, à cause de quelques difficultés rencontrées au début. Mais de nouvelles expériences ont démontré que la soudure autogène exécutée suivant des méthodes rationnelles, donne des résultats aussi bonnes que la soudure électrique, très souvent même des soudures plus tenaces et à un prix de revient aussi avantageux. Ces expériences ont été d'ailleurs confirmées par des exemples tirés de la pratique, tels que la construction d'une fabrique soudée à l'autogène, soit aux Chûtes du Niagara, soit à Ruse, près de Maribor, ou encore lors de la construction d'un pont soudé construit à Hambourg.

b) D'autre part, il ne faut pas envisager, comme on l'a fait jusqu'ici, l'assemblage soudé comme un assemblage rivé dans lequel on remplace simplement les rivets par la soudure. La soudure a ses propres qualités et il est nécessaire de donner aux assemblages soudés de nouveaux dispositifs qu'il faut étudier avec soin. En adoptant la soudure, on ne s'est pas assez préoccupé de ces questions-là qui méritent cependant d'être examinées à fond si l'on ne veut pas s'exposer à un échec.

I. Procédés de soudure.

La soudure électrique est caractérisée par la fusion du fer sous l'action de l'arc électrique à une température de 3100—3500° C. Le fer passe presque instantanément à l'état de fusion d'une part et à l'état de vapeur de l'autre, et se solidifie également très vite. A cette température, on peut envisager l'oxygène et l'azote de l'air ambiant comme des éléments actifs. Il se produit de l'oxyde de fer et du nitrate de fer en quantité importante. Pour empêcher cette réaction, on se sert depuis quelques temps d'électrodes enrobées. Les électrodes nues diminuent certainement la qualité du métal. En général, les soudures électriques se distinguent jusqu'ici par une résistance élevée, mais par une faible capacité d'allongement et de flexion.

La flamme oxy-acétylénique a une température de 3000—3200° C. qui, en fait, se rapproche beaucoup de celle de l'arc électrique, car il n'y a pas de grandes différences entre l'effet d'une température de 3000° C. et 3500° C. La flamme oxy-acétylénique se distingue surtout par son caractère réducteur. Elle se compose, dans la zone soudante, d'hydrogène et d'oxyde de carbone. La combustion d'opère suivant l'équation:

$$C_2H_2 + O_2 = H_2 + 2\,CO.$$

La flamme est ainsi fortement réductrice et peut réduire en fer métallique, de grosses quantités d'oxyde de fer, par exemple la croûte de laminage. Il ne peut donc pas se former une nouvelle couche d'oxyde de fer ou de nitrate de fer, parce que l'enveloppe gazeuse formée de H_2 et de CO protège le bain de fusion contre l'air atmosphérique. La flamme ne cède pas de son carbone, comme l'ont démontré des analyses chimiques faites sur du fer et de l'acier, avant et après fusion sous la flamme[1]).

La teneur en carbone diminue par la fusion sous la flamme, ce qu'ont souvent prouvé les analyses du Laboratoire d'Essais de Combustibles.

Le métal fondu par chalumeau oxy-acétylénique offre les propriétés de résistance suivantes:

Allongement élastique moyen . . .	Δ_l	= 0,047 — 0,046 ‰
Coefficient d'élasticité	E	= 2140 — 2180 t/cm²
Limite de proportionnalité	σ_p	= 2,41 — 2,03 t/cm²
Limite apparente d'élasticité	σ_s	= 2,50 — 2,40 t/cm²
Résistance á la traction	β_z	= 3,86 — 3,91 t/cm²
Contraction	φ	= 43,5 — 42,1 %
Allongement après rupture	λ	= 25,1 — 24,4 %
Coefficient de qualité	c	= 0,95 — 0,95

Etat de la section de rupture: finement fibreux. Double contraction (E. M. P. A. 12. 9. 31.)

[1]) Theorie und Praxis der autogenen Schweißung. Diskussionsbericht No. 11, Eidg. Materialprüfungsanstalt, Seite 5.

Tensions.

La zone de réchauffement étant très étroite, il se produit, avec la soudure à l'arc, de fortes tensions dans la soudure elle-même. Ces tensions ont pour effet de déformer la pièce à souder si elle n'est pas préalablement encastrée ou, si elle l'est, d'y provoquer de gros efforts. Une pièce encastrée se dé-

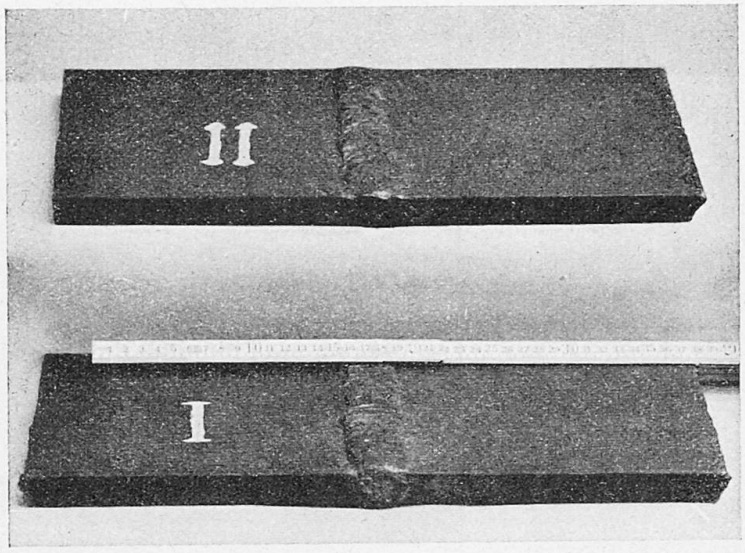


Fig. I.

I: Plaque non encastrée de 20 mm d'épaisseur, soudée à l'autogène.
Autogen geschweißte Platte von 20 mm Stärke, nicht eingespannt.
Autogenous Welded Plate, 20 mm thick, not held at the Ends.

II: Même plaque préalablement encastrée et soudée à l'autogène, puis abandonnée à elle-même.
Gleiche Platte, während der autogenen Schweißung eingespannt, nachher sich selbst überlassen.
Same Plate, held at the Ends during Autogenous Welding, then left to itself.

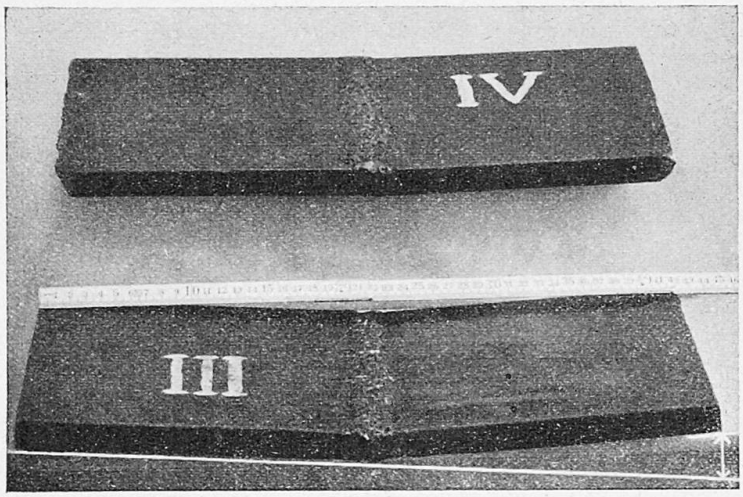


Fig. 2.

III: Plaque non encastrée de 20 mm d'épaisseur, soudée à l'électricité.
Elektr. geschweißte Platte von 20 mm. Stärke, nicht eingespannt.
Arc Welded Plate, 20 mm thick, not held at the Ends.

IV: Même plaque préalablement encastrée et soudée à l'électricité, puis abandonnée à elle-même.
Gleiche Platte, während der elektrischen Schweißung eingespannt, nachher sich selbst überlassen.
Same Plate, held at the Ends during Arc Welding, then left to itself.

forme sensiblement plus avec la soudure électrique qu'avec la soudure autogène. On a donc tort de croire, comme on l'imagine généralement, que la soudure électrique produit moins de contraintes et de déformations que la soudure autogène.

Les essais représentés sur les fig. 1 et 2 ont été faits sur de mêmes éprouvettes et dans les mêmes conditions, pour mesurer les déformations qui se produisent soit avec la soudure électrique, soit avec la soudure autogène. On avait encastré l'une des extrémités de l'éprouvette et placé sur

l'autre un système de stylographe qui amplifiait les déformations intervenant pendant la soudure.

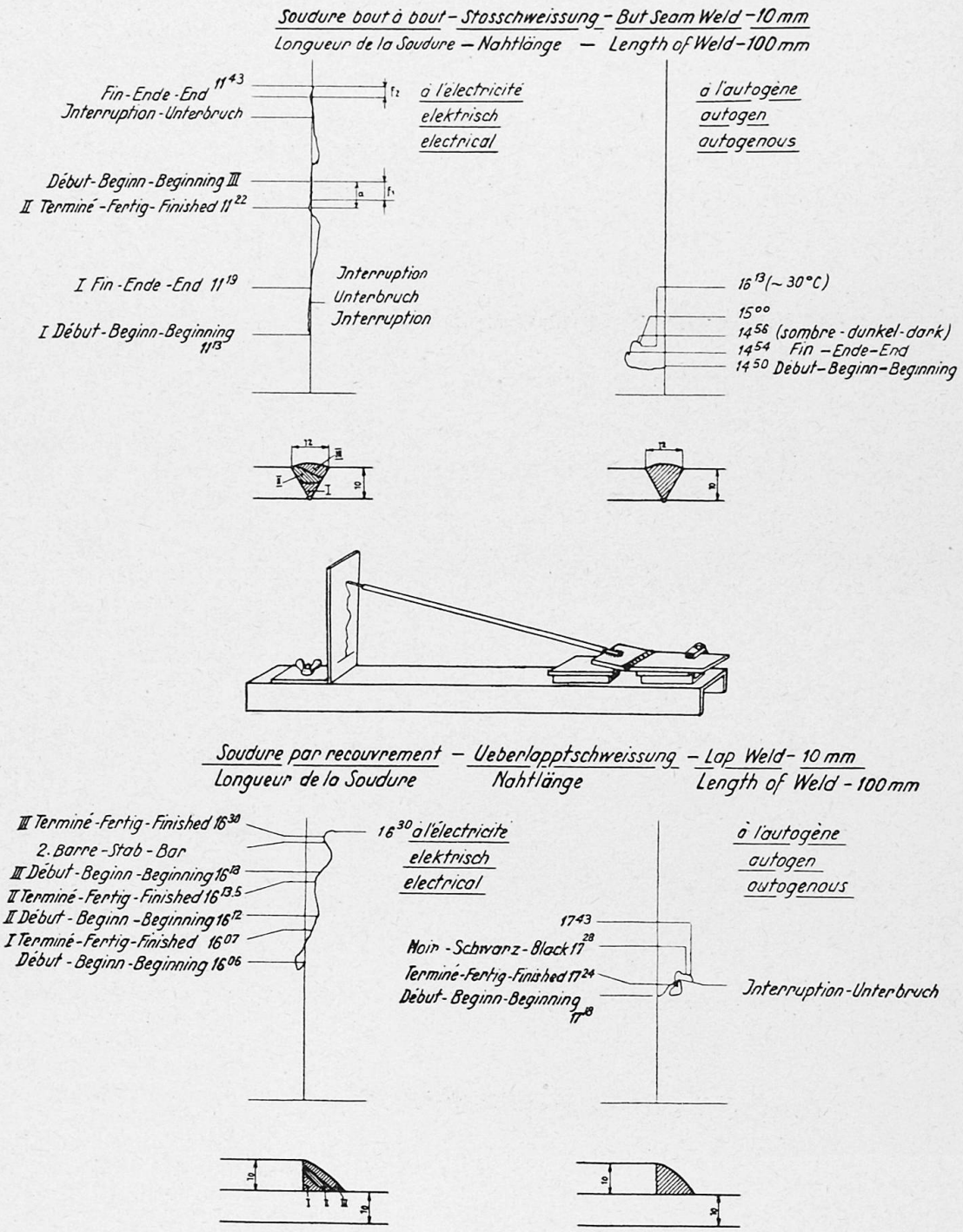


Fig. 3.

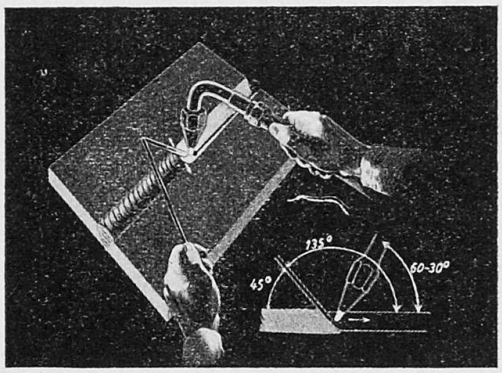
Mesure des tensions dans les soudures; dispositif des essais et diagrammes des déformations — Spannungsmessungen an Schweißnähten; Versuchsanordnung und Deformationskurven — Measurement of Stress in Welded Joints; Testing on Arrangement and Deformation Curves.

La fig. 3 montre dans quel ordre les essais furent exécutés et quelles furent les déformations produites verticalement et horizontalement dans des soudures bout à bout (haut de l'image) et par recouvrement (bas de l'image), opérées aussi bien à l'autogène qu'à l'électricité.

On a aussi essayé de déterminer ces tensions intérieures par le calcul et l'on a constaté qu'elles étaient plus fortes et plus irrégulières avec les soudures électriques, parce que dans ce cas, la soudure se forme par couches.

Position exacte de la flamme soudante dans les constructions métalliques.

Pour supprimer les contraintes et les déformations, et aussi au point de vue économique, il est essentiel de donner à la flamme soudante une bonne position relativement à la pièce à souder et à la baguette d'apport. Pour les épaisseurs de fer de 4 à 40 mm qu'on rencontre habituellement dans les constructions métalliques, il faut observer les principes que voici:



Position du chalumeau et de la baguette d'apport dans la soudure à droite.

Stab- und Brennerhaltung bei der Rechtsschweißung.

Position of Torch and Rod when welding to the right.

Fig. 4.

a) La flamme doit toujours rester à distance constante de la pièce à souder, de façon à ce que les gaz réducteurs CO et H_2 protègent continuellement le fer et que la zone la plus fortement chauffée corresponde toujours à l'endroit de la fusion (fig. 4).

b) La flamme doit avancer dans le sens de la soudure à faire et la baguette d'apport suivre la flamme.

c) La baguette d'apport doit gratter le bain de fusion, en restant en contact permanent avec la pièce.

d) Les remarques a) et b) sont valables aussi bien pour les soudures horizontales et verticales que pour les soudures au plafond. Les soudures verticales sont exécutées de bas en haut.

Ces règles s'appliquent aussi bien aux soudures bout à bout qu'aux soudures par recouvrement et aux soudures en angle intérieur; de même qu'aux simples recharges.

Cette méthode de souder est appelée soudure à droite, parce que la soudure est opérée de gauche à droite, contrairement à l'ancienne méthode, selon laquelle le chalumeau avance de droite à gauche, en suivant le métal d'apport.

Les avantages essentiels de la soudure à droite sont:

a) Avancement plus rapide de la soudure, soit de 50 % en chiffre rond.

b) Soudure plus économique. Son prix de revient est de 50—60 % meilleur marché.

c) Déformations moindres pendant et après la soudure. Pour les soudures de 10 à 30 cm, employées généralement dans les constructions métalliques, il ne se produit pas de déformations.

d) La soudure ne subit aucune contrainte. En effet, comme elle est exécutée d'une traite, sur toute l'épaisseur, ou en deux passes, à la même température, il ne se produit pas de retrait irrégulier dans les différentes couches du métal, et par conséquent, point de tensions.

II. Principes de construction pour les assemblages soudés.

Pour les constructions métalliques, on a largement appliqué jusqu'ici les soudures en angle intérieur et les soudures par recouvrement. Ceci, surtout pour la commodité des travaux préliminaires; mais au point de vue résistance, ces soudures ne sont pas avantageuses, parce que les forces sont transmises excentriquement et il se produit de gros efforts de flexion. Un des côtés de la section soudée peut être soumis à de fortes tensions, tandis que l'autre n'est sollicité que faiblement, soit à la traction ou a la compression. Ceci est le cas surtout pour les soudures en angle qui travaillent à la flexion, autrement dit, qui sont éprouvées à l'ouverture de l'angle. Mais

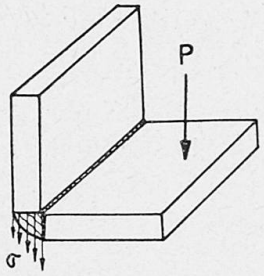


Fig. 5.
Forces agissant défavorablement sur les soudures en angle extérieur — Ungünstige Beanspruchung von Eckschweißnähten — Unfavourable Stressing of Welded Corner.

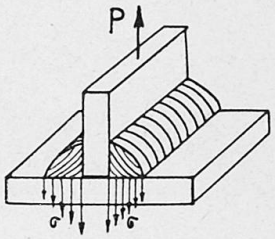


Fig. 6.
Forces agissant défavorablement sur les soudures en angle intérieur — Ungünstige Beanspruchung von T-Schweißnähten — Unfavourable Stressing of Welded T-Joints.

cette remarque s'applique aussi à la soudure en angle intérieur, exécutée sur l'un ou sur les deux côtés. Dans ce cas aussi, il se produit des tensions sur le côté intérieur, tandis que le côté extérieur est sollicité à des compressions plus faibles.

On peut dire, d'une façon générale, que les soudures représentées aux fig. 5 et 6 ne sont pas à recommander, bien qu'elles soient très commodes à faire.

La soudure la meilleure est la soudure bout à bout; celle-ci ne travaille qu'à la traction ou à la compression pure; dans certains cas, elle peut aussi être sollicitée à la flexion. Il faut se servir de la soudure bout à bout le plus possible dans la construction métallique.

Les essais comparatifs de résistance ont nettement démontré que la soudure bout à bout offre en général une résistance de 3500 à 4000 kg/cm², alors que pour les soudures en angle intérieur exécutées des deux côtés, cette résistance n'est en moyenne que de 3000 kg/cm² environ. Soit dit en passant, les résultats obtenus varient fortement d'un essai à l'autre, soit de 2030 à 4100 kg/cm².

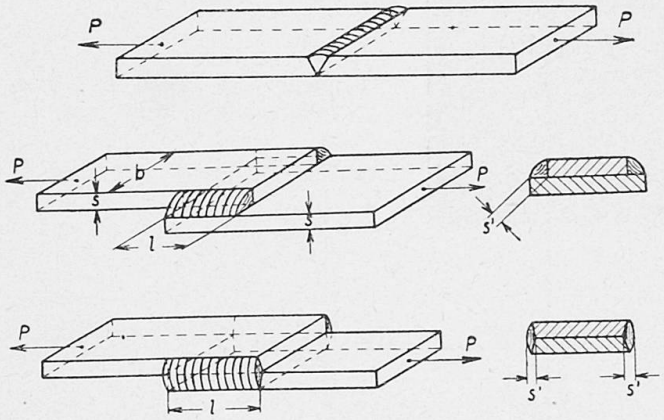
La soudure par recouvrement faite d'un seul côté n'offre généralement qu'une résistance de 2200 à 2300 kg/cm², comme l'ont démontré de nombreuses expériences du Laboratoire fédéral d'Essais de Matériaux, à Zurich (No. 5236, 3 juillet 1930).

La soudure en angle extérieur peut être autorisée quand les forces agissent perpendiculairement à la section de l'angle, par exemple les soudures en angle extérieur faites sur une poutre de section rectangulaire, composée de 4 fers plats ou de deux cornières et travaillant ordinairement à la flexion. Car dans ce cas les soudures sont soumises dans toute la section à des efforts de traction ou de compression (Rapport du Laboratoire fédéral du 27 juin 1930).

On admet encore que la soudure en angle extérieur peut être autorisée quand toute la section de l'angle travaille à la traction.

Par contre, on ne saurait qualifier avantageuses les soudures en angle intérieur, car il se produit alors des contraintes qui occasionnent une flexion de la soudure.

Les soudures en corniche sont également très avantageuses, parce que les tensions sont égales dans toute la section. Elles sont indiquées plus parti-



La soudure bout à bout est la meilleure pour souder un assemblage. Soudures frontales et soudures latérales.

Die Stoßschweißung als beste Ausführungsart einer Schweißverbind'g. Stirn- und Flankennähte.

Butt Welding, the best Method of making Welded Joints. Front Weld and Lateral Weld.

Fig. 7.

culièrement pour le renforcement des soudures bout à bout ordinaires (Fig. 7, Rapport du Laboratoire fédéral).

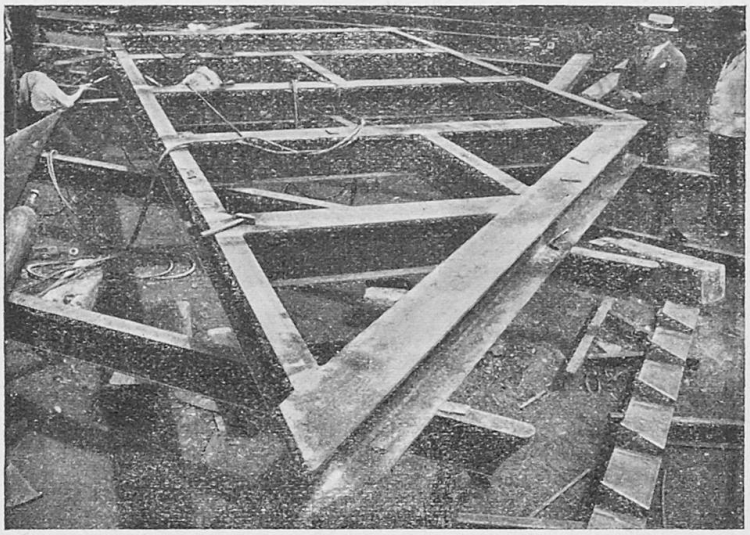
Généralement, on soude entre eux les fers profilés de façon à retrouver la section originale. Des essais de résistance sur des poutres ainsi soudées ont prouvé qu'ont obtenait la résistance primitive. On a exécuté un grand nombre d'essais de pliage sans que les soudures se soient jamais fissurées (voir le procès-verbal No. 11 490 du Laboratoire fédéral d'Essais de Matériaux).

On peut cependant assembler deux fers profilés à l'aide de brides supérieures et inférieures, fixées au moyen de la soudure en corniche et obtenir ainsi le moment de résistance entier (voir le procès-verbal No. 12 097 du Laboratoire fédéral, du 8 février 1932). Mais on peut appliquer aussi les deux méthodes, c'est à dire avoir un assemblage double, et par conséquent d'autant plus résistant. Au point de vue économique, ce procédé est certainement avantageux, car les soudures en corniche se font facilement (Rapport et dessins No. 3168 avec mesures des tensions, Laboratoire fédéral, novembre 1931).

A ce propos, il est intéressant de signaler le pont soudé construit à Hambourg (Fig. 8).

La disposition habituelle des tôles aux noeuds d'assemblage n'est pas heureuse, parce que les soudures par recouvrement travaillent très défavorablement. De pareils noeuds d'assemblage dans les ponts composés surtout de fers profilés, doivent être exécutés plutôt suivant la fig. 9. Les

équerres sont très caractéristiques et les soudures sont ici toujours faciles à calculer, travaillant en partie au cisaillement. Ce n'est pas non plus recommandable d'assembler les poutrelles aux piliers par des soudures en angle intérieur, il vaut mieux en préparer l'extrémité, en y soudant des déchets de tôles, de fers en T, etc., qu'on pourra alors visser au pilier. De la sorte, les



Partie d'un pont soudéà l'autogène (Hambourg).

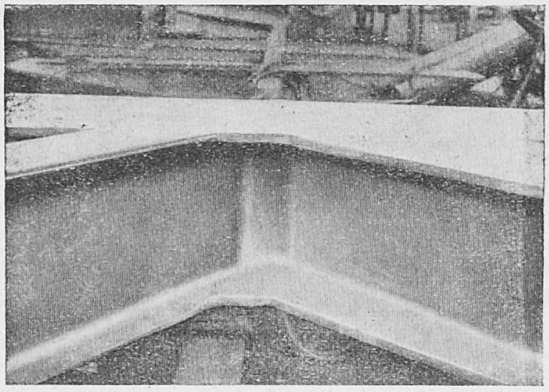
Autogen geschweißter Brückenteil (Hamburg).

Autogenous Welded Bridge Member (Hamburg).

Fig. 8.

soudures ne seront pas soumises à des efforts de flexion (voir rapport No. 5823 du 30. 8. 31).

Pour les fermes, etc., il y a avantage à employer des profils symmétriques, en particulier des fers en T pour les arbalétriers et les cordes, et



Noeud d'un pont soudé à l'autogène (Cologne).

Autogen geschweißter Brückenknotenpunkt (Köln).

Autogenous Welded Assemblage on Bridge (Cologne).

Fig 9.

pour la membrure inférieure, des fers en T ou des tuyaux. Dans le premier cas, les brides sont soudées à la bride de l'arbalétrier et de la corde; dans le second cas, on aplatit le bout des tuyaux qu'on soude également au montant de l'arbalétrier et de la corde. Nous rappelons de même les soudures bout à bout; les noeuds d'assemblage peuvent également être renforcés par des équerres (Fig. 11) (Rapport du Laboratoire fédéral No. 7427 du 23. 5. 31).

On ne saurait poser les fers profilés simplement sur le montant de l'arbalétrier et de la corde que pour les petites charpentes.

Pour les têtes et les socles de piliers, les consoles, etc. on peut largement se servir de la soudure bout à bout.

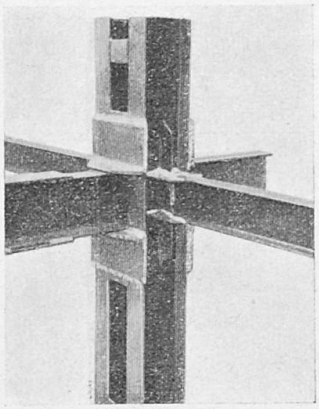


Fig. 10.
Socle soudé à l'autogène — Autogen geschweißter Unterzugskopf — Autogenous Welded Girder Bearing.

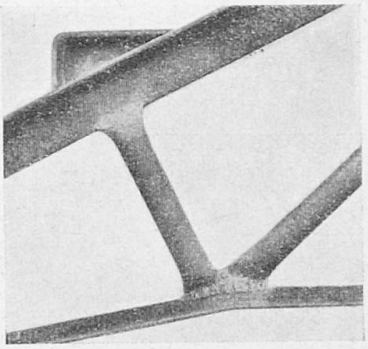
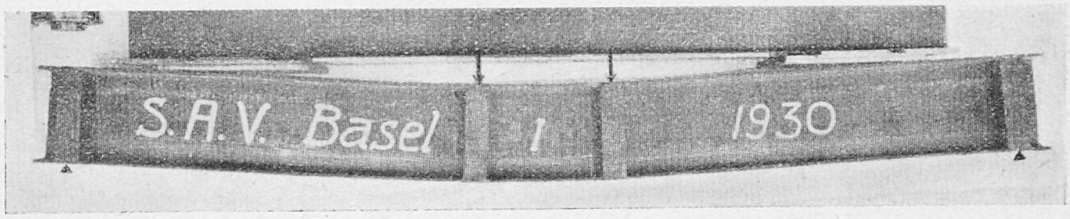


Fig. 11.
Ferme en fers à T et en tuyaux, soudée à l'autogène — Dachbinder, aus T-Eisen und Rohren autogen geschweißt — Roof Girder of T-Iron and Tubes, Autogenous Welding.



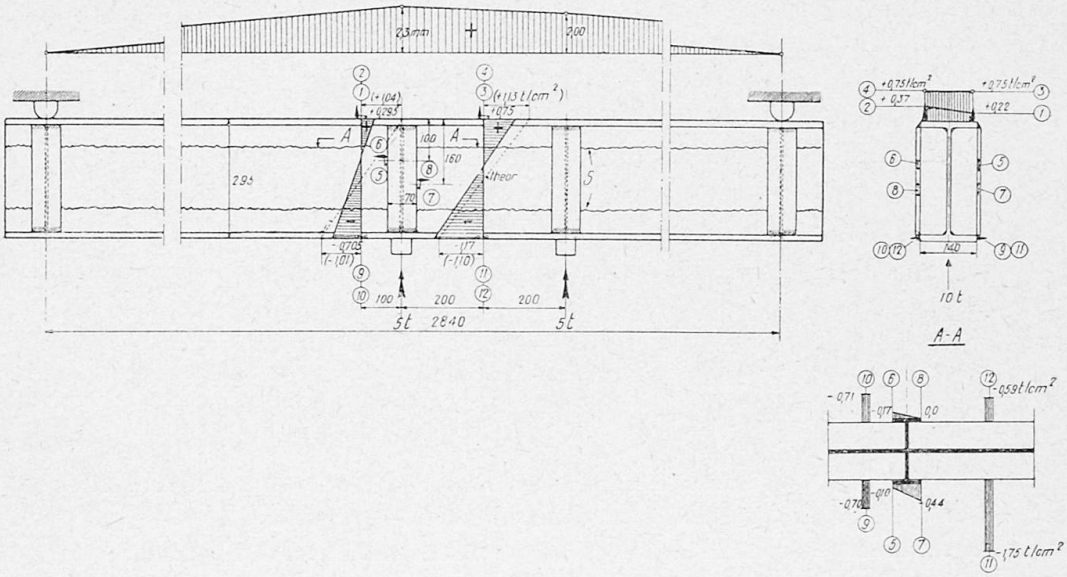


Fig. 12.
Poutre à âme pleine composée de deux fers à T et de fers plats, soumise à l'essai — Geprüfter Vollwandträger aus zwei T-Eisen und Flacheisen — Tested Plate Girder, built up of two T-Irons and Flat Iron.

Pour les poutres à parois pleines, on peut aussi partir des fers en T à larges ailes ou de fers en I sectionnés longitudinalement, et placer entre eux des bandes de tôles soudées bout à bout. On peut ainsi mieux surveiller

l'exécution de la soudure et la transmission des forces se fait mieux (Fig. 12) (Rapport No. 7427 du Laboratoire fédéral du 23. 5. 31).

Renforcements.

Les équerres employées pour renforcer les noeuds d'assemblage peuvent aussi être employées avantageusement pour les cadres et constructions analogues, à condition de se servir de la soudure bout à bout (Rapport No. 7427 du Laboratoire fédéral du 23. 5. 31).

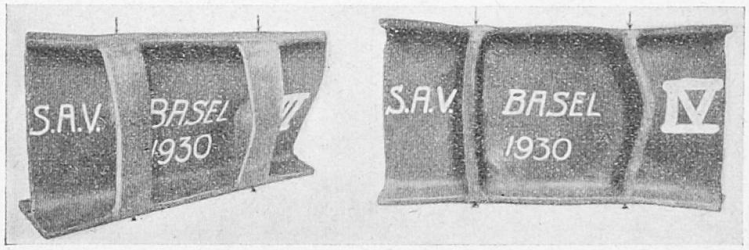
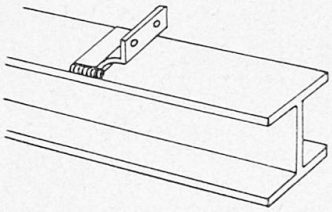


Fig. 13.
Renforcement par des fers à T, soumis à l'essai — Aussteifungen aus T-Eisen, geprüft — T-Iron Stiffenings, tested.

Souvent, on peut augmenter le moment de résistance des fers profilés en échancrant leur extrémité, et en soudant dans l'échancrure un déchet de fer plat. Dans ce cas aussi, on fera une soudure bout à bout.

Les soudures d'angle extérieur ou soudures en corniche sont certainement avantageuses quand il n'y a pas de flexion à craindre ou quand l'effort agit dans le sens de la soudure, donc suivant son axe.

C'est le cas, lorsque l'on soude des brides et des plaques lamelles de renforcement sur des fers en I (Rapport No. 6206 du Laboratoire fédéral, 25. 9. 31). Ce procédé offre toute sécurité désirable et permet d'augmenter à volonté le moment d'inertie.



Pattes composées de fers plats.

Pfettenhalter aus Flacheisen hergestellt.

Connecting Piece of Flat Iron.

Fig. 14.

La soudure d'angle extérieur travaillant à la traction ou à la compression, elle est praticulièrement indiquée dans les cas suivants:

Construction de poutres carrées en fers plats ou en profilés (Rapport No. 5209 Laboratoire fédéral, 27. 6. 31).

Renforcements soudés en forme de ⊥ pour des fers en I ou poutrelles à âme pleine, à la place de cornières rivées. Renforcements soudés en fers en ⊥ pour des poutrelles. (Rapport No. 7427 Laboratoire fédéral, 23. 5. 31).

Ces renforcements, qui sont très économiques, ont été étudiés à fond par le Laboratoire fédéral d'Essais de Matériaux, qui a mesuré également les contraintes. On pourrait donner encore plus de développement à ce genre de construction, en plaçant obliquement, entre les poutres à parois

pleines, les poutrelles de renforcement qu'on fixerait par soudure d'angle extérieur. Elles supporteraient ainsi directement les poussées latérales.

On a fait aussi une série d'essais au flambage sur des colonnes soudées bout à bout au milieu, à la tête et au socle (Rapport No. 10 647, Laboratoire fédéral, 26. 11. 31).

Pattes.

Les pattes qu'on soude aux arbalétriers des charpentes doivent, elles aussi, être fixées à l'aide de soudure en angle extérieur (Fig. 14).

Ici encore, il faut exécuter des soudures en corniche à la partie supérieure de la poutre et non plus comme jusqu'ici, des soudures d'angle intérieur. Dans ce cas, les pattes s'exécutent tout simplement en tôle pliée. Mais on pourrait aussi les faire avec des déchets de fer en U, coupé à la largeur voulue et ouvert à 90°.

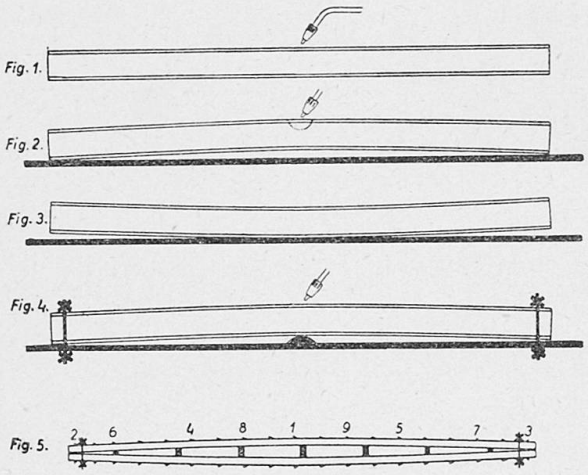


Fig. 15.

Mode de soudure des pattes.

Quand on chauffe une poutrelle avec un chalumeau (Fig. 1), l'aile atteinte par la flamme se dilate (Fig. 2). En refroidissant, le retrait est plus considérable que l'allongement, la poutrelle reste donc concave du côté chauffé (Fig. 3). En déformant la poutrelle avant de la soumettre à l'action du chalumeau, elle sera droite après l'exécution de la soudure (Fig. 4). Déformation de pannes de 15 m de longeur pour souder les pattes (Fig. 5). Les numéros indiquent la suite des soudures.

Vorgehen beim Anschweißen von Pfettenhaltern.

Wenn man einen Träger erhitzt (Fig. 1), dehnt sich der erhitzte Flansch (Fig. 2). Beim Erkalten ist die Schrumpfung größer als die Dehnung, der Träger bleibt auf der erhitzten Seite konkav (Fig. 3). Wenn man aber den Träger vor der Erhitzung vorspannt, ist er nach der Schweißung gerade (Fig. 4). Vorspannung von 15 m langen Pfetten beim Aufschweißen der Pfettenhalter (Fig. 5). Die Nummern geben die Reihenfolge der Schweißungen an.

Method of attaching Connectin Pieces by Welding.

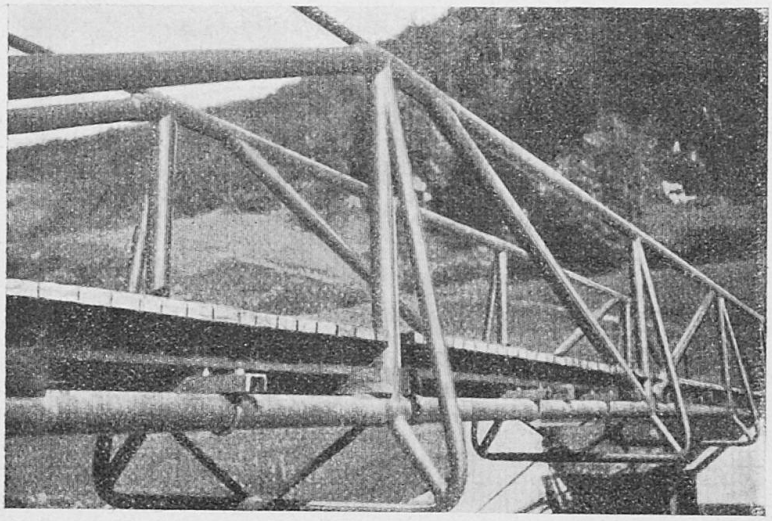
When a girder is heated with a torch (fig. 1), the heated flange expands (fig. 2). When it cools, the contraction is greater than the previous expansion, so that the girder remains concave on the heated side (fig. 3). If the girder is suitable deformed before being heated, it will be straight after the welding (fig. 4). Deformation of member 15 metres long, with attachments welded on (fig. 5). The numbers show the sequence of the welds.

Pour souder ces pattes sur les longs arbalétriers des charpentes, on se sert souvent de rails ou de fortes poutrelles en T, sur lequelles on tend tout d'abord l'arbalétrier, en lui faisant prendre une forme convexe, en intercalant des coins de bois placés à distance voulue. Comme la soudure donne à l'arbalétrier une forme concave, celui-ci reste droit. Ce procédé a été appliqué à la construction des „Stickstoffwerke Ruse", et à celle de fabriques suisses, par exemple l'usine hydro-électrique de Rybourg-Schwörstadt, etc.

Choix de profilés.

On croit souvent qu'en appliquant la soudure aux constructions métalliques, il faille aussi se servir exclusivement de bandes de tôle pour obtenir

le profil qui s'adaptera le mieux à chaque cas donné. Mais c'est une grave erreur. Pareille construction demande beaucoup trop de travail de soudure. Il est bien plus simple de prendre des fers profilés courants, plus réguliers



Passerelle tubulaire soudée à l'autogène (Tyrol).

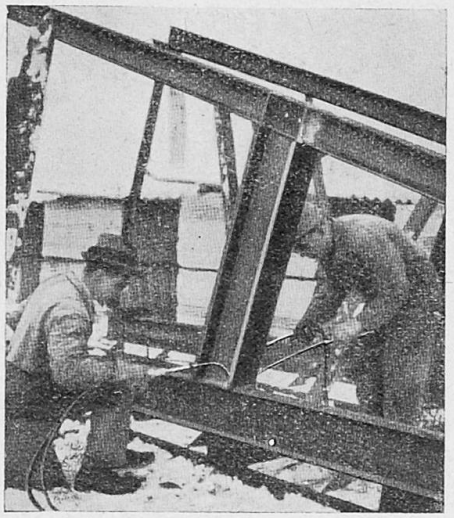
Autogen geschweißter Steg aus Rohren (Tirol).

Autogenous Welded Foot-Bridge, made of Tubes (Tirol).

Fig. 16.

et d'une qualité toujours égale. Mais tous les profils ne présentent pas les mêmes avantages.

On les choisira de façon à avoir le plus grand nombre possible de soudures bout à bout. On se sert de plus en plus de fers profilés symmétriques, c'est



Deux soudeurs stravaillant simultanément à une charpente.

Zwei Schweißer schweißen gleichzeitig an einem Dachbinder.

Two Welders working simultaneously on a Roof Girder.

Fig. 17.

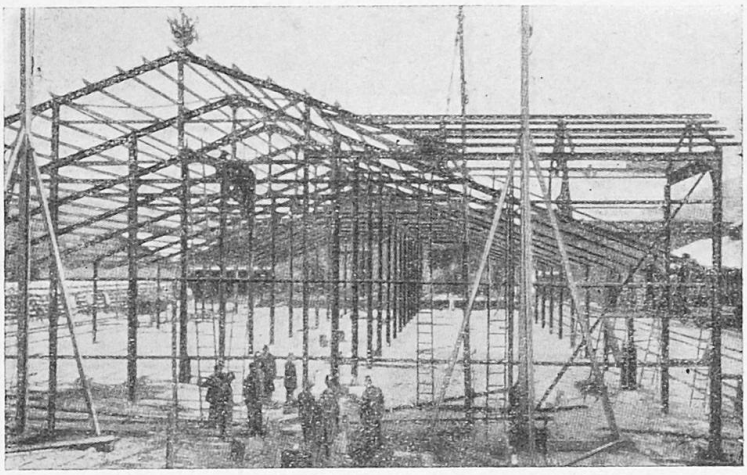
à dire de fers en T et I, alors qu'on délaisse de plus en plus les cornières. On peut aussi se servir de fers en I, surtout à larges ailes, qu'on sectionne longitudinalement.

Il reste à savoir, si de nouveaux profils ne seraient pas nécessaires. Dans bien des cas, de gros fers en ⊥, à large ailes, seraient avantageux, surtout pour les arbalétiers et les cordes. Pour des colonnes soumises au flambage et pour des fermes il serait bon d'introduire des profilés en croix.

Les tuyaux peuvent trouver un large champ d'application dans les constructions métalliques soudées. Les assemblages se font par soudure circulaire et peuvent être renforcés par des douilles, comme on l'a fait dans la construction des avions. Le pont de la Trisanna (Tyrol) (Fig. 16) est un exemple intéressant de construction tubulaire soudée. Les profils carrés, faits de laminés, de cornières de fers ou en ⊏ soudés entre eux, sont plus employés dans les constructions soudées que rivées. Dans ce cas, la soudure autogène automatique rend de grands services.

Travail simultané de deux soudeurs.

Pour empêcher l'effet du retrait dans les éléments soudés et pour utiliser rationnellement la chaleur du chalumeau, il est bon de faire travailler



Halle soudée à l'autogène (Ruse).

Autogen geschweißte Lagerhalle (Ruse).

Autogenous welded Storage Hall (Ruse).

Fig. 18.

deux soudeurs simultanément. Cette méthode a fait ses preuves lors de la construction des charpentes de Ruse (Fig. 17).

Montage.

En prenant le chalumeau pour les constructions métalliques, on s'en est aussi souvent servi pour le montage des fermes. Mais théorie et pratique parlent contre ce procédé. La soudure doit être essentiellement exécutée à la fabrique, à l'atelier ou dans l'atelier provisoire des chantiers, qui sont outillés en conséquence. En outre, le soudeur est à l'abri des intempéries et peut travailler dans une position aisée, ce qui n'est pas le cas s'il est posté sur une échelle ou sur un échafaudage, et doit prendre garde, plus à lui-même, qu'à son travail.

Pour le montage, il faut employer les vis dans une large mesure et préparer l'extrémité des pièces à assembler comme nous l'avons dit précédemment.

Métaux d'apport.

On obtient la plus grande ténacité en se servant d'un métal d'apport peu carburé, soit 0,10 % C.

Le métal fondu au chalumeau conserve un allongement de 10—15 %, une résistance à la traction de 3,5—3,8 t/cm². Avec du métal d'apport composé de:

$$C = 0{,}15—0{,}20\%$$
$$M = 0{,}6 —1{,}0 \%$$
$$S = 0{,}3 —0{,}5 \%$$

on obtient une résistance à la traction de 4,0 t/cm² et un allongement de 9 jusqu'à 15 %.

Si le métal contient encore environ 3 à 3,5 % de N, la résistance à la traction augmente jusqu'à 4,5 t/cm² (Rapport du Laboratoire fédéral).

Il est bon de se servir le plus possible de la soudure bout à bout, comme l'ont prouvé les essais à la fatigue entrepris au Laboratoire fédéral d'essais de matériaux à Zurich.

Les soudures bout à bout ont supporté, sans se fissurer, 5,3 millions d'efforts alternatifs allant jusqu'à 1200 $\pm$ 400 kg (Rapport du Laboratoire fédéral, No. 11 588, 2. 12. 31).

Les soudures autogènes peuvent aussi travailler au cisaillement. La résistance au cisaillement est de τ = 2800—3200 kg/cm². Elle tombe à 2000—2500 kg/cm² si la construction est en plus sollicitée à la flexion. Ces soudures sont donc aussi les plus avantageuses (Rapport No. 11 588, Laboratoire fédéral du 2. 12. 31).

Résumé.

Les soudures bout à bout sont en général préférables et à appliquer le plus souvent possible.

Les constructeurs doivent abandonner dans une large mesure les anciens principes d'assemblages et s'adapter aux conditions imposées par les propriétés de la soudure.

Les soudures autogènes subissent des tensions moindres que les soudures électriques.

L'exposé donne encore des indications sur les meilleures méthodes de soudure et sur les résultats obtenus dans de nombreux essais.

Zusammenfassung.

Die Anwendung der sogenannten Stoßnaht ist im allgemeinen vorzuziehen und anzustreben.

Die Konstrukteure müssen lernen, ihre Entwürfe der Eigenheit der Schweißnaht anzupassen.

Die autogenen Schweißnähte weisen geringere Eigenspannungen auf als die elektrisch geschweißten Nähte.

Es werden Angaben über geeignete autogene Arbeitsmethoden gegeben und Versuchsergebnisse zitiert.

Summary.

The adoption of the butt seam weld is in general to be preferred and to be aspired to.

Great changes are necessary in designs in order to suit them to the peculiar qualities of welded joints.

Autogenously welded joints show slighter internal stresses than electrically welded ones.

Particulars are given on suitable methods of autogenous welding, and the results of tests are cited.