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

**Band:** 2 (1936)

**Artikel:** Contraintes thermiques constatées lors des travaux soudés en Belgique

**Autor:** Spoliansky, A.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-3047

**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:** 15.07.2025

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

# IIIb 5

# Contraintes thermiques constatées lors des travaux soudés en Belgique.

## Bei Schweißarbeiten in Belgien festgestellte thermische Beanspruchungen.

## Temperature stresses observed in welded constructions in Belgium.

A. Spoliansky,
Ingénieur des Constructions Civiles et Electricien A.I.Lg., Liége.

Nous nous bornerons dans la présente note à examiner les contraintes thermiques au sujet desquelles on peut dire que si l'on en ignore la valeur exacte on ne sait que trop bien que ces efforts sont considérables.

Nous n'en citerons qu'un seul exemple.

Lors de la soudure du dernier joint de montage d'un pont Vierendeel on a constaté un soulèvement de son appui de l'extrémité du pont avec formation d'un pli dans la bride inférieure.

Le poids du longeron était d'environ 80 t. On n'avait pas pris de précautions spéciales et necéssaires dans ce cas en vue de diminuer l'effet thermique de gros cordons de 36 mm.

Les effets élastiques se manifestent par:

1° le raccourcissement des pièces.

2° les déformations.

3° les tensions internes avec ou sans apparition de fissures et ruptures.

1° — *Raccourcissement des pièces.*

Par suite du retrait de la soudure les pièces se raccourcissent en prévoyant des pièces avec des longueurs légèrement supérieures à celles exigées on obtient les dimensions suffisamment exactes.

2° — *Déformations.*

Les déformations sont surtout importantes aux endroits ou les cordons sont disymétriques. La déformation est proportionnelle à la longueur libre de l'élément pouvant se déformer à la dimension du cordon; elle est inversément proportionelle à l'épaisseur de cet élément.

Les ponts soudés en Belgique sont en majeure partie des poutres Vierendeel à membrure supérieure parabolique. Cette bride est comprimée, on aurait donc

tout avantage à lui donner la plus grande raideur possible. Deux méthodes ont été employées:

a) poutre en double té avec semelles de forte épaisseur et largeur comprise entre 400 et 500 mm.

b) poutre en double té avec semelles constituées par des poutrelles de 400 à 500 PN. ou à larges ailes (fig. 1).

Au point de vue technique de la soudure la deuxième méthode est défectueuse, car la soudure est déposée sur l'âme de la poutrelle d'épaisseur réduite et à la déformation est plus importante.

La plupart des procédés d'atelier consistant en un redressage à froid des pièces déformées constituent un danger.

On a ainsi constaté, dans certains ateliers, où ces poutrelles brides étaient cintrées à froid, l'apparition d'une série de fissures normales à la soudure dans l'âme des poutrelles et dues à l'écrouissage partiel du métal (fig. 2).

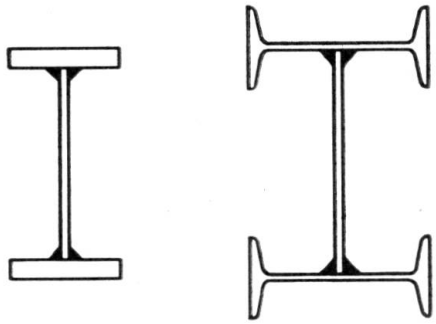

Fig. 1.
Constitution des brides supérieures des ponts Vierendeel.

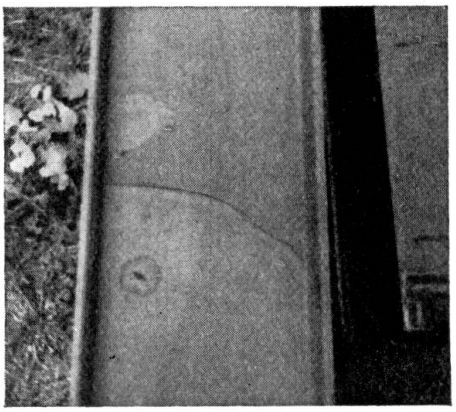

Fig. 2.
Fissure dans une poutrelle-semelle de la bride supérieure d'un pont Vierendeel.

On peut et l'on doit diminuer l'importance des déformations par un choix judicieux:

a) de l'épaisseur des pièces à assembler et

b) des dimensions des électrodes à employer.

Pour cette raison, comme pour d'autres d'ailleurs, les électrodes de gros diamètres sont à proscrire surtout pour les premières couches de fond.

On peut pratiquement annuler les déformations dans la majeure partie des cas par une disposition symétrique des cordons.

Dans les poutres Vierendeel ainsi que dans les bâtiments à noeuds rigides, dont l'emploi commence à se généraliser en Belgique, on trouve des goussets raccords avec section composée d'âme et semelle (fig. 3).

On peut exécuter ces goussets au moyen de 4 semelles (b) avec cordons symétriques ou avec 2 semelles (a). L'assemblage (b) est évidemment plus parfait, mais nécessite un plus grand nombre de soudures.

Dans les pièces en caisson (fig. 4) malgré la symétrie des soudures on constate des torsions d'ensemble dues d'une part au fait que le dépôt des cordons n'est

pas rigoureusement identique et d'autre part au fait que les éléments ne sont pas non plus rigoureusement semblables.

3° — *Tensions internes.*

Le retrait des soudures crée dans une zône assez étendue des tensions qui sont considérables et peuvent constituer un danger, surtout dans des zônes à tensions préexistantes.

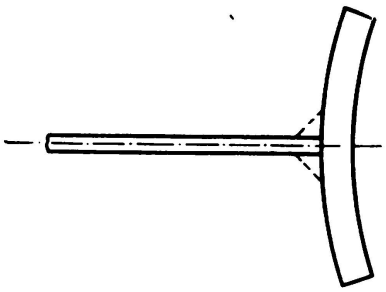

Fig. 3.
Contreflèche donnée a une semelle à souder.

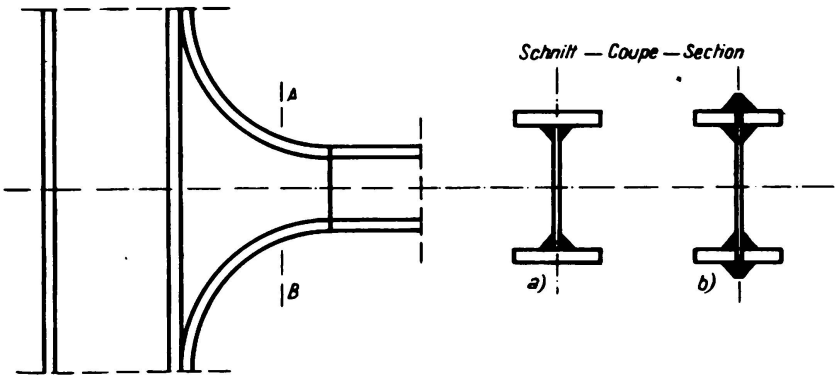


Fig. 4.
Détails d'un noeud à raccord tangentiel.

C'est ainsi que dans des laminés à fortes épaisseurs, le dépôt d'un cordon de soudure peut même déterminer le bris de la pièce.

On a couramment observé, en Belgique, des ruptures qui se sont produites

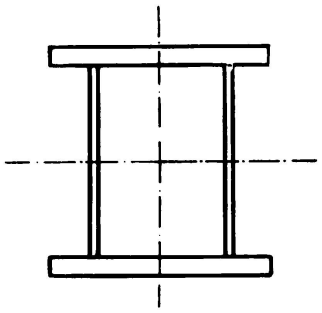

Fig. 5.
Profil en caisson soudé.

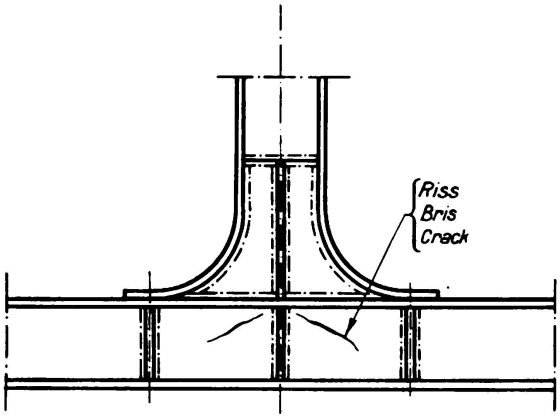


Fig. 6.
Détail d'un noeud d'un pont Vierendeel.
Fissures caractéristiques.

dans des poutrelles Grey où, comme on le sait, les tensions de laminage sont importantes.

Le perçage de trous peut rendre un laminé impropre à la soudure par la rupture de la zône écrouie provoquant des fissurations et le bris des parties saines de la pièce.

Une concentration de cordons de soudure dans un espace limité est à proscrire.

De même il faut éviter un voisinage trop rapproché de cordons de soudure de dimensions nettement différentes.

Des accidents ont été constatés en Belgique, lors de la soudure d'entretoises

aux noeuds des poutres Vierendeel où il y avait un certain nombre de raidisseurs (fig. 5), ainsi que dans la soudure des montants en croix de ces ponts (fig. 6).

Les raidisseurs constituent un grand inconvénient pour les poutres à âme pleine. S'il était possible de diminuer considérablement leur quantité en renforçant suffisamment l'épaisseur d'âme la constitution des poutres serait améliorée. On pourrait aussi évidemment améliorer la forme des raidisseurs en ne les continuant pas jusqu'à la semelle tendue (fig. 7).

Le principal danger de ces efforts thermiques est que les fissures ou ruptures n'apparaissent pas forcément à l'atelier immédiatement après la soudure. Des fissures microscopiques peuvent être indécelables et ne se manifester qu'au bout

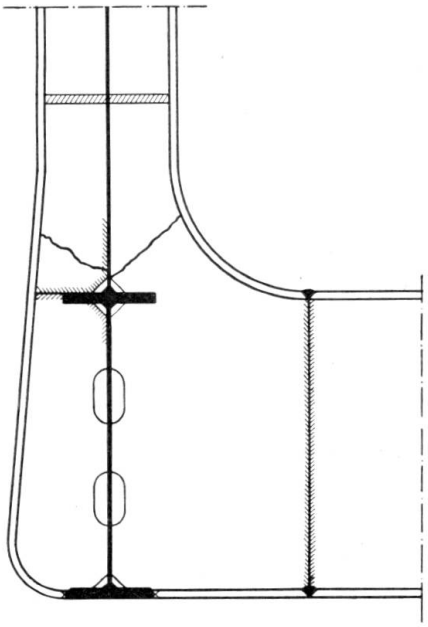

Fig. 7.
Fissures caractéristiques dans les montants en croix des ponts Vierendeel.

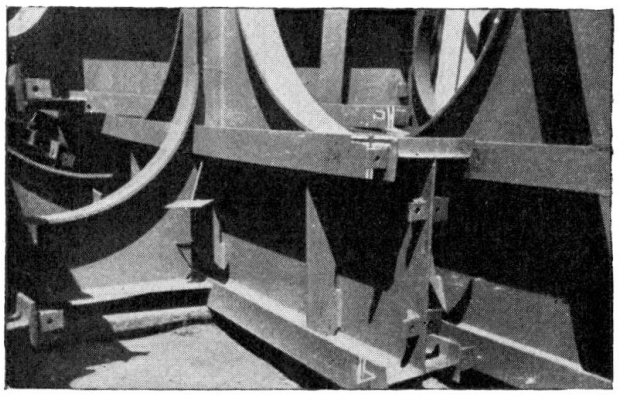

Fig. 8.
Assemblage de l'entroise au montant en croix.

de plusieurs mois. Cette apparition à retardement de fissure constitue d'ailleurs un phénomène inexpliqué mais propre à la soudure. On pourrait peut être rapprocher ces effets des accidents qu'on observe dans certaines pièces de fonte où des ruptures ont été également constatées aux endroits singuliers.

Nous avons pu ainsi constater, lors d'une modification, où un plat soudé sur une poutre en double tés a dû être coupé au chalumeau, la présence de multiples fissures dans le métal de base, comme dans le métal d'apport (fig. 8). Ces fissures étaient probablement dues à l'emploi d'un plat fourré.

Un autre exemple frappant mérite d'être signalé:

Quelques mois après qu'un pont était complètement soudé, le tablier en béton et le platelage étant établi, une rupture brusque accompagnée d'un bruit s'est produite, dans l'axe de la soudure du joint d'âme (fig. 9).

A notre sens, la tension de retrait des cordons dans les semelles de 36 mm d'épaisseur a été suffisante pour déterminer un début de fissuration dans le cordon d'âme.

## Dispositions à prendre pour amoindrir les effets des tensions thermiques.

### *Précautions avant exécution.*

A. *Localisation et dimensions des soudures.*

Les soudures doivent être localisées en des endroits où leur sollicitation sera en tout état de cause faible. Il faut éviter de déposer des cordons à proximité les uns des autres et en diminuer le plus possible l'importance.

Un choix judicieux d'assemblages a une importance capitale. En Belgique, cette question a été poussée très loin et a conduit à la mise au point, tant pour les ponts que pour les charpentes, d'un noeud courbe à raccords tangentiels. Monsieur *Campus* présente d'ailleurs à ce Congrès une étude de ce noeud.

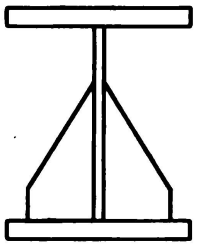

Fig. 9.
Raidisseur d'une poutre à âme pleine.

B. *Dimensions des pièces à assembler.*

L'épaisseur et la longueur des pièces doivent être soigneusement établies.

Il faut, en effet, limiter le minimum d'épaisseur des tôles car:

1° on a constaté dans les tôles minces une diminution plus notable de l'allongement aux températures de 600 à 800°, et par conséquent une tendance accrue à la fissuration.

2° On peut craindre des morsures trop fortes de la soudure, pour laquelle, au point de vue opératoire, existe un minimum de dimension.

3° Pour amoindrir les déformations.

4° Pour diminuer la quantité nécessaire de raidisseurs.

C. *Ordre de dépôt de soudure.*

Les cordons doivent être déposés dans un ordre qui ne peut être laissé à l'appréciation du soudeur. Tout comme pour le retrait du bétonnage, un programme doit être établi en vue de diminuer l'importance du retrait des soudures.

D. *Analyse métallographique du métal de base et du métal d'apport.*

Celle-ci est d'une importance capitale. Il faut pouvoir être certain des caractères de la soudabilité du métal de base.

E. *Exécution des pièces.*

Elle doit être particulièrement soignée en vue d'éviter de trop grandes tolérances qui amènent fatalement à un dépôt exagéré de soudure.

F. *Précautions spéciales.*

Dans des cas spéciaux une technique particulière doit être mise au point tel que le chauffage avant soudure.

### *Dispositifs opératoires.*

G. *Appareillage électrique.*

Il est de toute importance de pouvoir obtenir un dépôt régulier, par conséquent il faut veiller à l'installation électrique en général, qui doit être spécialement étudiée en vue des travaux de soudure.

Les groupes transformateurs, les câbles conducteurs doivent pouvoir être tels que les chutes de voltages et d'ampèrage soient limitées.

Des appareils de mesure électrique doivent être installés en nombre suffisant et consultés d'une manière ininterrompue.

H. *Choix des caractéristiques électriques.*

Ce choix est extrêmement complexe.

Il faut diminuer la température de pose, pour diminuer les contraintes thérmiques, mais cette température doit être suffisante pour une bonne pénétration.

Pour un travail déterminé, c'est à dire, pour des aciers de composition déterminée et pour lequel des électrodes de composition adéquate sont adoptées, pour des épaisseurs de pièces à assembler il y a des caractéristiques électriques optima à imposer.

I. *Limitation du diamètre maximum des électrodes à employer.*

Un grand nombre d'accidents constatés en Belgique avait pour raison principale que des ateliers en vue de diminuer les frais de la main d'oeuvre, exécutaient leurs travaux avec des électrodes de diamètre trop important. D'une part, les dangers d'une vitesse de trempe accrue, d'autre part le courant trop intense et par conséquent les tensions thermiques accrues font qu'il est de toute nécessité de limiter l'épaisseur maximum des électrodes à employer. Ce maximum est provisoirement fixé par les Ponts et Chaussées Belges par une électrode de 5 mm de diamètre sauf pour la couche de fond où elle ne dépassera pas 4 mm.

J. *Précautions à prendre lors d'un travail hivernal.*

Actuellement on interdit en Belgique de souder à des températures inférieures à $4^0$ centigrade.

K. Pour déterminer la meilleure technique à suivre, il y aurait évidemment lieu de pouvoir déterminer l'ordre de grandeur des tensions thermiques et à comparer ces valeurs suivant différents modes d'exécution.

En Belgique un groupe de constructeurs à confié à un laboratoire de l'Etat la mission de procéder à un cycle complet d'études à ce sujet.

*Dispositifs après opératoires.*

L. Il faut interdire la manipulation des pièces à soudure encore chaude.

M. Des dispositifs doivent être pris pour obtenir un refroidissement lent des soudures.

N. On peut espérer que les essais commencés en Belgique pourront indiquer des dispositifs spéciaux pratiques et économiques pour diminuer après soudure les contraintes thermiques.