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

Band: 1 (1932)

Artikel: Discussion

Autor: Caldwell, James

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-543

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: 05.07.2025

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

Combination of riveted and welded construction.

The question is sometimes raised as to how riveting and welding act in conjunction with each other, or in other words : " What is the strength of a riveted and welded joint?"

It is quite possible for a riveted connection to be reinforced by welding, and for the welding to bear the whole of the load and fracture before the riveting comes into play, due to the presence of " slip " in the rivets. In the case of an existing bridge, however, it must be borne in mind that the members are already bearing their dead load before the welding is applied, and furthermore it would appear safe to assume that the initial " slip " in the riveted joints has already been taken up owing to the continual variation in the stresses transmitted and the natural vibration of the structure. It has been found that the strength of a combined welded and riveted joint may be estimated as the ultimate strength of the welding plus the yield point strength of the riveting.

In strengthening lattice girder joints it is necessary to ensure that the additional stresses carried by the welding are transmitted across the joint to the member of either side ; that is to say, clear of the sections that are weakened by the existing rivet holes, and this may entail the use of extra gusset plates.

Annexes auxquelles M. Caldwell se réfère et qui ont été déjà publiées :

Anhänge, auf die sich Herr Caldwell bezieht, und die bereits veröffentlicht worden sind :

Annexes to which M. Caldwell refers and which have been previously published :

H. E. Grove, Construction Engineer, Melbourne " Welded Steel Structures in Australia" (Electric Welding, June 1932).

H. B. Hanna, Plant Engineer, Toronto,

" Electric Welded Factory Building in Canada at Peterborough Works, Toronto" (Electric Welding, June 1932).

Rupert Worley, Chartered Civil Engineer, Hamilton and James R. Baird, Civil Engineer, Hamilton,

" Arc Welding Employed on the Hamilton (New Zealand) Stand Pipe Reservoir " (Electric Welding, June 1932).

Wilfred D. Chapman, Railway Construction Engineer, Melbourne,

" Notes on Arc Welding of Bridgework in Australia " (Electric Welding, June 1932).

Traduction.

L'emploi du procédé de soudure au chalumeau oxy-acétylénique n'a pas reçu, en Angleterre, un développement considérable en ce qui concerne l'assemblage et le renforcement des ponts métalliques ; par contre, ce procédé a été beaucoup employé pour le découpage dans les travaux neufs et pour l'enlèvement des éléments de charpentes défectueux.

Par ailleurs, au cours de ces dernières années, la construction soudée électriquement s'est beaucoup développée ; c'est la raison pour laquelle nous nous

occuperons exclusivement, dans le présent rapport, de l'application de la soudure électrique à la construction métallique.

Historique.

Le procédé de soudure à l'arc de carbone a été introduit en 1885; l'arc était alors entretenu au moyen d'un crayon de charbon, l'alimentation en métal étant assurée, au moyen d'une baguette. En 1890, le crayon fut remplacé par un fil en fer doux, ce qui permettait d'éviter l'emploi de la baguette auxiliaire d'apport; on en arrivait ainsi à ce que l'on désigne couramment sous le nom de « soudure à l'électrode nue ». Le procédé est d'ailleurs, en somme, le même que celui que l'on emploie aujourd'hui, si ce n'est que des perfectionnements ont été apportés au matériel employé et à la composition des baguettes.

En 1907, apparut la première électrode couverte d'un enrobage léger; cet enrobage consistait en une couche mince d'une pâte destinée à stabiliser l'arc. Une étude serrée de la question, du point de vue métallurgique, fut alors effectuée, pour aboutir, en 1911, à la fabrication en Angleterre des premières électrodes à fort enrobage.

Le nouveau procédé gagnant la confiance des techniciens, la question se posa de l'employer pratiquement à la soudure des constructions métalliques. Les ingénieurs anglais, rencontrant devant eux, dans leur propre pays, la routine et des règlements défavorables, durent chercher ailleurs un débouché leur permettant de mettre leurs idées en pratique. Les progrès ainsi réalisés furent par suite particulièrement marqués en Europe (Belgique et Suisse) et en Australie, les travaux réalisés étant basés uniquement sur l'emploi des électrodes à fort enrobage. En Amérique, les ingénieurs soudeurs purent donner à cette méthode une évolution parallèle, aboutissant même à un emploi encore plus large de la soudure en construction métallique, quoique la majeure partie des travaux fussent exécutés avec électrodes nues. Ce point est d'ailleurs important à mentionner et il explique les différences que l'on a pu constater dans la conception et les méthodes de réalisation respectives.

L'ingénieur soudeur anglais, fermement attaché à l'électrode à fort enrobage, soutient que, dans les conditions pratiques normales, l'obtention d'une soudure métallurgiquement saine ne doit pas dépendre exclusivement de l'habileté du soudeur, mais bien dans toute la mesure du possible, de la manière dont se comporte l'électrode au cours de sa fusion. En d'autres termes, il considère qu'il faut munir l'électrode d'un revêtement judicieusement composé, susceptible de constituer un laitier actif jouant le rôle suivant : 1° nettoyage de la surface du métal de base par élimination de l'oxyde au cours de la soudure; 2° protection du métal de la soudure, en fusion, contre les gaz de l'atmosphère, afin d'éviter la formation des défauts que peut provoquer la constitution d'oxydes et de nitrures; 3° fusion de cet enrobage lui-même à basse température, afin d'éviter sa présence ultérieure dans le cordon de soudure sous forme d'inclusions de laitier. Si l'on considère quelle grande expérience pratique les Américains ont acquise en matière de construction métallique, en utilisant les électrodes nues, la tendance qu'ils manifestent d'une manière très marquée depuis 18 mois, à employer les électrodes à fort enrobage n'est pas sans justifier les points de vue soutenus à ce sujet par les ingénieurs européens.

Conception.

Il est évident qu'en construction métallique soudée, le succès dépend pour une grande part des initiatives de l'ingénieur qui étudie la construction et de l'adresse avec laquelle il sait se détacher de la pratique couramment adoptée pour le rivetage.

Les constructions soudées avec électrodes nues, appartenant au type ouvert, et dans lesquelles on emploie généralement les assemblages à couvre-joint simple, avec profilés, ne semblent pas différer sensiblement, du point de vue de la forme, des constructions rivées. Par contre, en Europe, on tend plutôt à concevoir les constructions soudées sous la forme monolithique, en employant généralement les joints en bout, même dans les éléments principaux des ouvrages.

Une autre caractéristique d'importance considérable, particulière d'ailleurs à la construction soudée réalisée avec électrodes à fort enrobage, est l'adoption générale de cordons de soudure d'angle en simple couche. Cette disposition, quoique récente, a été l'objet d'un développement très important à la fois en Suisse et en Australie. La résistance linéaire d'un cordon de soudure d'angle est approximativement proportionnelle à la racine carrée du volume de métal déposé par unité de longueur, de sorte que les avantages économiques que présente le cordon de soudure d'angle léger à une seule couche peuvent prendre toute leur importance. Un autre avantage de cette disposition est de conduire à un minimum de tensions internes de retrait; toutefois, l'avantage le plus important est probablement la possibilité de juger de la qualité d'une soudure par simple examen visuel, sous cette réserve que les soudures ont été effectuées avec des électrodes à fort enrobage de fabrication convenable. Dans ces conditions, le problème du contrôle et de l'inspection se trouve résolu d'une manière simple et économique, tout en restant effective.

Études et réglementations.

L'un des faits les plus caractéristiques de ces dernières années, en matière de construction métallique soudée, est la tendance, de la part des autorités officielles, à édicter des réglementations spéciales. Suivant la forme habituellement adoptée pour les réglementations concernant la construction, aucune méthode de construction ne peut être employée si elle n'est définitivement admise, suivant des spécifications appropriées, prévoyant les possibilités du contrôle ; le point essentiel est donc de faire admettre la soudure, sous réserve de toutes conditions garantissant une bonne exécution. Des Comités de Soudure ont été constitués dans de nombreux pays et les ingénieurs qui sont chargés des recherches correspondantes étudient la construction soudée dans des conditions beaucoup plus strictes et rigoureuses, à de nombreux égards, qu'il n'a jamais été fait pour la construction rivée. Il faut évidemment reconnaître que l'on possède beaucoup plus de données au sujet du comportement des assemblages soudés qu'en ce qui concerne les joints rivés. Il s'est trouvé des cas de rupture de joints rivés qui ont échappé aux inspecteurs d'assurance des chaudières et aux essais sous pression, ruptures que l'on a dû attribuer à une utilisation défectueuse des riveuses hydrauliques. Il ne serait donc pas exact

de dire que les assemblages rivés sont garantis par une inspection suivant les méthodes établies.

Dans l'établissement des réglementations, l'un des points les plus importants est celui des « efforts admissibles », ou du « coefficient de sécurité ». Il est superflu d'ajouter que la plupart des services officiels sont enclins à s'orienter du côté de la sécurité systématique, en adoptant des spécifications d'efforts admissibles faibles. Ceci se justifie pleinement du point de vue de la raison ; néanmoins, il ne faut pas perdre de vue que l'adoption d'un coefficient de sécurité est tout à fait suffisante, par elle-même, pour rendre prohibitif, ou tout au moins pour entraver sérieusement le développement de la construction métallique soudée, par suite de considérations économiques.

Le Rapport qui vient d'être publié par le Structural Steel Welding Committee of the American Bureau of Welding (Comité de Construction Soudée) précise que la charge de rupture moyenne obtenue au cours des essais avec électrodes nues en soudure bout à bout a été de 35 kg/mm², valeur par rapport à laquelle l'effort admissible proposé de 9,15 kg/mm² représente un coefficient de sécurité de 3,81 ; ce facteur est considéré comme satisfaisant, étant donné que le coefficient normalement adopté pour la construction métallique est de 3 1/3.

L'objectif que l'on recherche généralement en adoptant un coefficient de sécurité est de maintenir la contrainte qui résulte des efforts bien au-dessous de la limite d'écoulement et de permettre une certaine marge pour les efforts qui ne sont pas déterminés, ainsi que pour les variations qui peuvent résulter des matériaux ou de la main-d'œuvre. Si l'on prévoit des spécifications convenables pour le contrôle de l'habileté professionnelle de l'opérateur, pour les électrodes, la conception des ouvrages, l'élaboration des matériaux, etc..., il ne semble pas opportun de prévoir, en construction soudée, dans la qualité et la main-d'œuvre, des écarts de valeur plus importants que ceux que l'on prévoit dans la construction rivée. En d'autres termes, il ne paraît pas déraisonnable d'adopter pratiquement le même coefficient de sécurité pour la construction soudée, que pour la construction rivée, ou pour le métal pris en lui-même.

En Angleterre, pour un acier de 44 à 47 kg/mm², nous admettons un effort de traction normal de 12,5 kg/mm², ce qui correspond à un coefficient de sécurité de 3,5. Il est généralement admis, et des essais l'ont confirmé, que par suite de la non-uniformité de répartition des efforts dans les éléments travaillant à la traction, dans les assemblages rivés, la charge de rupture effective se trouve réduite de 20 %, de telle sorte que le coefficient de sécurité effectif se trouve être 2,8 et non plus 3,5. En compression, l'effort admissible normal est de 10,2 kg/mm² ; la limite correspondante d'écoulement de l'acier étant de 28,4 kg/mm² (limite pratique de résistance à la compression) il en résulte un coefficient de sécurité de 2,77, valeur voisine de celle qui correspond à la traction. Les calculs semblent montrer que la résistance des rivets au cisaillement est en relations définies avec la charge de rupture des pièces de l'assemblage ; on admet souvent que les deux valeurs sont équivalentes. Cette résistance n'intervient pas entièrement, à moins que tous les rivets ne portent également bien dans leurs trous. La réduction de 20 % est précisément destinée à tenir compte des écarts pratiques par rapport à cette condition théorique ; elle peut être insuffisante. Dans ces conditions, il semble que l'adoption, pour

la soudure d'un coefficient de sécurité équivalent à celui qui est adopté pour l'acier, ou tout au plus de 4, serait largement suffisant.

Des résultats qui ont été publiés au sujet de recherches récentes, il apparaît que l'on attache une grande importance à la détermination de la résistance statique des assemblages soudés. Sauf en ce qui concerne le calcul, ces valeurs n'ont toutefois qu'une importance secondaire. L'attention doit être bien plus largement attirée sur la résistance des assemblages soudés aux efforts dynamiques, à la corrosion, sur la ténacité et la ductilité du métal d'apport et, tout particulièrement, sur le « comportement dans les conditions pratiques de service ». L'avenir de la construction soudée doit dépendre dans une large mesure du comportement effectif en service, c'est-à-dire sur la sécurité effective en service.

Les principaux facteurs qui interviennent dans l'obtention d'assemblages soudés économiques et convenables sont : une conception judicieuse, une organisation bien conçue, de bonnes méthodes de travail, des soudeurs et des inspecteurs possédant à fond leur métier, et l'emploi d'un matériel et d'électrodes convenables.

Ces facteurs ouvrent aux recherches et au contrôle ultérieur un champ beaucoup plus important que les caractéristiques physiques utiles des différents types d'assemblages, qui sont sans signification tant qu'elles ne sont pas susceptibles de prédéterminer, avec une exactitude suffisante, les résultats que l'on est en droit d'attendre en pratique.

Renforcement des Constructions Métalliques par soudure.

L'application de la soudure électrique au renforcement des constructions métalliques a constitué une solution très intéressante pour les ingénieurs des chemins de fer et des services publics, dans l'obligation où ils se sont trouvés de faire face à un trafic croissant et à une dépréciation des ouvrages sous l'influence de la corrosion. Plus de cent ponts ont déjà été renforcés par soudure, sur les chemins de fer australiens et des travaux déjà très importants ont été effectués en Angleterre. Des travaux du même ordre sont actuellement en cours, dans l'Inde, en Afrique du Sud et dans certaines Colonies de la Couronne.

Les principaux avantages que l'on reconnaît à l'emploi de la soudure électrique pour le renforcement des ponts sont, en gros, les suivants :

1. — Dans certains cas, la seule solution à laquelle on serait obligé de se rallier, faute de pouvoir appliquer la soudure, serait le remplacement pur et simple ;

2. — Prix régulièrement bien inférieur à celui des autres méthodes de renforcement ;

3. — Suppression, ou tout au moins notable réduction des interruptions dans le trafic ;

4. — Dans la majorité des cas, l'étayage est inutile et, en principe, au début des travaux, la résistance de l'ouvrage n'est ni diminuée ni compromise par le remplacement des divers éléments, comme c'est le cas avec les autres méthodes.

Le renforcement des ouvrages par soudure peut être divisé en trois classes principales :

1. — Renforcement des rivures ou des assemblages rivés conçu de telle sorte que les rivets et les cordons de soudure collaborent conjointement à supporter les charges, par exemple dans le cas du renforcement des poutres en treillis ou des cornières d'aile des poutres en tôle et des éclisses d'âme ;

2. — Renforcement d'éléments déjà existants par soudure de plaques ou de profilés additionnels ;

3. — Renforcement de poutres par augmentation de hauteur d'âme, ou par addition de nouveaux éléments, tels que : entraits supplémentaires, éléments de poutres transversales, etc.....

Construction mixte rivée et soudée.

On s'est fréquemment demandé dans quelles conditions s'effectue la collaboration entre la rivure et la soudure, ou, en d'autres termes, « quelle résistance peut-on obtenir, par rivure et soudure combinées ? ».

Un assemblage rivé peut parfaitement être renforcé par soudure, dans des conditions telles que la soudure supporte la totalité de la charge et même la rupture avant que la rivure elle-même n'intervienne, par suite de la présence de jeu dans le rivetage. Toutefois, dans le cas d'un pont déjà existant, il ne faut pas perdre de vue que les différents éléments supportent déjà leur propre poids avant l'application de la soudure ; il paraît donc légitime d'admettre que dans ce cas le jeu antérieur dans les joints rivés a déjà été compensé sous l'influence des variations incessantes des efforts transmis et des vibrations propres de l'ouvrage. On a constaté que la résistance d'un assemblage mixte par rivure et soudure pouvait être considérée comme égale à la somme de la charge de rupture de la soudure et de la limite d'écoulement correspondant au rivetage.

Dans le renforcement des assemblages sur poutres en treillis, il est nécessaire de s'assurer que les efforts supplémentaires supportés par la soudure sont effectivement transmis, par l'intermédiaire de l'assemblage, d'un élément à l'autre de cet assemblage ; c'est-à-dire sans faire intervenir les sections qui sont affaiblies par les trous de rivets ; cette condition peut conduire à adopter des goussets supplémentaires.

Bibliographie.

Voir page 249 : 4me alinéa.

F. CAMPUS
Professeur à l'Université de Liége.

et

A. SPOLIANSKY,
Ingénieur à Enghien.
Ex-assistant à l'Université de Liége.

Le pont de Lanaye est un pont-route de 88 m. de longueur. La travée centrale a 68 m. de portée libre ; les travées d'approche ont 10 m. d'ouverture. Les poutres de la travée centrale sont des poutres paraboliques Vierendeel ayant