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

Band: 1 (1932)

Artikel: L'application de la soudure aux constructions métalliques

Autor: Kopecek, Leos / Faltus, François

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-455

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: 01.09.2025

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

III 3

L'APPLICATION DE LA SOUDURE AUX CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES

DIE PRAXIS DES SCHWEISSENS IM STAHLBAU

APPLICATION OF WELDING ON STEEL STRUCTURES

Ingénieur Leoš KOPEČEK et Dr. Ing. François FALTUS
Société Anonyme des anciens Établissements Skoda, Plzeň (Č. S. R.).

Les constructeurs de charpentes métalliques ont appliqué très tard la soudure à l'exécution des constructions métalliques supportant des charges. Les causes de ce retard sont évidentes : le rivetage consacré par une pratique de plusieurs dizaines d'années, pratique marquée par l'exécution de puissantes constructions métalliques, fournissait un moyen simple et à toute épreuve pour l'exécution des assemblages les plus difficiles et permettait de réaliser des constructions parfaitement étudiées. Il a fallu les tendances de ces dernières années à *simplifier la forme* et l'exécution et à *réduire les frais*, et la certitude que ces exigences seraient remplies dans une large mesure par la soudure, pour frayer le chemin à ce dernier procédé. Ces tendances se trouvaient enrayées par le manque de prescriptions appropriées et, de ce fait, par la méfiance de l'opinion générale des techniciens et surtout des clients.

La soudure autogène appliquée à la construction des machines, des réservoirs et des canalisations (à la construction métallique parfois seulement et comme moyen auxiliaire) fut bientôt remplacée par la soudure électrique (le caractère spécial des constructions métalliques et le retrait pendant la soudure ainsi que la question des prix jouent probablement dans ce cas le rôle décisif). Ce fait nous permet de nous borner ici à la soudure électrique, c'est-à-dire à la soudure à l'arc, car les autres procédés, comme le procédé de soudage combiné, le soudage par points, etc., paraissent être pour le moment moins importants en construction métallique. Nous nous trouvons actuellement en pleine période de développement du nouveau procédé de travail et ne pouvons par conséquent que traiter le problème lui-même, sans déduire des conclusions définitives.

A. Le bureau technique. Projet.

Le fait de l'application de la soudure électrique à l'exécution des constructions métalliques n'a eu, pour ainsi dire, aucune influence sur l'importance et la fonction du bureau technique. Ce procédé, lui aussi, exige un projet bien

étudié, un calcul de stabilité exact et des détails soigneusement élaborés. Tous ces travaux doivent être confiés à des constructeurs doués d'un esprit créateur, puisqu'il s'agit de créer sur un terrain tout nouveau.

1. Calculs.

Dans le cas des charpentes métalliques soudées, le calcul des sections des éléments qui travaillent devient un peu plus simple que dans le cas de la charpente rivée. Il faut, par contre, tenir compte de la continuité de l'assemblage ou de l'effet d'encastrement. Il est évident qu'il est nécessaire d'étudier les cordons d'assemblage exactement, par le calcul, afin d'obtenir un projet convenable tant au point de vue statique qu'au point de vue économique.

2. Dessins.

Les dessins, eux aussi, doivent être élaborés soigneusement. Les cordons de soudure doivent être indiqués selon leur position, leur section et leur longueur. Il est vivement recommandé de choisir l'échelle des dessins et des détails un peu plus grande que d'habitude, afin de présenter le travail d'une manière plus claire. Il serait extrêmement désirable que la *désignation* des différentes sortes de cordons soit l'objet d'une *normalisation internationale*.

3. Matériel. Sections.

La détermination des sections prend une forme *plus simple*. Le nombre de détails est moins grand que dans la construction rivée. La cornière perd sa place dominante en tant qu'élément d'assemblage et cède la place au fer plat, au large-plat et au fer à T. On emploie de préférence pour les membrures de la charpente les profils en I sectionnés en deux. Les programmes actuels de laminage répondent insuffisamment aux exigences des constructeurs spécialisés dans la soudure. Il faut espérer que dans un avenir très proche on mettra sur le marché de nouvelles catégories et séries de profils. Les sections en caissons ou sections tubulaires souvent proposées présentent, à notre avis, des inconvénients pratiques (peinture, entretien et contrôle) ; en outre, les avantages que l'on met en évidence ne sont quelquefois qu'*apparents* ; les tubes sont chers et l'économie de poids compense à peine le prix plus élevé du matériel.

4. Étude de la Construction.

Les principes généraux de la construction restent les mêmes que pour la construction métallique soudée. Ici aussi les nœuds d'assemblage du système gardent toute leur importance ; les barres sont à assembler axialement, etc. Par contre le constructeur doit se libérer de certaines règles anciennes auxquelles il est habitué. Il doit choisir les sections, les joints et les assemblages conformément à la nature du nouveau procédé (p. ex. poutres à âme pleine se composant de la tôle et des semelles, éléments raidisseurs en fer plat, raccordement croisé, assemblage des poutres au moyen des plaques soudées en travers, etc.). Remarquons en passant qu'il faut, — également pour des raisons d'ordre économique, — éviter l'application simultanée au même élément du soudage et du rivetage ainsi que l'emploi de boulons.

5. Montage.

Le procédé de montage doit être pris en considération d'une façon particulièrement attentive, et il est à déterminer d'avance avec le technicien spécialiste de la soudure, afin d'éviter des surprises désagréables et des échecs. On ne peut pas répondre d'une manière générale à la question de savoir si les joints et les raccords de montage sont à souder, vu que ceci dépend de la position sur place, des dimensions et de la nature de l'objet. On peut considérer toutefois comme règle que les simples joints isolés, dispersés sur toute la charpente, ne doivent pas être soudés, ceci pour éviter l'établissement d'un échafaudage coûteux et l'amenée du courant. La question des frais, sur laquelle nous reviendrons plus tard, joue ici le rôle décisif.

6. Économie de poids.

Nous avons déjà mentionné que la soudure contribue à une sérieuse réduction du poids, notamment par suite de :

a) La prise en considération de la continuité et de l'effet d'encastrement.

b) L'application des formes appropriées aux charges à supporter et faciles à exécuter en soudure.

c) Une meilleure utilisation du métal (forme de profil plus avantageuse).

d) L'élimination des points faibles dans des barres travaillant à la traction.

e) La simplification des éléments raidisseurs (fers plats simples, tôles transversales, etc.) et des raccords, l'absence des fourrures, des couvre-joints, c'est-à-dire une diminution du coefficient de construction.

On ne peut pas définir d'une façon générale le montant de l'économie réalisée sur le poids ; cette économie dépend de la nature de l'objet, des prescriptions et, bien entendu, de l'habileté et de l'expérience du constructeur. Sur des constructions tout à fait simples, consistant dans la majorité des cas en profilés, l'économie est insignifiante : 3 à 5 %; par contre, dans des poutres à âme pleine et en treillis, on économise beaucoup, jusqu'à 20 % et davantage ; sur la construction des ponts-route d'une portée moyenne, l'économie est de 15 à 20 %. Pour certains détails, la diminution de poids peut évidemment être encore plus considérable si, grâce à la soudure, on arrive à obtenir une forme très simple et réduite, comme par exemple pour différents paliers, consoles, pieds et têtes de colonnes.

B. Les ateliers et l'exécution.

1. Soudeurs.

Pour suivre le travail des ateliers, il faut parler avant tout des soudeurs. Déjà au moment du choix, se posent diverses questions concernant l'aptitude professionnelle, la sélection au point de vue psychotechnique, la préférence pour des ouvriers non spécialisés ou pour des forgerons ou des serruriers.

Une pratique du métier de soudeur d'une durée approximative de 5 à 6 semaines devrait, à notre avis, suffire pour une instruction sommaire, c'est-à-dire pour obtenir de bons cordons de soudure dans les différentes positions normales. Ceci en supposant qu'après le délai de la première semaine on éliminera les ouvriers « inaptes ». Une surveillance très sévère, un contrôle

continuel ainsi que les examens périodiques des soudeurs sont absolument nécessaires même après le délai susmentionné. Pour remplir ces conditions, il faut un maître-soudeur expérimenté, auquel on confierait aussi l'instruction ultérieure de son équipe.

Le côté hygiénique du travail doit aussi être pris en considération. Même si la pratique du métier n'a pas confirmé les craintes qui surgirent au début relativement au danger pour les yeux et les organes de respiration, et si les recherches scientifiques de ces derniers temps ont pour la plupart fait disparaître ces soucis, il est tout de même nécessaire de demander conseil à un médecin quand on procède au choix des soudeurs. Il faut naturellement prendre soin que les conditions de travail soient aussi bonnes que possible.

2. Électrodes et génératrices de courant.

Le choix du type de groupes générateurs pour la soudure est actuellement, dans la plupart des cas, une question d'économie qui, au fond, n'est influencée que par le prix du courant et le choix des électrodes. La question : courant continu ou courant alternatif, convertisseurs à plusieurs prises ou bien multiples, n'a pas une grande importance au point de vue de la technique de la soudure, ceci en supposant l'emploi de groupes électrogènes appropriés au service des ateliers et suffisamment calculés. Quant aux soudeuses automatiques, elles ne se répandront certainement pas de si tôt en Europe, où on ne connaît pas la production en série en construction métallique et où les salaires des ouvriers soudeurs ne sont que d'une importance secondaire à côté de ceux des autres ouvriers.

En ce qui concerne les électrodes elles-mêmes, la question litigieuse des électrodes « enrobées » ou « nues » s'éclaircit lentement. Les valeurs maxima de l'allongement et de la résistance, de même que les valeurs élevées de la fatigue du matériel ont été obtenues jusqu'à présent grâce à la protection des scories. Une préparation parfaite, spécialement dans le cas de la soudure en plusieurs couches qui exige une élimination soignée des scories, est toutefois plus difficile et ne peut pas être surveillée aussi facilement que ne l'exige *le travail d'usine*. Sous ce rapport, les électrodes nues sont plus avantageuses même si les valeurs de la résistance à obtenir sont moins favorables ; elles sont en tout cas suffisantes pour les efforts statiques que l'on rencontre en général dans les charpentes. Les électrodes construites sur le principe des câbles comportant une âme spéciale occupent sous ce rapport une place intermédiaire.

3. Assemblage.

Pour l'assemblage des pièces à souder, on a recours aux dispositifs les plus variés. Leur but consiste à réunir les pièces détachées sans les avoir percées au préalable et sans chablonnage pénible, de les placer dans la position exigée, de bien les y maintenir pendant la soudure. Les accessoires comprennent les agrafes simples, l'étau, les dispositifs de serrage en forme de cadre pour l'assemblage des poutres à âme pleine et les tables de montage de l'exécution la plus simple jusqu'à la plus compliquée. Quelques-uns de ces dispositifs ont même été brevetés, quoique, au fond, tous soient construits sur le même principe.

Les prévisions suivant lesquelles la soudure apporterait une telle transformation dans la production, qu'il suffirait simplement d'amener les profilés directement du laminoir sur le chantier, en longueurs exactement déterminées, pour y être assemblés par soudure, ne se sont pas réalisées. L'expérience démontre au contraire que, pour que la production soit rationnelle, il faut un service d'atelier aussi bien organisé que pour les constructions rivées. Un travail préparatoire plus intense est même nécessaire dans beaucoup de cas, étant donné que certaines parties du travail, et particulièrement *la suite des opérations de soudure*, doivent être exactement déterminées.

4. Retrait.

La marche des travaux d'atelier pour les constructions soudées est guidée par la considération du retrait et des déformations inévitables, qui nécessitent des travaux et une mise au point supplémentaires. Les contractions sont dues à deux causes essentiellement différentes, mais qui sont inséparablement liées. L'une est la diminution du volume du métal d'apport lui-même, appliqué à l'état de fusion. Le praticien peut arriver à la réduire en soudant en plusieurs couches, mais il est impossible de l'éliminer complètement. La soudure en plusieurs couches est du reste opposée à la tendance actuelle d'utiliser par raison d'économie des électrodes très épaisses (jusqu'à 8 et 12 mm. de diamètre). La deuxième cause des contractions est l'échauffement irrégulier du métal de base ; les tensions qui s'y manifestent ne disparaissent après l'égalisation de la température que dans le cas où la limite élastique abaissée par l'échauffement n'a été nulle part dépassée. La conduction de chaleur plus ou moins rapide joue par conséquent un rôle décisif. Le praticien cherche à élever la conductibilité calorifique par des moyens artificiels, par exemple par la superposition de plaques en cuivre, par l'enfoncement dans du sable humide, ou bien il cherche à obtenir un résultat meilleur en procédant à une soudure discontinue, ce qui donne plus d'espace disponible à la propagation de la chaleur. La réduction de ces deux influences dans la plus grande mesure possible sera réalisée au moyen des cordons de soudure discontinus, qui, à ce point de vue, devraient par conséquent être toujours adoptés. Le principe fondamental devrait être : déterminer la marche de la soudure de telle façon que les contractions puissent se produire librement, surtout dans les cas où ces déformations ne sont pas nuisibles.

Dans les sections dissymétriques, les cordons d'angle, qui sont d'ailleurs sans danger, produisent une flexion de l'axe de la barre. On y remédie par une soudure progressive, partant du milieu, par une fixation rigide des parties assemblées au moyen de montants travaillant en sens contraire ou bien par la flexion préliminaire à froid des parties en question. On réussit dans bien des cas à éviter, grâce à ces dispositions, les déformations signalées plus haut ; le peu de déformations qui subsiste est éliminé par le finissage ultérieur à froid ou bien par un réchauffage prudent des endroits opposés à la soudure. Le technicien a un problème très difficile à résoudre, à savoir quels sont les moyens qui laissent subsister les tensions additionnelles les plus faibles. Nous sommes d'avis qu'il n'y a pas une grande différence entre les différentes méthodes de finissage ; en ce qui concerne les tensions internes, il

n'existe pas de grande différence à la soudure, entre les pièces symétriques et dissymétriques. Si les barres, grâce à l'adoption d'une méthode convenable, restent exactement droites, cela signifie simplement que les tensions internes se trouvent en équilibre.

On n'a pas jusqu'à présent consacré à ces questions suffisamment d'études théoriques basées sur des essais pratiques, pour pouvoir étudier par le calcul les phénomènes correspondants au moins les plus simples. Ce qu'on sait actuellement encore moins, c'est de quelle manière les efforts mis en jeu par la chaleur agissent sur la capacité de charge des constructions. Les insuccès, tels que le déchirement des cordons de soudure causé par les efforts de déformation, montrent l'importance des forces mises en jeu. Des essais de charge sur les constructions soudées, poussés même jusqu'à la rupture, n'ont toutefois montré à ce sujet aucune diminution de la capacité de charge.

Les tensions internes provoquées dans le métal lui-même disparaissent avant que les fatigues dues aux forces externes ne puissent dépasser la limite d'allongement. Il ne faut donc pas attacher trop d'importance à l'influence des tensions de retrait surtout lorsque l'on se limite à la soudure des aciers normaux. Dans le cas des aciers spéciaux, l'importance des tensions et des déformations augmente proportionnellement à la limite d'élasticité. Tant que l'on ne pourra pas déterminer théoriquement les efforts additionnels, on ne pourra pas les faire intervenir dans un sens favorable. Une collaboration internationale, sous la direction de l'A.I.P.C., pourrait contribuer à la solution du problème.

5. Contrôle.

Nous ne sommes actuellement pas beaucoup plus avancés qu'au début de l'application de ce procédé. La radiographie a fait, il est vrai, des progrès qui promettent beaucoup, mais elle est encore loin d'être assez développée pour pouvoir être appliquée dans les ateliers de construction métallique. Les autres méthodes d'essai n'ont pas subi non plus les épreuves d'adaptation pratique, de sorte qu'actuellement, comme autrefois, c'est l'appréciation visuelle qui règne. L'examen des cordons de soudure au point de vue de la bonne pénétration et, ce qui est plus important, la surveillance continuelle des soudeurs, pendant leur travail, par des contrôleurs qui eux-mêmes connaissent à fond leur métier, doivent suffire dans des conditions normales, surtout si les ouvriers soudeurs sont astreints à des épreuves régulières. Dans les cas douteux, le fraisage des cordons de soudure et l'essai à l'acide sont d'une grande valeur, car on peut ainsi constater la bonne pénétration de la soudure. A côté de l'épreuve de la qualité des cordons, il est nécessaire de surveiller spécialement leur bonne disposition et l'exactitude du profil. Dans les constructions rivées, il est presque impossible qu'un groupe de rivets ait été oublié, soit entièrement, soit partiellement ; dans le cas des cordons de soudure, par contre, une omission ou une longueur inexacte des cordons est bien plus facile. Un excès de prudence vaut mieux, dans ce cas, que le contraire.

C. Montage.

Le montage des constructions soudées sur le chantier est exécuté souvent à l'aide de boulons ou de rivets, car l'emploi de la soudure sur le chantier de

montage n'est pas toujours économique. Quand on veut faire usage de la soudure sur le chantier même, il faut avoir soin d'en tenir compte déjà dans le projet et de ne prévoir à cet effet que des cordons de soudure dont les positions correspondent au degré d'habileté des soudeurs, afin que ceux-ci puissent exécuter leur travail avec sécurité et sans défauts. Il serait indiqué de faire subir au monteur-soudeur des épreuves spéciales d'aptitude et de procéder, si cela est nécessaire, dans les cas difficiles, aux essais de contrôle sur le chantier même.

Il faut prendre soin d'installer pour les soudeurs une bonne et solide plateforme de travail, ainsi que d'établir un abri convenable contre le vent et les

Fig. 1. — Hall de montage pour avions, Parague. Portée des arcs 24 m. Construction entièrement soudée aux ateliers et vissée sur place.

Montagehalle für Flugzeuge bei Prag. Spannweite der Bogen 24 m. Die ganze Konstruktion wurde in der Werkstätte geschweisst und auf der Baustelle zusammengeschraubt.

Erecting Shop of Aeroplanes near Prague. Span of Arches 24 m. Structures welded at the Workshop and screwed on the Building Yard.

influences atmosphériques. Certes, un soudeur peut se tirer d'affaire sans ces moyens, mais alors son attention est inutilement détournée.

Le montage des éléments dans de bonnes conditions de sécurité, avant et pendant la soudure, constituent une question spéciale. Beaucoup de constructions exécutées avec succès attestent que les ateliers ont également surmonté ces difficultés.

D. Frais de production. Économie.

Les frais totaux peuvent être déterminés de la manière la plus simple, par le poids et le prix unitaire. Celui-ci résulte du prix des matériaux, du salaire,

de la régie, du transport, des frais de montage et de déchargement, ainsi que du prix de la peinture. Le peu de temps qui s'est écoulé depuis l'introduction de la soudure en construction métallique, et la diversité des problèmes et des conditions, ne permettent pas pour le moment d'établir des barèmes uniques ou une analyse précise du calcul des prix.

1. Matériel. Le prix est à peu près le même — plutôt un peu plus bas — que celui des constructions rivées. Le prix des électrodes équivaut au prix des rivets. Une légère baisse du prix peut être obtenue par la diminution du

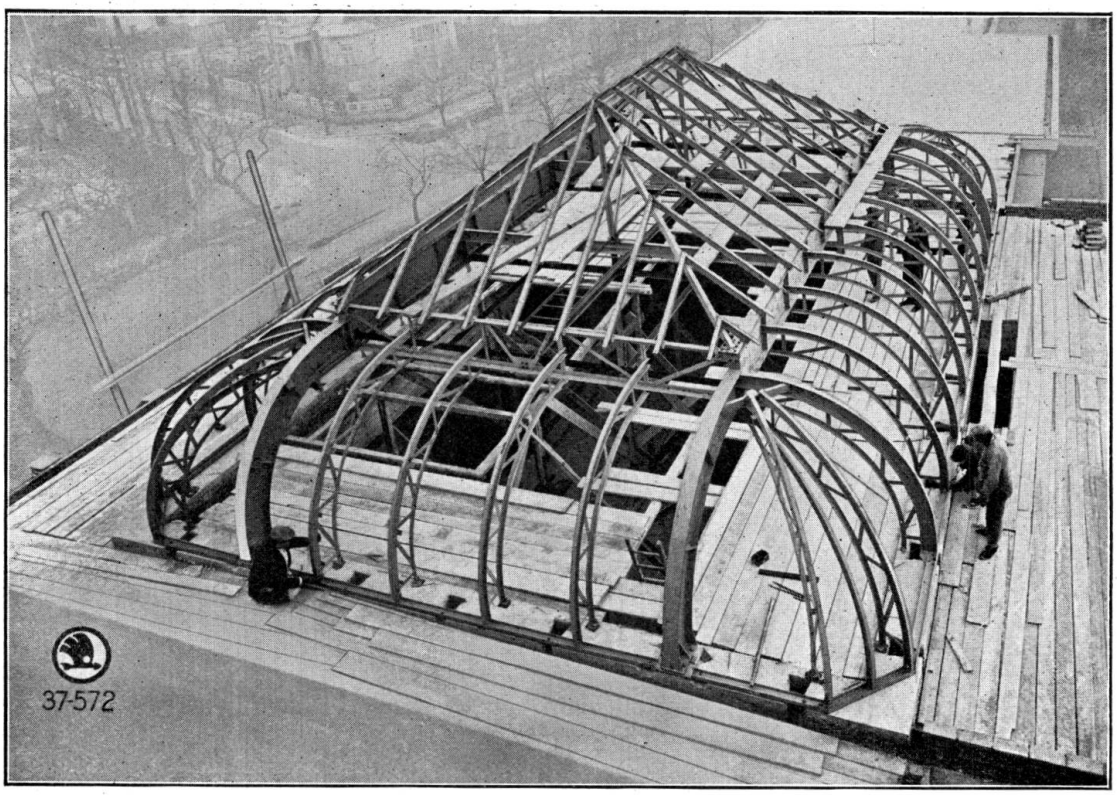

Fig. 2. — Charpente de toiture entièrement soudée, au-dessus de la salle de l'Hôtel à Plzeň. Portée de la charpente 12.8 m.

Vollständig geschweisster Dachstuhl über dem grossen Saal des Hôtels in Pilsen. Stützweite 12.8 m.

Completely Welded Roof Structure over the Hall of the Hôtel in Plzeň. Main Span 12.8 m.

nombre des types de profilés. On peut s'attendre à l'avenir à certaines économies grâce à une meilleure possibilité de constituer des stocks de matériel, car on peut réduire le stock par une meilleure adaptation aux séries de profilés.

2. Salaire. Le travail préliminaire et la préparation des pièces séparées sont en général plus simples et meilleur marché que les travaux correspondants, dans le cas des constructions rivées. Par contre, la soudure elle-même demande un peu plus de temps et des salaires plus importants que le travail de rivetage.

3. Régie. A peu d'exceptions près, on peut dire, en général, que les frais de régie sont plus élevés que dans les constructions rivées. Ce sont spéciale-

ment les préparatifs et les dispositifs accessoires, ainsi que la consommation du courant qui élèvent sensiblement cette position.

4. Transport et frais de déchargement. Ils sont les mêmes dans les deux sortes de constructions.

5. Frais de montage et de peinture. Ceux-ci diffèrent principalement suivant que les assemblages sont soudés ou boulonnés. Les échafaudages nécessaires pour la soudure et les dispositifs accessoires renchérissent le travail sur le chantier de montage et peuvent éventuellement annuler les autres économies.

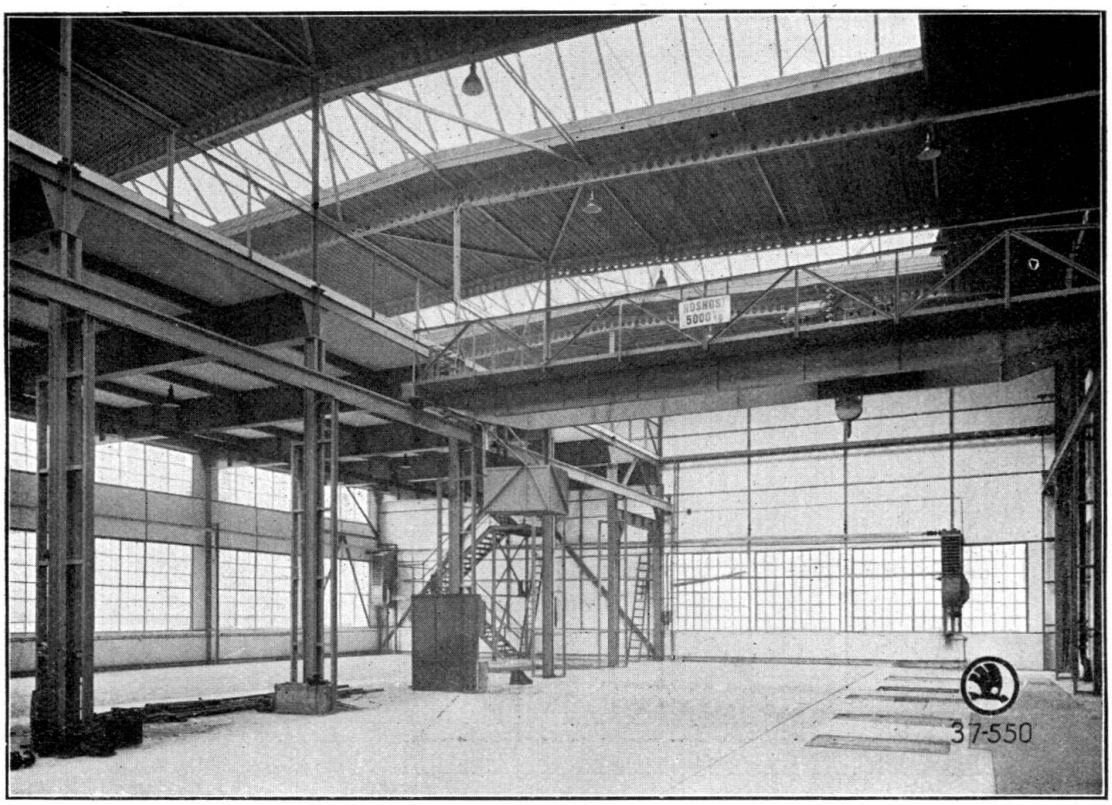

Fig. 3. — Ateliers de pressage des tôles et pont électrique à Plzeň.
Constructions entièrement soudées aux ateliers et sur place.
Pressblechwerkstätte und elektrischer Kran bei Pilsen. Vollständig geschweisste Konstruktion.
Sheet Pressing Shop and Electric Crane near Plzeň, both completely welded.

Les prix unitaires de montage seront naturellement élevés par l'économie de poids.

Les couches de peinture et leur entretien sont meilleur marché, car les surfaces destinées à être peintes sont habituellement réduites et l'exécution du travail sur des surfaces unies est beaucoup simplifiée.

6. Prix total. On peut déduire de ces considérations que le prix unitaire de la construction est le même ou un peu plus élevé — de sorte que les *économies* sur les prix *totaux* de la construction sont, en pourcentage, équivalents ou légèrement inférieurs *à l'économie du poids. Ce fait contribue au développement du nouveau procédé de travail.*

E. Exemples pratiques.

1. Constructions. Charpentes. Pendant le temps extrêmement court qui s'est écoulé depuis l'introduction de la soudure à l'arc électrique, on a exécuté

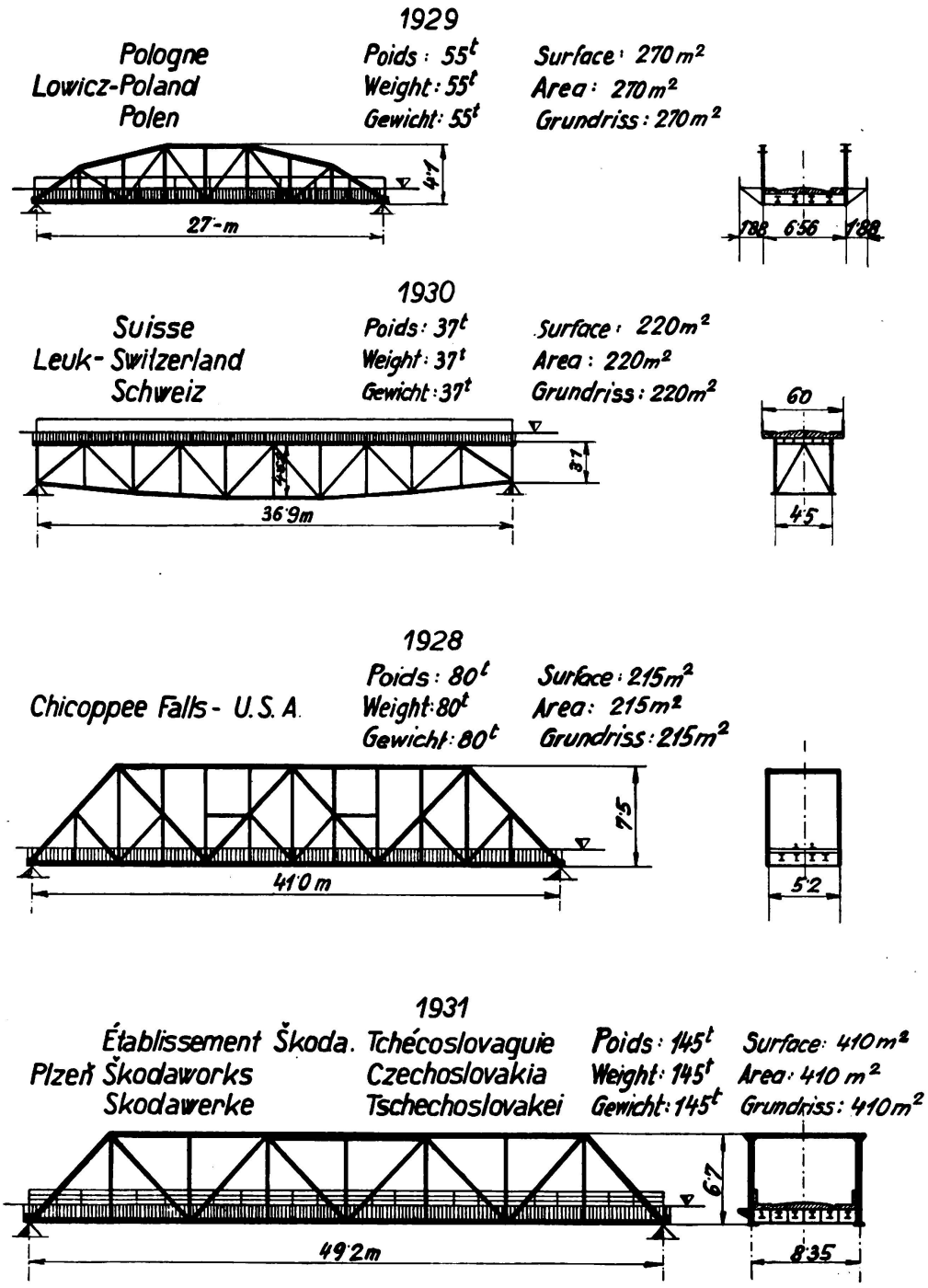

Fig. 4. — Ponts en treillis, complètement soudés.
Vollständig geschweisste Fachwerkbrücken.
Completely Welded Truss Bridges.

toute une série de constructions : toits, cadres, colonnes, voies de roulement de grues, hangars de toutes sortes, pylônes pour lignes, etc. (voir fig. 1, 2, 3)

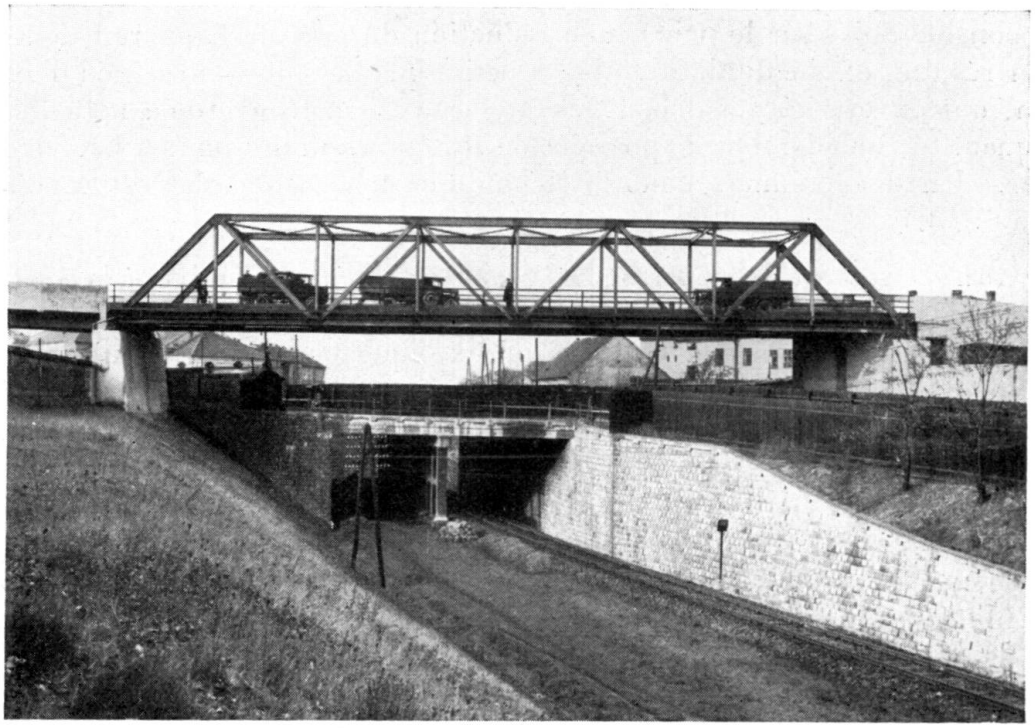

Fig. 5. — Le plus grand des ponts entièrement soudés : Pont-route à Plzeň. Portée 49,2 m.
Die grösste vollkommen geschweisste Brücke : Strassenbrücke in Pilsen. Spannweite 49,2 m.
The largest completely Welded Bridge : Road Bridge in Plzeň, Span 161 ft. 5 in.

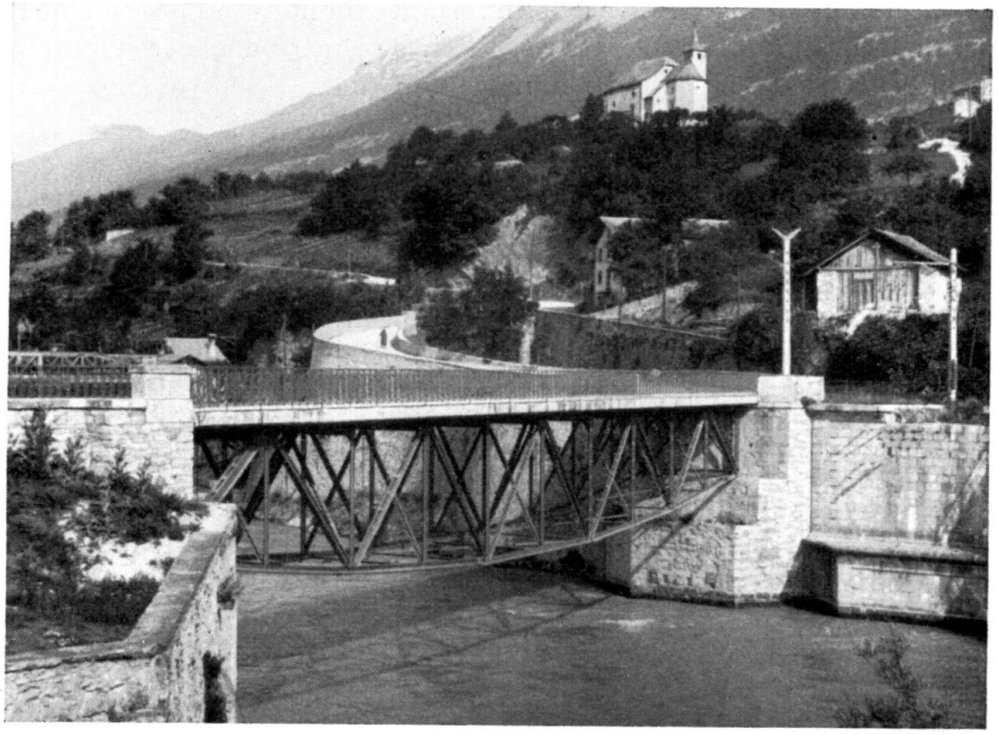

Fig. 6. — Pont-route sur le Rhône à Louèche. Portée 36,9 m.
Strassenbrücke über die Rhône in Leuk. Spannweite 36,9 m.
Road Bridge over the Rhône near Leuk. Span 121 ft. 1 in.

2. Appareils de levage. La simplification de la construction, les économies considérables sur le poids, une réduction du prix de l'appareil de levage qui en résulte, et une diminution — si petite qu'elle soit — des frais d'exploitation, ont ouvert ici des débouchés nouveaux. On trouve déjà actuellement une quantité considérable d'appareils de levage assurant un service irréprochable. (Un des premiers dans la République tchécoslovaque est représenté par la fig. 3.)

3. Construction des ponts. Les grandes exigences relatives à la construction et à la sécurité justifient dans ce domaine une prudence spéciale et un procédé ayant fait ses preuves. C'est ce qui explique pourquoi, jusqu'à présent, on ne peut mentionner que de rares exemples; en ce qui concerne particulièrement les *ponts de chemin de fer*, on ne peut parler que de travaux d'essai. En Europe, à notre connaissance, seuls les C. F. F. (chemins de fer fédéraux suisses) et les D. R. B. (chemins de fer du Reich allemand) ont fait construire des ponts d'essai et les soumettent à l'épreuve de la circulation. En Autriche, un petit pont de chemin de fer sur une voie secondaire est en service. La figure 4 montre l'ensemble des ponts en charpente en treillis connus. La figure 5 montre le pont de plus grande portée qui ait été exécuté jusqu'à maintenant.

F. La normalisation des prescriptions.

Le développement extrêmement rapide de la soudure électrique en construction métallique a déjà provoqué, dans certains pays, la publication ou la préparation de prescriptions concernant le calcul et l'exécution des constructions soudées. Ceci constitue la preuve de l'importance du nouveau procédé de travail.

Ce serait tout à l'honneur de l'A. I. P. C. de contribuer à ce qu'une normalisation internationale soit établie dans ce domaine.

Résumé.

L'introduction de la soudure en construction métallique se traduit par une série d'efforts pour réaliser la diminution des prix et la simplification des constructions.

1. *Bureau technique. Projet.*

L'importance et la fonction du bureau technique dans le processus de fabrication restent les mêmes. Le projet, le calcul et l'étude des constructions soudées doivent être effectués soigneusement. La normalisation internationale des cordons de soudure serait à souhaiter. Les sections des poutres et des barres sont plus simples et plus compactes. Nécessité de l'introduction de nouveaux profilés. Avantages et désavantages des sections en forme de caissons et en forme tubulaire.

a) Étude de la construction. L'étude des constructions doit être entreprise conformément aux règles générales en tenant compte du caractère

spécial du nouveau procédé. *Le montage* doit être étudié avec un soin tout spécial et il faut décider si les joints seront soudés et, le cas échéant, lesquels le seront.

b) Économies de poids. Les économies de poids peuvent être obtenues dans chaque construction, et elles peuvent atteindre 20 % et davantage. Les causes et les résultats sont analysés d'une façon plus détaillée.

2. *Les ateliers et l'exécution.*

a) Soudeurs. On indique quelques points de vue concernant le choix et l'instruction de soudeurs.

b) Électrodes et génératrices de courant. En procédant au choix des électrodes, il faut, dans le cas des constructions métalliques, agir avec prudence ; il faut prendre en considération non seulement les caractéristiques de qualité qui peuvent être obtenues, mais aussi, à côté du prix, la facilité de l'exécution. La question des génératrices de courant peut être considérée comme résolue au point de vue technique.

c) Assemblage. Un travail d'atelier organisé est tout aussi nécessaire dans la soudure que dans le rivetage.

d) Retrait. La suite des travaux d'atelier est essentiellement influencée par le retrait. Les causes des tensions internes de soudure et les tensions elles-mêmes qui en résultent sont mentionnées, ainsi que les mesures à prendre pour diminuer ces tensions. On attire spécialement l'attention sur le fait qu'une *théorie relative aux tensions internes dues à la soudure fait encore défaut.*

e) Contrôle. Un contrôle et un examen des soudeurs, ainsi qu'un contrôle minutieux de la disposition des cordons de soudure, sont indispensables.

3. *Montage.*

Les mesures à prendre pour soudure sur le chantier de montage sont brièvement discutées.

4. *Point de vue économique.*

La structure du prix unitaire : l'influence des différents travaux sur les frais totaux est discutée en détail et l'on démontre l'économie des constructions soudées.

5. *Les exemples* de l'application de la soudure aux constructions métalliques sont expliqués d'une façon critique.

6. *La normalisation des prescriptions sur une base internationale serait à souhaiter.*

Zusammenfassung.

Die Einführung des Schweissens im Stahlbau ist eine Folge der Bestrebungen nach Verbilligung u. Vereinfachung der Stahlbauten. Hemmend wirkten der Mangel an Vorschriften und das Misstrauen der Kundschaft.

1. *Technisches Bureau. Entwurf.*

Die Bedeutung und Funktion des T. B. im Herstellungsprozess bleibt unverändert. Entwurf, Bezeichnung und Durchbildung der geschweissten Tragwerke ist sorgfältig auszuführen. Internationale Bezeichnung von Schweissnähten erwünscht. Querschnitte von Balken und Stäben sind einfacher, gedrungener. Bedarf von neuen Walsprofilen. Vor u. Nachteile von kasten- und rohrförmigen Querschnitten.

Konstruktive Durchbildung von Tragwerken ist unter Beachtung der allgemeinen Grundsätze mit Rücksicht auf die Eigenart des neuen Arbeitsverfahrens vorzunehmen. Der Montagevorgang ist besonders sorgfältig zu erwägen und zu entscheiden, ob und welche Montagestösse zu schweissen sind.

Gewichtsersparnisse sind bei jedem Objekte zu verzeichnen und können dieselben bis 20 % und mehr betragen. Ursachen und Folgen werden näher besprochen.

2. *Werkstätte und Ausführung.*

a) Schweisser. Es wird auf einige Gesichtspunkte bei der Auswahl und Ausbildung der Schweisser hingewiesen.

b) Elektroden und Stromerzeuger. Bei der Wahl der Elektroden muss bei Stahlkonstruktionen vorsichtig vorgegangen werden; massgebend sind nicht nur die erreichbaren Qualitätsziffern, sondern neben Preis auch die Leichtigkeit der Verarbeitung. Die Fragen der Stromerzeuger sind technisch als gelöst zu betrachten.

c) Zusammenbau. Auch beim Schweissen ist ein geregelter Werkstattbetrieb notwendig.

d) Schrumpfungen. Der Gang der Werkstattarbeiten wird von den Schrumpfungen grundlegend beeinflusst. Es werden die Ursachen der Schweiss-Spannungen und der durch sie hervorgerufenen Spannungen angedeutet und auf die Massnahmen hingewiesen, die zur Verringerung derselben angewendet werden. Es wird besonders darauf hingewiesen, dass eine entsprechende Theorie der Schweiss-Spannungen noch fehlt.

e) Kontrolle. Kontrolle und Prüfung der Schweisser und eine peinliche Kontrolle der Anordnung der Nähte ist notwendig.

3. *Montage.*

Vom wirtschaftlichen Standpunkte ist zu entscheiden, ob auf der Baustelle geschweisst wird. Die für die Baustellenschweissung erforderlichen Massnahmen werden kurz besprochen.

4. *Wirtschaftlichkeit.*

Struktur des Einheitspreises : Einfluss der einzelnen Arbeiten und Leistungen auf die Gesamtkosten wird näher besprochen und Wirtschaftlichkeit der geschweissten Tragwerke nachgewiesen.

5. *Beispiele* der Anwendung des Schweissens in Stahlbau werden kritisch erläutert.

6. *Vorschriften-Normung* auf internationaler Basis ist anzustreben.

Summary.

The introduction of welding in steel structures is a result of the prevailing tendencies to economy and simplification. The realisation of these tendencies was retarded by the fact that no specifications were available and by mistrust on the part of clients.

1. *Drawing Office. Design.*

The object and function of the drawing office for the manufacturing process remains unchanged. Design, marking and constructional details of the steel structure to be welded must be executed most carefully. An international mode of denominating the weld seams is desirable. The sections of beams and bars are simpler and more compact. New rolled sections will be required. Advantages and drawbacks of box-shaped and tube-shaped sections.

In regard to the constructional design of supporting structures, due allowance is to be made for the general principles and for the special kind of the new working process. The erection programme is carefully to be considered and it is to be decided whether any and which joints require welding.

Economies in weight are reached for each complete structure, and these may amount to 20 % and even more. Causes and consequences are discussed more fully.

2. *Shop and Execution.*

a) Welder. Mention is made of a few particular points to be heeded in selecting and training suitable operators.

b) Electrodes and generators. When dealing with steel structures, the choice of electrodes should be made with great care. The electrodes should answer, not only as regards quality, but also as regards price and facility of operation. The question of generators may be regarded as solved from a technical point of view.

c) Erection. Also with welding operations a well-organised shop service is essential.

d) Shrinkage. The run of the shop work is influenced by the shrinkages occuring. Mention is made of the causes of welding tensions and of the shrinkage produced by them and of the measures to be taken to reduce them. It has been specially pointed out that a corresponding theory is still wanting under this head.

e) Inspection. Inspection and examination of the welders as well as conscientious control of the arrangement of the seams are necessary.

3. *Erection.*

Economy alone can decide whether welding is to be carried out on the spot. The measures to be taken when the welding is to be done on the spot form the subject of a short discussion.

4. *Economy.*

Composition of basic price. The influence of the individual jobs and performances on the total cost ist treated more fully and the economy of welded steel structures proved.

5. *Examples* of the application of welding steel structures are fully elucidated.

6. *Standardising of specifications* on an international basis is to be aimed at.