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

Band: 5 (1956)

Artikel: Verschiedene Schweissverfahren bei der Ausführung geschweisster Stahlbauten

Autor: Kollbrunner, Curt F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-5998

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: 16.07.2025

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

III c 2

Verschiedene Schweissverfahren bei der Ausführung geschweisster Stahlbauten

Diversos processos de soldadura utilizados em construção metálica

Différents procédés de soudure employés en construction métallique

Welding methods for the execution of welded steel structures

DR. CURT F. KOLLBRUNNER
Direktor der A. G. Conrad Zschokke
Zürich

I. *Einleitung.*

In den letzten Jahren hat die Lichtbogenschweissung überzeugende Fortschritte gemacht. Hand in Hand damit wurden die Qualitätsansprüche von den Stahlkonstruktionswerkstätten weiter gesteigert, so dass heute grosse Einsparungen an Gewicht und Arbeitszeit erzielt werden.

Die Prüfung der Schweissnähte erfolgt auch heute noch meist durch das bewährte Röntgen. Dabei ist es unerlässlich, dass jede gute Stahlkonstruktionswerkstätte ihre eigenen Röntgenapparaturen besitzen muss, damit die Schweisser stets überwacht werden können. Nur stichprobenweise alle paar Monate durchgeführte Kontrollen genügen nicht. Für den in der Schweiz nur *angelernten* Beruf des Schweissers (gibt es doch immer noch keine offizielle Lehrzeit für diesen Beruf) dienen diese Röntgenaufnahmen als gutes Unterrichtsmaterial zur Weiterbildung und Vervollkommnung.

II. *Handschweissung.*

1. *Schweissfehler.*

Die häufigsten Fehler bei der Handschweissung sind Poren, Schlackeneinschlüsse, Einbrandkerben, Wurzelfehler und Risse.

Poren (1) entstehen meist bei Verwendung von feuchten Elektroden, bei zu langem Lichtbogen, zu hoher Stromstärke oder wenn die zu schweis-

(1) B. LAUTERBURG: Der Einfluss von Poren in geschweissten Stossnähten. Mitteilung der T. K. V. S. B., Nr. 11, Verlag V. S. B., Zürich, 1955.

senden Nähte nicht genügend metallisch blank sind. Heute weiss man, dass zur Vermeidung von Porennestern die Elektrode beim Zünden nicht sofort in der Schweissrichtung weiter zu führen ist, sondern dass kurz am Einsatzpunkt verweilt werden muss, bevor die Elektrode nach kleiner Rückwärtsbewegung über die Ansatzstelle in der Schweissrichtung weiter geführt werden soll. Man weiss auch, dass der Schweissprozess nicht durch senkrechtes Heben der Elektrode von der Naht abgebrochen werden darf, sondern dass die Elektrode über die Naht bei Verkürzung des Lichtbogens schnell hinwegstreichen soll und dann erst langsam abgehoben wird, oder indem man die Elektrode über die bereits aufgetragene Raupe ein Stück zurückführt. Ausserdem kennt man heute für jeden Elektrodendurchmesser und jede Schweissnaht die maximale Stromstärke, die nicht überschritten werden soll.

Schlackeneinschlüsse entstehen hauptsächlich, wenn der Schweisser die Schlacke durch Bürstenreinigung, Ausschleifung oder Nachmeisselung nicht genügend von der unteren Naht entfernt. (Schlackenzeilen).

Einbrandkerben treten meist auf, wenn nicht mit zweckentsprechenden Elektroden, guter Elektrodenführung oder mit zu hoher Stromstärke geschweisst wird. (Senkrecht oder Ueberkopfschweissen). Hauptsächlich bei dynamisch beanspruchten Bauteilen sind Einbrandkerben viel gefährlicher als Poren und Schlackeneinschlüsse.

Wurzelfehler entstehen durch unvollständiges Durchschweissen der Wurzelzone. Sie treten auf, wenn der Spalt in der Wurzel zu klein ist, wenn mit zu dicken Elektroden geschweisst wird oder wenn die Ausmeisselung nicht sachgemäss erfolgte.

Risse sind unter allen Schweissfehlern die gefährlichsten. Man weiss, dass Risse infolge von Wurzelfehlern, Schlackeneinschlüssen, Poren und Lunkern entstehen können. Gute Stahlkonstruktionswerkstätten stellen daher einen genauen Schweissplan auf, d. h. einen Plan, der angibt, in welcher Reihenfolge geschweisst werden muss, damit die Schweisspannungen möglischst klein gehalten werden können. (Nachmeisselung gefährdeter Stellen!) Meist liegt der Grund für die Rissebildung im Werkstoff selbst, (Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor), oft aber auch in der falschen Wahl der Elektroden. Nach den heutigen praktischen Erfahrungen sollen unlegierte Stähle mit höheren Gehalten an Kohlenstoff (0,25 %), Schwefel (0,05 %) und Phosphor (0,05 %) sicherheitshalber mit basischen Elektroden geschweisst werden ([2]). Die richtige Wahl der Elektroden ist heute keine Geheimwissenschaft mehr; der freundschaftliche Austausch der gemachten Erfahrungen nimmt immer mehr zu.

Diese oben aufgezählten häufigsten Schweissfehler können heute, bei enger Zusammenarbeit zwischen Stahlbaukonstrukteur, Betriebsleiter, Schweissmeister und Schweisser vermieden oder auf alle Fälle auf ein ungefährliches Minimum reduziert werden. Dazu gehört jedoch nicht nur eine im Konstruktionsbureau entwickelte sachgemässe Schweisskonstruktion, sondern auch eine gründliche Materialkenntnis, die Kenntnis und Wahl der günstigsten Elektroden, eine Vorschrift für die beste Schweiss-

---

([2]) C. HÖRNEGREN: Die häufigsten Schweissfehler beim Lichtbogenschweissen. ESAB — Revue Nr. 3, 1954, (Hausberichte der Elektriska Svetsningsaktiebolaget, Göteborg).

folge ([3]) und eine langjährige Handfertigkeit der Schweisser die immer wieder zu überprüfen ist.

2. *Schweissverfahren.*

Währenddem früher mit wenigen Ausnahmen *saure* Elektroden verwendet wurden, ist man heute in der Schweiz bei Schweissungen mit hohen Beanspruchungen immer mehr zur Verwendung von *basischen* Elektroden übergegangen. Basische Elektroden sind «wasserstoffarm» oder «wasserstoffkontrolliert». Wenn man bedenkt, dass der vom Schweissgut aufgenommene Wasserstoffgehalt ausschlaggebend dafür ist, ob in der Uebergangszone oder im Schweissgut Risse entstehen oder nicht, so leuchtet es ein, dass die basischen Elektroden zur Vermeidung dieses gefährlichsten Schweissfehlers besser als saure Elektroden ([4]) sind. Die Gründe zur vermehrten Verwendung von basischen Elektroden liegen in erster Linie in der Erhöhung der Beanspruchungen, in der Wahl von Stahlsorten höherer Güte und in der verlangten Sicherheit der Konstruktionen. Zudem hat die Entwicklung der Elektroden in den letzten Jahren gewaltige Fortschritte gemacht. Basische Elektroden waren früher mit ganz wenigen Ausnahmen nur am Gleichstrom verschweissbar. Die Stahlkonstruktionswerkstätten bevorzugen jedoch den Wechselstrom. Als Stromquellen werden Transformatoren verwendet. (Kleinere Anschaffungskosten gegenüber Schweissumformern, weniger Unterhaltskosten, da keine rotierenden Teile, bedeutend kleinere Blaswirkungen in den Ecken). Für Betriebe mit Transformatoren war somit fast vollumfänglich nur die Verschweissung mit sauren Elektroden einwandfrei möglich. Zudem musste ein Schweisser bei der Verwendung von basischen Elektroden über eine sehr grosse Fertigkeit verfügen, um mit dem zähflüssigen basischen Material einwandfreie Schweissnähte zu erstellen. Heute ist die Situation ganz anders. Die neuen basischen Elektroden können grösstenteils sowohl an Wechselstrom wie an Gleichstrom verschweisst werden; zudem erfordern sie heute keine spezielle Fertigkeit mehr vom Schweisser. Für Senkrecht — und Ueberkopf — Nähte sind sie den sauren Elektroden weit überlegen. Schweissgut und Schlacke sind vom Schweisser leichter zu beherrschen. Die Erfahrung zeigt, dass niedergeschmolzenes Schweissgut bei basischen Elektroden bedeutend weniger nichtmetallische Einschlüsse aufweist als dasjenige saurer Elektroden.

In den führenden Stahlkonstruktionswerkstätten werden daher alle dynamisch beanspruchten Konstruktionsteile wie auch die Zugnähte, wenn nicht ganz, so doch in den Grundläufen mit basischen Elektroden geschweisst. Rissbildungen sind dabei sehr selten und können ganz vermieden werden. Sind im zu verschweissenden Grundwerkstoff Seigerungen oder ist der Kohlenstoff —, Schwefel — oder Phosphorgehalt hoch, so können mit basischen Elektroden trotzdem brauchbare Nahtgüten erreicht werden.

([3]) F. STÜSSI und C. F. KOLLBRUNNER: Schrumpfspannungen und Dauerfestigkeit geschweisster Trägerstösse. Mitteilungen über Forschung und Konstruktion im Stahlbau. Heft Nr. 4 Leemann, Zürich, 1946. (Siehe auch Mitteilungen aus dem Institut für Baustatik an der E. T. H., Heft Nr. 18).

([4]) K. L. ZEYEN: Ueber neue Erkenntnisse und neuzeitliche Entwicklungen bei Schweisselektroden sowie deren betriebliche Bewährung. Sonderdruck aus «Technische Mitteilungen», Heft 2, 1955.

Vielfach geht man auch zur sogenannten gemischten Schweissung über, d. h. man verwendet bei ein und derselben Schweissnaht basische und saure Elektroden. So werden z. B. bei einer Stumpfnaht eines 20 mm Bleches die Wurzellage und die folgenden Lagen mit basischen Elektroden geschweisst, während für die Decklage saure Elektroden verwendet werden. Röntgen Untersuchungen haben gezeigt, dass bei richtiger Elektrodenwahl weder Poren noch andere Schweissfehler in der Naht auftreten. Die Festigkeitseigenschaften, welche durch eine solche Nahtausführung erzielt werden, sind bedeutend besser als bei Schweissnähten, die nur mit sauren Elektroden erstellt wurden. Die Unterschiede treten sehr deutlich bei tiefen Temperaturen (– 25° C) zu Tage. (Kerbschlagprobe).

Man frägt sich nun, warum denn solche Nähte nicht überhaupt nur mit ein und demselben basischen Elektrodentyp hergestellt werden. Dies vor allem aus den folgenden zwei Gründen:

1. Auch heute noch weisen die mit basischen Elektroden geschweissten Deckläufe eine rauhere Oberfläche auf als wenn sie mit sauren Elektroden geschweisst werden. Dadurch nimmt die Festigkeit ab.

2. Die Abschmelzleistungen der basischen Elektroden sind geringer als diejeningen der sauren Typen; zudem erfordert die Schlackenentfernung mehr Zeit. Ausserdem müssen basische Elektroden in absolut trockenem Zustande verschweisst werden, damit keine Poren entstehen. (Trocknungseinrichtungen). Diese Faktoren verteuern die basische Schweissung.

Durch die gemischte Schweissung wird dieser Verteuerung entgegengetreten. Neuerdings ist dies in noch vermehrtem Masse möglich, da die Decklagen mit *Hochleistungs-Elektroden*, die eine sehr gute Ausbeute aufweisen, ausgeführt werden können.

Voraussetzung für gemischte Schweissungen ist, dass das Schweissgut aller dabei verwendeten Elektroden sich miteinander «verträgt». Diesbezüglich werden zur Zeit grossangelegte Versuche in der Schweiz durchgeführt.

Die Preise der Stumpfschweissungen hängen noch stark von der Bearbeitung der Nahtwurzel ab. (Ausmeisselung, Ausschleifung, Aushobelung). Mit den *Tiefeinbrandelektroden* können diese teilweise stark lärmerzeugenden Arbeiten grösstenteils vermieden werden. (Darüber sollten jedoch noch mehr Versuche durchgeführt werden).

III. *Automatenschweissung.*

Wenn auch die Automatenschweissung die Handschweissung nie verdrängen kann, hat sie sich doch in den letzten Jahren in grösseren Betrieben stark ausgebreitet. In den nächsten fünf Jahren wird sie in der Schweiz an Arbeitsvolumen sicher der Handschweissung ebenbürtig.

Oft wird die erste Lage von Hand mit einer basischen Elektrode geschweisst, währenddem alle weiteren Lagen automatisch aufgetragen werden. Dabei werden bei richtiger Wahl von Draht und Pulver sehr

gute Resultate erhalten. Ein Ausmeisseln oder Ausschleifen der Wurzel ist nicht nötig; zudem ist bei Mehrlagenschweissungen kein Wert mehr auf eine einwandfreie Schlackenentfernung zu legen. Durch das mit hohem Strom erzeugte grosse Schmelzbad und die grosse Einbrandtiefe werden die Schlacken von der vorherigen Schweisslage an die Oberfläche gespült.

IV. *Innere Vergütung.*

Ich verweise auf das Heft Nr. 9 der Mitteilungen der T. K. V. S. B. ([5]).

ZUSAMMENFASSUNG

Da basische Elektroden bessere Gütewerte der Schweissnähte ergeben, als saure Elektroden, somit eine erhöhte Sicherheit gegen Spröd — und Trennbruch erzielt wird und ausserdem bei Stählen mit höheren Kohlenstoffgehalten noch rissfest und bei Stählen mit höheren Schwefelgehalten noch porenfrei gearbeitet werden kann, werden in der Schweiz jetzt bedeutend mehr basische als saure Elektroden verwendet und zwar hauptsächlich für hoch beanspruchte Bauteile. Meist wird die gemischte Schweissung (innen basisch, aussen sauer) bevorzugt.

RESUMO

Na Suíça, a técnica moderna de soldadura dá a preferência aos eléctrodos básicos, tanto nas construções submetidas a esforços dinâmicos como nas soldaduras submetidas a esforços de tracção; o emprego desses eléctrodos confere às soldaduras características muito mais favoráveis do que as obtidas com eléctrodos ácidos. Também se emprega bastante a chamada soldadura mixta, em que se utilizam na mesma soldadura, eléctrodos básicos para os cordões interiores e eléctrodos ácidos para o cordão exterior.

Como é natural, este tipo de soldadura só pode ser utilizado quando o metal de adição de ambos os tipos de eléctrodos é compatível. Estão a realizar-se na Suíça importantes ensaios a este respeito.

A soldadura automática está tomando uma importância crescente na Suíça.

RÉSUMÉ

En Suisse, la technique moderne de soudure donne la préférence aux électrodes basiques tant pour les constructions soumises à des efforts dynamiques, que pour les soudures sollicitées à la traction, l'emploi de

---

([5]) E. BRANDENBERGER, H. PREIS, H. E. TUCHSCHMID, C. F. KOLLBRUNNER: Untersuchungen zur Frage der inneren Vergütung von Mehrlagen — Schweissungen. Mitteilungen der T. K. V. S. B., Nr. 9. Verlag V. S. B. (Verband Shweiz. Brückenbau-und Stahlhochbau-Unternehmungen), Zürich, 1954.

ces électrodes conduisant à des caractéristiques de soudure bien plus favorables que celles obtenues avec des électrodes acides. Souvent on adopte la soudure dite mixte, en employant pour une même soudure, des électrodes basiques pour les cordons intérieurs et des électrodes acides pour la dernière passe. Naturellement cette soudure mixte n'est applicable que si les matériaux d'apport des électrodes employées sont compatibles. Des essais importants à ce sujet sont en cours d'exécution en Suisse.

La soudure automatique prend chaque fois plus d'importance en Suisse.

SUMMARY

In Switzerland, the modern welding technique gives the preference to basic electrodes for steel constructions submitted to dynamic efforts as well as for welded seams under tensile stress; this kind of electrodes confers much better characteristics to the seam welds than those obtained by the use of acid electrodes. Quite often, the so called mixed welding is adopted, where in the same welding seam, basic electrodes are used for the inner layers while acid electrodes are used for the cover weld.

The welding material of both electrodes should naturally be «compatible». Important tests on this subject are now being carried out in Switzerland.

The automatic welding is gaining importance in Switzerland.